



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS EN
LAS AGUAS DE LAS PISCINAS DEL DISTRITO DE PUTINA,
REGIÓN PUNO, DURANTE EL AÑO 2022.**

TESIS

PRESENTADA POR:

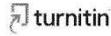
Bach. SANDRA PRISCYLA CHURA TAPIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA: MICROBIOLOGÍA Y
LABORATORIO CLÍNICO**

PUNO – PERÚ

2024



SANDRA PRISCYLA CHURA TAPIA

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS EN LAS AGUAS DE LAS PISCINAS DEL DISTRITO DE PUTINA, REG

My Files

My Files

Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:417900924

93 Páginas

Fecha de entrega

20 dic 2024, 1:11 p.m. GMT-5

16,501 Palabras

Fecha de descarga

20 dic 2024, 1:14 p.m. GMT-5

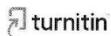
86,808 Caracteres

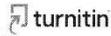
Nombre de archivo

TESIS SANDRA PRISCYLA CHURA TAPIA 20 DE DICIEMBRE DEL 2024.docx

Tamaño de archivo

4.8 MB





16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 15% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

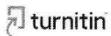
No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.


Diana Elisabeth Cervero Zagarra
DOCENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS UNA PUNO


Dra. Yvonne Cristina Morales Alcos
DIRECTORA
Unidad de Investigación
FCOBB - UNA





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS EN LAS AGUAS DE
LAS PISCINAS DEL DISTRITO DE PUTINA, REGIÓN PUNO, DURANTE EL
AÑO 2022

TESIS PRESENTADA POR:

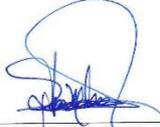
Bach. SANDRA PRISCYLA CHURA TAPIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA: MICROBIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO

APROBADA POR:

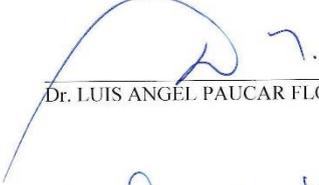
PRESIDENTE:


Dra. ROXANA DEL CARMEN MEDINA ROJAS

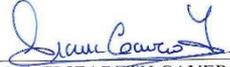
PRIMER MIEMBRO:


Mg. DANTE MAMANI SAIRITUPAC

SEGUNDO MIEMBRO:


Dr. LUIS ANGEL PAUCAR FLORES

DIRECTOR / ASESOR:


Mg. DIANA ELIZABETH CAVERO ZEGARRA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 27/12/2024

ÁREA: Ciencias Biomédicas

SUBLINEA: Diagnóstico y Epidemiología




V^oB^o Dra. VICKY CRISTINA GONZALES ALCOS
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN-FCCBB



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, por su amor, apoyo y aliento en todo momento. Gracias por ser mi fuente de inspiración y por enseñarme a perseguir mis sueños con pasión y determinación. Este logro no habría sido posible sin su constante apoyo y confianza en mí.

Sandra Priscyla Chura Tapia



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de alguna manera en la realización de esta tesis.

En primer lugar, A la Universidad Nacional del Altiplano, la Facultad de Ciencias Biológicas y la Escuela Profesional de Biología por su formación profesional.

Agradecer a mi director/asesor de tesis, Mg Diana Elizabeth Cavero Zegarra y al Dr. Nicanor Miguel Bravo Choque por su orientación, paciencia y apoyo constante a lo largo de todo el proceso de investigación. Sus valiosas sugerencias y comentarios han sido fundamentales para lograr los objetivos propuestos.

Sandra Priscyla Chura Tapia



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE ANEXOS

ACRONIMOS

RESUMEN 9

ABSTRACT..... 10

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO GENERAL 12

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES 13

2.2. MARCO TEÓRICO 18

2.2.1. Regulaciones y contexto local..... 18

2.2.1.1. Contaminación hídrica 18

2.2.1.2. Calidad del agua..... 19



2.2.1.3. Agua de uso recreativo.....	19
2.2.1.4. Piscinas.....	20
2.2.1.5. Importancia del monitoreo en piscinas	21
2.2.1.6. Normativa peruana para el uso de piscinas públicas y privadas	21
2.2.2. Calidad del agua	22
2.2.3. Calidad fisicoquímica del agua	23
2.2.3.1. Potencial Hidrógeno.....	23
2.2.3.2. Temperatura	23
2.2.3.3. Turbidez	23
2.2.3.4. El cloro.....	24
2.2.4. Parámetros microbiológicos.....	25
2.2.4.1. Coliformes totales	25
2.2.4.2. Coliformes fecales.....	26
2.2.4.3. Escherichia coli	26
2.2.4.4. Staphylococcus aureus	27
2.2.5. Enfermedades por aguas recreativas contaminadas	28
2.2.5.1. Gastroenteritis	28
2.2.5.2. El oído de nadador	28
2.2.5.3. Inhalación.....	29
2.2.5.4. Por ingestión	29

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	ÁREA DE ESTUDIO	31
------------	------------------------------	-----------



3.2	TIPO DE ESTUDIO	31
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	32
3.3.1	Población.....	32
3.3.2	Muestra.....	32
3.4	MATERIALES Y EQUIPOS.....	34
3.5	METODOLOGIA	35
3.6	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	39
3.6.1	Método descriptivo.....	39
3.6.2	Método estadístico	39
CAPITULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	CALIDAD FISICOQUÍMICA DE PISCINAS DE LA LOCALIDAD DE PUTINA, PROVINCIA SAN ANTONIO DE PUTINA, PUNO.....	41
4.1.1.	Potencial hidrogeno (pH)	41
4.1.2.	Temperatura	44
4.1.3.	Cloro residual	48
4.1.4.	Turbidez	51
4.2	CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE PISCINAS DE LA LOCALIDAD DE PUTINA, PROVINCIA SAN ANTONIO DE PUTINA, PUNO.....	55
4.2.1.	Coliformes totales	55
4.2.2.	<i>Escherichia coli</i>	58
4.2.3.	<i>Staphylococcus aureus</i>	61
V.	CONCLUSIONES.....	64



VI. RECOMENDACIONES	65
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	66
ANEXOS	73

ÁREA: Ciencias Biomédicas

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diagnóstico y Epidemiología

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 27 de diciembre del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Promedios de la evaluación fisicoquímica de las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.....	41
Tabla 2 Presencia y/o ausencia bacteriológica en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.....	55



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Localización satelital de la Piscina municipal de Putina, Piscina Municipal el Pulpo, Piscina municipal	32
Figura 2	Localización satelital de la Piscina municipal José Solorzano Salas y Piscina baños del Inca	32
Figura 3	Niveles de pH en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022	42
Figura 4	Temperatura en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022	45
Figura 5	Cloro residual en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022	49
Figura 6	Turbidez en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022	53
Figura 7	Coliformes totales en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022	56
Figura 8	<i>Eschericha coli</i> en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022	59
Figura 9	<i>Staphylococcus aureus</i> en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022	61



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	Constancia de verificación de la investigación.	73
ANEXO 2	Toma de muestra con tiras reactivas de pH y turbidez de las piscinas de la localidad de Putina 2022	74
ANEXO 3	Preparación de los reactivos agar Baird Parker y Chromoagar en cocinilla y autoclave.....	74
ANEXO 4	Agares listos para suministrar en las placas Petri, hacemos el extendido de las muestras traídas de las diferentes piscinas de la localidad de Putina 2022	75
ANEXO 5	Chromoagar con crecimiento de Coliformes fecales en las piscinas de Putina 2022	75
ANEXO 6	Normativa de la calidad sanitaria de piscinas según normativa vigente ...	76
ANEXO 7	Calidad fisicoquímica en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.....	76
ANEXO 8	Nivel de pH en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.	77
ANEXO 9	Temperatura en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.	78
ANEXO 10	Nivel de cloro residual en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.....	79
ANEXO 11	Determinación de turbidez residual en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022	80



ANEXO 12	Resultados de la calidad microbiológica de piscinas de la localidad de Putina, provincia San Antonio de Putina, Puno 2022	81
ANEXO 13	Presencia y/o ausencia de coliformes totales en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.....	82
ANEXO 14	Presencia y/o ausencia de Escherichia coli en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.....	83
ANEXO 15	Presencia y/o ausencia de Staphylococcus aureus residual en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022	84



ACRONIMOS

OMS:	Organización Mundial de la Salud
MINSA:	Ministerio de Salud
D.S:	Decreto Supremo
m.s.n.m:	Metros sobre el nivel del mar
pH:	Potencial de hidrógeno



RESUMEN

Las piscinas de Putina son un foco de infección para los bañistas, ya que estos establecimientos muchas veces no son aptos para el uso por la falta de supervisión de los responsables MINSA, Municipio, Dueños de los establecimientos y el uso inadecuado por parte de los usuarios. Se analizaron los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022. A través del análisis de las cuatro piscinas presentes en la zona. El diseño fue de tipo observacional, descriptiva y cualitativa, siguiendo los parámetros establecidos por la normativa N° 033 - MINSA/DIGESA – V.01 para el uso de piscinas públicas y privadas. Se recolecto muestras en base al reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (Decreto Supremo N° 001-2010-AG). Se realizo mediciones “in situ” de temperatura, pH, turbidez y cloro residual, se utilizó equipos especializados para la toma de datos correspondientes (pH, el cloro residual, turbidez y temperatura). El análisis bacteriológico se realizó en el laboratorio de microbiología clínica de la Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano. Los resultados mostraron que el pH se encuentra entre 7.1 a 9.0, la temperatura oscilaba entre 31°C y 39°C grados centígrados, y el nivel de cloro residual era inferior al requerido la turbidez promedio fue 1.99 UNT. Se encontró presencia de coliformes totales en el 94% de los muestreos, *Escherichia coli* solo en un 6%, y ausencia de *Staphylococcus aureus* en el 100% de las muestras. **En conclusión**, las piscinas de la provincia de Putina, no son aptas para la recreación, ya que no cumplen con todos los estándares de calidad y no son seguras para los bañistas.

Palabras clave: Calidad bacteriológica y microbiológica, Cloro residual, Coliformes totales, Piscinas.



ABSTRACT

The swimming pools in Putina pose a health risk for bathers, as these facilities are often unsuitable for use due to the lack of supervision by responsible authorities such as MINSA, the municipality, and the establishment owners, as well as improper use by users. Physicochemical and bacteriological parameters were analyzed in the waters of swimming pools in the district of Putina, Puno region, during 2022, based on an analysis of the four pools in the area. The study was observational, descriptive, and qualitative, following the parameters established by regulation No. 033 - MINSA/DIGESA – V.01 for the use of public and private swimming pools. Samples were collected in accordance with the regulations of the Water Resources Law (Supreme Decree No. 001-2010-AG). In situ measurements of temperature, pH, turbidity, and residual chlorine were conducted using specialized equipment for collecting corresponding data. The bacteriological analysis was performed in the clinical microbiology laboratory of the Professional School of Biology, Faculty of Biological Sciences, at the National University of the Altiplano. The results showed that pH ranged from 7.1 to 9.0, temperature fluctuated between 31°C and 39°C, and residual chlorine levels were below the required standard, with an average turbidity of 1.99 NTU. Total coliforms were present in 94% of the samples, *Escherichia coli* in only 6%, and *Staphylococcus aureus* was absent in 100% of the samples. In conclusion, the swimming pools in the province of Putina are not suitable for recreational use, as they fail to meet quality standards and are unsafe for bathers.

Keywords: Swimming pools, physicochemical and microbiological quality, turbidity, residual chlorine, thermotolerant coliforms, fecal coliforms.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las piscinas termales de Putina, ubicadas en la región de Puno, Perú, son un recurso natural de gran valor por sus propiedades terapéuticas y su atractivo turístico. Situadas a más de 3,800 metros sobre el nivel del mar en la geografía andina, representan no solo un espacio de recreación y bienestar, sino también una fuente de ingresos clave para las comunidades locales, que dependen del turismo.

Desde el punto de vista de la salud, la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de las piscinas es un factor crítico. Si no se controla adecuadamente, la presencia de microorganismos patógenos como bacterias, virus y parásitos puede causar enfermedades graves, incluyendo infecciones de la piel, gastrointestinales y respiratorias (Doménech et al., 2008; Vega, 2018). Además, un mal equilibrio en parámetros como el pH y la concentración de cloro puede provocar irritación en la piel y los ojos, afectando la experiencia de los visitantes y aumentando los costos de mantenimiento de las instalaciones (Hernández & López, 2017).

Desde el punto de vista poblacional, la creciente afluencia de visitantes no ha sido acompañada por una adecuada planificación de infraestructura, lo que genera saturación, deterioro ambiental. Esta investigación aporta un valor significativo al proporcionar un diagnóstico útil para implementar estrategias de mantenimiento sostenible, prolongando la vida útil de las instalaciones y conservando la calidad del agua, un factor clave para el turismo y las comunidades locales.



1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, turbidez y cloro residual) en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.
- Analizar los parámetros bacteriológicos (coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*) en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Hernández y López (2017) según su estudio realizado en León, Nicaragua, encontraron que el 83,3% de las piscinas analizadas presentaban crecimiento de bacterias, lo que las hacía no aptas para su uso. Además, el 33,3% de las piscinas analizadas mostraron presencia de *coliformes totales*, *coliformes fecales* y *Escherichia coli*. *Enterococcus faecalis*, con sólo el 16,7%. También hubo bacterias presentes habitualmente *Staphylococcus faecalis* al 41,7%, las cuales excedieron las 200 colonias / ml y *Pseudomonas sp* con 66,7%.

Cangahuamin-Rojas (2021) en su estudio realizado en el complejo turístico Santa Catalina en Ecuador, reveló que la presencia de *Staphylococcus* en las aguas termales tenía un valor promedio de $6,85 \times 10$ UFC/ml. Este hallazgo se atribuyó principalmente a la alta concentración de sal en el agua y a la presencia de esta bacteria en la piel de los visitantes. Por otro lado, los análisis microbiológicos reportaron que el valor mínimo de bacterias coliformes fecales era de 1,83 UFC/ml, mientras que el de coliformes totales era de 12,17 UFC/ml, lo que indicaba que las aguas termales en el complejo Santa Catalina se encontraban en buen estado.

En un estudio realizado por Carrasquero Ferrer et al., (2012) ,sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de piscinas en dos complejos recreacionales del Estado Zulia, encontraron que el índice NMP por cada 100 ml de coliformes totales en las piscinas analizadas reveló que el 75% de ellas tenían al menos un tubo positivo en uno de los tres muestreos realizados, lo cual represento un incumplimiento de los estándares



establecidos. Solo cinco piscinas no presentaron tubos positivos durante la prueba de coliformes totales; sin embargo, estas también registraron valores promedio superiores a 200 UFC/ml.

Según Andueza et al., (2018), en el Balneario "Santa Ana", de Tungurahua Ecuador, encontraron $3,15 \times 10^2$ UFC/ml de bacterias heterótrofas, siendo las piscinas termales donde hubo mayor concentración de estas bacterias. En cuanto a las bacterias coliformes, se detectaron en la fuente y en la piscina termal, con un promedio de $4,7 \times 10$ UFC/ml.

Según un estudio realizado por Mazariegos-Rodríguez et al., (2017), en las provincias de Guatemala-Escuintla encontraron que la única piscina del centro turístico presento amebas de vida libre. Los investigadores observaron que la concentración media de pH en la piscina era de 8.50 (alcalino) y la concentración media de cloro era de 1.00 ppm, indicando que la acción biocida del cloro estaba disminuida. Estas condiciones favorecerían el desarrollo de las amebas, aumentando así el riesgo de infecciones para los visitantes que utilizaban dicha piscina.

Según, Leal et al., (2020), el balneario Ilaló, ubicado en la provincia de Pichincha, en noviembre y diciembre de 2018, realizaron estudios microbiológicos para caracterizar a la comunidad bacteriana presente en dicho ambiente. Para ello, se realizó mediciones "In situ" de diversos parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, conductividad, salinidad, oxígeno disuelto y sólidos totales. Después, cuantificó, aislamiento e identificación de las cepas bacterianas del agua termal. Los resultados obtenidos revelaron la presencia de una variedad de especies bacterianas en el agua termal de Ilaló, incluyendo *Bacillus spp*, *Pseudomonas spp*, *Vibrio alginolyticus*.



Según Holguín-Ortega & Tinoco-Mejía (2017), registraron valores por encima del límite permisible en color (99,66 UPt-Co), turbidez (13,63 NTU), en cloro libre residual (0,8056 mg/ml), en coliformes (42,80 NMP) /100 ml) y en *Pseudomonas aeruginosa* (0,75 MPN) /100ml). Observaron que la calidad del agua en los parques acuáticos analizados no cumplía con los estándares deseados, lo que sugiere la presencia de contaminación bacteriana y cambios en los parámetros físicos y químicos debido a una deficiente limpieza.

El estudio de Rojas-Martínez et al., (2014), determinaron el origen y composición de las aguas termales de los municipios de Becerril (Cesar) y Ciénaga (Magdalena), Colombia. Para ello, recolectaron tres muestras de agua entre las dos áreas de estudio seleccionadas, dos en Ciénaga y una en Becerril, las cuales fueron analizadas en el Laboratorio Químico de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander. En el análisis fisicoquímico realizado, se identificaron distintos parámetros característicos de las fuentes termales estudiadas, como el pH, la temperatura, la conductividad, la alcalinidad total, el color, la dureza total, la turbiedad y los sólidos totales. Los resultados mostraron que las aguas termales en ambos municipios presentaron un pH neutro, temperaturas diferentes (más cálidas en Ciénaga y más frías en Becerril), altas concentraciones de dureza total (clasificadas como duras en Becerril y muy duras en Ciénaga), baja turbidez y contenidos variables de sólidos totales.

El estudio de Zavaleta (2011) investigo el estado sanitario del agua de las piscinas utilizadas por atletas y bañistas en el Complejo Deportivo de Ciudad Merliot y en el Polideportivo de la Universidad de El Salvador. Entre mayo y julio de 2011, se realizaron análisis microbiológicos en el agua recolectada de estas piscinas para determinar su calidad y garantizar la seguridad de los usuarios. Se llevaron a cabo encuestas al personal de los complejos seleccionados y se verificó la existencia de manuales de procedimientos



de limpieza y sanitización. Los resultados de la investigación revelaron que, si bien los niveles de *coliformes totales*, *coliformes fecales* y *Escherichia coli* estaban dentro de los límites máximos permitidos por la normativa salvadoreña, la presencia de *Enterococcus faecalis* y el conteo elevado de heterótrofas aerobias indicaban que el agua no era apta para uso recreativo durante ese periodo de tiempo.

En su estudio realizado en la ciudad de Tacna, Perú, Zevallos Cazorla (2021), observo que las piscinas temperadas de Arenas Hotel & Spa, Baños Turcos Adán y Eva, I.E. Francisco Antonio de Zela y Olímpica “Gino Chiarella Rossi” cumplieron al 100% con la calificación de buena, lo que significa que no se detectaron coliformes (<1,8 NMP/100). Además, la Universidad Privada de Tacna también fue parte de este grupo de lugares con alta calidad en sus instalaciones de piscinas.

En su investigación Hidalgo-Gonzales (2019), encontró bacterias patógenas en la piscina Recreo Ecológico Mundialito Paradise, Huánuco informo la presencia de microorganismos patógenos como: *Escherichia coli*, *Vibrio Cholerae* y *Enterococcus intestinales*, además de *Salmonella sp* y Microorganismos aerobios viables.

Según Vidal-Povis (2017), en su investigación no detecto coliformes totales en las muestras de la piscina Paraíso Verde Aserradero, en Tingo Maria - Perú, ni *Escherichia coli* en las muestras de agua de la piscina de la I.E. Gómez Arias Dávila. Sin embargo, se encontraron formas parasitarias en todas las muestras de la piscina Paraíso Verde Aserradero, con un 25% de *Cryptosporidium*, un 8.3% de *Naegleria*, un 41.7% de *Cryptosporidium Naegleria* y un 25% de ausencia total. Es posible que la calidad en bacterias se deba al sistema de filtrado y al cambio diario de agua.

En la investigación de Arellano et al., (2023), evaluaron la calidad bacteriológica del agua de piscinas en la ciudad de Jaén, comparándola con los estándares de la Directiva



Sanitaria N.º 033-2010- MINSA/DIGESA-V.02. Se tomaron muestras de agua de 15 piscinas en condiciones de esterilidad y transportadas al laboratorio de Tecnología Médica de la Universidad Nacional de Jaén. Mediante la técnica de NMP de tubos de fermentación, se determinó la presencia de coliformes totales y termo tolerantes. Los resultados mostraron que el Parral fue el sector con mayor contaminación (25%), seguido de las Palmeras (16,67%). En promedio, la concentración microbiológica de coliformes totales y termo tolerantes fue de 172,27 NMP/100 ml. Se concluyó que el 93,33% de las aguas de piscina en Jaén excedían los límites establecidos en la Directiva Sanitaria.

De acuerdo con Condori-Silva (2018) en su estudio sobre la carga bacteriana de coliformes termotolerantes en piscinas de Juliaca, Perú, se observó que la piscina La Playa presentó la concentración más alta de > 11000 MPN / 100 ml en los tres puntos de muestreo (tanque de agua, tanque medio, salida).

Mamani Nahuincha (2021) informo que en tres piscinas de la ciudad de Puno (GUESC, UNA-Puno, Municipalidad de Puno), los niveles de Coliformes totales y la temperatura del agua se mantuvieron dentro de los límites permitidos para su uso recreativo, de acuerdo con la normativa vigente. Se observa que tres tanques tienen valores limitados en pH (entre 7,2 y 7,5), temperatura (entre 19,3 y 18,3 grados Celsius) y dureza total (entre 534,7 y 491,6 mg/L) en sus parámetros físicos y químicos.

El objetivo principal de la investigación de Andrade (2017) fue evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en las piscinas del balneario Morete Puyu, realizada entre octubre y diciembre de 2017. Llevaron a cabo análisis en 12 puntos de muestreo, que incluyeron el agua de la entrada a la piscina, el tanque de almacenamiento, diferentes tipos de piscinas, así como muestras recolectadas tanto en presencia de bañistas como después de la desinfección. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos



fueron analizados por duplicado, utilizando el método HACH para los parámetros físicos y químicos, y el método del número más probable (NMP) para la caracterización de coliformes fecales, *E. coli*, *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*." Los resultados mostraron la presencia de 3,6 coliformes fecales por mL de agua en el análisis microbiológico, dentro de los límites permisibles según la normativa. Se concluyó que el agua era apta para los usuarios, pero se recomendó al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de la ciudad de Puyo capacitar al personal encargado del balneario para realizar análisis microbiológicos constantes y controlar la calidad del agua de manera efectiva, garantizando la salud de los turistas y previniendo enfermedades.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Regulaciones y contexto local

2.2.1.1. Contaminación hídrica

Se considera contaminación del agua a cualquier modificación de sus propiedades, radiactivas, químicas, sensoriales físicas y microbiológicas, causada por acciones humanas o eventos naturales, que pueden generar rechazo, enfermedad o incluso la muerte de quienes la consumen (Eduardo & Triana, 2017).

El deterioro alarmante del agua ha sido causado por el rápido desarrollo humano y económico, así como por su uso inadecuado como medio de eliminación, a pesar de ser esencial para la vida humana y el sostenimiento del medio ambiente (Barceló & López de Alda, 2016).



2.2.1.2. Calidad del agua

La evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo mediante la comparación de sus características físicas y químicas con sus respectivas pautas o estándares establecidos además la definición de puede variar según el uso que se le dé (Baeza, 2018). La calidad puede cambiar debido a causas naturales o factores externos. Cuando los factores externos que afectan negativamente la calidad del agua no están relacionados con el ciclo hidrológico, se considera que hay contaminación. Prevenir, controlar y resolver los problemas derivados de la contaminación del agua es uno de los objetivos fundamentales de cualquier política de gestión de recursos hídricos avanzada, (Ministerio del medio ambiente, 2000).

2.2.1.3. Agua de uso recreativo

Existen varias ocupaciones que implican trabajar cerca del agua, como los salvavidas y los deportistas de diversas disciplinas acuáticas. Para estos profesionales, la exposición a aguas de baja calidad representa un riesgo que podría desencadenar enfermedades o accidentes laborales. Por otro lado, cientos de miles de personas se sumergen diariamente en los balnearios del mundo, lo que pone en peligro la salud pública por la falta de controles obligatorios de la calidad del agua (Sardi & Mónica, 2018).

Según la (Organización Mundial de la Salud, 2011), se estima que alrededor del 8-20% de enfermedades transmitidas por el agua en todo el mundo están relacionadas con el contacto con aguas recreativas contaminadas. Algunas de las enfermedades más comunes causadas por aguas recreativas incluyen infecciones de la piel, infecciones del tracto



gastrointestinal, infecciones del oído, enfermedades respiratorias, infecciones por hongos y parásitos intestinales.

2.2.1.4. Piscinas

Agrupación de estanques, ya sea artificiales o parcialmente artificiales, diseñados para ser lugares recreativos o deportivos para nadar, donde el contacto directo y simultáneo con el agua es esencial y compartido por varias personas. (Ana & León, 2022) En Perú, la Dirección Regional de Salud (DIRESA) ha registrado un total de 914 piscinas, de las cuales solamente 5 se encuentran en Puno. Sin embargo, según los reportes oficiales del 2023, ninguna de ellas ha recibido vigilancia por parte de esta entidad (Dirección Regional de Salud, 2023).

a) Piscinas públicas

Una piscina de uso público es aquella que está abierta al público en general o a un grupo específico de usuarios, y no está reservada únicamente para la familia e invitados del propietario u ocupante. En este tipo de piscinas, no es necesario pagar una tarifa de entrada. Hay dos tipos de piscinas de uso público:

Tipo 1: Son aquellas piscinas donde la actividad principal está relacionada con el agua, como las piscinas públicas, los parques acuáticos, los spas o las áreas de recreación acuática.

Tipo 2: Son las piscinas que funcionan como un servicio adicional al objetivo principal, como las piscinas de hoteles, alojamientos turísticos,



campamentos o centros de salud que utilizan piscinas terapéuticas, entre otros ejemplos. (Ministerio de Sanidad, 2013).

b) Piscinas privadas

Las reservadas solo para la familia y los invitados del dueño u ocupante, y esto incluye el uso relacionado con el alquiler de casas destinadas a uso familiar. (Boletín Oficial de Navarra & Gobierno de Navarra, 2018).

2.2.1.5. Importancia del monitoreo en piscinas

El monitoreo periódico de la calidad del agua de las piscinas es una herramienta crucial para evaluar su evolución química, física y microbiológica. Esta práctica es esencial en las instalaciones de piscinas, ya que permite detectar áreas contaminadas o posibles afectaciones en el agua que podrían perjudicar a la población. Realizar una evaluación continua de la calidad del agua asegura que se tomen las medidas necesarias para mantener un entorno saludable y seguro para los usuarios de la piscina. (Deluchi et al., 2012). Un monitoreo busca ofrecer datos exactos sobre la evaluación de un contaminante que cause preocupación. (Larrea et al., 2022).

2.2.1.6. Normativa peruana para el uso de piscinas públicas y privadas

La normativa que se usa para el control de piscinas en Perú es la “Directiva Sanitaria para la Determinación del Índice de Calificación Sanitaria de las Piscinas Públicas y Privadas de Uso Colectivo Directiva



Sanitaria N° 033 - MINSA/DIGESA – V.01 RM N° 484-2010/MINSA” la norma mencionada con anterioridad nos indica que, Las Direcciones de Salud de Lima y las Direcciones Regionales de Salud, o entidades equivalentes, serán responsables de llevar a cabo la implementación de esta directiva. La Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA del Ministerio de Salud proporcionará apoyo técnico y supervisará las acciones realizadas en el marco de la vigilancia sanitaria de las piscinas. La evaluación de la calidad microbiológica del agua de la piscina se basará en tres variables: cloro residual, coliformes termotolerantes y turbidez, cada una con sus propios rangos de valores y puntajes correspondientes. La calificación se determinará en función de la presencia de cloro residual en un rango adecuado, la densidad de coliformes termotolerantes y la presencia de turbidez. (Ministerio de Salud & Dirección General de Salud Ambiental, 2011).

2.2.2. Calidad del agua

La evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo mediante la comparación de sus características físicas y químicas con sus respectivas pautas o estándares establecidos además la definición de puede variar según el uso que se le dé. (Baeza, 2018) La calidad puede cambiar debido a causas naturales o factores externos. Cuando los factores externos que afectan negativamente la calidad del agua no están relacionados con el ciclo hidrológico, se considera que hay contaminación. Prevenir, controlar y resolver los problemas derivados de la contaminación del agua es uno de los objetivos fundamentales de cualquier política de gestión de recursos hídricos avanzada (Ministerio del medio ambiente, 2000).



2.2.3. Calidad fisicoquímica del agua

2.2.3.1. Potencial Hidrógeno

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua, que también indica su nivel de acidez, el pH se considera un contaminante secundario y se sugiere que esté en un rango de 6.5 a 8.5. El pH se encuentra fuera de este rango sugerido, no representa un riesgo directo para la salud. Sin embargo, si el pH es menor a 6.5, podría indicar la presencia de agua corrosiva que podría movilizar metales en las tuberías (Sigler & Boudier, 2012).

2.2.3.2. Temperatura

La calidad del agua se ve condicionada por la temperatura, ya que esta influye en los procesos físicos, químicos y biológicos relacionados con el transporte de esta. (Díaz García & González Pérez, 2022), esto tiene un impacto tanto en los tratamientos del agua como en la evaluación limnológica de un cuerpo de agua. Por tanto, hay que medir la temperatura para saber si hay compuestos y contaminantes en el agua. La temperatura es un parámetro fijado como límite máximo permitido en las descargas de aguas y muy importante en los cálculos de balance de energía y calor de los procesos industriales. (De la Mora-Orozco et al., 2020).

2.2.3.3. Turbidez

La calidad del agua en las fuentes de abastecimiento y en el agua suministrada a los usuarios se evalúa a través del parámetro fisicoquímico conocido como turbidez. Este indicador permite medir el contenido de



sustancias coloidales, minerales u orgánicas presentes en el agua, lo que puede ser un indicio de contaminación (Marco et al., 2004).

Es importante destacar que altos niveles de turbidez pueden ofrecer protección a los microorganismos, evitando los efectos de la desinfección. Esto a su vez puede estimular la proliferación de bacterias y aumentar la necesidad de cloro para su eliminación. En consecuencia, la presencia de turbidez en el agua representa un riesgo microbiológico para las personas (Rocío Martínez-Orjuela et al., 2019).

2.2.3.4. El cloro

Es un elemento químico ampliamente utilizado como desinfectante en la industria del tratamiento de agua. Su efectividad radica en su capacidad para eliminar microorganismos al inactivarlos a través de la oxidación de sus componentes celulares. Según un estudio realizado por (Adams et al., 2013) se demostró la eficacia del cloro como agente desinfectante en la purificación del agua.

a) El cloro libre

El cloro libre en el agua es esencial para desinfectar y eliminar microorganismos dañinos, y su presencia garantiza la seguridad del agua para el consumo humano. Se mide en partes por millón y es un indicador clave de la eficacia del tratamiento de desinfección. Es importante mantener un nivel adecuado de cloro libre para prevenir la propagación de enfermedades transmitidas por el agua. El cloro libre se encuentra en forma de ácido hipocloroso, ion hipoclorito y cloro molecular disuelto en el agua (secretaría de Economía de los Estados Unidos Mexicanos, 2001).



b) El cloro residual

Se refiere al cloro que queda en el agua después de haber sido añadido durante el proceso de cloración. (Secretaría de Economía de los Estados Unidos Mexicanos, 2001) después de esperar el tiempo requerido para que el cloro realice su acción oxidante, en este proceso parte del cloro es consumido. (Perez & Espigares, 1995).

2.2.4. Parámetros microbiológicos

2.2.4.1. Coliformes totales

Los coliformes totales constituyen un grupo de bacterias que se encuentran de manera habitual en el tracto intestinal de animales de sangre caliente, así como en el entorno natural, incluyendo el suelo y cuerpos de agua. Su detección en sistemas acuáticos se emplea comúnmente como un indicador de contaminación microbiológica y del estado sanitario del agua. (Larrea Murrel Jeny A. et al., 2013). Según la OMS, señala un posible riesgo de enfermedades gastrointestinales. Investigaciones como las de (Brenner et al., 2015). y (Edberg et al., 2000) resaltan su utilidad para evaluar la calidad del agua y la efectividad de los tratamientos de desinfección.

El desarrollo de métodos microbiológicos y moleculares, como el uso de medios de cultivo selectivos (Chromoagar) y la PCR, ha mejorado la detección y diferenciación de coliformes. Esto facilita el análisis de calidad del agua, aunque expertos como (Francy et al., 2000) enfatizan la necesidad de un monitoreo constante para garantizar su seguridad, especialmente en fuentes recreativas o de consumo.



2.2.4.2. Coliformes fecales

Los coliformes fecales se refieren a una subdivisión de los coliformes totales que tienen la capacidad de fermentar la lactosa a 44.5°C. La mayoría de los coliformes presentes en las heces fecales, aproximadamente el 95%, consisten en *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Dado que los coliformes fecales se encuentran principalmente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que son un indicador más preciso de la contaminación fecal. También hay que destacar que algunos coliformes pueden multiplicarse en el agua, lo que es negativo en el uso de los coliformes totales como indicador (Díaz Delgado et al., 2003).

2.2.4.3. *Escherichia coli*

Es una bacteria Gram-negativa de la familia Enterobacteriaceae, forma parte del microbiota intestinal de humanos y animales de sangre caliente. Aunque la mayoría de sus cepas son inofensivas y beneficiosas, algunas variantes patógenas pueden provocar enfermedades como diarrea, infecciones urinarias, meningitis neonatal o septicemia, según sus factores de virulencia. Entre las más peligrosas destacan las cepas enterohemorrágicas, como *E. coli* O157:H7, asociadas a colitis hemorrágica y síndrome urémico hemolítico (Nataro & Kaper, 1998) Se transmiten por excretas y suelen ingerirse o entran en contacto con agua contaminada. La *Escherichia* no puede sobrevivir por mucho tiempo en agua clorada estas son indicadores de la contaminación bacteriológica en fuentes de agua (Mora & Calvo, 2010).



prevención de brotes infecciosos requiere garantizar la calidad del agua y los alimentos mediante el tratamiento adecuado de aguas residuales, la cloración en áreas recreativas y la educación sanitaria. Además, métodos modernos como medios selectivos (Chromoagar) y herramientas moleculares permiten identificar rápidamente *Escherichia coli*, mejorando su control (Paul De Vos et al., 2009)

2.2.4.4. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus es una bacteria Gram positiva y coagulasa positiva, que forma parte de la flora bacteriana normal en la piel y las mucosas de los humanos y otros mamíferos. Sin embargo, también puede actuar como un patógeno oportunista, capaz de provocar infecciones que varían desde leves, como forúnculos, hasta más graves, como sepsis y síndrome de shock tóxico. Esta capacidad patogénica se debe a varios factores de virulencia que le permiten colonizar los tejidos, evadir el sistema inmunológico y provocar daño celular. Entre estos factores se incluyen la cápsula, las proteínas de adhesión, las toxinas y las enzimas (Estupiñán-Torres et al., 2017).

Las piscinas públicas, debido a la alta densidad de bañistas, constituyen un entorno propicio para la propagación de bacterias como el *S. aureus*, especialmente cuando las medidas de higiene y calidad del agua son deficientes. Estudios como el realizado (Yamamoto et al., 1999). han evidenciado la viabilidad de esta bacteria en ambientes acuáticos, lo que incrementa el riesgo de contagio a través del contacto directo con el agua contaminada. Su presencia en piscinas sugiere deficiencias en los sistemas



de desinfección y representa un riesgo para la salud pública. Según Baldry et al. (2009), esta bacteria puede adaptarse a condiciones de cloración y sobrevivir en sistemas acuáticos mal mantenidos, lo que subraya la importancia de un control riguroso de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos en estos ambientes.

2.2.5. Enfermedades por aguas recreativas contaminadas

2.2.5.1. Gastroenteritis

La gastroenteritis se caracteriza por la inflamación de las membranas que recubren el sistema digestivo, y es comúnmente acompañada de síntomas como fiebre, sensación de malestar estomacal, diarrea, vómitos y dolor en el área abdominal. (Albarrán & Angós, 2018) Alrededor del 50% de los casos de enfermedades asociadas al uso de aguas recreativas son causados por brotes de gastroenteritis (Doménech-Sánchez et al., 2008).

2.2.5.2. El oído de nadador

El oído de nadador es una infección bacteriana provocada por la acumulación de agua en el conducto auditivo externo durante mucho tiempo, creando un ambiente húmedo ideal para la proliferación de bacterias. Aunque cualquiera puede padecer esta condición, es más común en los niños y no se contagia de una persona a otra. (Boletín Oficial de Navarra & Gobierno de Navarra, 2018)



2.2.5.3. Inhalación

Los productos químicos para piscinas pueden ingresar al cuerpo a través de la inhalación y causar daños. Esto puede suceder al respirar los vapores y gases de estos productos, así como los gases tóxicos que se forman cuando se mezclan diferentes productos químicos incompatibles para alberca. Además, los vapores de los subproductos de la desinfección también pueden ser inhalados. Estos subproductos se forman en el agua cuando los productos químicos de la alberca reaccionan con el sudor, la orina, las células de la piel, las lociones y los residuos de jabón de los nadadores.

La inhalación de estos vapores y gases puede provocar diversos síntomas, como tos, secreción nasal, dolor de garganta, respiración sibilante, opresión en el pecho, dificultad para respirar, asma, dolor de cabeza y náuseas. En casos de concentraciones muy altas, los pulmones pueden sufrir graves daños y, en casos raros, incluso puede ocurrir la muerte. Por lo tanto, es importante tomar precauciones al manejar productos químicos para alberca y asegurarse de mantener una adecuada ventilación en el área de la piscina para reducir el riesgo de inhalación. (Department of Public Health & Health Branch, 2009).

2.2.5.4. Por ingestión

La cantidad de agua que los bañistas ingieren varía dependiendo de factores como la edad, el género, la habilidad técnica y el tipo, intensidad y duración de la actividad que realizan. (Llana et al.,2009) En un estudio realizado por(Aprea et al., 2010), se midió experimentalmente la ingesta de



agua mediante la medición de las concentraciones de cianurito en la orina durante las 24 horas siguientes a la práctica de natación. Sus resultados pueden considerarse una referencia de la ingesta habitual de los bañistas. Según este estudio, la ingesta promedio es de 26,5 ml de agua por sesión, aunque existen diferencias significativas según la edad (37 ml para los niños y 16 ml para los adultos) y el género (45 ml para los niños y 30 ml para las niñas, y 22 ml para los hombres adultos).



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la ciudad de Putina, ubicada al sur del Perú, en la región de Puno, provincia de San Antonio de Putina. Geográficamente está ubicada a una latitud: -14.9006 Longitud: -69.8619 Latitud: 14°54'2" Sur Longitud: 69° 51' 43" Oeste” y a una altitud de 3 861 metros. Los análisis microbiológicos se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de microbiología clínica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA – PUNO. Las ubicaciones de las piscinas incluidas en la investigación son las siguientes: la Piscina Municipal José Solórzano Salas, ubicada en la intersección del Jr. Lima con el Jr. El Comercio (coordenadas: -14.913348, -69.867282); la Piscina Municipal Pulpo, localizada en el Jr. Cahuide N°340 (coordenadas: -14.913109, -69.869771); la Piscina Huayna Putina, situada en el Jr. Progreso N°810; y los Baños del Inca, ubicados en el Jr. Progreso N°29 (coordenadas: -14.89828, -69.83346).

3.2 TIPO DE ESTUDIO

La investigación se clasifica como descriptiva, analítica, transversal y cualitativa debido a la inclusión de dos variables de respuesta. Estas variables buscan explicar cómo los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las piscinas de la localidad de Putina (variable independiente) afectan la calidad sanitaria de las mismas (variable dependiente).

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población

La presente investigación estuvo constituida por el agua 4 piscinas públicas y privadas de uso colectivo existentes en la ciudad de Putina, Piscina Municipal José Solorzano Salas, la Piscina Municipal Pulpo, Piscina Huayna Putina y la Baños del inca. Diariamente alberga a un promedio de entre 25 y hasta 50 en días laborables y en fines de semana hasta 80 personas. Esta investigación se realizó durante los meses de junio – agosto del 2022

Figura 1 y Figura 2:

Localización satelital de la Piscina municipal de Putina, Piscina Municipal el Pulpo, Piscina municipal José Solorzano Salas y Piscina baños del Inca



Fuente: Google Maps

3.3.2. Muestra

Para garantizar una recolección precisa de la muestra, se siguió un protocolo específico, se realizó un muestreo del agua de piscina en tres horarios distintos, para su evaluación en laboratorio. La primera muestra fue por la mañana



para verificar la limpieza, la segunda durante las horas de mayor afluencia de bañistas (de 11:00 a.m. a 3:00 p.m.) y la tercera justo antes del cierre.

En el Perú, la recolección de muestras de agua para análisis está regulada por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-SA) y las disposiciones del Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Este proceso requirió el uso de equipo desinfectado y recipientes adecuado, seleccionando puntos representativos según el plan y registrando coordenadas geográficas. Se obtuvo el agua a una profundidad de aproximadamente 20 cm en el punto más alejado de la salida, utilizando una botella estéril de boca estrecha para recolectar 500 ml de agua.

Las muestras se preservaron a 4 °C, se y transporto al laboratorio dentro de 6 horas para análisis microbiológicos o 48 horas para otros análisis, se documentó datos clave como fecha, lugar.

Se llevaron a cabo pruebas in situ para evaluar la calidad del agua de la piscina, incluyendo la medición de pH, cloro, turbidez y temperatura. Se tomó una muestra de agua y se utilizó tiras reactivas y medidores para obtener lecturas exactas de pH y cloro, registrando todos los resultados. En caso de niveles inadecuados, se tomaron medidas correctivas y se realizaron pruebas adicionales para asegurar la mejora de la calidad del agua de la piscina. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano en Puno para llevar a cabo un análisis microbiológico detallado, incluyendo parámetros como coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.



$$n = \frac{Z^2 P \cdot Q \cdot N}{\epsilon^2 (N - 1) + Z^2 \cdot P \cdot Q}$$

Z (1.96): “Valor de la distribución normal, para un nivel de confianza de $(1 - \alpha)$ P (0,5): Proporción de éxito”.

Q (0,5): “Proporción de fracaso (Q = 1 - P)”

(0,05): “Tolerancia al error”

N (162): “Tamaño de la población”.

n: “Tamaño de la muestra”.

3.4 MATERIALES Y EQUIPOS

- **Equipos**
- Microscopio
- Esterilizador
- Balanza
- **Materiales/reactivos**
- Suero fisiológico
- Agua destilada
- Papel absorbente de 5 cm x 6 cm.
- Laminas cubreobjetos
- Tubos de plástico
- Baja lenguas
- Pipetas de plástico



- Mascarilla
- Guantes
- Botellas de 500 ml
- Pabilo
- Rotulador
- Cuaderno de campo
- **Reactivos**
- Agar Baird Parker
- Chromoagar
- Tiras de pH

3.5 METODOLOGIA

El proceso de evaluación de la calidad sanitaria de las piscinas lo rige el D. S. 007-2003-SA, conocido como el "Reglamento Sanitario de Piscinas", aplicado a nivel nacional. Este reglamento establece los requisitos mínimos que deben cumplir las piscinas para garantizar la salud y seguridad de las personas que las utilizan. A continuación, se describen algunos aspectos importantes de esta normativa:

Normas de calidad del agua: Se establecen los parámetros microbiológicos, físicos, químicos y sensoriales que deben cumplir las aguas de las piscinas para asegurar su calidad sanitaria. Se requiere un riguroso seguimiento de aspectos como el pH, la turbidez, el cloro residual y la presencia de microorganismos nocivos. Es esencial mantener estos parámetros dentro de los límites establecidos para garantizar un entorno seguro y saludable para los usuarios de las piscinas.



3.5.1. Potencial Hidrogeno (pH)

Para determinar el pH de las diferentes y diversas aguas de piscinas se utilizó el pH-metro. El método oficial consistió en el uso de un pH-metro con electrodo de membrana de vidrio selectiva a iones de hidrógeno. El aparato fue calibrado y se introdujo en la muestra, la cual se agitó durante un tiempo hasta que la lectura se estabilizó.

Adicionalmente, se emplearon tiras reactivas de la marca comercial SJ Wave, las cuales utilizan un sistema de indicadores de rojo de metilo y azul de bromotimol para medir el pH de forma precisa en un amplio rango. El rojo de metilo cambia de rojo a amarillo en un pH de 4 a 6, mientras que el azul de bromotimol cambia de amarillo a azul en un pH de 6 a 9. Este sistema permitió identificar una gama de colores que iban desde anaranjado a pH 5, pasando por amarillo y verde, hasta llegar a rosa brillante a pH 9, lo que facilitó la diferenciación del pH en este rango.

3.5.2. Temperatura:

La temperatura del agua en las piscinas es un factor clave en el crecimiento de los microorganismos. A temperaturas más cálidas, los microorganismos se reproducen y multiplican más rápidamente, lo que puede llevar a un mayor número de bacterias, algas y otros organismos en el agua. Además, los microorganismos pueden consumir los productos químicos utilizados para desinfectar el agua de la piscina, lo que reduce su eficacia y puede resultar en un mayor riesgo de infecciones y enfermedades.



Colocar las muestras representativas en el recipiente de precipitación. Encender el equipo y permitir que se estabilice. Colocar el electrodo en la muestra y presionar READ. Esperar 5 minutos y tomar la lectura. Registrar el resultado.

3.5.3. Cloro residual

Este procedimiento consto en sacar el paquete de prueba de pH + Dureza Cloro y sacar la tira de prueba, recoger una muestra del agua a analizar en un recipiente estéril. Luego se sumergió los pads de reactivo en la tira de prueba en el agua y se retiró después de un segundo, después de 15 segundos y se comparó el color de los pads con el cuadro de resultados. Los pads que no cambiaron de color el valor del resultado de la prueba es de 0 ppm (resultado negativo).

3.5.4. Turbiedad

Para el procedimiento de turbiedad se encendió el dispositivo HI 93703, se presionó la tecla ON/OFF. El equipo verificó su funcionamiento mostrando todos los caracteres en la pantalla LCD. Después de unos segundos, cambió al modo de medición. Cuando en la pantalla LCD aparecía el símbolo "-- --", significaba que estaba listo para medir. Se vertieron 10 ml de la muestra a medir en una cubeta limpia y se agitó, asegurándose de colocar el tapón posteriormente. Se evitó la formación de burbujas de aire que podían afectar las lecturas. Antes de insertar la cubeta por el orificio, fue importante secar y limpiar la cubeta correctamente. El cristal de la cubeta debía estar completamente limpio de huellas dactilares, rayas, suciedad, aceite o cualquier sustancia que pudiera interferir en la medición. Se colocó la cubeta en el orificio teniendo en cuenta la posición de orientación adecuada. La marca del tapón debió direccionar hacia la LCD (las dos flechas debían quedar enfrentadas). Durante la medición, se presionó la tecla



READ/↑ y en la pantalla apareció "SIP" ("Sampling in Process"). El valor de la turbidez apareció aproximadamente en 25 segundos.

3.5.5. Coliformes totales

Siguiendo las indicaciones del Reglamento (CE) n° 1272/2008 y las recomendaciones del fabricante, se preparó un medio de cultivo Chromoagar™ Liquid ECC. Se pesaron 15,7 g de polvo de Chromoagar y se disolvieron en 480 ml de agua purificada. Tras la esterilización, enfriamiento y dispensado en placas de Petri, se inoculó la muestra y se incubó a 30°C durante 24 horas. La detección de coliformes totales en las placas permitió evaluar la calidad microbiológica de la muestra, garantizando el cumplimiento de los estándares de seguridad alimentaria

3.5.6. *Escherichia coli*

Siguiendo las indicaciones del Reglamento (CE) n° 1272/2008 y las recomendaciones del fabricante, se preparó el medio de cultivo Chromoagar™ Liquid ECC. Se preparó una solución con 15,7 g de polvo de Chromoagar en 480 ml. de agua purificada luego se mezcló hasta que el agar espese. Se calentó la mezcla hasta que hierva a 100 °C, removiendo regularmente y se enfrió la mezcla a 45-50 mezclando suavemente hasta homogeneizar para terminar se vertió 20ml del medio en placas de Petri y se dejó que solidifiquen y sequen para la detección de coliformes totales, se dejó incubar a 30 °C durante 24 h.

3.5.7 *Staphylococcus aureus*

Para la preparación de agar se siguió la norma ISO 11133:2014 y las recomendaciones del fabricante para esto suspendieron 60 g del polvo en 940 ml



de agua purificada y se dejó en reposo de 5 a 10 minutos. Después, se calentó agitando frecuentemente y se hirvió 1 minuto, hasta lograr su disolución total. La mezcla fue distribuida en recipientes apropiados y esterilizada en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Una vez esterilizado, se homogeneizó la mezcla y se distribuyó en placas de Petri estériles. En cuanto al procedimiento de siembra, este se realizó de forma directa estriando la superficie del medio de cultivo. La incubación se llevó a cabo en condiciones de aerobiosis a una temperatura entre 33 y 37 °C durante 24 a 48 horas.

3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1 Método descriptivo

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva (tablas, gráficos, frecuencias absolutas y porcentuales y gráficos estadísticos); y estadística inferencial (prueba de hipótesis con un 5% de error y un 95% de significación) para establecer una relación entre la calidad fisicoquímica y bacteriológica de las piscinas de la localidad de Putina y su calidad sanitaria.

3.6.2 Método estadístico

Se utilizó la fórmula básica para calcular la estadística F en la prueba de análisis de varianza (ANOVA) depende de la variación entre grupos (SSB) y la variación dentro de los grupos (SSW).



$$F = \frac{SSB/(k-1)}{SSW/(N-k)}$$

Donde:

- SSB es la suma de cuadrados entre grupos.
- SSW es la suma de cuadrados dentro de los grupos.
- k es el número de grupos.
- N es el número total de observaciones.

Las sumas de cuadrados se calculan utilizando las diferencias entre las observaciones reales y las medias de los grupos.

La fórmula de ANOVA compara la variación entre grupos con la variación dentro de los grupos, ajustando para los grados de libertad correspondientes ($k-1$ y $N-k$) para obtener la estadística F .

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CALIDAD FISICOQUÍMICA DE PISCINAS DE LA LOCALIDAD DE PUTINA, PROVINCIA SAN ANTONIO DE PUTINA, PUNO

Tabla 1

Promedios de la evaluación fisicoquímica de las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022

Parámetro	Piscina	Hora de apertura (8:00-9:00)	Hora de mayor concurrencia (12:00-2:00)	Horario de cierre (4:00-5:00)	Promedio general
pH	Piscina 1	8.5	8.53	8.63	8.55
	Piscina 2	7.23	7.37	7.63	7.41
	Piscina 3	8.7	8.83	8.7	8.74
	Piscina 4	7.63	7.67	7.8	7.7
Temperatura (°C)	Piscina 1	35	33.33	32.67	33.67
	Piscina 2	38.67	37.67	37.33	37.89
	Piscina 3	30	33.67	32	31.89
	Piscina 4	37	35.67	32.67	35.11
Cloro residual	Piscina 1	0	0	0	0
	Piscina 2	0.53	0.5	0.47	0.5
	Piscina 3	0	0	0	0
	Piscina 4	0	0	0	0
Turbidez	Piscina 1	2.38	2.43	2.45	2.42
	Piscina 2	0.83	0.82	0.82	0.82
	Piscina 3	2.2	2.29	2.38	2.29
	Piscina 4	2.31	2.67	2.24	2.41

4.1.1. Potencial hidrogeno (pH)

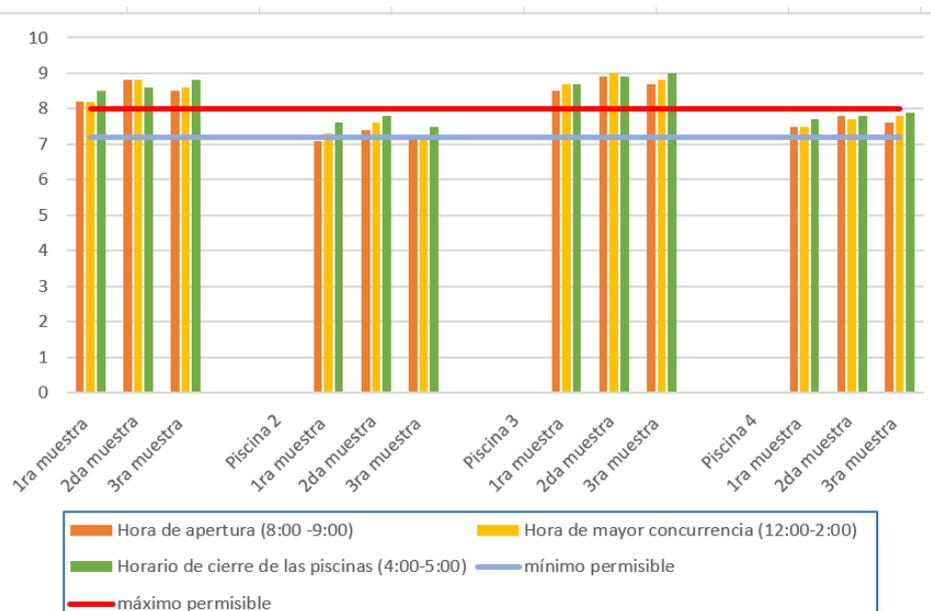
En la tabla 1 se puede apreciar el pH de las piscinas en San Antonio de Putina en la **Piscina 1** se observó un promedio de 8.55 por lo que el pH es alcalino alto esto puede irritar ojos y piel y reducir la efectividad del cloro, lo que podría

generar problemas de bacterias y algas. La **Piscina 2** tiene un pH ácido (**7.41**) que puede causar irritación y corrosión en la estructura y equipo, además de disminuir la eficacia del cloro. La **Piscina 3** también presenta un pH alto (**8.74**), lo que puede provocar irritación y formación de incrustaciones. La **Piscina 4** (7.70) es ligeramente alcalina, lo cual es aceptable, pero requiere vigilancia. Es fundamental mantener el pH entre 7,2 y 7,6 para asegurar la comodidad de los nadadores y la efectividad de los tratamientos de desinfección.

Los resultados obtenidos de las muestras indican que las 4 piscinas analizadas presentan un pH calificado como deficiente. Esto sugiere que no se está llevando a cabo un control adecuado de la calidad del agua, lo que las hace inapropiadas para garantizar la salud de los bañistas.

Figura 3

Niveles de pH en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.





En la figura 3 observamos que en la Piscina 1, los niveles de pH son constantemente alcalinos en todas las muestras y horarios, con valores que oscilan entre 8.2 y 8.8, lo que reduce la efectividad del cloro y puede provocar irritaciones en los bañistas. Por el contrario, en la Piscina 2, el pH se mantiene dentro del rango óptimo (7.2 - 7.8) en todas las mediciones, lo que asegura una buena calidad química del agua, adecuada para los usuarios y efectiva para la desinfección. En la Piscina 3, los niveles de pH son significativamente altos, con valores entre 8.5 y 9.0, lo que puede comprometer la desinfección, favorecer el crecimiento de microorganismos y causar incomodidad a los bañistas. Finalmente, en la Piscina 4, el pH se encuentra dentro del rango óptimo (7.5 - 7.8), lo que garantiza una calidad química adecuada para el uso recreativo y una desinfección eficiente. Estos resultados concuerdan con los hallados por (Rojas Martínez et al., 2014) en su estudio "determinación del origen y la composición de las aguas termales ubicadas en los municipios de Becerril (Cesar) y Ciénaga (Magdalena)" encontramos que el pH: en Becerril y en Ciénaga, las aguas termales tienen un pH neutro (7,05 y 7,03), igualmente en el estudio, microbiología del agua termal del Balneario Ilaló. Pichincha, Ecuador (Leal et al., 2020) nos reporta que, En cuanto al pH, se observan pequeñas variaciones entre los diferentes tanques y piscinas, siendo de 7,14 para el tanque de distribución, 7,26 para la piscina grande, 7,46 y para la piscina mediana, 7,69 para la piscina pequeña y 7,39 en promedio. esto es favorable para su aprovechamiento. A diferencia con la piscina 3 de Putina la cual presentan un pH mínimo 8,5 y máximo 9,0 lo cual puede ser a que deberse a la cantidad que posee el agua para reaccionar con compuestos reductores como el ácido sulfhídrico, el manganeso, el hierro y los nitritos, (presentes en aguas termales) lo que causa un pH elevado. Por otro lado, un pH por encima de 7.6



indica alcalinidad, lo que puede causar formación de algas y disminuir la eficacia de los desinfectantes. Es importante mantener el pH de la piscina dentro de este rango para garantizar una experiencia segura y agradable para los bañistas. (Roque Ramírez, 2019)

Los resultados de la tesis muestran que, con un nivel de significancia del 0.05, se puede rechazar la hipótesis nula. Esto indica que al menos una de las medias de las muestras de las piscinas es significativamente diferente de las demás. En conclusión, los resultados del ANOVA sugieren que existe una diferencia significativa entre al menos una de las medias de las muestras de las piscinas.

La importancia de un rango ideal de pH es importante porque permite que haya un equilibrio químico en el agua y que estas son seguras para los usuarios, y que no exista crecimiento de microorganismos perjudiciales para la salud humana, y que las instalaciones y equipos funciones correctamente de manera prolongada, por lo que debería haber un control de calidad de las piscinas 1 y 3 de la localidad de San Antonio de Putina.

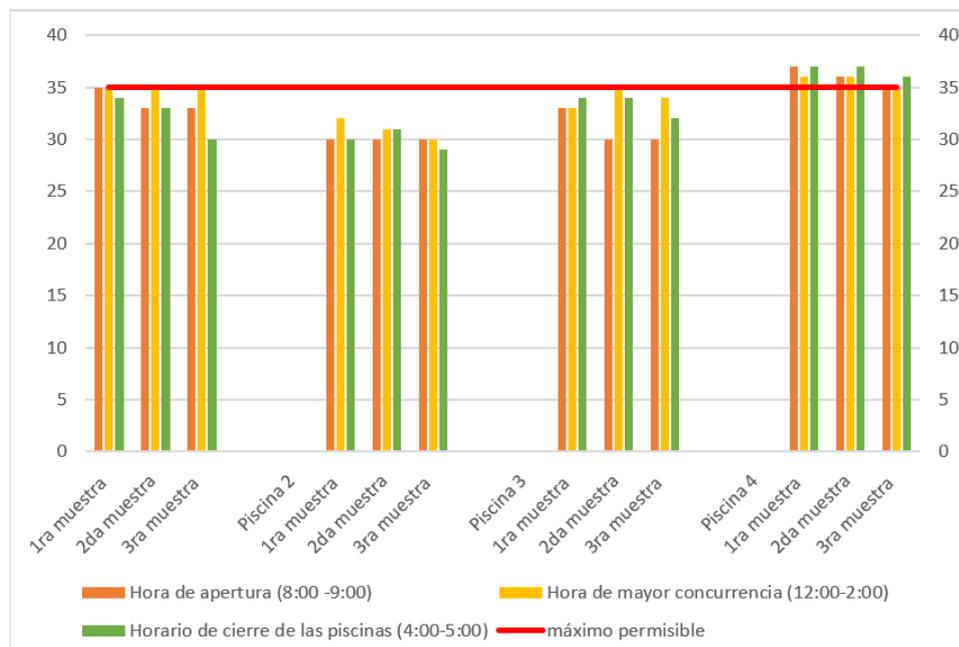
4.1.2. Temperatura

En la tabla 1 se observa que la temperatura del agua en las piscinas termales de San Antonio de Putina influye considerablemente en su calidad. En la Piscina 1, con una temperatura promedio de 33.67°C, se proporciona un ambiente cómodo y relajante, ideal para los bañistas. La Piscina 2, con un promedio de 37.89°C, puede ser demasiado caliente, lo que podría generar incomodidad y aumentar la evaporación del agua. Esto, a su vez, puede afectar el equilibrio químico y facilitar el crecimiento de microorganismos.

La Piscina 3, con un promedio de 32.22°C, ofrece un entorno agradable, similar al de la Piscina 1. En cambio, la Piscina 4, con un promedio de 35.11°C, presenta una temperatura más variable. Esta fluctuación puede complicar el control de calidad del agua, ya que las temperaturas inestables pueden afectar la eficacia de los desinfectantes y propiciar el crecimiento de algas. En resumen, es crucial mantener las temperaturas adecuadas en estas piscinas termales para asegurar tanto la comodidad de los usuarios como la calidad del agua

Figura 4

Temperatura en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.



En la figura 4 las temperaturas observadas en las piscinas analizadas exceden los valores recomendados por el Reglamento Sanitario de Piscinas del Perú (Decreto Supremo N.º 007-2003-SA), que establece un rango de 24°C a 28°C para garantizar la seguridad y el confort de los usuarios. La Piscina 1 (31°C a



36°C) y la Piscina 4 (31°C a 38°C) presentan condiciones parcialmente adecuadas, pero con disminuciones térmicas hacia el cierre que afectan la desinfección. La Piscina 2 (37°C a 39°C) supera ampliamente los límites, lo que desequilibra la química del agua y genera riesgos de irritaciones. La Piscina 3 (30°C a 35°C) muestra fluctuaciones que generan inconsistencias en la calidad del agua. Estas desviaciones subrayan la necesidad de implementar sistemas de control térmico que mantengan temperaturas dentro del rango normativo para optimizar la calidad y seguridad del agua.

La comparación entre las piscinas de Putina y otras instalaciones termales y recreativas revela diferencias notables en las temperaturas del agua, las cuales están influenciadas por factores ambientales y características propias de cada ubicación. En primer lugar, las piscinas de Putina presentan rangos de temperatura que oscilan entre 30°C y 39°C, lo que resulta relativamente cálido en comparación con las piscinas estudiadas en otras localidades. Por ejemplo, las mediciones en la piscina 2 de Putina, con temperaturas mínimas de 37°C y máximas de 39°C, contrastan con las piscinas de Ciénaga, donde las temperaturas oscilan entre 45°C y 47°C. Esta diferencia puede atribuirse a la influencia de los manantiales termales y a la geología local.

En el caso del recinto de las aguas termales Reina del Rosario, los registros de temperatura se mantienen entre 39°C y 41°C (Pambabay-Naranjo, 2015), lo cual es un rango más limitado, pero aún cálido en comparación con las piscinas de recreación. En este sentido, el estudio de (García-Villanueva & Huaman-Chavez, 2023), sobre el Balneario Pampalca señala temperaturas más bajas, con un rango que va de 30.5°C a 34.6°C. (Zevallos, 2021) Esto destaca que, si bien la



calidad del agua termal se mantiene, las temperaturas en Pampalca son más frescas que las observadas en las piscinas de Putina.

Un análisis más detallado de las piscinas en Tacna revela que sus temperaturas son considerablemente más bajas, con promedios que varían desde 23.92°C hasta 27.13°C. Este contraste con Putina es significativo, dado que las piscinas de Tacna cumplen con los límites establecidos por el Reglamento Sanitario de Piscinas, cualidad que podría afectar la preferencia de los usuarios.

La temperatura del agua en una piscina es un factor crucial que influye en la comodidad y seguridad de los nadadores. Las temperaturas adecuadas pueden mejorar la experiencia de natación y promover la relajación muscular, mientras que temperaturas extremadamente frías o calientes pueden resultar en malestar e incluso riesgos para la salud. Según la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la temperatura ideal del agua de una piscina para actividades de natación y ejercicio debe estar entre los 25°C y los 28°C. Esto se debe a que, a temperaturas inferiores a 25°C, los nadadores pueden experimentar congelación y calambres musculares, lo que afecta su rendimiento y seguridad. Por otro lado, temperaturas superiores a los 28°C pueden resultar en deshidratación y golpes de calor.

Además, la temperatura del agua en una piscina también puede influir en la proliferación de bacterias y microorganismos. Por ejemplo, el agua demasiado caliente puede favorecer el crecimiento de bacterias patógenas, mientras que el agua fría puede retener microorganismos que pueden causar infecciones en los nadadores.



Para la prueba ANOVA con un nivel de significancia común (como 0.05), consultando una tabla de distribución FF con 3 y 9 grados de libertad (debido a que tenemos 4 grupos y 12 muestras en total), encontramos que el valor crítico de FF es aproximadamente 3.105. Dado que el valor calculado de FF (3.27) es mayor que el valor crítico (3.105), podemos rechazar la hipótesis nula. Esto indica que al menos una de las medias de las temperaturas de las piscinas es significativamente diferente de las demás. Los resultados del ANOVA sugieren que existe una diferencia significativa entre al menos una de las medias de las temperaturas de las piscinas.

La temperatura del agua en una piscina es un factor clave que debe ser controlado y monitoreado para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios. Los datos respaldan la importancia de mantener temperaturas adecuadas para prevenir lesiones, promover la higiene y mejorar la experiencia de los bañistas.

4.1.3. Cloro residual

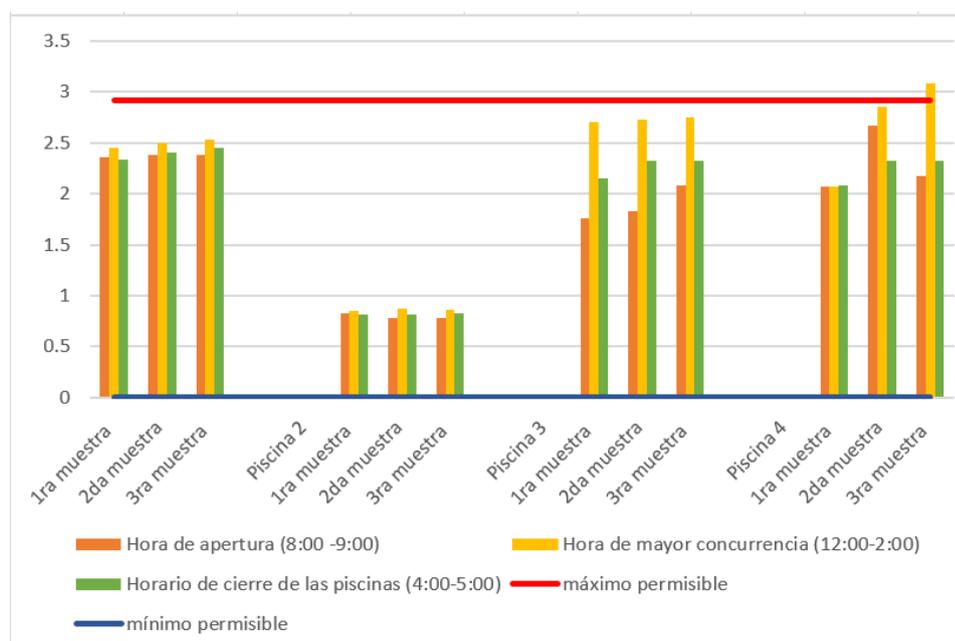
Los resultados obtenidos de las 4 piscinas de las cuales se tomó muestra, podemos observar que la piscina 1,3, 4 tiene cloro residual con calificación mala indicando que no tienen un correcto control y no son aptas.

En la tabla 5 las piscinas 1, 3 y 4, los niveles de cloro residual se registraron en 0 mg/l, lo que significa que no están cumpliendo con las normas de higiene y seguridad. Esta falta de cloro puede resultar en un ambiente propicio para el crecimiento de microorganismos, lo que aumenta el riesgo de infecciones y enfermedades para los usuarios. Como consecuencia, estas piscinas han recibido una calificación de "Mala".

En contraste, la piscina 2 presenta niveles de cloro residual entre 0,1 y 0,8 mg/l, lo que indica un mantenimiento adecuado y cumplimiento de las normas establecidas. Esto garantiza un entorno más seguro para los nadadores, reduciendo el riesgo de problemas de salud asociados con la contaminación del agua.

Figura 5

Cloro residual en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022



Según la figura 6, se puede apreciar que únicamente la piscina 2 cumple con los criterios óptimos establecidos por la normativa de piscinas en Perú, En contraste, las piscinas 1, 3 y 4 muestran un nivel de cloro residual de 0, lo cual indica una deficiente calidad en este parámetro. Por lo tanto, es fundamental implementar medidas de mejora en las piscinas 1, 3 y 4 para garantizar un correcto nivel de cloro y mantener un entorno seguro para los usuarios.



En las piscinas de Putina, solo la piscina 2 cumple con los criterios óptimos de cloro residual de la Directiva Sanitaria N° 033 - MINSA/DIGESA – V.01, mientras que las piscinas 1, 3 y 4 presentan niveles de 0 mg/L, indicando una deficiencia crítica en la desinfección y un riesgo considerable para la salud. Comparando estos datos con el estudio de (Yucailla, 2017) en el balneario Morete Puyó, se observa que allí los niveles de cloro residual oscilan entre 0.8 y 5.2 mg/L, lo que revela una sobrecloración en algunos puntos, con riesgos potenciales de irritación en la piel y problemas respiratorios, contrastando con la falta de cloro en Putina. Similarmente, el análisis de (Vega-Romero, 2018) en el Parque Acuático Piscilago muestra que, aunque la mayoría de las piscinas están dentro del rango permitido, se identifican casos de sobrecloración, como en la piscina del tobogán "Piscitornado" con 4 mg/L, subrayando la necesidad de ajustar los niveles para evitar efectos adversos. En comparación, el estudio de Colmenares en el estado Carabobo revela una problemática similar a la de Putina, con varias piscinas mostrando niveles de cloro residual de 0 mg/L, lo que también implica un riesgo para la salud por la proliferación de microorganismos. En resumen, tanto las piscinas de Putina como las de Carabobo enfrentan problemas graves de ausencia de cloro, mientras que los estudios de Yucailla y Vega-Romero evidencian sobrecloración, cada uno con sus propios riesgos para la salud, destacando la necesidad de un monitoreo riguroso y ajustes en los niveles de cloro para garantizar la seguridad en las instalaciones acuáticas. (Colmenares et al., 2008).

Para la prueba estadística de ANOVA con un nivel de significancia común (como 0.05), consultando una tabla de distribución FF con 3 y 9 grados de libertad (debido a que tenemos 4 grupos y 12 muestras en total), encontramos que



el valor crítico de FF es aproximadamente 3.006. Dado que el valor calculado de FF (12.500) es mucho mayor que el valor crítico (3.006), podemos rechazar la hipótesis nula. Esto indica que al menos una de las medias de los niveles de cloro residual en las piscinas es significativamente diferente de las demás. En resumen, los resultados del ANOVA sugieren que existe una diferencia significativa entre al menos una de las medias de los niveles de cloro residual en las piscinas.

El cloro residual es importante en piscinas debido a su capacidad de desinfectar el agua y eliminar bacterias, virus, hongos y otros microorganismos que pueden causar enfermedades en los usuarios de la piscina. El cloro residual actúa como agente oxidante, destruyendo la membrana celular de los microorganismos y desactivando sus enzimas, lo que evita la proliferación de patógenos en el agua. Además, el cloro residual también ayuda a eliminar materia orgánica, como restos de piel, cabello y saliva, que pueden actuar como nutrientes para los microorganismos. Por lo tanto, mantener niveles adecuados de cloro residual en una piscina es esencial para garantizar la seguridad y salud de los bañistas.

4.1.4 Turbidez

Podemos observar que de las 4 piscinas que fueron estudiadas, los resultados nos indican que la turbidez de dichas piscinas está entre el rango establecido según la Directiva Sanitaria N° 033 - MINSA/DIGESA – V.01

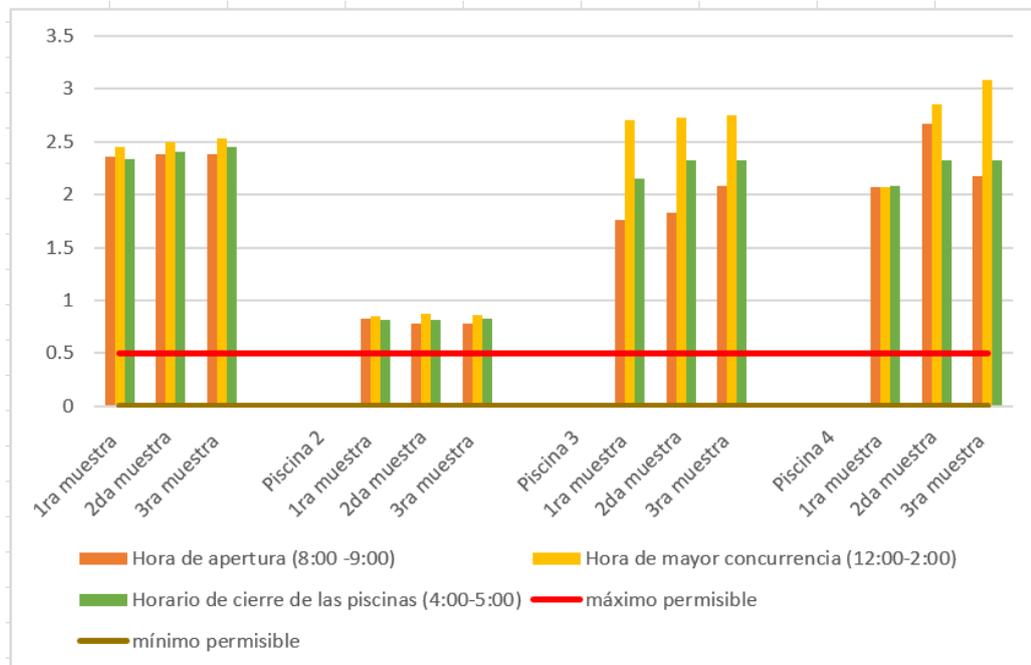
En la Tabla 1 se aprecia que la Piscina 1 mostró una calidad aceptable, con un promedio de 2.421. Esta estabilidad sugiere que el agua es clara y permite una buena visibilidad, lo cual es esencial para la seguridad de los bañistas, sin



embargo, en la Piscina 2, los niveles de turbiedad fueron significativamente más bajos, con un promedio de 0.826. Aunque también se clasificó como "Buena", esto puede reflejar características específicas del agua que requieren atención, ya que un rango muy bajo podría indicar problemas con la filtración o desinfección. La Piscina 3 presentó cierta variabilidad en la calidad del agua, con un promedio de 2.293. Aunque catalogada como "Buena", esta fluctuación sugiere que es necesario un monitoreo más frecuente para prevenir problemas futuros, ya que niveles más altos de turbiedad pueden dificultar la efectividad de los desinfectantes y ocultar contaminantes, finalmente, la Piscina 4 mostró una turbidez elevada, con un promedio general de 2.406. A pesar de ser clasificada como "Buena", la turbidez elevada puede generar una percepción negativa de limpieza y, en situaciones extremas, puede contribuir a la proliferación de bacterias y otros patógenos.

Figura 6

Turbidez en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.



La figura 6 muestra que el límite máximo permitido para la turbidez del agua es de 0.5 UNT. Al analizar los rangos de turbidez calculados, todas las piscinas exceden este estándar, indicando condiciones de calidad inadecuadas. La Piscina 1 presenta valores entre 2.34 y 2.53 UNT, lo que implica un nivel crítico de partículas en suspensión que afecta la claridad y desinfección. La Piscina 2, con rangos de 0.78 a 0.87 UNT, aunque menos alarmante, sigue fuera de norma, evidenciando problemas de filtración. La Piscina 3, con rangos de 1.76 a 2.75 UNT, muestra fluctuaciones importantes, probablemente por factores como mayor afluencia de usuarios. Finalmente, la Piscina 4 presenta los valores más altos, de 2.07 a 3.08 UNT, lo que sugiere fallos severos en el sistema de limpieza o mantenimiento.



En comparación con otras investigaciones, los datos de turbidez de las piscinas de Putina reflejan variaciones significativas, donde la Piscina 3 tiene una turbidez más alta en la segunda muestra, y la Piscina 4 presenta mayor variabilidad con la segunda muestra siendo la más alta, lo cual contrasta con los datos de (Díaz-Solano et al, 2011), quienes reportan una turbidez promedio de 2.51 ± 1.22 UNT en las piscinas de Maracaibo, con un rango entre 1.29 y 3.73 UNT, indicando que las piscinas evaluadas cumplen con los parámetros de turbidez establecidos por (La Gaceta Oficial, 1998) para asegurar la calidad sanitaria. Además, los valores de turbidez en las aguas termales de Becerril y Ciénaga son bajos, 1.26 NTU y 0.85 NTU respectivamente, mientras que el agua del pozo muestra una turbidez significativamente mayor con 17.3 y 12.5 UTN en diferentes días, debido a las tareas de limpieza que remueven sedimentos en la madrugada. Esta comparación revela que, aunque las piscinas de Putina presentan una turbidez que varía notablemente, se encuentran en un rango que puede ser comparado con la turbidez reportada en otros estudios, sugiriendo que, a pesar de las fluctuaciones, los parámetros de calidad del agua en Putina pueden estar en línea con los requisitos establecidos para una adecuada sanidad acuática. Para el ANOVA con dado que el valor calculado de FF (3.0885) es ligeramente mayor que el valor crítico (3.006), podemos rechazar la hipótesis nula. Esto indica que al menos una de las medias de los niveles de turbiedad en las piscinas es significativamente diferente de las demás. Los resultados sugieren que existe una diferencia significativa entre al menos una de las medias de los niveles de turbiedad en las piscinas.

La turbidez del agua es importante porque puede ser un indicador de la calidad del agua y la presencia de contaminantes. Cuando el agua está turbia,

puede contener partículas suspendidas como tierra, sedimentos, microorganismos u otros contaminantes que pueden ser perjudiciales para la salud. Por lo tanto, es crucial monitorear la turbiedad del agua para garantizar que sea segura para su uso, especialmente en piscinas públicas donde muchas personas pueden estar expuestas al agua.

4.2 CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE PISCINAS DE LA LOCALIDAD DE PUTINA, PROVINCIA SAN ANTONIO DE PUTINA, PUNO

Tabla 2

Presencia y/o ausencia bacteriológica en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.

Piscina	Coliformes Totales (%)		<i>Escherichia coli</i> (%)		<i>Staphylococcus aureus</i> (%)	
	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia
Piscina 1	100%	0%	0%	100%	0%	100%
Piscina 2	83.3%	16.7%	0%	100%	0%	100%
Piscina 3	100%	0%	0%	100%	0%	100%
Piscina 4	100%	0%	16.7%	83.3%	0%	100%

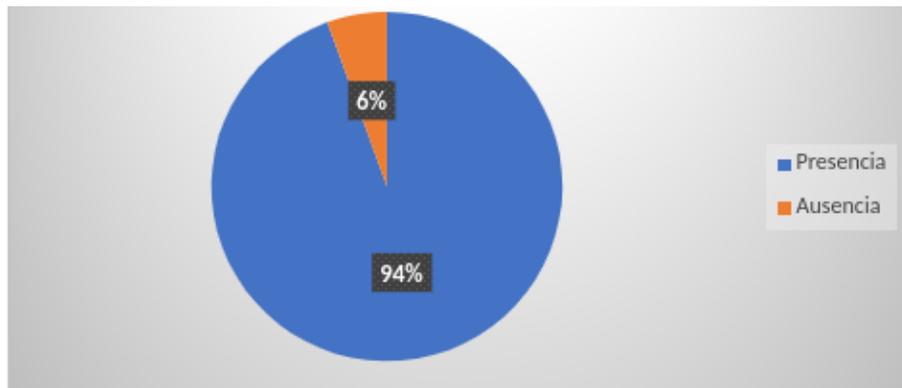
4.2.1. Coliformes totales

En la tabla 2 se observa que según los resultados obtenidos de las muestras tomadas de las 4 diferentes piscinas de la localidad de Putina, podemos observar que las **piscinas 1, 3 y 4**: Presentan un **100% de presencia** de coliformes totales, lo cual indica una contaminación total en estas piscinas, la **piscina 2** presenta 83.3% de presencia y 16.7% de ausencia, lo que sugiere una menor, pero aún preocupante, presencia de contaminación.. Esto puede causar infecciones gastrointestinales, como diarrea y

vómitos, especialmente en niños y personas con sistemas inmunitarios comprometidos; infecciones urinarias por ingreso de bacterias al tracto urinario; e irritaciones en la piel y ojos, incluyendo conjuntivitis.

Figura 7

Coliformes totales en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.



El la figura 7 se muestra que el 94% de las muestras analizadas presentan presencia de coliformes totales, mientras que solo el 6% de las muestras analizadas no presentaron presencia de coliformes totales.

En comparación con otras investigaciones, los datos de las piscinas de Putina en 2022 muestran una alta prevalencia de coliformes totales, con un alarmante 94% de las muestras analizadas presentando estos microorganismos, en contraste con el estudio realizado por (Zavaleta Amaya, 2011) en el Complejo Deportivo de Ciudad Merliot y el Polideportivo de la Universidad de El Salvador, donde el 100% de las muestras estaban libres de coliformes totales, indicando un estado óptimo del agua en esas instalaciones. Por otro lado, el análisis del centro sociocultural y deportivo Bancali en Mexicali, México, realizado por (Melo Rocha, 2016), reveló un resultado de 21 NMP/100 ml, cumpliendo con la norma



NOM-245-SSA1-2010, lo que sugiere que el agua estaba en conformidad con los estándares establecidos. En un contexto europeo, (Rodríguez Medina, 2016) reportó que, en las instalaciones hoteleras de Baleares, Andalucía y Canarias, los coliformes totales representaban el 24% de los casos de contaminación, a menudo presentes incluso en muestras con niveles de cloro superiores a 1.5 mg/L, indicando una resistencia particular de estos microorganismos al desinfectante. Esta comparación subraya que, mientras que las piscinas de Putina enfrentan una problemática significativa de contaminación por coliformes totales, los estudios en otras regiones muestran variaciones en la calidad del agua, con algunos lugares cumpliendo con los estándares y otros evidenciando la resistencia de los coliformes al cloro, resaltando la necesidad de una gestión más rigurosa y efectiva de la calidad del agua en las instalaciones acuáticas de Putina.

Para una prueba de chi-cuadrado nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), el valor crítico de la distribución chi-cuadrado con 3 grados de libertad es aproximadamente 7.8151.

Dado que ($\chi^2 > 7.815$), rechazamos la hipótesis nula. Esto significa que hay una diferencia significativa entre las frecuencias observadas y las esperadas en los datos de coliformes en las piscinas de Putina. En resumen, los datos recopilados sugieren que existe una asociación significativa entre la presencia/ausencia de coliformes y las piscinas en la ciudad de Putina

Es importante monitorear regularmente los niveles de coliformes totales en las piscinas, ya que su presencia puede causar enfermedades gastrointestinales, infecciones de la piel y otras afecciones. Además, la presencia de estos microorganismos puede indicar la presencia de otros contaminantes en el agua, como microorganismos patógenos o productos químicos tóxicos. Por lo tanto, es



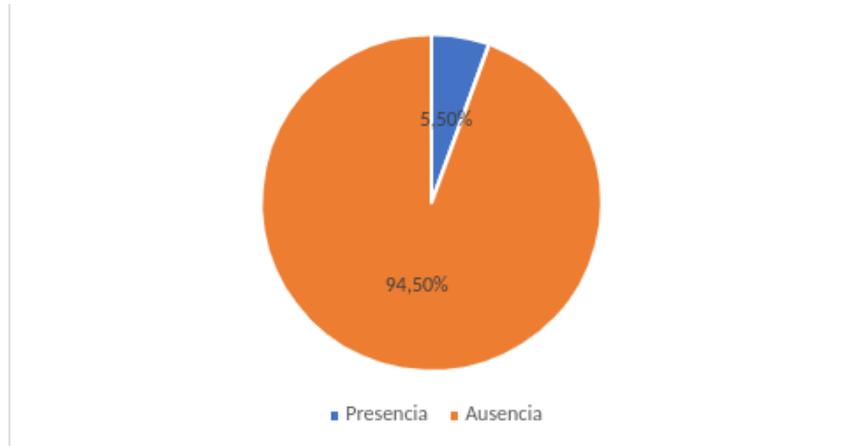
fundamental mantener los niveles de coliformes totales dentro de los límites recomendados por las autoridades sanitarias y tomar medidas inmediatas en caso de detectar su presencia en cantidades elevadas. La salud y seguridad de los usuarios de las piscinas debe ser siempre la prioridad, por lo que es crucial prevenir y controlar la presencia de coliformes totales en estos espacios recreativos.

4.2.2. *Escherichia coli*

La tabla 2 muestra la presencia o ausencia de *Escherichia coli* en las aguas de cuatro piscinas de la ciudad de Putina en tres momentos diferentes: hora de apertura, hora de mayor concurrencia y horario de cierre. Todas las piscinas tuvieron ausencia de *Escherichia coli* en las tres muestras tomadas, por lo que recibieron una calificación de "Buena". Sin embargo, la piscina 4 presentó presencia de *Escherichia coli* en la primera muestra durante el horario de cierre, por lo que recibió una calificación de "Mala" en esa ocasión ya que La presencia de *Escherichia coli* en el agua de piscinas puede provocar infecciones gastrointestinales, urinarias y complicaciones graves como el síndrome urémico hemolítico, además de irritaciones cutáneas y oculares.

Figura 8

Escherichia coli en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022



La figura 8 muestra el análisis de la presencia de *Escherichia coli* en las piscinas de la localidad de Putina en el año 2022: De acuerdo con los gráficos, se puede apreciar que el 94,5 % de las piscinas no tienen presencia de *Escherichia coli*, mientras que el 5,50 % sí presentan este microorganismo.

Comparando la calidad de las piscinas en la localidad de Putina con la de otras regiones, se observan diferencias marcadas en la presencia de microorganismos patógenos. En Putina, el análisis de 2022 indica que el 94,5% de las piscinas no presentan *Escherichia coli*, evidenciando un control eficiente de la calidad del agua en comparación con otras localidades. En contraste, el estudio de Cusquisiban et al. sobre la piscina municipal del complejo turístico Baños del Inca en Cajamarca reveló que los niveles de *Escherichia coli* en esta área no cumplen con los estándares del Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, reflejando una deficiencia en la calidad del agua. De manera similar, la investigación realizada por (Arellano-Ubillus et al, 2023) en la Ciudad de Jaén encontró que un preocupante 93,33% de las muestras de agua de piscinas



contenían coliformes totales y termo tolerantes, lo que indica que no cumplen con los estándares de la Directiva sanitaria 033-2010-MINSA/DIGESA. Además, el estudio de (Bautista-Santos & Rodríguez-Romero 2016) sobre el agua de riego en el Distrito de Cerro Colorado mostró que, durante octubre, la concentración de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* en el agua destinada a las piscinas superaba los niveles permitidos, con variaciones estacionales en los meses de junio y septiembre que también mostraron niveles inadecuados. Este análisis revela que, a pesar del alto nivel de control en Putina, otras localidades enfrentan problemas significativos con la calidad del agua en sus piscinas, evidenciando una necesidad urgente de mejorar las prácticas de monitoreo y tratamiento en esas áreas.

Para un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), el valor crítico de la distribución chi-cuadrado con 3 grados de libertad es aproximadamente 7.8151. Dado que ($\chi^2 < 7.815$), no rechazamos la hipótesis nula. Esto significa que no hay evidencia suficiente para afirmar que existe una diferencia significativa entre las frecuencias observadas y las esperadas en los datos de *Escherichia coli* en las piscinas de Putina. En resumen, según los datos recopilados, no encontramos una asociación significativa entre la presencia/ausencia de *Escherichia coli* y las piscinas en la ciudad de Putina. Es importante seguir monitoreando y tomando medidas preventivas para garantizar la calidad del agua en las piscinas.

Los coliformes, como *Escherichia coli*, son bacterias que pueden indicar la presencia de contaminación fecal en el agua, lo que puede ser un riesgo para la salud de las personas que utilizan las piscinas. Es importante realizar análisis periódicos de la calidad del agua, especialmente en lugares de alta concurrencia como las piscinas públicas, para garantizar la seguridad de los bañistas. Los datos

presentados muestran que la mayoría de las piscinas en la localidad de Putina no tienen presencia de *Escherichia coli*, lo cual es positivo y demuestra que se está llevando a cabo un buen control de la calidad del agua.

4.2.3. *Staphylococcus aureus*

Según la tabla 2, en todas las piscinas de la localidad de Putina se ha encontrado que no hay presencia de *Staphylococcus aureus* en el agua, ya que en todas las muestras tomadas se ha registrado la letra "A" que indica ausencia. Por lo tanto, la calificación de las piscinas es buena en cuanto a la presencia de esta b

Figura 9

Staphylococcus aureus en las piscinas en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.



La Figura 9 ilustra los resultados obtenidos, revelando la total ausencia de *Staphylococcus aureus* en todas las muestras recopiladas de las piscinas examinadas. Este hallazgo es de gran relevancia, contribuye a garantizar la seguridad y salud de los usuarios.



Comparando las condiciones bacteriológicas de las piscinas en Putina con otras regiones, se destaca una notable diferencia en la presencia de *Staphylococcus aureus*. En contraste, el estudio de (Hernández-Zúñiga & López-Juárez 2017) sobre las piscinas en el municipio de León y Telica reveló que el 41.7% de las piscinas analizadas presentaban crecimiento de *Staphylococcus aureus*, lo cual puede atribuirse a la alta afluencia de personas en estas piscinas durante el muestreo. Asimismo, el análisis del agua de riego del Distrito de Cerro Colorado mostró que, en octubre, la concentración de *Staphylococcus aureus* era mayor en comparación con los meses de junio, septiembre y diciembre, donde no se detectó la presencia de esta bacteria, indicando una variación estacional que afecta la calidad del agua. La evaluación estadística también confirma una asociación significativa entre la presencia de *Staphylococcus aureus* y las diferentes piscinas en la ciudad de Putina. En comparación, las piscinas en Putina parecen tener un mejor control sobre esta bacteria, subrayando la efectividad de las prácticas de mantenimiento y la importancia de seguir medidas de higiene recomendadas para minimizar el riesgo de infecciones asociadas a *Staphylococcus aureus* en otras regiones.

A Para un nivel de significancia común de 0.05, el valor crítico de chi-cuadrado con 3 grados de libertad es aproximadamente 7.8157.815. Como el valor calculado de chi-cuadrado (2424) es mucho mayor que el valor crítico (7.8157.815), podemos rechazar la hipótesis nula de independencia entre la presencia/ausencia de *Staphylococcus aureus* y las diferentes piscinas. En conclusión, hay evidencia de una asociación significativa entre la presencia/ausencia de *Staphylococcus aureus* y las diferentes piscinas en la ciudad de Putina.



La presencia de *Staphylococcus aureus* en las piscinas puede representar un riesgo para la salud de las personas que las utilizan, ya que algunas especies de estas bacterias pueden causar diversas infecciones en la piel, oídos, ojos y vías respiratorias. Por lo tanto, es importante mantener una adecuada higiene y desinfección en las piscinas para prevenir la proliferación de *Staphylococcus* y otras bacterias que puedan causar enfermedades. Además, es fundamental que las personas que utilizan las piscinas sigan las medidas de higiene recomendadas, como ducharse antes de entrar al agua, no tragar el agua de la piscina y no compartir toallas o elementos personales con otros usuarios, para reducir el riesgo de contagio.



V. CONCLUSIONES

- Los valores fisicoquímicos de las piscinas en San Antonio de Putina no cumplen con las normas sanitarias de recreación. El pH tuvo un rango entre 7.1 a 9.0 y un promedio general de 8.02. La temperatura promedio fue de 34.72 y rango vario ligeramente entre 31°C y 39°C, Las piscinas 1, 3 y 4 tienen 0 mg/l de cloro, la Piscina 2 presenta entre 0,1 y 0,8 mg/l. Los niveles de turbidez promedio 1.99 y rango varían entre 0,83 y 2,58 UNT
- Los valores bacteriológicos en las piscinas no son aptos para la recreación. Encontrándose que el 94% de las piscinas presenta un exceso de coliformes totales. Se determinó la presencia de *Escherichia coli* con un valor del 5.5 %. Además, el total de piscinas están libres de *Staphylococcus aureus*.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un monitoreo constante de las bacterias y virus en las aguas de piscina para garantizar la salud de los bañistas. Además, es fundamental establecer un plan de mantenimiento regular para las piscinas, que incluya un estudio exhaustivo para identificar las medidas necesarias para mantenerlas en óptimas condiciones. Este plan debe contemplar la limpieza regular de las paredes y el fondo de las piscinas, así como la revisión y el mantenimiento adecuado de los equipos de filtración.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adams, B., Jutras, J., O'Neil, J., & Souto, J. (2013). Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Desinfección con cloro. *United States Enviromental Protection* , 3, 3–13.
- Adina Larrea Murrell, J., Romeu Alvarez, B., Lugo Moya, D., & Rojas Badía, M. M. (n.d.). Fundamental aspects of water quality monitoring: the almendares river as a case study) a a. *Biol*, 53(2).
- Albarrán, L. G., & Angós, R. (2018). *Gastroenteritis aguda*.
- Allen, M. J., Edberg, S. C., & Reasoner, D. J. (2004). Bacterias del recuento heterotrófico en placa: ¿cuál es su importancia en el agua potable? *International Journal of Food Microbiology*, 92(3), 265-274.
- Ana, B., & León Vásquez, C. (2022). *Piscinas Públicas y Privadas de Uso Colectivo Reglamento Sanitario de Piscinas*.
- Andrade Yucailla, S. E. (2017). *Estudio realizado sobre la calidad física, química y microbiológica del agua del balneario Morete Puyu, ubicado en la ciudad de Puyo, provincia de Pastaz*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Andueza, F., Aguirre, M., Arciniegas, S., Parra, Y., Escobar, S., Medina, G., & Araque, J. (2018, October 12). Calidad bacteriologica del agua de los manantiales termales del balneario "Santa Ana" Cantón Baños, Tungurahua, Ecuador. *Revista Perspectiva*, 229–236.
- Apra, M.-C., Banchi, B., Lunghini, L., Pagliantini, M., Peruzzi, A., & Sciarra, G. (2010). Disinfection of swimming pools with chlorine and derivatives: formation of organochlorinated and organobrominated compounds and exposure of pool personnel and swimmers. *Natural Science*, 02(02), 68–78. <https://doi.org/10.4236/ns.2010.22011>
- Arellano Ubillus, J. E., Pérez Navarro, A. A., Delgado Sangama, E., Pérez Alberca, M. L., Velásquez Llacsahuanga, J. E., & Rodríguez Neyra, M. R. (2023). Calidad Bacteriológica de las piscinas de la Ciudad de Jaén, 2022. *Ciencia*



Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(5), 2297–2309.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7884

- Ashbolt, N. J., Grabow, W. O., & Snozzi, M. (2001). Indicadores de calidad microbiológica del agua. En L. Fewtrell & J. Bartram (Eds.), *Water Quality: Guidelines, Standards and Health*. Organización Mundial de la Salud.
- Baeza, E. (2018). *Calidad del Agua*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Baldry, M., Alexander, D. B., & Bueso, R. (2009). *Pseudomonas aeruginosa en aguas recreativas y piscinas*. *Journal of Water and Health*, 7(4), 679-686.
- Boletín Oficial de Navarra, & Gobierno de Navarra. (2018, October 24). Condiciones higienicosanitarias y de seguridad de las piscinas de la comunidad Foral de Navarra. 1, 5–7. <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/A296EAF1-16F8-4C54-8859-033E2CDD9E7C/438598/DecretoForal.pdf>
- Cangahuamin Rojas, S. R. (2021). *Calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas termales del “Complejo Turístico Santa Catalina”, ubicado en Papallacta, Provincia de Napo, Ecuador* [Carrera De Ingeniería Ambiental]. Universidad Central Del Ecuador .
- Carrasquero Ferrer, S. J., Muñoz Colina, C. E., Tuvíñez Morales, P. C., Vargas Torres, R. D., Vargas Castellano, C. J., & Marín Leal, J. C. (2012). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de piscinas de dos complejos recreacionales del Estado Zulia. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 56, 34–43.
- Condori Silva, M. E. (2018). *Calidad sanitaria de las piscinas de la ciudad de Juliaca*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Damià Barceló, L., & José López de Alda, M. (2016). *Fundación Nueva Cultura del Agua Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes*.
- de la Mora-Orozco, C., Saucedo-Terán, R. A., González-Acuña, I. J., Gómez-Rosales, S., & Flores-López, H. E. (2020). Water temperature effect on the reaction rate constant of pollutants in a constructed wetland for the treatment



- of swine wastewater. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 11, 1–17.
<https://doi.org/10.22319/RMCP.V11S2.4681>
- Deluchi, M., Rojo, A., Laurencena, P., & Kruse, E. (2012). *Importancia del monitoreo del agua subterránea en zonas urbanizadas*.
- Department of Public Health, C., & Health Branch, O. (2009). *Protecting Pool Workers from Chemical Injuries & Illnesses (Protección de trabajadores de albercas contra lesiones y enfermedades por productos químicos)*.
- Díaz Delgado, C., Fall, C., Quentin, E., Jiménez Moleón, Ma. del C., Esteller Alberich, Ma. V., & García Pulido, Daury. (2003). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas* (RIPDACYTED, Ed.; Vol. 2).
- Díaz García, S., & González Pérez, J. (2022). La importancia de la temperatura del agua en las redes de abastecimiento. *Ingeniería Del Agua*, 26(2), 107–123.
<https://doi.org/10.4995/ia.2022.17366>
- Dirección Regional de Salud. (2023, December 19). *Vigilancia sanitaria de piscinas* - 2023.
http://www.digesa.minsa.gob.pe/DCOVI/mapas/DIGESA_PIS_BD_VSPIS_2023.html
- Doménech-Sánchez, A., Olea, F., & Berrocal, C. I. (2008a). Infecciones relacionadas con las aguas de recreo. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 26(SUPPL. 13), 32–37.
<https://doi.org/10.1157/13128778>
- Doménech-Sánchez, A., Olea, F., & Berrocal, C. I. (2008b). Programa externo de control de calidad e infecciones relacionadas con las aguas de recreo. In *Enferm Infecc Microbiol Clin* (Vol. 26). <http://www.elsevier.es>
- Eduardo, L., & Triana, S. (2017). *Estudio de antecedentes sobre la contaminación hídrica en Colombia*.
- Estupiñán-Torres, S., De Navia, Á., Lilia, S., Orozco, L., Lorena, Y., Méndez, M., Liliana, S., Marín, M., Yaritza, Y., Puentes, O., & Del Pilar, A. (2017).



Aislamiento e identificación de Pseudomonas sp. y Aeromonas sp. en aguas de piscinas públicas de Bogotá – Colombia.

- García, M., Sánchez, P., & Romero, P. (2013). *The role of Pseudomonas sp. in pool water contamination*. Journal of Environmental Science and Health, 49(2), 182-188.
- George, I., Crop, P., & Servais, P. (2002). Eliminación de coliformes fecales en plantas de tratamiento de aguas residuales estudiada mediante recuentos en placa y métodos enzimáticos. Water Research, 36(10), 2607-2617.
- Hernández Zuniga, K. R., & López Juárez Jhorman Ramon. (2017). *Diagnostico preliminar de la calidad sanitaria del agua en piscinas de uso público en el municipio de León y Telica*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN – León.
- Hidalgo Gonzales, K. J. (2019). *Calidad microbiológica del agua de tres piscinas y del Recreo Ecológico Mundialito, Castillo Grande, Leoncio Prado, Huánuco* [Escuela profesional de Ingeniería Ambiental]. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Holguín Ortega, M. E., & Tinoco Mejia, Y. A. (2017). *Estudio de la calidad fisicoquímica Y bacteriológica del agua en parques acuáticos*. Universidad de Guayaquil.
- Larrea Murrel Jeny A., Rojas Badía Maria M., Romeu Álvarez Beatriz, Rojas Hernández Nidia M., & Heydrich-Pérez Mayra. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44, 24–34.
- Leal, A., Daniel, F., Sacoto, I., & Diana, A. (2020). *Microbiología del agua termal del Balneario Ilaló. Pichincha, Ecuador*. <https://orcid.org/0000-0002-8467-5595>
- LeChevallier, M. W., Schulz, W., & Lee, R. G. (1991). Nutrientes bacterianos en el agua potable. Applied and Environmental Microbiology, 57(3), 857-862.



- Llana, S., Zarzoso, M., & Soriano, P. P. (2009). *Health risks of swimming in chlorinated swimming pools (I)*.
- Mamani Nahuincha, A. D. (2021). *Calidad del agua para uso recreativo de contacto directo de tres piscinas de Puno*. [Escuela Profesional de Biología]. Universidad Nacional del Altiplano .
- Marco, L., Azario, R., Metzler, C., & Garcia, M. del C. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4, 72–82.
- Mazariegos Rodriguez, S., Gomez Santos, M. A., Lopez Jimenes, S. A., & Vasquez Zavala, A. B. (2017). *Determinación de la presencia de amebas de vida libre en piscinas de centros de recreación en los departamentos de Guatemala y Escuintla que se encuentran aledaños a la carretera internacional al pacífico ca-9 sur*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ministerio de Salud, & Dirección General de Salud Ambiental. (2011). *Directiva Sanitaria para la Determinación del Índice de Calificación Sanitaria de las Piscinas Públicas y Privadas de Uso Colectivo*. Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud .
- Ministerio de Sanidad, S. S. e I. (2013). *criterios técnico-sanitarios de las piscinas*.
- Ministerio del medio ambiente, Secretaria de aguas y costas, & Direccion de calidad de aguas. (2000). *Libro blanco del agua en España* (Centro de Publicaciones Secretaría general Técnica Ministerio de Medio Ambiente ®, Ed.).
- Mora, J., & Calvo, G. (2010). Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. In *Número Especial* (Vol. 23).
- Nataro, J. P., & Kaper, J. B. (1998). *Diarrheagenic Escherichia coli* (Vol. 11, Issue 1).
- Paul De Vos, G., William B; Whitman, Karl-Heinz Schleifer, Garrity, D., & Jones, N. R. (2009). *Bergey's manual of Systematic Bacteriology* (C. Michael



- Goodfellow, F. A. Paul De Vos, & V. C. Peter Kämpfer, Eds.; third edition).
University of Georgia.
- Pérez, G., Gómez, M., & Rodríguez, J. (2005). *Formación de biofilm por Pseudomonas sp. en piscinas: Implicaciones para el control de la calidad del agua*. *Microbial Ecology in Water*, 39(5), 315-320.
- Perez Lopez, J. A., & Espigares Garcia, M. (1995). *Desinfección del agua-cloración*.
Universidad de granada.
- Pitkänen, T., Paakkari, P., Miettinen, I. T., Heinonen-Tanski, H., Paulin, L., & Hänninen, M. L. (2007). Comparación de medios para la enumeración de bacterias coliformes y *Escherichia coli* en agua no desinfectada. *Journal of Microbiological Methods*, 68(3), 522-529.
- Rocío Martínez-Orjuela, M., Mendoza-Coronado, Y., Medrano-Solís, B. E., Marina Gómez-Torres, L., Carlos, Y., & Zafra-Mejía, A. (2019). *Revista UIS Ingenierías municipal Evaluation of turbidity as a parameter indicator of treatment in a drinking water treatment plant*. 19(1), 15–24.
<https://doi.org/10.18273/revuin.v19n1>
- Rojas Martínez, E., Fortich Duarte, M., & Pavajeau Maestre, H. (2014). Determinación del origen y la composición de las aguas termales ubicadas en los municipios de Becerril (Cesar) y Ciénaga (Magdalena), Colombia. *Ingenium*, 8(21), 35. <https://doi.org/10.21774/ing.v8i21.441>
- Sardi, L., & Mónica, E. (2018). *Calidad del agua para usos recreativos desde las perspectivas de la seguridad e higiene laboral y la salud pública. Estudio de caso*.
- Secretaria de Economía de los Estados Unidos Mexicanos. (2001). *Calidad del agua, determinacion de cloro libre y cloro total metodo de prueba*.
- Sigler, A., & Boudier, J. (2012, November 15). *Educacion en el agua de pozo*.
- Vega Romero, D. C. (2018). *Eficiencia de Desinfección en Piscinas de Clima Tropical Caso de Estudio Parque Acuático Piscilago, Girardot - Colombia*.
Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito.



- Vidal Povis, M. de los A. (2017). *Calidad microbiológica de aguas de piscinas de Paraiso Verde Aserradero y de la I.E. Gomez Arias Davila*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Yamamoto, M., Sato, Y., & Ueno, K. (1999). *La importancia de Pseudomonas aeruginosa en el monitoreo de la calidad del agua*. *Water Research*, 33(3), 757-763.
- Zavaleta Amaya, Ana L. (2011). *Determinación de la calidad microbiológica del agua de piscinas ubicadas en el complejo deportivo de ciudad Merliot y el polideportivo de la Universidad del Salvador durante tres meses del año 2011*. Univerisidad de el Salvador.
- Zevallos Cazorla, S. B. (2021). *Evaluación de la calidad sanitaria del agua de piscinas temperadas con fines recreacionales de mayor afluencia en el distrito de Tacna, 2020*. Universidad Privada De Tacna.



ANEXOS

ANEXO 1. Constancia de ejecución de proyecto.



Universidad Nacional del Altiplano
Facultad de Ciencias Biológicas

Ciudad Universitaria – Teléfono 36 6189 – Apartado Postal 291



CONSTANCIA Nº 030-2024-D-FCCBB-UNA

EL QUE SUSCRIBE, DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO.

HACE CONSTAR.-

Que, la Bachiller **SANDRA PRISCYLA CHURA TAPIA**, egresada de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, ha realizado su trabajo de investigación (tesis), titulado “**ESTUDIO DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN PISCINAS DE PUTINA – PUNO 2023**”, en el Laboratorio de Microbiología Clínica, de la Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, en los meses de enero, febrero y marzo del 2023.

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada, para los fines que estime por conveniente.

Puno, 21 de junio del 2024



[Firma manuscrita]

Dr. **SEBASTIÁN MANTILLA MENDOZA**
DECANO

cc
Archivo 2024
BAM/urc

ANEXO 2. Toma de muestra con tiras reactivas de pH y turbidez de las piscinas de la localidad de Putina 2022



ANEXO 3. Preparación de los reactivos agar Baird Parker y Chromoagar en cocinilla y autoclave.



ANEXO 4. Agares listos para suministrar en las placas Petri, hacemos el extendido de las muestras traídas de las diferentes piscinas de la localidad de Putina 2022



ANEXO 5. Chromoagar con crecimiento de Coliformes fecales en las piscinas de Putina 2022



ANEXO 6. Normativa de la calidad sanitaria de piscinas según normativa vigente

Determinación de Control de Calidad Microbiológica

Variable	Rango de Valor	Puntaje	Calificación	Puntaje Máximo por Variable
Cloro Residual	> 0.4 mg/l y < 1.2 mg/l	0.15	Buena	0.15
	< 0.4 mg/l	0.00	Mala	
Coliformes Termotolerantes	Ausencia	0.15	Buena	0.15
	Presencia	0.00	Mala	
Turbiedad	< 5.0 UNT	0.05	Buena	0.05
	5.0 UNT o más	0.00	Mala	

ANEXO 7. Calidad fisicoquímica en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022.

		1ra muestra			2da muestra			3ra muestra			4ta muestra		
pH	A	8,2	8,8	8,5	7,1	7,4	7,2	8,5	8,9	8,7	7,5	7,8	7,6
	M.C.	8,2	8,8	8,6	7,3	7,6	7,2	8,7	9,0	8,8	7,5	7,7	7,8
	C.	8,5	8,6	8,8	7,6	7,8	7,5	8,7	8,9	9,0	7,7	7,8	7,9
Temperatura (°C)	A.	35	36	34	39	39	39	38	30	30	37	38	36
	M.C.	34	34	32	38	38	37	38	35	33	37	35	35
	C.	34	33	31	37	37	38	37	34	31	33	34	31
Cloro residual (mg/l)	A.	0	0	0	0,1	0,7	0,8	0	0	0	0	0	0
	M.C.	0	0	0	0,1	0,6	0,8	0	0	0	0	0	0
	C.	0	0	0	0,1	0,6	0,7	0	0	0	0	0	0
Turbiedad (UNT)	A.	2,36	2,45	2,34	0,83	0,85	0,82	1,76	2,70	2,15	2,07	2,67	2,18
	M.C.	2,38	2,50	2,40	0,78	0,87	0,82	2,83	2,73	2,32	2,07	2,85	3,08
	C.	2,38	2,53	2,45	0,78	0,86	0,83	2,08	2,75	2,32	2,08	2,32	2,33



ANEXO 8. Nivel de pH en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno,
durante el año 2022.

Piscina 1	Hora de apertura (8:00 -9:00)	Hora de mayor conurrencia (12:00-2:00)	Horario de cierre de las piscinas (4:00-5:00)
1ra muestra	8,2	8,2	8,5
2da muestra	8,8	8,8	8,6
3ra muestra	8,5	8,6	8,8
Piscina 2			
1ra muestra	7,1	7,3	7,6
2da muestra	7,4	7,6	7,8
3ra muestra	7,2	7,2	7,5
Piscina 3			
1ra muestra	8,5	8,7	8,7
2da muestra	8,9	9,0	8,9
3ra muestra	8,7	8,8	9,0
Piscina 4			
1ra muestra	7,5	7,5	7,7
2da muestra	7,8	7,7	7,8
3ra muestra	7,6	7,8	7,9



ANEXO 9. Temperatura en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región

Puno, durante el año 2022.

Piscina 1	Hora de apertura (8:00 -9:00)	Hora de mayor conurrencia (12:00-2:00)	Horario de cierre de las piscinas (4:00-5:00)
1ra muestra	35	34	34
2da muestra	36	34	33
3ra muestra	34	32	31
Piscina 2			
1ra muestra	39	38	37
2da muestra	39	37	38
3ra muestra	38	38	37
Piscina 3			
1ra muestra	30	33	34
2da muestra	30	35	34
3ra muestra	30	33	31
Piscina 4			
1ra muestra	37	37	33
2da muestra	38	35	34
3ra muestra	36	35	31



ANEXO 10. Nivel de cloro residual en las aguas de las piscinas del distrito de Putina,
región Puno, durante el año 2022

Piscina 1	Hora de apertura (8:00 -9:00)	Hora de mayor concurrencia (12:00-2:00)	Horario de cierre de las piscinas (4:00- 5:00)	Calificación
1ra muestra	0	0	0	Mala
2da muestra	0	0	0	Mala
3ra muestra	0	0	0	Mala
Piscina 2				
1ra muestra	0,1	0,1	0,1	Buena
2da muestra	0,7	0,6	0,6	Buena
3ra muestra	0,8	0,8	0,7	Buena
Piscina 3				
1ra muestra	0	0	0	Mala
2da muestra	0	0	0	Mala
3ra muestra	0	0	0	Mala
Piscina 4				
1ra muestra	0	0	0	Mala
2da muestra	0	0	0	Mala
3ra muestra	0	0	0	Mala



ANEXO 11. Determinación de turbidez residual en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022

Piscina 1	Hora de apertura (8:00 -9:00)	Hora de mayor conurrencia (12:00- 2:00)	Horario de cierre de las piscinas (4:00-5:00)	
1ra muestra	2,36	2,38	2,38	Buena
2da muestra	2,45	2,50	2,53	Buena
3ra muestra	2,34	2,40	2,45	Buena
Piscina 2				
1ra muestra	0,83	0,78	0,78	Buena
2da muestra	0,85	0,87	0,86	Buena
3ra muestra	0,82	0,82	0,83	Buena
Piscina 3				
1ra muestra	1,76	1,83	2,08	Buena
2da muestra	2,70	2,73	2,75	Buena
3ra muestra	2,15	2,32	2,32	Buena
Piscina 4				
1ra muestra	2,07	2,07	2,08	Buena
2da muestra	2,67	2,85	2,32	Buena
3ra muestra	2,18	3,08	2,33	Buena



ANEXO 12. Resultados de la calidad microbiológica de piscinas de la localidad de
Putina, provincia San Antonio de Putina, Puno 2022

	1ra muestra			2da muestra			3ra muestra			4ta muestra			
Coliformes	A.	P	P	P	A	P	A	P	P	P	P	P	P
(presencia/	M.C.	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
ausencia)	C.	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Escherichia coli	A.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
(presencia/	M.C.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A
ausencia)	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A
Staphylococcus	A.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
aureus (presencia/	M.C.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
ausencia)	C.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A



ANEXO 13. Presencia y/o ausencia de coliformes totales en las aguas de las piscinas
del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022

Piscina 1	Hora de apertura (8:00 -9:00)	Hora de mayor conurrencia (12:00-2:00)	Horario de cierre de las piscinas (4:00- 5:00)	Calificación
1ra muestra	P	P	P	Mala
2da muestra	P	P	P	Mala
3ra muestra	P	P	P	Mala
Piscina 2				
1ra muestra	A	P	P	Mala
2da muestra	P	P	P	Mala
3ra muestra	A	P	P	Mala
Piscina 3				
1ra muestra	P	P	P	Mala
2da muestra	P	P	P	Mala
3ra muestra	P	P	P	Mala
Piscina 4				
1ra muestra	P	P	P	Mala
2da muestra	P	P	P	Mala
3ra muestra	P	P	P	Mala

Leyenda: P= presencia A= ausencia



ANEXO 14. Presencia y/o ausencia de Escherichia coli en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022

Piscina 1	Hora de apertura (8:00 -9:00)	Hora de mayor concurrencia (12:00-2:00)	Horario de cierre de las piscinas (4:00-5:00)	Calificación
1ra muestra	A	A	A	Buena
2da muestra	A	A	A	Buena
3ra muestra	A	A	A	Buena
Piscina 2				
1ra muestra	A	A	A	Buena
2da muestra	A	A	A	Buena
3ra muestra	A	A	A	Buena
Piscina 3				
1ra muestra	A	A	A	Buena
2da muestra	A	A	A	Buena
3ra muestra	A	A	A	Buena
Piscina 4				
1ra muestra	A	P	P	Mala
2da muestra	A	A	A	Buena
3ra muestra	A	A	A	Buena

Leyenda: P= presencia A= ausencia



ANEXO 15. Presencia y/o ausencia de *Staphylococcus aureus* residual en las aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno, durante el año 2022

Piscina 1	Hora de apertura (8:00 -9:00)	Hora de mayor concurrencia (12:00-2:00)	Horario de cierre de las piscinas (4:00-5:00)	Calificación
1ra muestra	A	A	A	Buena
2da muestra	A	A	A	Buena
3ra muestra	A	A	A	Buena
Piscina 2				
1ra muestra	A	A	A	Buena
2da muestra	A	A	A	Buena
3ra muestra	A	A	A	Buena
Piscina 3				
1ra muestra	A	A	A	Buena
2da muestra	A	A	A	Buena
3ra muestra	A	A	A	Buena
Piscina 4				
1ra muestra	A	A	A	Buena
2da muestra	A	A	A	Buena
3ra muestra	A	A	A	Buena

Leyenda: P= presencia A= ausencia



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

Por el presente documento, Yo Sandra Priscyla Chura Tapia,
identificado con DNI 70136558 en mi condición de egresado de:

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

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

“ Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en las
aguas de las piscinas del distrito de Putina, región Puno
durante el año 2022 ”

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 18 de Diciembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Sandra Priscyla Chura Tapia
identificado con DNI 70136558 en mi condición de egresado de:

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

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" Parámetros físicoquímicos y bacteriológicos en las aguas
de las piscinas del distrito de Putina, región Puno durante
el año 2022 "

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 suyas 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 18 de Diciembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella