

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS:

**PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS COMO
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN EN LA LAGUNA SAN
NICOLÁS, DISTRITO DE NAMORA, CAJAMARCA, 2020 – 2021**

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Presentada por:

M.Cs. CÉSAR ASUNCIÓN SOPLAPUCO SARMIENTO

Asesora:

Dr. WILFREDO POMA ROJAS

Cajamarca, Perú

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
César Asunción Soplapuco Sarmiento
DNI: 41387671
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias. Programa de Doctorado en Ciencias, Mención: Gestión Ambiental y Recursos Naturales
2. Asesor: Dr. Wilfredo Poma Rojas
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☐ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☒ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Parámetros bacteriológicos y físico-químicos como indicadores de contaminación en la laguna San Nicolás, distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021
6. Fecha de evaluación: **10/11/2025**
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **15%**
9. Código Documento: **3117:525889168**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ **APROBADO** ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **10/11/2025**

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



Dr. Wilfredo Poma Rojas
DNI: 26719942

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT© 2025 por
CÉSAR ASUNCIÓN SOPLAPUCO SARMIENTO
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD

Escuela de Posgrado

CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Siendo las 16:10 horas, del día 17 de setiembre del año dos mil veinticinco, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por la **Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO**, **Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA**, **Dr. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ** y en calidad de Asesor **Dr. WILFREDO POMA ROJAS**, actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS COMO INDICADORES DE CONTAMINACIÓN EN LA LAGUNA SAN NICOLÁS, DISTRITO DE NAMORA, CAJAMARCA, 2020-2021**, presentada por el **Magister en Administración de la Educación, CÉSAR ASUNCIÓN SOPLAPUCO SARMIENTO**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR con la calificación de DECIETE (12) la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Magister en Administración de la Educación, CÉSAR ASUNCIÓN SOPLAPUCO SARMIENTO**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES** de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Siendo las 17:50 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

Dr. Wilfredo Poma Rojas
Asesor

Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
Jurado Evaluador

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
Jurado Evaluador

Dr. Jimy Frank Oblitas Cruz
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A:

Mi esposa Amparo, mi compañera de toda la vida.

Mis hijos Josselyn, Cielo y Gustavo, quienes me enseñaron y me enseñan mil maneras de amar.

Mis hermanas Milagros, Karen y Kristel, a quienes amo con toda mi alma y mi corazón.

Mis Padres Gladys y Asunción, sé que me ven, y me hacen tanta falta.

Mis tías Esperanza, Beatriz y Lidia, quienes siempre saben ser mamás.

Mis tíos, Alfonso y Ángel, quienes siempre contestan el teléfono.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincera gratitud a mi asesor, Dr. Wilfredo Poma Rojas, por su invaluable guía, paciencia y dedicación. Sus conocimientos y consejos fueron fundamentales para superar los desafíos de este proyecto, y su confianza en mi trabajo me inspiró a dar siempre lo mejor de mí.

Agradezco a la plana Docente que formó parte de mi formación académica durante este doctorado, muchas gracias por compartir sus conocimientos, por su exigencia académica y por fomentar en mí una visión crítica y analítica. Sus enseñanzas han sido fundamentales en mi crecimiento como investigador y profesional.

A la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, le agradezco por proporcionarme las herramientas académicas, el entorno adecuado y el apoyo institucional necesario para llevar a cabo esta investigación. Su compromiso con la excelencia educativa fue esencial en mi formación como investigador.

A mis compañeros de Doctorado, quienes se convirtieron en más que colegas, mi profundo agradecimiento. Compartir este camino con ustedes fue un privilegio. Cada debate, colaboración y palabra de aliento hicieron que este proceso fuera enriquecedor y lleno de aprendizajes compartidos.

A todos los que, de alguna manera, contribuyeron a la realización de este trabajo, mi más sincero reconocimiento.

ÍNDICE

	Pág.
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes teóricos	6
2.2. Bases teóricas	9
2.3. Marco legal	29
2.4. Definición de términos	35
CAPÍTULO III	37
MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1. Localización del estudio	37
3.1.1. Geografía, altitud y coordenadas.....	37
3.1.2. Características climáticas.....	39
3.1.3. Límites de la laguna San Nicolás	39
3.2. Materiales.....	40
3.2.1. Campo.....	40

3.2.2. Gabinete	40
3.3. Metodología	41
3.3.1. Tipo de investigación.....	41
3.3.2. Enfoque de investigación.....	41
3.3.3. Diseño de investigación	41
3.3.4. Fase de campo	42
3.3.5. Fase de laboratorio	44
3.3.6. Fase de gabinete	64
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos	64
3.4.1. Técnica.....	64
3.4.2. Instrumento	65
3.5. Procesamiento y análisis de datos	65
CAPÍTULO IV	66
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
CAPÍTULO V.....	101
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES	103
CAPÍTULO VI	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
CAPÍTULO VII.....	110
ANEXOS.....	110

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Identificación de los puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas y características</i>	43
Tabla 2 <i>Parámetros bacteriológicos obtenidos en cada punto de muestreo en época lluviosa, diciembre 2020</i>	67
Tabla 3 <i>Parámetros bacteriológicos obtenidos en cada punto de muestreo en época seca, setiembre 2021</i>	70
Tabla 4 <i>Parámetros físico-químicos obtenidos en cada punto de muestreo en época lluviosa, diciembre 2020</i>	74
Tabla 5 <i>Parámetros físico-químicos obtenidos en cada punto de muestreo en época seca, setiembre 2021</i>	77
Tabla 6 <i>Pruebas de normalidad para el Análisis bacteriológico en la Laguna San Nicolás en los años 2020 (diciembre) y 2021 (setiembre).....</i>	80
Tabla 7 <i>Análisis descriptivo y comparación de Coliformes termotolerantes en la Laguna San Nicolás.....</i>	81
Tabla 8 <i>Análisis descriptivo y comparación de Escherichia coli en la Laguna San Nicolás</i>	83
Tabla 9 <i>Análisis descriptivo y comparación de Enterococos intestinales en la Laguna San Nicolás.....</i>	84
Tabla 10 <i>Pruebas de normalidad para el Análisis físico-químico en la Laguna San Nicolás en los años 2020 (diciembre) y 2021 (setiembre).....</i>	85
Tabla 11 <i>Análisis descriptivo y comparación de la demanda bioquímica de oxígeno en la Laguna San Nicolás</i>	86
Tabla 12 <i>Análisis descriptivo y comparación de la Demanda química de oxígeno en la Laguna San Nicolás</i>	88

Tabla 13 <i>Análisis descriptivo y comparación de Oxígeno disuelto en la Laguna San Nicolás</i>	89
Tabla 14 <i>Análisis descriptivo y comparación del Potencial de hidrógeno en la Laguna San Nicolás</i>	90
Tabla 15 <i>Análisis descriptivo y comparación de la temperatura en la Laguna San Nicolás</i>	91
Tabla 16 <i>Análisis descriptivo y comparación la Turbiedad en la Laguna San Nicolás</i>	92
Tabla 17 <i>Análisis físico-químico entre lugares sin actividad humana y con actividad humana en la laguna San Nicolás</i>	94
Tabla 18 <i>Análisis bacteriológico entre lugares sin actividad humana y con actividad humana en la laguna San Nicolás</i>	96
Tabla 19 <i>Comparación de los parámetros bacteriológicos y físico-químicos de la Laguna San Nicolás (Namora, Cajamarca, 2020–2021)</i>	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Mapa de ubicación geográfica de los puntos de muestreo en la Laguna San Nicolas</i> <i>- Namora, Cajamarca</i>	38
Figura 2 <i>Comparación de los parámetros bacteriológicos y físico-químicos de la Laguna</i> <i>San Nicolás (Namora, Cajamarca, 2020–2021)</i>	98

RESUMEN

El objetivo general de la investigación fue determinar los parámetros bacteriológicos y físico- químicos como indicadores de contaminación en la laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021. Es estudio fue de tipo descriptiva, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental longitudinal. Se realizaron dos muestreos de agua, uno en época lluviosa (diciembre del 2020) y otra en época seca (setiembre 2021). Cada muestreo se realizó en diez (10) puntos diferentes de la laguna, cinco (05) puntos en los que se realizan actividades turísticas, de recreación y se ubican restaurantes y cinco (05) puntos en los que no existe ningún tipo de actividad humana. Por lo tanto, al terminar los dos muestreos se obtuvieron resultados de veinte (20) muestras. Durante el estudio, se halló que en la contaminación físico-química y bacteriológica en la época seca (2021) respecto a la lluviosa (2020), hubo incrementos en DBO (2,80 mg/L), DQO (13,40 mg/L), turbidez (20,30 UNT) y coliformes termotolerantes (77,50 NMP/100 mL). En conclusión, los parámetros bacteriológicos y físico-químicos en la laguna San Nicolás no superaron los límites establecidos por los ECA y estipulados en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM del 07 de junio del 2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación (Ministerio del Ambiente, 2017).

Palabras clave: Parámetros bacteriológicos, parámetros físico-químicos, indicadores de contaminación.

ABSTRACT

The overall objective of the research was to determine the bacteriological and physical-chemical parameters as indicators of contamination in the San Nicolás lagoon in the district of Namora, Cajamarca, 2020–2021. The study was descriptive, with a quantitative approach and a non-experimental longitudinal design. Two water samples were taken, one during the rainy season (December 2020) and another during the dry season (September 2021). Each sampling was carried out at ten (10) different points in the lagoon, five (05) points where tourist and recreational activities take place and restaurants are located, and five (05) points where there is no human activity. Therefore, at the end of the two samplings, results were obtained from twenty (20) samples. During the study, it was found that in terms of physical-chemical and bacteriological contamination in the dry season (2021) compared to the rainy season (2020), there were increases in BOD (2.80 mg/L), COD (13.40 mg/L), turbidity (20.30 UNT), and thermotolerant coliforms (77.50 NMP/100 mL). In conclusion, the bacteriological and physical-chemical parameters in the San Nicolás lagoon did not exceed the limits established by the ECA and stipulated in Supreme Decree No. 004-2017-MINAM of June 7, 2017, Category 1: Population and Recreational. Subcategory B: Surface waters intended for recreation (Ministry of the Environment, 2017).

Key words: Bacteriological parameters, physicochemical parameters, pollution indicators.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las lagunas son ecosistemas acuáticos de vital importancia para la biodiversidad, la regulación del clima, el ciclo hidrológico y las actividades humanas. A lo largo del mundo, estos cuerpos de agua están siempre sometidos a diversas presiones antropogénicas que amenazan su equilibrio y calidad. Entre los factores más críticos que afectan a las lagunas se encuentran la contaminación bacteriológica y la contaminación físico-química, que pueden tener orígenes diversos, incluyendo actividades agrícolas, industriales, urbanas y mineras (Oscoco, 2022).

A fin de realizar una evaluación y monitoreo de la calidad del agua en las lagunas, se utilizan diversos parámetros bacteriológicos y físico-químicos. Estos parámetros permiten identificar y cuantificar a los contaminantes y su impacto en el ecosistema acuático. Para Pauta et al. (2020) entre los parámetros bacteriológicos, destacan los indicadores de contaminación fecal, como *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes, que señalan posiblemente la presencia de patógenos dañinos para el hombre y los animales. Los parámetros físico-químicos, como el pH, la conductividad, la turbidez, el oxígeno disuelto, los nutrientes (nitratos, fosfatos) y los metales pesados, proporcionan información crucial sobre las condiciones ambientales del agua y los todos aquellos procesos químicos que ocurren en ella (Baglo et al., 2024).

Sudamérica, con su vasta riqueza en recursos hídricos, enfrenta desafíos particulares. En Brasil, la Laguna Rodrigo de Freitas en Río de Janeiro sufre de contaminación por desechos domésticos e industriales. Ecuador y Colombia también enfrentan problemas similares en sus lagunas, exacerbados por la falta de infraestructura de saneamiento adecuada (Santos, 2021). En Chile, lagunas como la Laguna del Maule están

amenazadas por la actividad minera y la agricultura. Bolivia y Argentina no son ajenas a estos problemas, con lagunas como la Laguna de Pozuelos (Argentina) que enfrenta contaminación por metales pesados y residuos agrícolas (Fajardo, 2018).

En el contexto peruano, la problemática de la contaminación de lagunas se ha vuelto cada vez más relevante debido al incremento de las acciones extractivas, el crecimiento desordenado de la ciudad y la mala utilización del suelo. En diversas regiones andinas, como Puno, Junín, Cusco y Cajamarca, se han identificado alteraciones significativas en la calidad del agua por los residuos domésticos, agrícolas y mineros que influyen en los parámetros físico-químicos y microbiológicos (ANA, 2020). Estas situaciones comprometen no solo la biodiversidad acuática, sino también la disponibilidad de agua para el consumo de las personas, riego y recreación.

Asimismo, el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2022) destaca que muchas lagunas altoandinas están siendo afectadas por la eutrofización, producto del exceso de nutrientes derivados del uso intensivo de fertilizantes y desechos orgánicos. Esta condición favorece el desarrollo de algas y la depreciación del oxígeno disuelto, afectando directamente a las especies acuáticas. Además, la variabilidad climática y el retroceso de los glaciares están modificando el régimen hídrico, reduciendo el volumen de agua disponible en las lagunas y alterando su equilibrio ecológico.

Por otro lado, la falta de monitoreo constante y de estrategias de manejo integrado limita la capacidad de respuesta ante la degradación ambiental latente. Sumado a ello, a pesar de que el Perú cuenta con políticas como el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, aún existen brechas en la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en zonas rurales.

La laguna San Nicolás, ubicada en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, Perú, es un cuerpo de agua altoandino y que además que se encuentra a una

altitud de 3,200 metros sobre el nivel del mar (Roncal & Barrantes, 2013). Esta laguna constituye desde muchísimos años un recurso hídrico importante para los pobladores locales, proporcionando agua para actividades agrícolas, ganaderas y domésticas. Además, es un lugar de belleza natural que atrae a turistas interesados en la pesca deportiva, el ecoturismo y el senderismo.

Por lo señalado se planteó como problema general, ¿Cuáles son los parámetros bacteriológicos y físico- químicos como indicadores de contaminación en la laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021? Y como problemas específicos, ¿Cuáles son los parámetros de Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, Enterococos intestinales en NMP/100 mL en el agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021?; ¿Cuáles son los parámetros de *Salmonella spp* y *Vibrio cholerae* en N° organismo/l en el agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021?; ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH), temperatura y turbiedad del agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021?; ¿En qué medida los parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos del agua de la Laguna San Nicolás, en el distrito de Namora, Cajamarca, durante el periodo 2020-2021, difieren de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua?; ¿Existe contaminación en el agua de la laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021?

Con relación a los objetivos, el general consistió en determinar los parámetros bacteriológicos y físico- químicos como indicadores de contaminación en la laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021. Los objetivos específicos fueron, determinar los parámetros de Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, Enterococos intestinales en NMP/100 mL en el agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora,

Cajamarca, 2020 – 2021; determinar los parámetros de *Salmonella spp* y *Vibrio cholerae* en N° organismo/L en el agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021; determinar los parámetros fisicoquímicos demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH), temperatura y turbiedad del agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021 y comparar los parámetros bacteriológicos y físico-químicos obtenidos del agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021, con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.

Es necesario aclarar que se consideraron los coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y enterococos porque representan indicadores microbiológicos fundamentales de contaminación fecal, ampliamente reconocidos por las Normas Sanitarias de Calidad Ambiental para Agua en el Perú (D.S. N.° 004-2017-MINAM). Estos microorganismos permiten determinar la presencia y origen de la contaminación, así como el grado de riesgo sanitario asociado al consumo o uso del agua.

Los coliformes termotolerantes fueron seleccionados porque se encuentran comúnmente en el intestino de los animales de sangre caliente, y su detección señala la existencia de contaminación fecal. Además, su capacidad de desarrollarse a temperaturas elevadas (44.5 °C) facilita su diferenciación respecto a otros coliformes ambientales que no tienen un origen fecal directo.

La *Escherichia coli*, por su parte, se consideró por ser el indicador más específico de contaminación fecal reciente. Su presencia confirma de manera directa la existencia de desechos humanos o animales en el agua y permite estimar el peligro que acarrea de presencia de microorganismos patógenos intestinales, lo que la convierte en un parámetro esencial para evaluar la inocuidad microbiológica del recurso.

Asimismo, los enterococos fueron incluidos debido a su alta resistencia a ambientes que resultan adversos y a actividades que buscan desinfectar como la cloración. Esto los hace indicadores confiables de contaminación fecal persistente o antigua, complementando la información obtenida con los coliformes y *E. coli*.

En cuanto a la estructura general de la tesis, el capítulo I incluye el problema y los objetivos. El capítulo II desarrolla el marco teórico. El capítulo III detalla los métodos y materiales, mientras que el capítulo IV presenta los resultados y su discusión. Finalmente, los capítulos V, VI y VII contienen las conclusiones, referencias y anexos. Cada capítulo se conecta para responder al problema general planteado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

Con respecto a los antecedentes que se relacionan con la investigación, a nivel internacional, Barbaso et al. (2023) determinaron el índice de calidad del agua (ICA) para evaluar la calidad del agua de la Laguna de Bay, Filipinas, del 2020 al 2021. Su método consistió en estudiar siete parámetros (coliformes termotolerantes, nitrato, fosfato inorgánico, amoníaco, DBO, OD y pH). Los resultados muestran que las estaciones tenían influencias ambientales y una calidad general del agua relativamente similares. En conclusión, los valores del ICA se alinean con los usos del agua y la tierra en las estaciones. El ICA es útil para indicar la calidad del agua y resulta valioso para evaluar el estado del Lago de Bay y otros recursos de agua dulce.

Asimismo, Capili et al. (2021) propusieron un modelo de variabilidad para evaluar la calidad del agua de los parámetros fisicoquímicos y del índice de calidad del agua de la Laguna Lake en Filipinas. En este estudio la metodología consistió en examinar la DBO, OD mínimo, nivel de acidez o pH, nitrato, fosfato y amoníaco de la laguna desde 2016 hasta 2019. Los resultados indicaron que la Laguna tiene una calidad que varía de marginal a excelente. Los parámetros fisicoquímicos sugieren que la vida en la laguna y sus afluentes está amenazada. Se concluye que es necesario prestar atención a la rehabilitación, la cual debe ser planificada y ejecutada de manera adecuada.

En ese orden de ideas, Marín et al. (2019) publicaron un estudio que tuvo como objetivo abordar la dinámica espaciotemporal de la calidad del agua superficial en la laguna Las Peonías, Venezuela, basada en sus características fisicoquímicas y

bacteriológicas. Su metodología se basó en la ejecución de 17 campañas de muestreo en 11 sitios diferentes, durante tres años a mareas altas y bajas. Los resultados muestran que el DBO y DQO, nitrógeno total y fósforo total oscilaron entre 0,21-22,87 mg/L; 5,26-2074,06 mg/L; 0,53-17,38 mg/L y 0,76-11,48 mg/L, respectivamente, valores característicos de lugares hipereutróficos. Los investigadores concluyen que la dinámica temporal fue afectada principalmente por lluvias, sobre todo entre agosto y septiembre de 2016.

Por otro lado, Vargas (2018) llevó a cabo una investigación cuyo objetivo fue establecer los cambios en la biodisponibilidad de los elementos traza analizando las lagunas costeras del Golfo de California y la relación que existe con la eutrofización. El método adoptado consistió en establecer las cantidades de níquel (Ni), cobre (Cu), cinc (Zn), plomo (Pb), cadmio (Cd) y hierro (Fe) en el sedimento de la superficie y en las almejas de lagunas sin influencia antropogénica y receptoras de aguas residuales urbanas. Los resultados arrojaron que el cobre (Cu), cadmio (Cd) y Manganeseo (Mn) fueron menores en las lagunas que no tienen influencia del ser humano. Finalmente concluye que el proceso de eutrofización es menor o más lento en las aguas que no se ven influenciados por actividades antropogénicas.

En el Perú, Oscoco (2022) desarrolló una investigación en la que determinó el nivel de contaminación del agua con el fin de realizar actividades productivas que resulten sostenibles, de acuerdo con el D.S N° 004-2017-MINAM, en la laguna Pacucha, Apurímac. La población estuvo conformada por la laguna Pacucha y 610 residentes. Los resultados indican que la laguna cumple parcialmente con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs). En la categoría 1, subcategorías A y B, se evidenció contaminación física, química y biológica. En la categoría 2, subcategoría Ca, los niveles de fosfatos exceden los ECAs, y en la categoría 3, subcategorías D1 y

D2, los sólidos totales disueltos, fosfatos y nitratos también superan los límites permitidos. Concluye que estas condiciones limitan las actividades productivas que sean sostenibles, y tanto la acuicultura como el ecoturismo no son viables en la zona.

Asimismo, Huaman et al. (2020) evaluaron la calidad del agua de la laguna Marvilla, comparándola con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y utilizando el Índice de Calidad de Agua del Perú (ICA-PE). Se analizaron los datos de 2019-2020, obteniéndose pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales de 8,8, 4644,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 3413,9 ppm, respectivamente. Se muestreó nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, cinco no cumplieron con los límites establecidos por el ECA para agua en su categoría 4 (nitratos, fósforo total, amoníaco total, DBO y coliformes termotolerantes). Se calculó un valor de 46,3 en el ICA-PE. En conclusión, la calidad del agua de la laguna Marvilla se clasifica como regular, lo que implica que está ocasionalmente amenazada o deteriorada.

Cusiche & Miranda (2019) efectuaron un estudio y analizaron el impacto de las aguas residuales en los ambientes y su zona de influencia, evaluando el nivel de calidad del agua en el lago Junín. El estudio, llevado a cabo entre 2015 y 2017, es de tipo descriptivo con diseño evolutivo contemporáneo longitudinal. Se tomaron muestras en las temporadas de lluvias y de estiaje para realizar análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua. Los resultados muestran que la DBO_5 supera los límites máximos permitidos, y durante la temporada de estiaje, la calidad del agua es deficiente. Concluyen que las aguas residuales son tóxicas para la vida acuática del lago, perjudicando tanto a las especies de flora y fauna endémicas como al ecosistema en su totalidad.

Herrera (2019) realizó un trabajo de investigación en la que diagnosticó la calidad del agua de la laguna de Los Milagros afectada por descargas de aguas

residuales, en el Caserío Los Milagros – Provincia Leoncio Prado – Huánuco. Allí se tomaron cinco muestras tres veces cada dos semanas, se determinaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se compararon con los estándares de calidad ambiental D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Sub Categoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación; concluyendo que la calidad del agua se encuentra dentro de los ECA, exceptuando a las bacterias heterotróficas y los coliformes totales, que sobrepasan los estándares.

De igual modo, Peralta (2019) realizó un estudio en el que evaluó la calidad del agua en la Laguna Huacachina, utilizando bioindicadores como microalgas y macroinvertebrados bentónicos, en relación con parámetros fisicoquímicos. Se identificaron dos componentes principales: el primero agrupó la diversidad y cantidad de fitoplancton y macroinvertebrados, mientras que el segundo incluyó la conductividad y la transparencia. El análisis ANOVA mostró diferencias significativas entre los parámetros ambientales de la Laguna Huacachina durante los meses evaluados. En conclusión, las microalgas y los macroinvertebrados bentónicos puede usarse para evaluar la calidad del agua en la Laguna Huacachina.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Laguna

La palabra lago, viene del latín "lacus" cuya raíz es "lak" vocablo usado para designar un estanque. Una laguna es una masa de agua natural de tamaño relativamente pequeño, poco profunda y generalmente de agua dulce, aunque también puede ser salobre o salada en ciertos casos. A diferencia de los lagos, las lagunas suelen estar parcialmente aisladas del océano o de otros cuerpos de agua por formaciones naturales, como bancos de arena, arrecifes de coral o barreras

terrestres. Pueden formarse en diferentes contextos geográficos, desde zonas costeras hasta regiones montañosas, y varían significativamente en cuanto a sus características físicas, químicas y biológicas (Baglo et al., 2024).

Para Huaman et al. (2020) las lagunas tienen una importancia ecológica considerable, ya que suelen ser hábitats vitales de una diversidad de especies. En muchas regiones, las lagunas albergan especies endémicas que dependen de las condiciones específicas de ese ecosistema, incluyendo aves acuáticas, peces, anfibios y una amplia variedad de microorganismos. Estos ecosistemas también son importantes en la regulación del ciclo hidrológico y para la retención de nutrientes.

2.2.2. Tipos de lagunas

Existen dos tipos principales de lagunas: las lagunas costeras y las lagunas continentales o interiores. Las lagunas costeras son cuerpos de agua con poca profundidad que se encuentran a en las costas y están conectadas al mar de alguna forma, ya sea por estrechos o canales. Generalmente, se forman cuando una barrera natural, como un banco de arena o una isla barrera, separa el agua de mar del agua costera (Okyere et al., 2023). Las lagunas costeras son dinámicas, cambiando constantemente debido a las mareas, las corrientes marinas y los sedimentos transportados por el viento o el agua. Estas lagunas pueden presentar una mezcla de agua salada y agua dulce, dependiendo del intercambio con el océano y el aporte de agua dulce de los ríos (Gianello et al., 2019).

Por otro lado, las lagunas interiores o continentales están completamente aisladas de los océanos y suelen alimentarse de aguas subterráneas, ríos o lluvias. Estas lagunas pueden encontrarse en zonas montañosas, altiplanos, o llanuras, y a menudo están asociadas con valles o depresiones geográficas. A diferencia de las

lagunas costeras, estas lagunas no tienen una conexión directa con el mar, y sus características químicas dependen en gran medida de las condiciones locales, como la geología del terreno, la vegetación circundante y las fuentes de agua (Oliveira et al., 2018).

Desde un punto de vista geológico, las lagunas pueden formarse a través de procesos naturales como la tectónica de placas, la erosión y el sedimentado, o incluso la actividad volcánica. También pueden ser influenciadas por cambios climáticos y fluctuaciones en el nivel del agua. En algunos casos, las lagunas son de corta duración y pueden llenarse o vaciarse en función de las estaciones o del clima de la región (Landeró, 2019).

Además de su valor ecológico, las lagunas tienen un valor cultural y económico en muchas regiones del mundo. A lo largo de la historia, las comunidades humanas han dependido de las lagunas para la pesca, el suministro de agua dulce y como espacios recreativos o turísticos. Sin embargo, Boateng et al. (2020) refiere que las lagunas también son extremadamente vulnerables a las actividades humanas, como la urbanización, la contaminación y la agricultura intensiva, que pueden alterar sus condiciones naturales y amenazar su biodiversidad.

2.2.3. Contaminación del agua

Se da cuando se introducen sustancias perniciosas en cuerpos de agua, degradando su calidad y poniendo en riesgo tanto la salud humana como los ambientes. Existen diversas fuentes de contaminación, que se pueden clasificar en dos categorías principales: contaminación puntual y contaminación difusa. La primera proviene de fuentes específicas, como desechos industriales vertidos directamente en ríos o lagos. En contraste, la contaminación difusa se origina en

áreas más amplias, como escorrentías agrícolas que transportan fertilizantes y pesticidas hacia los cuerpos de agua (Veloz, 2024).

2.2.4. Tipos de contaminantes

Los contaminantes pueden clasificarse en varias categorías. Según Pauta et al. (2020) los contaminantes biológicos, como bacterias, virus y parásitos, pueden provenir de desechos humanos y animales. Su presencia indica la posible contaminación fecal y un riesgo para la salud pública.

Los contaminantes químicos, que incluyen metales pesados (como plomo y mercurio), productos químicos industriales y nutrientes en exceso, pueden tener efectos tóxicos en organismos acuáticos y en la cadena alimentaria.

Además, los contaminantes físicos, como la sedimentación y la turbidez, pueden afectar la calidad del agua al interferir con la fotosíntesis y el hábitat de especies acuáticas.

2.2.5. Efectos de la contaminación del agua

La contaminación del agua tiene efectos devastadores en la salud del hombre y de los ecosistemas. El agua contaminada puede causar brotes de enfermedades gastrointestinales, cólera y otras infecciones. De acuerdo con lo señalado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), millones fallecen anualmente debido a enfermedades relacionadas con este tipo de contaminación. Desde una perspectiva ecológica, la contaminación puede llevar a la pérdida de biodiversidad, deceso de especies acuáticas y la eutrofización, debido a que el exceso de nutrientes provoca floraciones algales perjudiciales que consumen el oxígeno del agua, creando zonas sin vida donde los organismos no pueden sobrevivir (Sandoval, 2024).

Por ello es necesario la puesta en marcha de estrategias de monitoreo y control de la calidad del agua. Esto incluye la evaluación regular de los cuerpos de agua mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos, así como la adopción de normativas y estándares que regulen los parámetros permisibles de contaminantes. La educación y la concienciación pública son igualmente importantes, ya que ayudan a las comunidades a adoptar prácticas sostenibles que reduzcan la contaminación (Fragoso et al., 2021).

Por lo tanto, la calidad del agua es un indicador clave de la salud de los ecosistemas y del bienestar humano. La contaminación del agua es un problema que requiere atención y acción coordinada entre gobiernos, comunidades y organizaciones. Solo a través de un esfuerzo conjunto se podrá proteger este recurso vital y garantizar su disponibilidad para las generaciones futuras (Chen et al., 2020).

2.2.6. Indicadores de contaminación bacteriológicos

Los indicadores bacteriológicos de contaminación son microorganismos específicos que se utilizan para evaluar la calidad del agua y detectar la presencia de contaminación fecal. Estos indicadores son fundamentales en la monitorización del agua, especialmente aquellas destinadas al consumo humano y a actividades recreativas, ya que la contaminación fecal puede ser un signo de la presencia de patógenos que amenazan la salud pública.

2.2.6.1. Tipos de indicadores bacteriológicos

Los indicadores bacteriológicos más comunes incluyen:

1. Coliformes totales

Son un grupo de bacterias que se encuentran comúnmente en el intestino de humanos y animales de sangre caliente. También pueden habitar en el suelo, el agua y la vegetación, lo que los convierte en indicadores clave para evaluar la calidad del agua. Aunque su presencia no siempre implica la existencia de patógenos específicos, indica posible contaminación fecal, lo que podría aumentar el riesgo de enfermedades relacionadas con el agua. Estos microorganismos son utilizados como indicadores porque su detección es sencilla, económica y representa un método efectivo para identificar problemas potenciales en los recursos hídricos (Oscro, 2022).

El monitoreo de coliformes totales es una herramienta crucial en la gestión de la calidad del agua, ya que permite evaluar las condiciones generales de las fuentes hídricas. Altos niveles de coliformes totales pueden señalar problemas de saneamiento inadecuado, contaminación de fuentes subterráneas o la infiltración de desechos domésticos y agrícolas. Este indicador es particularmente útil en el análisis preliminar de agua potable y recreativa, ya que proporciona una visión general del estado microbiológico del agua antes de realizar análisis más específicos (Bennett & Sutherland, 2019).

2. Coliformes termotolerantes:

Los coliformes termotolerantes, son un subgrupo específico de los coliformes totales y tienen una importancia crítica en el análisis de la calidad del agua. Su presencia indica contaminación fecal reciente, esa situación representa un riesgo significativo para la salud pública. A diferencia de los coliformes totales, que pueden provenir de diversas fuentes ambientales, los coliformes

termotolerantes están estrechamente vinculados a desechos humanos y animales, lo que los convierte en indicadores más precisos de contaminación microbiológica (Oscoco, 2022; Pauta et al., 2020).

Estos microorganismos tienen una alta tolerancia a temperaturas elevadas, lo que permite su detección en condiciones específicas mediante métodos rápidos y accesibles. Su identificación en el agua sugiere la posible presencia de patógenos como bacterias, virus y parásitos que pueden causar enfermedades gastrointestinales, cólera y fiebre tifoidea. Por ello, su monitoreo es esencial, especialmente en fuentes de agua potable, recreativa y en sistemas de riego (Oscoco, 2022).

Además, el análisis de coliformes termotolerantes proporciona una base científica para implementar medidas correctivas, como la mejora de sistemas de saneamiento, tratamiento de aguas residuales y educación sanitaria. En resumen, estos microorganismos son herramientas críticas para garantizar la seguridad del agua y prevenir riesgos asociados con su consumo o uso recreativo (Bennett & Sutherland, 2019).

3. *Escherichia coli*:

Es una bacteria específica dentro del grupo de los coliformes termotolerantes, ampliamente reconocida como un indicador preciso de contaminación fecal en el agua. Su presencia señala la introducción reciente de desechos termotolerantes humanos o animales en el cuerpo de agua, lo que la convierte en un parámetro clave para evaluar riesgos microbiológicos. A diferencia de otros indicadores bacteriológicos, *E. coli* es altamente confiable

porque no suele proliferar fuera del tracto intestinal, lo que refuerza su relación directa con fuentes de contaminación fecal (Pauta et al., 2020).

Algunas cepas de *E. coli*, como la O157:H7, son patógenas y pueden causar enfermedades graves, incluidas infecciones gastrointestinales, diarrea hemorrágica, insuficiencia renal y en casos extremos, la muerte. Estas infecciones se transmiten a través del consumo de agua o alimentos contaminados. Por ello, su detección en cualquier fuente de agua potable o recreativa es una señal de alerta crítica para la salud pública (Oscoco, 2022).

El monitoreo de *E. coli* no solo permite evaluar la calidad del agua, sino que también sirve como base para implementar estrategias de saneamiento y tratamiento de aguas. Este microorganismo es un indicador esencial para prevenir enfermedades y proteger tanto a las comunidades humanas como a los ecosistemas acuáticos.

4. Enterococos Intestinales:

Son un grupo de bacterias que desempeñan un papel crucial como indicadores de contaminación fecal en el análisis de la calidad del agua. Habitan el tracto intestinal de humanos y animales de sangre caliente, lo que los convierte en marcadores fiables para detectar la presencia de desechos termotolerantes en fuentes de agua. A diferencia de otros indicadores bacterianos, los enterococos intestinales presentan una alta resistencia a condiciones ambientales adversas, como la salinidad y los cambios de pH, lo que les permite sobrevivir más tiempo en el agua, incluso en ambientes marinos (Pauta et al., 2020).

La presencia de enterococos en el agua está estrechamente relacionada con infecciones gastrointestinales, infecciones de la piel y enfermedades

respiratorias. Estas bacterias son particularmente útiles para evaluar fuentes de agua recreativa, donde el contacto humano directo aumenta la probabilidad de exposición a contaminantes. Además, su detección complementa el análisis de otros indicadores microbiológicos, proporcionando una evaluación más integral de la calidad del agua. El monitoreo de enterococos intestinales es esencial para identificar riesgos sanitarios y tomar medidas correctivas, protegiendo de esta manera la salud pública y al manejo sostenible de los recursos hídrico (Oscoco, 2022).

2.2.6.2. Importancia de los indicadores bacteriológicos

La utilización de indicadores bacteriológicos permite una detección rápida, puesto que las pruebas para detectar estos indicadores permiten una pronta respuesta ante posibles brotes de contaminación. Asimismo, los métodos de análisis son menos costosos que las pruebas directas para patógenos específicos, lo que permite un monitoreo más accesible (Oscoco, 2022).

Del mismo modo, la presencia de estos indicadores puede ayudar a evaluar el riesgo de enfermedades asociadas con el agua contaminada, permitiendo a las autoridades de salud pública tomar medidas adecuadas (Bennett & Sutherland, 2019).

Para Oscoco (2022) los indicadores bacteriológicos de contaminación son herramientas esenciales para evaluar la calidad del agua y proteger la salud pública. Su uso permite detectar la contaminación fecal y evaluar el riesgo asociado, proporcionando información valiosa para la gestión y conservación de recursos hídricos. La implementación de programas de monitoreo regulares que

incluyan la evaluación de estos indicadores es crucial para garantizar la seguridad del agua que consumimos y utilizamos.

2.2.7. Indicadores físico-químicos de la calidad de agua

Son fundamentales para evaluar la calidad del agua porque otorgan datos importantes acerca de su composición y estado, lo que influye en su uso para el consumo humano, la agricultura, la industria y la preservación de ecosistemas. Estos indicadores miden propiedades físicas y químicas del agua, ayudando a identificar la contaminación y a determinar la salud de los medios acuáticos (Baglo et al., 2024).

2.2.7.1. Parámetros físico-químicos comunes

Entre los indicadores físico-químicos más relevantes se encuentran:

1. pH:

Es un indicador esencial para medir la acidez o alcalinidad del agua, clave para determinar su calidad y aptitud para diversos usos. Este parámetro varía en una escala de 0 a 14, donde 7 es neutro, valores inferiores representan acidez y superiores indican alcalinidad. Para la mayoría de los ecosistemas acuáticos, un rango de pH entre 6.5 y 8.5 es óptimo, ya que permite el desarrollo de la biodiversidad y mantiene los procesos bioquímicos en equilibrio (Baglo et al., 2024).

Cuando el pH se encuentra fuera de este rango, los efectos pueden ser perjudiciales. En aguas ácidas, la solubilidad de metales como el hierro, el cobre y el aluminio aumenta, lo que puede ser tóxico para los peces y otros organismos acuáticos. Por otro lado, un pH alcalino puede reducir la disponibilidad de

nutrientes esenciales y aumentar los niveles de amoníaco, afectando la respiración y reproducción de las especies acuáticas (Barbaso et al., 2023).

El pH también afecta procesos como la fotosíntesis y la descomposición de materia orgánica, esenciales para el equilibrio del ecosistema. Por ello, el monitoreo regular de este parámetro no solo protege la biodiversidad, sino que también asegura el uso sostenible del agua en actividades humanas (Khatri & Tyagi, 2016).

2. Demanda biológica de oxígeno (DBO):

La DBO mide la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en el agua. Esta determinación resulta esencial para evaluar el nivel de contaminación orgánica en cuerpos de agua, ya que un nivel elevado de DBO indica una mayor cantidad de materia orgánica, lo que puede ser un signo de contaminación significativa (Veloz, 2024).

Cuando los valores de DBO son altos, el oxígeno disponible en el agua puede disminuir a niveles críticos, afectando negativamente a los organismos acuáticos que dependen de este recurso para sobrevivir, como peces e invertebrados. Esta situación, conocida como hipoxia, puede llevar a la muerte masiva de especies y a la alteración del equilibrio ecológico del ecosistema. Además, los niveles elevados de DBO suelen estar asociados con el vertido de aguas residuales, desechos agrícolas y descargas industriales que contienen materia orgánica biodegradable (Fragoso et al., 2021).

El monitoreo de la DBO es una herramienta clave para identificar fuentes de contaminación y evaluar la eficacia de las medidas de tratamiento de aguas

residuales. Este indicador también proporciona información crucial para diseñar estrategias de manejo sostenible de los recursos hídricos y para proteger tanto los ecosistemas acuáticos como la salud pública (Chen et al., 2020).

3. Oxígeno disuelto (OD):

Es un parámetro esencial para la vida acuática, ya que proporciona el oxígeno necesario para los procesos metabólicos de organismos como peces, invertebrados y microorganismos. Sin un nivel adecuado de OD, muchas especies no podrían sobrevivir, lo que afectaría negativamente a la biodiversidad y al equilibrio del ecosistema. Valores óptimos de OD suelen estar por encima de 5 mg/L, mientras que niveles inferiores a 2 mg/L pueden inducir condiciones críticas, conocidas como hipoxia (Wetzel, 2015).

Cuando el OD desciende a niveles extremadamente bajos, se producen condiciones anaerobias, donde los procesos biológicos dependen de organismos que no utilizan oxígeno, como bacterias anaerobias. Estas condiciones no solo son perjudiciales para la fauna acuática, sino que también favorecen la producción de compuestos tóxicos como el sulfuro de hidrógeno y el metano, que agravan aún más la calidad del agua (Smith, 2015).

Los niveles bajos de OD suelen estar asociados con la contaminación orgánica, como descargas de aguas residuales, escorrentías agrícolas o el exceso de nutrientes que provocan la eutrofización. Por ello, el monitoreo regular del OD es crucial para detectar problemas de calidad del agua y diseñar estrategias que protejan los ecosistemas acuáticos y garanticen su sostenibilidad (Khatri & Tyagi, 2016).

4. Turbidez:

Es un indicador que refleja la claridad o transparencia del agua. Este parámetro se ve afectado por la presencia de partículas suspendidas, como sedimentos, materia orgánica, microorganismos y algas, así como por contaminantes de origen humano, como descargas industriales o agrícolas. La turbidez se mide en unidades de nefelometría (NTU) y proporciona una estimación de la cantidad de luz que las partículas en el agua dispersan, reduciendo su claridad (Baglo et al., 2024).

Una turbidez elevada tiene efectos significativos en los ecosistemas acuáticos. Al reducir la cantidad de luz que penetra en el agua, puede inhibir la fotosíntesis de las plantas acuáticas y fitoplancton, lo que a su vez afecta la producción primaria y altera la base de las cadenas alimenticias. Además, los altos niveles de turbidez pueden obstruir las branquias de los peces, dificultar su respiración y provocar un aumento de estrés fisiológico (Fragoso et al., 2021).

La turbidez elevada también puede ser un indicador de contaminación, ya que a menudo está asociada con escorrentías agrícolas, aguas residuales y erosión del suelo. Por ello, el monitoreo regular de este parámetro es esencial para identificar fuentes de contaminación y proteger tanto los ecosistemas acuáticos como el suministro de agua potable (Chen et al., 2020).

5. Nutrientes (nitratos y fosfatos):

Son compuestos esenciales para el crecimiento de las plantas y desempeñan un papel clave en la productividad de los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, su exceso puede desencadenar un fenómeno conocido como eutrofización, que ocurre cuando los cuerpos de agua se enriquecen

excesivamente con nutrientes. Este proceso suele ser resultado de actividades humanas, como el uso intensivo de fertilizantes en la agricultura, descargas de aguas residuales y escorrentías urbanas (Khatri & Tyagi, 2016).

La eutrofización provoca un crecimiento excesivo de algas, conocido como florecimiento algal. Aunque inicialmente puede parecer beneficioso, este crecimiento excesivo bloquea la luz solar necesaria para otras plantas acuáticas y, al descomponerse, consume grandes cantidades de OD en el agua. Esto reduce drásticamente los niveles de oxígeno disponibles, creando zonas hipóxicas o anóxicas, donde la mayoría de los organismos acuáticos no pueden sobrevivir. Este impacto afecta no solo a la fauna acuática, como peces y moluscos, sino también a las cadenas alimenticias y a la biodiversidad general del ecosistema (Smith, 2015).

Además, el florecimiento algal puede liberar toxinas dañinas, que afectan tanto a los organismos acuáticos como a los humanos que consumen agua contaminada. Por ello, controlar los aportes de nutrientes es esencial para prevenir la eutrofización y proteger los ecosistemas acuáticos y los recursos hídricos (Chen et al., 2020).

6. Metales pesados:

Los metales pesados, como el plomo, el mercurio y el cadmio, son contaminantes industriales que representan una grave amenaza para los ecosistemas acuáticos y la salud humana. Tales elementos ingresan al agua principalmente a través de actividades como la minería, la industria química, las descargas de aguas residuales y la escorrentía agrícola. Su presencia en el medio

ambiente y su capacidad para bioacumularse en los organismos los convierten en indicadores críticos de contaminación (Baglo et al., 2024).

En los ecosistemas acuáticos, los metales pesados tienen efectos tóxicos significativos. Pueden interferir con las funciones fisiológicas de los organismos, dañar tejidos y órganos, y afectar la reproducción y el desarrollo de las especies acuáticas. Además, estos contaminantes se bioacumulan en la cadena alimentaria, lo que significa que sus concentraciones aumentan en los niveles superiores, afectando a los depredadores, incluidos los humanos que consumen peces y mariscos contaminados (Fragoso et al., 2021).

2.2.7.2.Importancia de los indicadores físico-químicos

Estos indicadores proporcionan una visión integral sobre el estado de salud de los ecosistemas acuáticos, permitiendo detectar cambios que puedan amenazar su equilibrio. Por ejemplo, alteraciones en parámetros como el pH, la turbidez, el OD y la presencia de nutrientes o contaminantes pueden revelar impactos negativos asociados a actividades humanas (Khatri & Tyagi, 2016).

El monitoreo regular de estos parámetros es esencial para medir la eficacia de las medidas de control de la contaminación implementadas, como el tratamiento de aguas residuales o la reducción de fertilizantes en la agricultura. Estos datos permiten a las autoridades identificar fuentes puntuales de contaminación, como descargas industriales, y fuentes difusas, como escorrentías agrícolas, lo que facilita la implementación de estrategias correctivas específicas (Chen et al., 2020).

Además, estos indicadores ayudan a evaluar el impacto de actividades humanas como la agricultura intensiva, que puede provocar la eutrofización, o la minería, que puede introducir metales pesados al agua. En resumen, la evaluación de

estos parámetros es una herramienta clave para proteger la biodiversidad, asegurar el uso sostenible del agua y mitigar riesgos para la salud pública (Rascón & Corroto, 2020).

2.2.7.3. Aplicaciones en la gestión del agua

Los resultados de las mediciones físico-químicas son utilizados por gobiernos y organizaciones para establecer normativas y directrices para la protección de recursos hídricos. Los datos recopilados ayudan en la toma de decisiones informadas sobre la gestión del agua, la protección de ecosistemas y la garantía de que el agua sea segura para su uso humano y ambiental (Vargas, 2018).

Según Chen et al. (2020) los indicadores físico-químicos son esenciales para comprender la calidad del agua y su capacidad para sustentar la vida. Su monitoreo regular y el análisis de los resultados son fundamentales para la protección del medio ambiente y la salud pública.

2.2.8. Teoría de los sistemas acuáticos

Se refiere a la comprensión de las interacciones y dinámicas dentro de los ecosistemas de agua dulce, como lagos, ríos y humedales. Estos sistemas son complejos y están compuestos por diversos elementos bióticos y abióticos que interactúan de manera continua. Los factores físicos, como la temperatura, la luz, y los nutrientes, influyen en la estructura y función de estos ecosistemas, mientras que los componentes biológicos, incluyendo plantas, animales, y microorganismos, desempeñan roles cruciales en la producción primaria, el ciclo de nutrientes y la descomposición (Wetzel, 2015).

La teoría de los sistemas acuáticos y la eutrofización son fundamentales para comprender cómo las actividades humanas impactan la salud de los ecosistemas acuáticos. La investigación continua en este campo es crucial para desarrollar enfoques efectivos que mitiguen los efectos de la eutrofización y promuevan la sostenibilidad de los recursos hídricos (Smith, 2015).

2.2.9. Eutrofización

Es un proceso que se produce en los cuerpos de agua cuando hay un enriquecimiento excesivo de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo. Este fenómeno puede ser natural, pero es frecuentemente acelerado por actividades humanas, como la agricultura, la urbanización y la descarga de aguas residuales (Smith, 2015). Cuando estos nutrientes se introducen en el agua, pueden promover un crecimiento excesivo de algas, un fenómeno conocido como florecimiento algal. Las algas, al crecer en exceso, pueden cubrir la superficie del agua, bloqueando la luz solar y afectando la fotosíntesis de otras plantas acuáticas.

La eutrofización tiene implicaciones importantes para la gestión de recursos hídricos. La calidad del agua se ve afectada, lo que puede limitar su uso para la recreación, la pesca y el abastecimiento de agua potable. Además, el costo de tratar el agua contaminada aumenta significativamente. Las estrategias de manejo deben incluir la reducción de la carga de nutrientes que llegan a los cuerpos de agua, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles y la restauración de zonas ribereñas (Valles, 2017).

2.2.10. Florecimiento algal

El florecimiento algal no solo altera el equilibrio del ecosistema acuático, sino que también puede provocar la producción de toxinas, que son perjudiciales para la fauna acuática y los seres humanos. Cuando las algas mueren, su descomposición consume oxígeno del agua, lo que puede llevar a condiciones de hipoxia o anoxia, donde el nivel de oxígeno es insuficiente para soportar la vida acuática (Huanaco et al., 2018). Esto resulta en la muerte de peces y otros organismos, lo que a su vez impacta la biodiversidad y la salud del ecosistema.

2.2.11. Monitoreo de la calidad de agua

Esta actividad permite identificar el estado de los cuerpos de agua y detectar cambios en su composición química, física y biológica, lo que es crucial para garantizar que cumplan con los estándares ambientales y sean aptos para diversos usos, como el abastecimiento de agua potable, la recreación, la pesca y la agricultura (World Health Organization, 2022).

Asimismo, implica la recolección sistemática de datos sobre diferentes parámetros que reflejan su estado. Entre los más comunes se encuentran el pH, la conductividad eléctrica, la temperatura, el OD, los nutrientes como nitratos (NO_3^-) y fosfatos (PO_4^{3-}), y la presencia de contaminantes como metales pesados o pesticidas (Khatri & Tyagi, 2016). Los indicadores bacteriológicos, como los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, son críticos para evaluar el riesgo de contaminación por residuos humanos o animales, lo cual tiene un impacto directo en la salud pública (United States Environmental Protection Agency, 2023).

El monitoreo de la calidad del agua también permite identificar fuentes de contaminación y rastrear su evolución a lo largo del tiempo. Esto es particularmente

importante en áreas donde el uso intensivo de recursos hídricos, la urbanización o la actividad industrial generan presión sobre los ecosistemas acuáticos. Las fuentes de contaminación pueden ser puntuales, como descargas industriales, o difusas, como el escurrimiento agrícola, lo que dificulta su control (Peralta, 2019). Al detectar y evaluar la magnitud de la contaminación, las autoridades pueden implementar medidas correctivas, como la restauración de humedales, la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales o la promoción de prácticas agrícolas sostenibles.

2.2.12. Impacto de la contaminación en los sistemas acuáticos

Las fuentes de contaminación, tanto de origen puntual como difuso, tienen efectos adversos en la calidad del agua, la salud de los organismos que dependen de estos sistemas y las personas que utilizan los recursos hídricos para consumo, recreación o agricultura (Deletic & Wang, 2019). Los contaminantes más comunes incluyen nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, metales pesados, productos químicos tóxicos y microorganismos patógenos.

Uno de los principales impactos de la contaminación en los sistemas acuáticos es la eutrofización, un proceso desencadenado por el exceso de nutrientes, principalmente nitratos y fosfatos, provenientes de actividades agrícolas y urbanas. Este proceso provoca un crecimiento excesivo de algas que, al descomponerse, reduce los niveles de OD en el agua, generando zonas hipóxicas o anóxicas que no pueden sustentar la vida acuática (Chen et al., 2020). La pérdida de oxígeno afecta negativamente a especies sensibles como peces y moluscos, alterando las cadenas alimentarias y reduciendo la biodiversidad.

Otro impacto significativo es la bioacumulación de metales pesados como el mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los tejidos de los organismos acuáticos.

Estos contaminantes entran en los cuerpos de agua a través de las descargas industriales, la minería y el uso de productos químicos en la agricultura. La bioacumulación ocurre cuando los organismos ingieren pequeñas cantidades de metales que, a lo largo del tiempo, se acumulan en sus tejidos, y luego son transmitidos a lo largo de la cadena alimentaria. Este fenómeno no solo afecta a las especies acuáticas, sino que también puede tener consecuencias graves para los seres humanos que consumen pescado contaminado (Farhan et al., 2023).

Además de los impactos en la biodiversidad, la contaminación de los sistemas acuáticos también afecta la calidad del agua para uso humano. Las aguas contaminadas por residuos industriales, pesticidas y bacterias patógenas pueden ser peligrosas para el consumo, el riego y las actividades recreativas. Por ejemplo, la presencia de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en el agua es un indicador de contaminación por desechos fecales, lo que puede llevar a la propagación de enfermedades transmitidas por el agua, como la diarrea y el cólera (Huaman et al., 2020).

El cambio climático también está exacerbando los efectos de la contaminación en los sistemas acuáticos. Las temperaturas más altas favorecen la proliferación de algas tóxicas, mientras que los cambios en los patrones de precipitación aumentan la escorrentía agrícola y urbana, que transporta contaminantes a los ríos, lagos y océanos. Estos impactos combinados están acelerando el deterioro de los ecosistemas acuáticos, afectando tanto a la vida silvestre como a las comunidades humanas que dependen de ellos (Boateng et al., 2020).

Por lo mencionado, la contaminación de los sistemas acuáticos tiene impactos graves y diversos que amenazan la biodiversidad, la salud humana y los servicios

ecosistémicos. El control y mitigación de estas fuentes de contaminación son esenciales para preservar los recursos hídricos y garantizar su uso sostenible en el futuro.

2.3. Marco legal

2.3.1. Constitución Política del Perú (Congreso de la República, 1993)

Artículo 2°, Inciso 22:

Concordancia: Este artículo garantiza el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida. La investigación resalta la necesidad de proteger este derecho al ambiente equilibrado frente a las actividades humanas que degradan los recursos naturales.

Artículo 66°:

Concordancia: Este artículo establece que los recursos naturales son patrimonio de la Nación, y su uso debe promover su desarrollo sostenible. El trabajo destaca la importancia de preservar la calidad del agua de la Laguna San Nicolás mediante un monitoreo de indicadores bacteriológicos y físico-químicos, alineándose con el principio de sostenibilidad mencionado en este artículo.

Artículo 67°:

Concordancia: El Estado debe determinar la política nacional del ambiente y promover el uso sostenible de los recursos naturales. La investigación subraya la necesidad de medidas correctivas para mitigar la contaminación en la laguna, lo cual concuerda con el rol del Estado en promover estrategias de protección ambiental y gestión sostenible.

Artículo 68°:

Concordancia: Este artículo obliga al Estado a garantizar la conservación de la diversidad biológica y las áreas naturales protegidas. En la investigación, se menciona que la Laguna San Nicolás es un ecosistema vital afectado por la actividad humana, lo que requiere la intervención estatal para proteger la biodiversidad.

2.3.2. Ley General del ambiente, Ley N° 28611 (Congreso de la República, 2005)

Artículo 2°: Derecho a un ambiente equilibrado y adecuado

Concordancia: Este artículo reconoce el derecho de toda persona a disfrutar de un ambiente saludable. La tesis aborda la contaminación de la Laguna San Nicolás, resaltando la necesidad de proteger este derecho mediante la implementación de medidas correctivas para garantizar la sostenibilidad del ecosistema acuático y la calidad del agua.

Artículo 5°: Principio de prevención

Concordancia: Este principio establece la importancia de prevenir el daño ambiental antes de que ocurra. El trabajo enfatiza el monitoreo de la calidad del agua de la laguna y el control de actividades humanas que afectan su equilibrio, alineándose con la prevención como medida clave para proteger los recursos hídricos.

Artículo 7°: Conservación de la biodiversidad

Concordancia: Este artículo promueve la protección de la diversidad biológica y los ecosistemas. La Laguna San Nicolás es un ecosistema vital que alberga diversas formas de vida, y el archivo resalta la necesidad de conservar este entorno frente a las actividades humanas que generan contaminación.

Artículo 17º: Gestión de recursos hídricos

Concordancia: Este artículo regula el uso sostenible y la calidad de los recursos hídricos. En la investigación, se abordan indicadores físico-químicos y bacteriológicos que son esenciales para evaluar y gestionar la calidad del agua de la laguna de manera sostenible.

2.3.3. Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 (Congreso de la República, 2009)

Artículo 3º: Dominio del agua

Concordancia: Este artículo establece que el agua es patrimonio de la Nación y su uso debe estar orientado al interés general. En el trabajo, se resalta la importancia de preservar la calidad del agua de la Laguna San Nicolás, lo que concuerda con la responsabilidad de proteger este recurso para las generaciones actuales y futuras.

Artículo 19º: Gestión integrada del recurso hídrico

Concordancia: Este artículo promueve un enfoque integral para la gestión de los recursos hídricos, considerando aspectos sociales, económicos y ambientales. El monitoreo de la calidad del agua de la laguna mencionado en el archivo refleja esta integración, al evaluar indicadores clave para proteger su sostenibilidad.

Artículo 22º: Protección de la calidad del agua

Concordancia: Este artículo obliga a proteger la calidad de los recursos hídricos frente a actividades contaminantes. La investigación aborda la contaminación en la laguna y resalta la necesidad de medidas para garantizar que cumpla con los estándares ambientales y ecológicos.

Artículo 29º: Uso sostenible del agua

Concordancia: Este artículo fomenta el uso sostenible del agua para preservar los ecosistemas acuáticos. La investigación destaca la importancia de gestionar adecuadamente la laguna, lo que asegura la sostenibilidad del recurso.

Artículo 36º: Conservación de ecosistemas acuáticos

Concordancia: Este artículo establece la obligación de proteger los ecosistemas asociados al agua. En la tesis, se describe cómo las actividades humanas afectan la biodiversidad de la laguna, subrayando la necesidad de conservar este ecosistema.

- 2.3.4. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM del 07 de junio del 2017. Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación (Ministerio del Ambiente, 2017).

El Decreto Supremo estipula los parámetros físico-químicos y microbiológicos que deben cumplir las aguas superficiales destinadas para fines recreativos. Bajo la Categoría 1, Subcategoría B, se consideran aguas usadas para actividades recreacionales, como nadar o paseos en bote, que implican contacto directo o indirecto con el agua. Este marco normativo busca proteger la salud humana y preservar la biodiversidad acuática.

La presente investigación se sustenta en el marco normativo establecido por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, considerando la importancia de evaluar la calidad del agua de la laguna San Nicolás, un ecosistema acuático altoandino empleado para actividades recreativas y turísticas. En este contexto, se enfatiza el monitoreo de

parámetros microbiológicos críticos, como coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, reconocidos por la normativa vigente como indicadores clave para determinar la aptitud del agua destinada al contacto humano directo. La detección de concentraciones elevadas de estos microorganismos representa una amenaza potencial para la salud pública, especialmente para los visitantes y pobladores locales que hacen uso recreacional de la laguna. Por tanto, los resultados de este estudio no solo permiten evaluar el cumplimiento de los ECA, sino que también evidencian la necesidad de implementar acciones de mitigación y manejo ambiental que garanticen la sostenibilidad del recurso hídrico.

Además, el trabajo incluye análisis físico-químicos como pH, turbidez y OD, también regulados por el decreto, que influyen en la calidad del agua y su aptitud para actividades recreativas. Por ejemplo, niveles inadecuados de OD afectan no solo la vida acuática, sino también la seguridad y disfrute de los usuarios.

La evaluación realizada en la laguna San Nicolás se articula directamente con los objetivos establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, orientados a garantizar que los cuerpos de agua destinados a actividades recreacionales mantengan una calidad adecuada que minimice los riesgos para la salud pública y asegure la conservación de los ecosistemas acuáticos. En este sentido, la investigación toma en cuenta los principios rectores de dicho marco normativo, priorizando la preservación de la integridad ecológica de la laguna. Así, se enfatiza la necesidad de cumplir rigurosamente con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) como una estrategia fundamental para promover el uso racional y sostenible del recurso hídrico, al mismo tiempo que se contribuye a la prevención de la degradación ambiental.

2.3.5. Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad Recursos Hídricos Superficiales (R.J.N° 010-2016-ANA) (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

El dispositivo legal señalado establece directrices técnicas para evaluar la calidad del agua en cuerpos superficiales, como lagunas, ríos y lagos. Este protocolo define los métodos y parámetros que deben medirse, incluyendo aspectos físico-químicos, microbiológicos y biológicos, para asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos y su compatibilidad con diferentes usos.

La investigación realizada se relaciona directamente con este protocolo al abordar el análisis de la calidad del agua en la Laguna San Nicolás, un recurso hídrico superficial de importancia para actividades recreativas y ecosistémicas. Los parámetros mencionados en el archivo, como el pH, OD, coliformes termotolerantes, y *E. coli*, son indicadores claves establecidos en el protocolo para determinar la aptitud del agua frente a diferentes usos, incluyendo el recreativo y la preservación de la biodiversidad.

El monitoreo descrito en el trabajo efectuado refleja la aplicación de los lineamientos del protocolo, como la frecuencia de muestreo, la metodología de análisis y la comparación con los estándares nacionales, como los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Por ejemplo, el protocolo exige evaluar coliformes termotolerantes para identificar riesgos de contaminación fecal, lo cual fue una preocupación central en la investigación debido a los impactos de actividades humanas en la laguna.

Asimismo, la tesis enfatiza la importancia de la evaluación continua para identificar fuentes de contaminación y adoptar medidas correctivas. Este enfoque está alineado con el objetivo del protocolo de generar información confiable para la toma de decisiones en la gestión de recursos hídricos.

2.4. Definición de términos

2.4.1. Oxígeno disuelto

Cantidad de oxígeno presente en el agua, esencial para la respiración de los organismos acuáticos. Valores bajos indican condiciones anaerobias perjudiciales para la fauna (Wetzel, 2015).

2.4.2. Coliformes termotolerantes

Indicadores bacteriológicos que señalan contaminación fecal en cuerpos de agua. Su detección sugiere riesgos sanitarios y la presencia de patógenos (Pauta et al., 2020).

2.4.3. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Parámetro que mide el consumo de oxígeno por microorganismos durante la descomposición de materia orgánica en el agua. Valores altos indican contaminación significativa (Baglo et al., 2024).

2.4.4. Turbidez

Indicador de la claridad del agua afectado por partículas suspendidas. Una alta turbidez puede interferir con la fotosíntesis y afectar la vida acuática (Chen et al., 2020).

2.4.5. *Escherichia coli*

Bacteria específica de los coliformes termotolerantes que indica contaminación fecal reciente. Algunas cepas pueden causar enfermedades graves en humanos (Oscoco, 2022).

2.4.6. Enterococos intestinales

Indicadores bacteriológicos resistentes que detectan contaminación fecal en ambientes marinos y agua recreativa. Su análisis es crucial para evaluar riesgos sanitarios (Pauta et al., 2020).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del estudio

3.1.1. Geografía, altitud y coordenadas

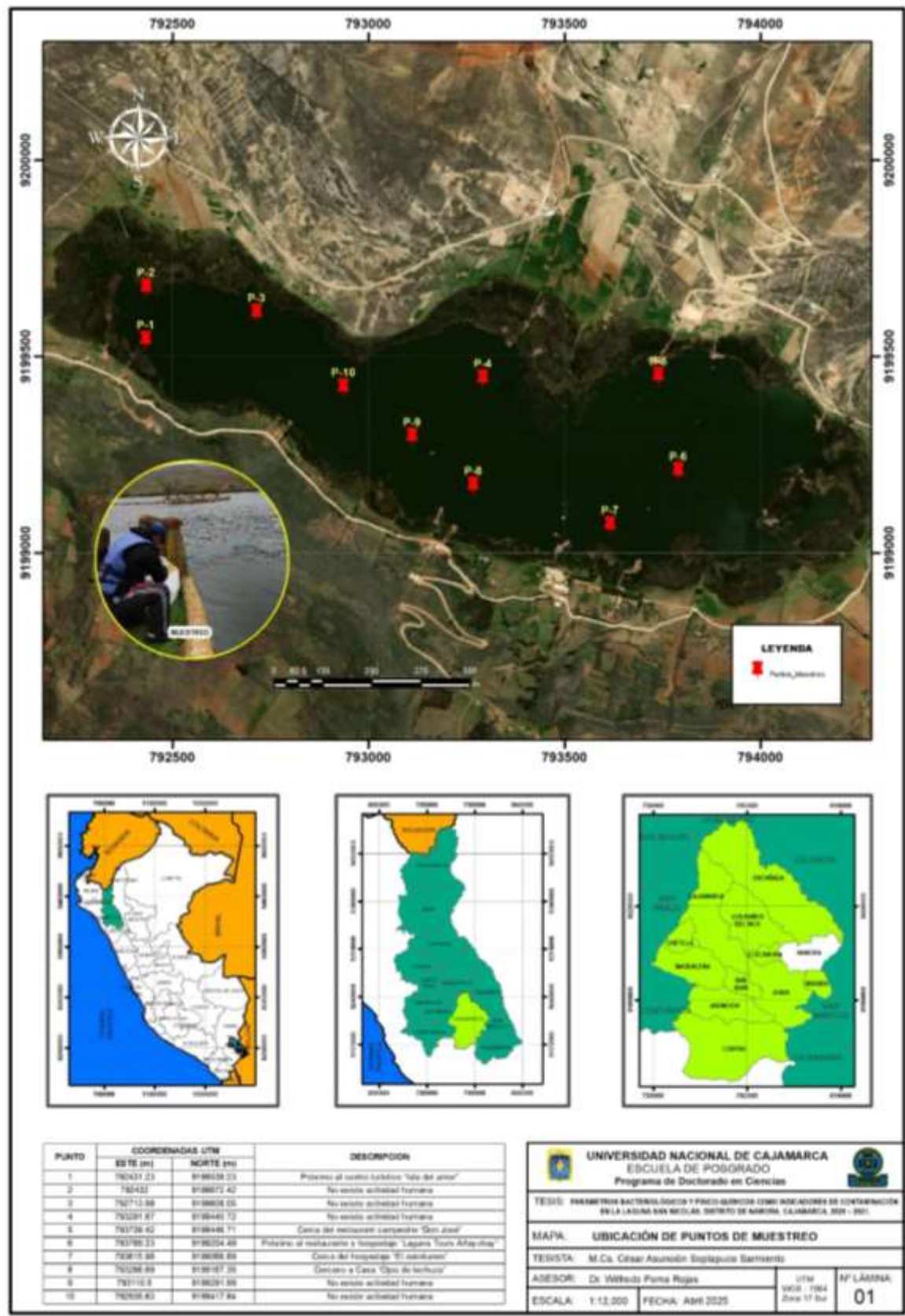
Según lo señalado por Roncal & Barrantes (2013) se menciona lo siguiente:

La laguna San Nicolás se encuentra localizada dentro de la cuenca hidrográfica del río Cajamarquino, en el distrito de Namora, caserío Laguna San Nicolás, perteneciente a la provincia y departamento de Cajamarca, en la región norte del Perú. Geográficamente, se ubica a 6 km al sureste de la capital distrital, al pie del cerro Coyor, a una altitud promedio de 2,950 m.s.n.m., con coordenadas UTM 794280 E y 9 198 923 N, y con un rango altitudinal que oscila entre los 2,817 y 2,970 m.s.n.m. La cuenca del río Cajamarquino, de la cual forma parte, está conformada por los ríos Chonta y Mashcón, que recorren las provincias de Cajamarca y San Marcos, y que aguas abajo se integran al río Condebamba en el valle homónimo, en la provincia de Cajabamba, dando origen al río Crisnejas, que finalmente vierte sus aguas en el río Marañón, uno de los principales afluentes del Amazonas.

La Figura 1 muestra la localización geográfica de los puntos de muestreo distribuidos en la Laguna San Nicolás. La disposición de los puntos evidencia una cobertura integral tanto de las zonas cercanas a la ribera como de las áreas más internas del cuerpo lagunar, lo que posibilita comparar la variación de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos en función de la influencia antrópica.

Figura 1

Mapa de ubicación geográfica de los puntos de muestreo en la Laguna San Nicolas - Namora, Cajamarca



La elección de cinco puntos con actividad humana y cinco puntos sin dicha actividad respondió a la necesidad de establecer una comparación representativa entre zonas sometidas a presión antrópica y aquellas con condiciones naturales o mínimamente alteradas. Este diseño permitió evaluar el impacto de las actividades humanas (recreativas para el presente caso) sobre los parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos del agua de la laguna.

En los puntos con actividad humana, se esperó una mayor concentración de contaminantes producto de las actividades recreativas. En contraste, los puntos sin actividad humana funcionaron como áreas de referencia o control, reflejando las condiciones naturales del ecosistema.

3.1.2. Características climáticas

El clima de la laguna San Nicolás es templado moderado lluvioso y seco, propio de los valles interandinos bajos e intermedios de la sierra peruana; la precipitación es casi igual a la evapotranspiración potencial (500 a 750 mm anuales), razón por la cual los requerimientos de agua para riego son reducidos; la humedad relativa es media a media alta (30 a 50%); la temperatura media del mes más frío es menor de 18°C y superior a -3°C y la del mes más cálido es superior a 10°C. La radiación solar en esta parte del Perú es alta, por esta razón se recomienda llevar sombrero y protector solar si se asiste al lugar (Roncal & Barrantes, 2013).

3.1.3. Límites de la laguna San Nicolás

- Por el Este: con el caserío Samaday (distrito de Namora).
- Por el Oeste: con el cerro Mullorco, Miche y Palturo (distrito de Jesús).
- Por el Norte con los caseríos Palturo (distrito de Jesús), Tuyorco y Alto Chilacat (distrito de Namora).

- Por el Sureste con los caseríos de Lloque y la Hualanga (distrito de Jesús).
- Por el Suroeste con los cerros Loritopuquio y El Calvario.

3.2. Materiales

3.2.1. Campo

- Termómetro ambiental Hakusa Hks A10.
- Medidor de pH digital HANNA – pHep®5 HI98128.
- Guantes de látex.
- Mascarilla.
- Libreta de apuntes.
- Lápiz.
- Etiquetas adhesivas.
- Aplicativo satelital (Google Earth).
- Cooler de tecnopor.
- Diez bolsas de gel pack refrigerante de 500 g.
- Veinte botellas de plástico con capacidad de 250 mL.
- Cámara fotográfica Reflex CANON.
- Papel toalla.

3.2.2. Gabinete

- Plumones de tinta indeleble.
- Laptop LENOVO i5.
- Impresora EPSON L395.
- Papel bond.

3.3. Metodología

3.3.1. Tipo de investigación

La investigación realizada fue de tipo descriptiva, porque sus objetivos se orientan a identificar, medir y detallar las características del agua de la Laguna San Nicolás. El propósito central fue describir los valores de los parámetros bacteriológicos y físico-químicos —como coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, pH, DBO, DQO, OD, entre otros— durante los años 2020 y 2021.

3.3.2. Enfoque de investigación

El estudio tuvo un enfoque cuantitativo (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). El enfoque cuantitativo resulta adecuado para este tipo de investigación porque permite medir de manera precisa y objetiva los parámetros bacteriológicos y físico-químicos (como coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, pH, DBO, entre otros) y compararlos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos.

En este trabajo, el uso del enfoque cuantitativo facilitó la obtención de datos numéricos a partir de técnicas de muestreo de agua y análisis de laboratorio, los cuales fueron representados en unidades medibles, como NMP/100 mL o mg/L. Estos resultados se interpretaron mediante estadísticas descriptivas para identificar los niveles de contaminación y su relación con los parámetros establecidos en los ECA.

3.3.3. Diseño de investigación

El estudio tuvo un diseño no experimental y longitudinal (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018) porque se centró en observar y medir los niveles de contaminación en la laguna San Nicolás sin manipular ningún parámetro, y se

realizaron estas observaciones en un período prolongado de tiempo, específicamente entre los años 2020 y 2021, durante las épocas seca y lluviosa.

3.3.4. Fase de campo

1. Para la determinar los parámetros bacteriológicos y físico- químicos del agua de la Laguna San Nicolás, se realizaron dos muestreos de agua, uno en el mes de diciembre del 2020 (época lluviosa) y otro en el mes de setiembre del 2021 (época seca), para ello se consideraron diez (10) puntos diferentes de la laguna, los que se indican en la Tabla N° 01 y en la Figura N° 01. El criterio de selección estuvo orientado a cinco (05) puntos en los que se realizan actividades turísticas, de recreación y se ubican restaurantes (01, 05, 06, 07 y 08), asimismo se tuvo en cuenta cinco (05) puntos en los que no existe ningún tipo de actividad humana (02, 03, 04, 09 y 10).

Tabla 1

Identificación de los puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas y características

Punto de muestreo	Coordenadas (DD)		Característica
	Latitud sur	Longitud oeste	
01	-7.233932220418655	-78.35196844173282	Próximo al centro turístico “Isla del amor”
02	-7.232728629476681	-78.35231034264145	No existe actividad humana
03	-7.233295390560087	-78.3494135301028	No existe actividad humana
04	-7.234776975690422	-78.3441774427841	No existe actividad humana
05	-7.234699221924673	-78.3401262358592	Cerca del restaurant campestre “Don José”
06	-7.236885327182239	-78.33966265515677	Próximo al restaurante y hospedaje “Laguna Tours Añaychay”
07	-7.238137792264466	-78.34122311395156	Cerca del hospedaje “El aventurero”
08	-7.237248509642597	-78.3443890304316	Cercano a Casa “Ojos de lechuza”
09	-7.23613048768819	-78.34580889725541	No existe actividad humana
10	-7.235002502513409	-78.34739788226088	No existe actividad humana

2. Por lo tanto, al terminar los dos muestreos (época seca y época lluviosa) se obtuvieron resultados de veinte (20) muestras.

3. Por cada punto se utilizaron tres (03) frascos de plástico estériles de 250 mL de capacidad, los cuales se destaparon y con las precauciones necesarias se enjuagaron con el agua de la laguna y se sumergieron a 30 cm de profundidad dirigiendo la boca del frasco hacia abajo en forma vertical, luego se rotularon adecuadamente.
4. Los puntos se ubicaron utilizando la herramienta informática Google Earth Pro y el sistema de posicionamiento Global (GPS).
5. Para realizar la medición de la temperatura de cada muestra de agua en campo, se tuvo en cuenta el siguiente procedimiento (Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, Resolución Jefatural N° 010 – 2016 – ANA):
 - a) Se introdujo el termómetro directamente en la laguna, sumergiéndolo a aproximadamente 10 cm de profundidad.
 - b) Se mantuvo el termómetro en el agua durante 1 minuto.
 - c) Se anotó el día y la hora.
6. Del mismo modo, se utilizó el medidor de pH digital en cada muestra recogida.
7. Las muestras fueron enviadas a la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A. de Huaraz en un cooler de tecnopor conteniendo los frascos con bolsas de gel pack refrigerante.

3.3.5. Fase de laboratorio

Los procedimientos que a continuación se muestran son los realizados por la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A. de Huaraz, en cuyos laboratorios se llevó a cabo el procesamiento de las muestras de agua tomadas en la Laguna San Nicolás.

A pesar de que las muestras fueron analizadas 48 horas después de muestreo, este tiempo transcurrido no influyó en los resultados debido a que, durante todo el proceso, las

muestras fueron refrigeradas en coolers con geles refrigerantes, manteniendo una temperatura constante inferior a 10 °C, lo cual inhibió el crecimiento microbiano y redujo las reacciones químicas que podrían alterar la composición del agua. Además, se utilizaron envases estériles, herméticamente cerrados y correctamente rotulados, evitando la exposición al aire, la luz solar o contaminantes externos.

Asimismo, los análisis realizados (como los de coliformes, DBO, DQO, pH, conductividad, entre otros) son estables bajo condiciones de conservación adecuadas durante un período de hasta 48 horas. Por tanto, el intervalo entre la recolección y el análisis no comprometió la representatividad ni la fiabilidad de los datos obtenidos, garantizando que los resultados reflejaran las condiciones reales del agua en el momento del muestreo.

3.3.5.1. Determinación de parámetros bacteriológicos

3.3.5.1.1. Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)

1. Preparación de Soluciones y Reactivos

- Caldo m - FC

Se disolvieron 37 mL del medio deshidratado en un litro de agua destilada que contenía 10 mL de ácido rosólico al 1 % en solución 0.2 N de NaOH. Se calentó evitando la ebullición y el sobrecalentamiento. El pH final fue de $7,4 \pm 0,2$. No se autoclavó el medio. Si se utilizó agar, se distribuyeron de 5 a 7 mL en las placas Petri y se dejó solidificar. El medio líquido se guardó a 4 °C dentro de una bolsa plástica o en un envase para reducir la pérdida de humedad, y se descartó después de 4 días; en el caso del agar, después de 2 semanas.

- Ácido Rosólico

Se disolvió 1 gramo de ácido rosólico en 100 mL de solución de NaOH 0.2 N. El ácido rosólico se descomponía con la esterilización. La solución se guardó en oscuridad y entre 2 °C y 1 °C. Se descartó después de 2 semanas o antes si se observó que el color cambió de rojo a marrón.

- Agua de dilución

- Solución patrón A: Se disolvieron 34 gramos de fosfato ácido de potasio anhidro en 500 mL de agua destilada, se ajustó el pH a 7.2 ± 0.5 con hidróxido de sodio 0.1 N y se completó el volumen a un litro con agua destilada. Se autoclavó durante 15 minutos a 121 °C.
- Solución patrón B: Se disolvieron 81,1 gramos de cloruro de magnesio en un litro de agua destilada. Se autoclavó durante 15 minutos a 121 °C.

Se agregaron 1,25 mL de la solución patrón A y 5 mL de la solución B a un litro de agua destilada. Se distribuyó en cantidades que aseguraron, luego de llevarlo a la autoclave durante 15 minutos a 121 °C, un volumen de $90 \text{ mL} \pm 2 \text{ mL}$.

- Solución de Tiosulfato de sodio

Se disolvieron 3 gramos de tiosulfato de sodio en 100 mL de agua destilada para obtener una concentración del 3 %. Para el agua clorada, se colocaron en los frascos de muestreo 0.1 mL de esta solución (antes de su esterilización) por cada 100 mL de capacidad del frasco.

- Solución de Alcohol Iodado

Se disolvieron 2 gramos de yodo y 2.5 gramos de yoduro de potasio en 100 mL de alcohol al 50 % hasta lograr la disolución completa del yodo. Se agregaron 3 mL de esta solución a 100 mL de alcohol etílico al 95 %.

- Solución de Hidróxido de sodio 0.1 N

Se disolvieron 4 gramos de NaOH en un litro de agua destilada y se homogeneizó la solución.

- Solución de Ácido clorhídrico 0.1 N

Se tomaron cuidadosamente 8.3 mL de HCl concentrado, se vaciaron en un frasco volumétrico de 1 litro y se enrasó a volumen.

- Precauciones de operación

- No se mantuvo el agua de dilución con inóculo por más de 30 minutos a temperatura ambiente, ya que podía ocasionar la muerte o multiplicación de bacterias.
- los tiempos requeridos para esterilizar en autoclave fueron los que se enumeran a continuación. A excepción de los filtros de membrana, almohadillas y medios que contenían carbohidratos, los tiempos indicados fueron tiempos mínimos que pudieron requerir ajuste de acuerdo con los volúmenes, envases y cargas.

Filtros de membrana	10'
Medios que contienen carbohidratos	12' - 15'
Materiales contaminados	30'

Ensamblaje del equipo de filtración	15'
Frascos de recolección de muestras	15'
Material de vidrio individual	15'
Blanco de agua de dilución	15'
Agua de enjuague (0.5 - 1 L)	15' - 30' *

- El lavado del material de vidrio se realizó con un detergente adecuado, se enjuagó con agua caliente para eliminar todos los residuos del compuesto de lavado y, por último, con agua destilada o deionizada para el enjuague final.
- El material de vidrio se esterilizó en recipientes de metal o acero inoxidable a 170 °C por un mínimo de 2 horas. Los frascos de muestreo con tapas de plástico y otros materiales no resistentes a la esterilización por calor seco se autoclavoron durante 15 minutos a 121 °C y 1,05 kg/cm² (15 psi), o cuando la cinta de verificación cambió de color, asegurando de esta forma que se efectuó la esterilización.
- Si en los análisis de rutina no se obtuvo un resultado positivo de coliformes totales durante un trimestre, el laboratorio utilizó el procedimiento de coliformes empleando un control (cultivo puro o muestra positiva) para coliformes totales positivos.
- Se verificó periódicamente el funcionamiento de los equipos a utilizar.
- Al comienzo de cada serie de filtraciones por muestra, se utilizaron unidades de filtración estériles como precaución mínima para evitar la contaminación accidental.
- Se consideró que se interrumpía una serie de filtraciones cuando transcurrió un intervalo de 30 o más minutos entre la filtración de dos volúmenes de la misma muestra. Si se produjo una interrupción de este tipo, la filtración siguiente se trató como si fuera una nueva serie, esterilizando los soportes de los filtros de membrana que se estaban utilizando.

- El agua potable se analizó filtrando 100 mL o más, o muestras duplicadas de volúmenes más pequeños. Si hubo mayor contaminación, se analizó filtrando volúmenes distintos (diluidos o no), en función de la densidad bacteriana esperada. Cuando se filtraron menos de 20 mL (diluidos o no), se añadieron alrededor de 10 mL de agua de dilución estéril al embudo antes y después de la filtración.
- Se estimó el volumen o la dilución que permitió obtener una membrana contable y se eligieron dos cantidades adicionales que representaron una décima parte y diez veces el volumen elegido.

2. Determinación de muestras

- Se esterilizó el equipo de filtración entre una muestra y otra mediante radiación UV o autoclave.
- Se usó una pinza estéril y se colocó el filtro de membrana estéril sobre la base del sistema de filtración.
- Se colocó con cuidado el embudo o vaso de filtración sobre la base del sistema, fijándolo con una pinza.
- Se humedeció la membrana con un pequeño volumen de agua destilada estéril.
- Se realizó un control de calidad previo al análisis, filtrando 100 mL de agua destilada estéril y procediendo como si fuera una muestra más.
- Se homogeneizó vigorosamente la muestra por lo menos unas 25 veces.
- Se procedió a realizar diluciones en caso de ser necesario.
- Para las diluciones, se transfirieron con una pipeta estéril 10 mL de la muestra original a un frasco con $90 \text{ mL} \pm 2 \text{ mL}$ de agua de dilución. De esta manera se obtuvo la primera dilución (10^{-1}), siendo que 1 mL de esta correspondió a 0.1 mL de la muestra original.

- Se homogeneizó el frasco que contenía la dilución (10^{-1}) y, con una nueva pipeta estéril, se transfirieron 10 mL a un nuevo frasco de dilución, obteniendo así la segunda dilución (10^{-2}), siendo que 1 mL de esta correspondió a 0.01 mL de la muestra original. Se continuó con este proceso dependiendo del grado de contaminación de la muestra.
- Se ordenaron los frascos que contenían las diluciones en secuencia decreciente de concentración (de mayor a menor dilución).
- En caso de trabajar con diluciones, se empezó con la más diluida.
- Se colocó la muestra o sus diluciones en un volumen ideal que proporcionó alrededor de 80 colonias de coliformes y no más de 200 colonias de todos los tipos (por ejemplo, 10 mL, 25 mL, 50 mL y 100 mL). No se recomendó filtrar volúmenes menores a 10 mL.
- Se procedió a filtrar la muestra con ayuda del equipo generador de vacío.
- Luego de la filtración y la desconexión del vacío, se retiraron el embudo y el filtro de membrana con una pinza estéril.
- Si se utilizó un medio de cultivo líquido, se colocó la almohadilla absorbente previamente esterilizada en la base de la placa y se saturó con 1.8 a 2.2 mL del medio.
- Se colocó la membrana (con ayuda de la pinza estéril) en la placa que contenía el caldo m-FC o agar m-FC, realizando un movimiento de rotación para evitar la formación de burbujas de aire debajo de la membrana.
- El tiempo entre la filtración y la incubación no excedió los 30 minutos.
- Se invirtió la placa y se incubó a $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 22 a 24 horas.
- Se contaron las colonias de color azul de distintos tonos. Los coliformes que no fueron termotolerantes presentaron color crema o gris.

3. Expresión de resultados

La densidad de coliformes se expresó como colonias coliformes totales en unidades formadoras de colonias (UFC) por 100 mL. El recuento se calculó considerando los filtros de membrana que tuvieron entre 20 y 60 colonias de coliformes termotolerantes por membrana. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Colonias de coliformes (termot)/100mL} = \frac{\text{colonias de coliformes contadas} \times 100}{\text{mL de muestra filtrada}}$$

El recuento de colonias coliformes verificadas se calculó considerando el recuento inicial basado en el porcentaje de verificación positiva y se informó como porcentaje de colonias coliformes termotolerantes verificadas por 100 mL.

Se aplicó la siguiente formula:

$$\% \text{ de coliformes verificados} / 100 \text{ mL} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de colonias verificadas} \times 100}{\text{Número total de colonias sujetas a verificación.}}$$

3.3.5.1.2. *Escherichia coli* (NMP/100 mL)

1. Recepción y almacenamiento de la muestra

- Al llegar al laboratorio, las muestras de agua se mantuvieron en un cooler con gel pack refrigerante.
- La temperatura de conservación no superó los 10 °C.
- Se registraron la hora de recepción y las condiciones del transporte (temperatura, integridad del envase y rotulación).

2. Preparación previa al análisis

- Se homogeneizó la muestra agitándola vigorosamente al menos 25 veces.
- Se realizaron diluciones seriadas (si se estimó alta contaminación) utilizando agua de dilución estéril preparada previamente con las soluciones patrón A y B autoclavadas.

3. Ensamblaje del sistema de filtración

- Se esterilizó el equipo de filtración (por autoclave o radiación UV).
- Se colocó el filtro de membrana estéril con una pinza estéril.
- Se humedeció la membrana con agua destilada estéril antes de su uso.
- Se instaló el embudo y se fijó con una abrazadera.

4. Filtración de la muestra

- Se filtraron 100 mL de la muestra directamente o se aplicaron diluciones según el grado de contaminación estimado.
- El volumen se ajustó a 10, 25, 50 o 100 mL. No se recomendaron volúmenes menores a 10 mL.
- Luego de la filtración, se retiró la membrana con una pinza estéril.

5. Siembra en medio de cultivo

- Se colocó la membrana en una placa Petri con medio m-FC preparado con ácido rosólico.
- Se pudo utilizar caldo o agar m-FC; el pH final del medio fue de 7.4 ± 0.2 .
- Se movió la membrana con cuidado para evitar la formación de burbujas de aire.

6. Incubación

- Se incubó la placa invertida a $44.5 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 22 a 24 horas.

7. Lectura y registro de resultados

- Se contaron las colonias de color azul (características de E. coli).
- Se registró la información en el formato correspondiente (por ejemplo, formato 05 RG GO CC).
- La densidad se expresó en NMP/100 mL.

8. Cálculo

$$\text{Colonias de E. coli/100 mL} = \frac{\text{Colonias contadas} \times 100}{\text{Volumen de muestra filtrado (mL)}}$$

Volumen de muestra filtrado (mL)

3.3.5.1.3. Enterococos intestinales (NMP/100mL)

1. Recepción y conservación de la muestra

- Las muestras llegaron al laboratorio en un cooler con geles refrigerantes.
- Se verificó que los envases estuvieran correctamente rotulados, limpios, sin fugas ni contaminación externa.
- Se registraron en la bitácora la fecha, la hora de recepción, la temperatura y el estado de la muestra.

2. Preparación previa

- Se homogeneizó la muestra agitándola al menos 25 veces para asegurar la distribución uniforme de los microorganismos.
- Si se sospechó una alta carga microbiana, se prepararon diluciones seriadas con agua peptonada estéril (utilizando las soluciones patrón A y B previamente autoclavadas).
- Se esterilizó previamente el material y los medios que se utilizaron, o se confirmó su esterilidad.

3. Filtración por membrana

- Se armó el equipo de filtración con una membrana estéril (0.45 µm).
- Se vertieron 100 mL de muestra directamente en el embudo estéril, o se usaron volúmenes menores si se habían preparado diluciones (mínimo recomendado: 10 mL).
- Se aplicó vacío para completar la filtración.
- Al finalizar, se retiró cuidadosamente la membrana con una pinza estéril.

4. Siembra y cultivo

- Se colocó la membrana sobre una caja Petri con medio Slanetz & Bartley previamente preparado y solidificado.
- Se evitó la formación de burbujas entre la membrana y el agar.
- Se tapó la caja y se etiquetó adecuadamente.

5. Incubación

- Se incubaron las placas a 35 ± 0.5 °C durante 48 horas.
- Las colonias típicas de enterococos aparecieron de color rosado a rojo cereza o marrón.

6. Confirmación (opcional)

- Para confirmar la presencia de enterococos termotolerantes, se pudo incubar una segunda placa o subcultivo a 44 ± 0.5 °C durante 2 horas.
- También se pudo realizar una prueba de crecimiento en caldo bilis-esculina.

7. Conteo y registro

- Se contaron las colonias características (rosado-rojas) utilizando una plantilla estéril o un contador automático.
- Se registraron los datos en el formato de resultados bacteriológicos (por ejemplo, formato 05 RG GO CC).
- Se calculó el resultado según el volumen filtrado:

$$\text{Enterococos / 100 mL} = \frac{\text{Colonias contadas} \times 100}{\text{Volumen de muestra filtrado (mL)}}$$

Volumen de muestra filtrado (mL)

3.3.5.1.4. *Salmonella sp* (Presencia / 100mL)

1. Recepción y conservación de la muestra

- Las muestras llegaron al laboratorio en un recipiente estéril, conservadas en un cooler con refrigerantes.
- Se registró:
 - Fecha y hora de recolección y recepción.
 - Temperatura al ingreso.
 - Condiciones del envase (integridad, esterilidad, rotulación).
 - Observaciones sobre el aspecto físico de la muestra.

2. Etapa de preenriquecimiento

- Se tomaron 100 mL de muestra de agua y se colocaron en un frasco estéril que contenía 100 mL de caldo lactosado (a doble concentración).
- Se incubó a 35 ± 0.5 °C durante 24 ± 2 horas.

- Esta etapa permitió recuperar *Salmonella* en caso de que se encontrara estresada por factores ambientales.

3. Etapa de enriquecimiento selectivo

- De la muestra preenriquecida, se tomaron alícuotas de 1 mL y fueron transferidas a:
 - 10 mL de caldo tetrionato (TT).
 - 10 mL de caldo Rappaport-Vassiliadis (RV).
- Se incubó:
 - TT a 43 ± 0.5 °C por 24 ± 2 h.
 - RV a 42 ± 0.5 °C por 24 ± 2 h.

4. Siembra en medios selectivos

- Con un asa estéril, se tomaron muestras de los caldos enriquecidos y se sembraron por estría en placas con:
 - Agar XLD (Xilosa Lisina Desoxicolato).
 - Agar SS (Salmonella-Shigella).
- Se incubaron las placas a 35 ± 0.5 °C durante 24 ± 2 horas.

5. Observación de colonias características

- En agar XLD:
 - No se observaron colonias típicas de *Salmonella*.
- En agar SS:
 - No se observaron colonias.

6. Resultado

- Como no hubo crecimiento característico, se reportó:
 - *Salmonella* sp.: Ausencia/100 mL

3.3.5.1.5. *Vibrio cholerae* (Presencia/100mL)

1. Recepción y conservación de la muestra

- Las muestras llegaron al laboratorio en un recipiente estéril, conservadas en un cooler con refrigerantes.
- Al llegar al laboratorio:
 - Se verificó que el frasco estuviera estéril, bien cerrado y rotulado correctamente.
 - Se agitó vigorosamente al menos 25 veces para homogeneizar.
 - Se registraron la hora de recepción, la temperatura y las observaciones del estado físico de la muestra.

2. Enriquecimiento selectivo

- Se tomaron 100 mL de la muestra y se transfirieron a un frasco estéril con 100 mL de caldo alcalino de peptona (pH 8.5).
- Se incubó a 37 °C durante 6 a 8 horas.
- Este paso permitió favorecer el crecimiento de *Vibrio cholerae*, que prosperó en medios ligeramente alcalinos.

3. Aislamiento en medio selectivo

- Con un asa estéril, se tomó una alícuota del cultivo enriquecido y se sembró por estría en placas de:

- Agar TCBS (Tiosulfato Citrato Bilis Sacarosa).
- Se incubó a 37 °C durante 18 a 24 horas.

4. Observación de colonias características

- No se observaron colonias de *Vibrio cholerae*.

5. Resultado

- *Vibrio cholerae*: Ausencia/100 mL.

3.3.5.2. Determinación de parámetros físico-químicos

3.3.5.2.1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

1. Recepción y conservación de la muestra

- Las muestras llegaron al laboratorio en un recipiente estéril, conservadas en un cooler con refrigerantes.
- Se refistró:
 - Fecha y hora de muestreo y recepción.
 - Temperatura de conservación.
 - Condiciones del envase (limpieza, hermeticidad, rotulación).

2. Preparación de materiales y soluciones

- Se utilizó un medidor de OD previamente calibrado o el método de Winkler modificado.
- Se preparó una semilla microbiana, si fue necesario, con agua residual tratada o agua natural rica en bacterias aerobias.
- Se requirió agua diluyente aireada y libre de DBO, preparada con nutrientes esenciales.

- Fosfato de potasio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio y sulfato de hierro.

3. Medición de oxígeno disuelto inicial (D0)

- Inmediatamente después de la preparación, se midió el OD inicial con una sonda o mediante el método de Winkler.
- Se registró el valor como D0 (mg/L).

4. Incubación

- Se taparon herméticamente las botellas de DBO para evitar el intercambio gaseoso.
- Se incubaron durante 5 días exactos a 20 ± 1 °C, en oscuridad total para evitar la producción de oxígeno por fotosíntesis.

5. Medición de oxígeno disuelto final (D5)

- Al término del período de incubación, se midió el OD restante.
- Se registró este valor como D5 (mg/L).

6. Cálculo de DBO5

$$DBO_5 \text{ (mg/L)} = D_0 - D_5$$

3.3.5.2.2. Demanda química de oxígeno (DQO)

1. Recepción y conservación de la muestra

- Las muestras de agua llegaron al laboratorio en un cooler con geles refrigerantes.
- Al llegar al laboratorio, se registraron la hora de recepción, las condiciones de transporte (temperatura, integridad del envase, rotulación) y las observaciones sobre el aspecto físico de la muestra.

2. Preparación de reactivos y materiales

- Se preparó una solución estándar de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en ácido sulfúrico (H_2SO_4) para oxidar los compuestos orgánicos presentes en la muestra.
- Se utilizaron ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y una solución de sulfato de plata (Ag_2SO_4) para la neutralización de interferencias y la eliminación de compuestos no deseados.

3. Preparación de la muestra

- Se tomaron 100 mL de la muestra de agua y se transfirieron a un vaso de precipitados estéril.
- Se agregó a la muestra el reactivo de dicromato de potasio en exceso (aproximadamente 10 mL).
- Se calentó la mezcla en un baño maría durante 2 horas a 150 °C para promover la oxidación de la materia orgánica.

4. Procedimiento de neutralización

- Después de la digestión, se enfrió la muestra a temperatura ambiente.
- Se añadió agua destilada hasta completar 250 mL.
- Se neutralizó la mezcla con una solución de sulfato de plata para asegurar que no quedaran residuos de ácido.

5. Valoración de la muestra

- Se transvasó la muestra tratada a un matraz volumétrico de 250 mL.
- Se midió el volumen de oxígeno consumido mediante la técnica de valoración con una solución de tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$).

- Se utilizó una bureta para añadir lentamente la solución de tiosulfato de sodio hasta que se alcanzó un color incoloro, lo que indicó que la reacción había finalizado.

6. Cálculo de la DQO

- Se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$DQO \text{ (mg/L)} = \frac{(V_f - V_i) \times N \times 8000}{V_m}$$

Donde:

- V_f es el volumen final de tiosulfato utilizado (mL),
- V_i es el volumen inicial de tiosulfato (mL),
- N es la normalidad de la solución de tiosulfato,
- 8000 es el factor de conversión a mg/L,
- V_m es el volumen de la muestra analizada (mL).

7. Registro y reporte

- Se registraron los resultados en la ficha de análisis correspondiente y se expresaron en mg/L de DQO.

3.3.5.2.3. Oxígeno disuelto (OD)

1. Recepción y conservación de la muestra

- Las muestras de agua fueron transportadas en un cooler con geles refrigerantes.
- Se registraron la hora de recepción, la temperatura de conservación y las condiciones del envase (integridad y rotulación).

2. Preparación de reactivos

- Se disolvieron 2 gramos de yodo y 2.5 gramos de yoduro de potasio en 100 mL de alcohol al 50% hasta disolver completamente el yodo.
- Se disolvieron 3 gramos de tiosulfato de sodio en 100 mL de agua destilada para obtener una concentración del 3%.
- Se utilizó una solución 0.1 N de ácido clorhídrico (HCl).

3. Medición de Oxígeno Disuelto (OD)

- El método de Winkler modificado se basó en la valoración de yodo.
- Inmediatamente después de la recolección de la muestra, se midió el OD utilizando un electrodo de oxígeno calibrado o se realizó la titulación de Winkler.
 - Paso 1: En un vaso de precipitados limpio, se agregaron 50 mL de la muestra.
 - Paso 2: Se agregaron 0.5 mL de solución de manganato y se agitó suavemente hasta que se formó un precipitado marrón.
 - Paso 3: Se añadió 1 mL de ácido sulfúrico 1 N a la muestra para disolver el precipitado.
 - Paso 4: Se tituló con solución de tiosulfato de sodio 0.025 N hasta que el color de la muestra cambió de marrón a incoloro.
 - Paso 5: Se registró el volumen de tiosulfato de sodio utilizado en mL.

4. Cálculo del Oxígeno Disuelto (OD)

Se calculó usando la fórmula:

$$OD(mg/L) = \frac{(V_{\text{tiosulfato}} \times N_{\text{tiosulfato}} \times 8000)}{V_{\text{muestra}}}$$

Donde:

- $V_{\text{tiosulfato}}$: volumen de tiosulfato utilizado (mL).
- $N_{\text{tiosulfato}}$: normalidad de la solución de tiosulfato (0.025 N).
- **8000**: es un factor de conversión a mg/L.
- V_{muestra} : volumen de muestra utilizado (50 mL).

5. Reporte de resultados

- Los resultados se expresaron en mg/L de OD.

3.3.5.2.4. Potencial de hidrógeno (pH)

1. Limpieza del electrodo

- Para eliminar las sales inorgánicas, se sumergió el electrodo en una solución ácida de HCl 0.1 M durante 30 minutos. Luego se enjuagó con agua destilada y se sumergió en una solución de EDTA 0.1 M durante 15 minutos.
- Para eliminar los residuos de aceites y grasas, se sumergió el electrodo en metanol durante 30 minutos.
- Para eliminar los residuos de proteínas, se sumergió el electrodo en una solución de hipoclorito de sodio al 10% durante 5 minutos.

3.3.5.2.5. Turbiedad

1. Turbidimetría

El método se basó en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por una muestra de agua y una suspensión patrón de turbiedad (Formacina), bajo las mismas condiciones. Cuanto mayor fue la intensidad de la luz dispersada, mayor fue la turbiedad. La luz que se dispersó debido a las partículas fue recogida por el detector (ubicado a 90° con respecto al haz de radiación). La cantidad de luz dispersada fue

proporcional a la turbidez de la muestra, expresada en Unidades Nefelométricas de Turbidez.

2. Medición de la turbiedad

- Se agitó la muestra y se esperó a que las burbujas de aire desaparecieran.
- Se llenó una celda con la muestra.
- Se dejaron escapar las burbujas y se tapó la celda con la muestra.
- Se limpió la superficie del vidrio con un papel especial (Tissus) libre de pelusas. La cubeta estuvo libre de huellas, suciedad o restos aceitosos.
- Se introdujo la celda con la muestra en el equipo y se verificó que la cubierta de la cubeta estuviera en posición segura.
- Se presionó la tecla "READ". La pantalla mostró “ _ _ _ ” y NTU parpadeando.
- Luego de aproximadamente 15 segundos, apareció el valor de la lectura.
- Se limpió la celda con papel especial (Tissus).

3.3.6. Fase de gabinete

- Elaboración de tablas y figuras.

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica

Colecta de muestras de agua para el análisis bacteriológico y fisicoquímico.

- Los diez puntos de muestreo fueron considerados en lugares de fácil acceso, donde la corriente era homogénea y con poca turbulencia.
- Antes de tomar la muestra en cada punto se enjuagó dos veces el frasco con el agua de la laguna.

- Cada frasco fue sumergido a una profundidad aproximada de 30 cm. Luego fue colocado en el cooler con bolsas herméticas conteniendo hielo (gel pack refrigerante).
- Las muestras colectadas fueron remitidas para su procesamiento.

3.4.2. Instrumento

- Ficha de recolección de datos.

3.5. **Procesamiento y análisis de datos**

El recojo de datos se realizó mediante una ficha de datos, en donde se plasmó la información necesaria, una vez obtenidos los datos se procedió a colocarlos en la base de datos Microsoft Excel 365 para una posterior elaboración de tablas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto al objetivo específico 01, determinar los parámetros de Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, Enterococos intestinales en NMP/100 mL en el agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021 y al objetivo específico 02, determinar los parámetros de *Salmonella spp* y *Vibrio cholerae* en N° organismo/L en el agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021; se obtuvieron resultados tanto para la época lluviosa (diciembre 2020) como para época seca (setiembre 2021).

En la época lluviosa de diciembre de 2020 (Tabla 2) se observaron concentraciones de coliformes termotolerantes que oscilaron entre 5 y 40 NMP/100 mL, siendo los valores más elevados registrados en los puntos 5 y 8. Estos resultados, no alcanzan niveles establecidos por el D.S. N.° 004-2017-MINAM en su categoría 1, subcategoría B (aguas superficiales destinadas a recreación con contacto primario), que establece un parámetro máximo de 200 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes. Por tanto, todos los puntos indican un nivel bajo de riesgo microbiológico.

Tabla 2

Parámetros bacteriológicos obtenidos en cada punto de muestreo en época lluviosa, diciembre 2020

Parámetros	PUNTOS DE MUESTREO											Unidades
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	
Coliformes termotolorantes	30	10	5	5	40	30	30	40	5	5	20	NMP/100 mL
<i>Escherichia coli</i>	50	30	25	25	60	55	70	65	30	25	43,5	NMP/100 mL
<i>Enterococos intestinales</i>	10	10	15	20	20	10	10	10	15	20	14	NMP/100 mL
<i>Salmonella spp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Presencia/100 mL
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente		Presencia/100 mL

En cuanto a *Escherichia coli*, se registraron niveles entre 25 y 70 NMP/100 mL, con valores máximos en los puntos 7 (70 NMP/100 mL), 8 (65 NMP/100 mL) y 5 (60 NMP/100 mL). La presencia de *E. coli* es un indicador directo de contaminación fecal reciente. Al respecto el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM del 07 de junio del 2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación señala que *E. coli* debe estar ausente. Bajo este criterio, los diez puntos de muestreo se encuentran por debajo del parámetro establecido en la norma, lo que sugiere un bajo potencial de contaminación, particularmente en contextos donde las aguas podrían ser utilizadas para actividades de contacto primario como la natación o el ecoturismo.

Respecto a los enterococos intestinales, los valores fluctuaron entre 10 y 20 NMP/100 mL, lo que también representa una señal de contaminación fecal. En este caso, los datos se encuentran por debajo de lo establecido en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM del 07 de junio del 2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación (200 NMP/100 mL), lo cual sugiere que, desde el punto de vista de este indicador en particular, el riesgo es bajo. No obstante, su presencia simultánea con niveles elevados de *E. coli* refuerza la hipótesis de una fuente de contaminación fecal persistente, posiblemente relacionada con escorrentías o vertimientos no tratados.

Por otro lado, un hallazgo de importancia sanitaria es la ausencia total de *Salmonella spp.* y *Vibrio cholerae* en las muestras analizadas. La no detección de estos patógenos, ambos asociados con enfermedades gastrointestinales graves, representa un punto favorable en el perfil sanitario de la masa de agua estudiada. De acuerdo con la normativa peruana vigente, la presencia de estas bacterias debe ser 0 por 100 mL, criterio que se cumple completamente en los diez puntos evaluados. Este dato adquiere relevancia al compararse con estudios como el de Huamán et al. (2020), en donde se reportó que los parámetros

microbiológicos no cumplieron con los límites establecidos por el ECA, incluyendo una alta concentración de coliformes termotolerantes. En cambio, en el presente análisis, si bien existen valores por encima del umbral recomendado para coliformes y *E. coli*, la ausencia de bacterias entéricas invasivas como *Salmonella* o *Vibrio* reduce el riesgo de brotes epidémicos en las zonas colindantes.

Comparativamente, los resultados obtenidos también se diferencian sustancialmente de los hallazgos de Marín et al. (2019), quienes informaron concentraciones de coliformes totales y termotolerantes de hasta 3,013,410 NMP/100 mL en la laguna Las Peonías (Venezuela), lo que indica una condición hipereutrófica crítica. En cambio, los niveles reportados en este estudio no superan los 70 NMP/100 mL, lo cual representa una diferencia de más de 4 órdenes de magnitud, evidenciando una condición aceptable. No obstante, al igual que en Las Peonías, se observa una correlación probable entre las precipitaciones estacionales y el aumento de la carga bacteriana, fenómeno también descrito por Marín como determinante en los picos de contaminación hacia finales del período lluvioso.

En la época seca de septiembre de 2021 (Tabla 3), los parámetros bacteriológicos evaluados en diez puntos de muestreo reflejan un aumento considerable en la carga microbiana respecto a la época lluviosa. Los valores de coliformes termotolerantes oscilaron entre 30 y 150 NMP/100 mL, siendo el punto 7 el más afectado (150 NMP/100 mL), seguido por los puntos 5 (130 NMP/100 mL) y 8 (110 NMP/100 mL). Al respecto, el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM del 07 de junio del 2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación, el parámetro permitido para coliformes termotolerantes es de 200 NMP/100 mL. Por lo tanto, los diez puntos no exceden el límite permitido, lo cual no afecta las actividades recreativas con contacto primario, como nadar o pescar.

Tabla 3

Parámetros bacteriológicos obtenidos en cada punto de muestreo en época seca, setiembre 2021

Parámetros	PUNTOS DE MUESTREO											Unidades
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	
Coliformes termotolorantes	100	50	30	30	130	100	150	110	35	40	77,5	NMP/100 mL
<i>Escherichia coli</i>	90	40	25	25	10	80	110	90	30	30	53	NMP/100 mL
<i>Enterococos intestinales</i>	30	10	10	8	40	20	20	20	10	10	17,8	NMP/100 mL
<i>Salmonella spp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Presencia/100 mL
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente		Presencia/100 mL

En el caso de *Escherichia coli*, los valores se situaron entre 10 y 110 NMP/100 mL, con un pico máximo en el punto 7. El punto 6 también muestra un valor elevado (80 NMP/100 mL), mientras que los puntos 3, 4, 9 y 10 presentan valores más moderados (25 a 30 NMP/100 mL). El ECA establece que esta bacteria debería estar ausente en este tipo de lagunas empleadas para la recreación de contacto primario. Estos resultados contrastan con los de la época lluviosa, donde el máximo fue de 70 NMP/100 mL, lo cual evidencia que la concentración bacteriana tiende a incrementarse en épocas de menor caudal, por disminución del efecto dilutorio del agua.

Los enterococos intestinales presentaron concentraciones entre 8 y 40 NMP/100 mL, con el valor más elevado registrado en el punto 5. Según el ECA, el parámetro no debe sobrepasar de los 200 NMP/100mL. Asimismo, la presencia de enterococos es un indicador relevante de contaminación fecal de origen humano o animal, y su persistencia en condiciones adversas los convierte en trazadores confiables para evaluar riesgos sanitarios. Comparado con la época lluviosa, donde los valores se mantuvieron entre 10 y 20 NMP/100 mL, se observa un claro ascenso durante la estación seca, consistente con las observaciones de Cusiche & Miranda (2019), quienes documentaron un deterioro de la calidad del agua durante el estiaje en el lago Junín, como consecuencia del aumento de actividades antropogénicas y disminución del volumen hídrico.

En relación con la presencia de *Salmonella spp.* y *Vibrio cholerae*, los resultados muestran ausencia total en todas las muestras analizadas, lo que es altamente positivo. Esta condición cumple con lo exigido por la normativa nacional, que establece la presencia de 0 por 100 mL para estas bacterias. En estudios previos, como el de Herrera (2019) en la laguna Los Milagros, si bien se observó una sobrecarga de coliformes totales y heterótrofos, tampoco se identificaron estos patógenos específicos. Este patrón se repite en el presente caso, lo que sugiere que, aunque existe una señal de contaminación fecal, no se ha producido

la proliferación de agentes entéricos invasivos, lo cual puede explicarse por condiciones físico-químicas que no favorecen su supervivencia o por la baja exposición a fuentes de infección bacteriana humana.

Desde una perspectiva comparativa, los resultados actuales superan significativamente los observados en la época lluviosa, donde los coliformes termotolerantes alcanzaron un máximo de 40 NMP/100 mL, y *E. coli* llegó hasta 70 NMP/100 mL. Este incremento en la carga bacteriana durante la estación seca guarda correlación con los patrones descritos por Marín et al. (2019), quienes evidenciaron que las concentraciones de bacterias coliformes y termotolerantes en ecosistemas hipereutróficos como la laguna Las Peonías alcanzaban cifras superiores a 3.013,410 NMP/100 mL, valores extraordinariamente altos respecto a los encontrados en este estudio.

La reducción de las restricciones por la pandemia de COVID-19 a nivel nacional tuvo un impacto significativo en los niveles de contaminación durante la época seca. Esto refleja un aumento en la afluencia de turistas a la laguna, lo que está relacionado con un incremento en la carga bacteriológica, un fenómeno reportado por Peralta (2019), quien identificó que las actividades recreativas intensificadas en la Laguna Huacachina afectaron significativamente los niveles de microalgas y macroinvertebrados bentónicos, relacionados con la calidad del agua.

Por lo mencionado, es importante señalar que las actividades humanas juegan un rol fundamental en la alteración de la calidad del agua en cuerpos acuáticos. Si bien los niveles de contaminación en la laguna San Nicolás no superaron los parámetros establecidos por el ECA, los resultados sugieren la necesidad de un monitoreo continuo, especialmente durante la época seca, cuando la afluencia turística aumenta.

Teniendo en cuenta al objetivo específico 03, determinar los parámetros fisicoquímicos demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno

(DQO), oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH), temperatura y turbiedad del agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021; se obtuvieron los siguientes resultados tanto para la época lluviosa (diciembre 2020) como para época seca (setiembre 2021).

Durante la época lluviosa de diciembre de 2020 (Tabla 4), se evaluaron diversos parámetros físico-químicos en diez puntos de muestreo. La DBO osciló entre 1 y 3 mg/L, con los valores más bajos registrados en los puntos 2, 9 y 10 (1 mg/L) y los más altos en los puntos 5 a 8 (3 mg/L). En comparación con los hallazgos de Marín et al. (2019) en la laguna Las Peonías, Venezuela, donde la DBO varió entre 0,21 y 22,87 mg/L, los valores actuales son significativamente menores, lo que sugiere una menor presencia de materia orgánica biodegradable. Sin embargo, según el D.S. N° 004-2017-MINAM, para aguas de la categoría 1, subcategoría B (recreación con contacto primario), el valor de DBO₅ no debe superar los 5 mg/L, por lo tanto, los valores obtenidos se mantienen dentro de los límites permisibles, reflejando una condición de oxigenación favorable para la vida acuática.

Tabla 4

Parámetros físico-químicos obtenidos en cada punto de muestreo en época lluviosa, diciembre 2020

Parámetros	PUNTOS DE MUESTREO										Unidades
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DBO	2	1	2	2	3	3	3	3	1	1	mg/l
DQO	10	5	4	3	12	15	12	12	5	5	mg/l
OD	20	50	50	48	18	15	24	24	45	50	mg/l
pH	6,8	7,1	6,9	6,8	7,2	7,2	7,5	7,5	7,1	7,1	Unidad de pH
Temperatura	15	16	16	14	15	14	15	15	14	15	°C
Turbiedad	10	5	6	8	15	15	20	20	15	23	UNT

En cuanto a la DQO, los resultados fluctúan entre 3 mg/L (punto 4) y 15 mg/L (punto 6). Estos valores también se sitúan en un rango mucho menor que los observados en la investigación de Marín et al., donde se reportaron valores de DQO entre 5,26 y 2074,06 mg/L, lo cual evidencia condiciones altamente hipereutróficas en el ecosistema venezolano. En contraste, en el presente estudio, los valores no superan los 15 mg/L, lo que denota una carga orgánica moderada y un menor impacto antropogénico directo. De acuerdo con el D.S. N° 004-2017-MINAM los niveles por debajo de 30 mg/L suelen considerarse aceptables en cuerpos de agua superficial con actividad recreacional.

Respecto al OD, los valores oscilaron entre 15 mg/L (punto 6) y 50 mg/L (puntos 2, 3 y 10). Estos niveles son notablemente altos en ciertos puntos, excediendo los valores típicamente requeridos para mantener comunidades acuáticas saludables, que suelen ser

superiores a 5 mg/L. La presencia de valores tan elevados podría deberse a una alta actividad fotosintética por proliferación de fitoplancton o a procesos naturales de oxigenación durante lluvias intensas. En estudios previos como los de Capili et al. (2021), el OD mínimo fue un parámetro crítico, especialmente en zonas con actividad antrópica intensa. En este sentido, el valor de 15 mg/L sigue siendo más que suficiente para sostener la vida acuática y está muy por encima del umbral crítico de 4 mg/L, establecido como referencia por diversas normativas ambientales.

El potencial de hidrógeno (pH) registrado en los puntos de muestreo varía entre 6,8 y 7,5, manteniéndose dentro del intervalo neutro, lo cual es óptimo para la mayoría de organismos acuáticos. El ECA peruano establece un rango permisible de 6,0 a 9,0 para aguas destinadas a recreación, por lo que todos los puntos cumplen con dicho estándar. Por otro lado, Huamán et al. (2020) reportaron un promedio de pH de 8,8 en la laguna Marvilla, superando el límite superior del rango normativo, lo cual representa una alcalinidad elevada que podría afectar el metabolismo de ciertas especies. En contraste, el sistema hídrico aquí evaluado mantiene un pH equilibrado, lo que es indicativo de una mejor condición química del agua.

La temperatura del agua se mantuvo entre 14 y 16 °C, siendo el valor mínimo registrado en los puntos 4, 6 y 9, y el máximo en los puntos 2 y 3. Aunque el D.S. 004-2017-MINAM no establece un valor límite para temperatura en la categoría recreacional, se sabe que rangos entre 15 y 25 °C son óptimos para muchos ecosistemas acuáticos tropicales y andinos.

Por último, la turbiedad varió entre 5 UNT (punto 2) y 23 UNT (punto 10). Estos valores indican una variabilidad importante en la concentración de partículas suspendidas. En contextos normativos como el del ECA peruano, para aguas de recreación, la turbidez debería mantenerse idealmente por debajo de 100 UNT. Por lo tanto, si bien el punto 10

presenta la mayor turbidez, aún no excede los parámetros establecidos por la normatividad. En investigaciones como la de Oscoco (2022), se observaron excedencias en fosfatos y sólidos totales disueltos que contribuyen a una mayor turbiedad y menor transparencia. Los valores aquí observados, aunque aumentan en los puntos 5 a 10 (entre 15 y 23 UNT), siguen siendo compatibles con aguas de uso recreacional.

Durante la época seca de septiembre de 2021 (Tabla 5), se evaluaron distintos parámetros físico-químicos en diez puntos de muestreo. La DBO osciló entre 2 y 3 mg/L, con el valor mínimo registrado en los puntos 3 y 9. Estos resultados, aunque ligeramente superiores a los observados en época lluviosa (donde se registraron mínimos de 1 mg/L), siguen estando dentro del límite establecido por el D.S. N.º 004-2017-MINAM, que fija un máximo de 5 mg/L para aguas recreativas con contacto primario (categoría 1, subcategoría B). En comparación con estudios como el de Marín et al. (2019), donde se documentaron valores de DBO de hasta 22,87 mg/L en ecosistemas hipereutróficos, los resultados actuales reflejan condiciones ambientalmente favorables. No obstante, al contrastarlo con el estudio de Huamán et al. (2020) en la laguna Marvilla, donde la DBO también excedió los valores normativos, se infiere que el sistema aquí evaluado presenta mejor calidad desde el punto de vista de carga orgánica biodegradable.

Tabla 5

Parámetros físico-químicos obtenidos en cada punto de muestreo en época seca, setiembre 2021

Parámetros	PUNTOS DE MUESTREO										Unidades
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DBO	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	mg/L
DQO	15	7	6	8	15	20	20	18	10	15	mg/L
OD	15	40	50	45	22	20	25	20	40	40	mg/L
pH	7,4	7,3	7,2	7,3	7,2	7,3	7,3	7,2	7,4	7,3	Unidad de pH
Temperatura	15	16	15	16	14	15	14	16	15	14	°C
Turbiedad	15	10	10	15	18	25	30	30	20	30	UNT

Respecto a la DQO, los valores fluctúan entre 6 y 20 mg/L, siendo el valor más elevado registrado en los puntos 6 y 7. Teniendo en cuenta la normativa nacional, los niveles menores a 30 mg/L son considerados aceptables para cuerpos de agua destinados al uso recreativo. Comparativamente, en el estudio de Marín et al. (2019) se reportaron valores de DQO que alcanzaron los 2074,06 mg/L, lo que representa un estado de contaminación crítica. En el presente estudio, los valores son significativamente más bajos, lo cual refuerza la idea de que no se observa un impacto severo por carga orgánica no biodegradable.

El análisis del OD mostró valores entre 15 y 50 mg/L, siendo este último el máximo registrado en los puntos 3 y 4. Este parámetro, crucial para el sostenimiento de la vida acuática, presenta niveles consistentemente altos en todos los puntos evaluados, excediendo

ampliamente el umbral mínimo de 5 mg/L que se considera saludable para ecosistemas acuáticos. De hecho, en los estudios de Capili et al. (2021) se resaltó que la baja concentración de OD era uno de los indicadores más sensibles para identificar procesos de eutrofización, especialmente en estaciones afectadas por actividad antrópica. En contraste, los niveles observados aquí sugieren una condición ambiental adecuada, aunque el exceso de oxígeno podría estar relacionado con procesos de fotosíntesis excesiva.

En cuanto al potencial de hidrógeno (pH), los valores varían entre 7,2 y 7,4, todos dentro del rango neutro y compatibles con el límite normativo del D.S. N.º 004-2017-MINAM, que establece un intervalo de 6,0 a 9,0. Este comportamiento uniforme del pH también fue observado en la laguna de Bay (Filipinas), según Barbaso et al. (2023), donde el pH se mantuvo dentro de límites permisibles, correlacionándose con buena calidad del agua. Asimismo, estos valores son menores que los reportados por Huamán et al. (2020), que informaron un promedio de pH de 8,8, lo cual puede tener implicancias negativas para la solubilidad de nutrientes y metales.

La temperatura del agua mostró escasa variabilidad, con registros entre 14 y 16 °C. Aunque la normativa ambiental peruana no fija un límite estricto para la temperatura, se considera que valores entre 15 y 25 °C favorecen una diversidad biológica óptima en este tipo de ecosistemas.

Finalmente, la turbiedad presentó los valores más heterogéneos del conjunto, variando entre 10 y 30 UNT, con picos máximos en los puntos 7, 8 y 10. Los valores obtenidos no superan el umbral señalado en la norma (100 UNT), sin embargo, la turbiedad indica la presencia de sólidos en suspensión, posiblemente asociados a procesos de erosión, arrastre de partículas o actividades antrópicas cercanas. Estos niveles de turbiedad contrastan con los valores de conductividad y sólidos disueltos totales descritos por Huamán et al., que

reportaron promedios de 4644,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 3413,9 ppm, respectivamente, en la laguna Marvilla.

Con referencia al objetivo específico 04, comparar los parámetros bacteriológicos y físico-químicos obtenidos del agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021, con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua; se obtuvieron los siguientes resultados.

La Tabla 6 muestra los resultados de una prueba estadística llamada Shapiro-Wilk, que se usa para verificar si los datos bacteriológicos del agua de la laguna San Nicolás se comportan de manera normal, es decir, si siguen un patrón regular y equilibrado. Esto es importante porque, dependiendo de si los datos son normales o no, se decide qué tipo de análisis usar después: uno tradicional (como la prueba t de Student) o uno más específico para datos irregulares (como la prueba de Wilcoxon).

Tabla 6

Pruebas de normalidad para el Análisis bacteriológico en la Laguna San Nicolás en los años 2020 (diciembre) y 2021 (setiembre)

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
CT 2020	0,794	10	0,012
CT 2021	0,872	10	0,104
EC 2020	0,844	10	0,050
EC 2021	0,867	10	0,092
EI 2020	0,756	10	0,004
EI 2021	0,828	10	0,032
SPP 2020	-	10	-
SPP 2021	-	10	-
VC 2020	-	10	-
VC 2021	-	10	-

Nota: CT=Coliformes termotolerantes, EC=*Escherichia coli*, EI=Enterococos intestinales, SPP=*Salmonella spp*, VC=*Vibrio cholerae*

En el caso de los coliformes termotolerantes (CT), se encontró que los datos de 2020 no siguen un patrón normal, lo que quiere decir que los valores estaban muy dispersos o tenían comportamientos irregulares. Sin embargo, en 2021 (época seca), sí se observó una distribución más estable y predecible. Esto sugiere que durante la época seca los niveles fueron más homogéneos.

Con respecto a *Escherichia coli* (EC), tanto en 2020 como en 2021, los valores estuvieron cerca de una distribución normal, especialmente en 2021, donde los datos fueron más estables. Aun así, en 2020, los resultados estuvieron justo en el límite, lo que indica que podría haber algo de variación que rompe el patrón esperado.

En cuanto a los enterococos intestinales (EI), los resultados fueron más irregulares. En ambos años (2020 y 2021), los datos no se comportaron de manera normal, lo que quiere decir que los niveles de estas bacterias fueron muy variables o tuvieron algunos valores extremos que dificultan un análisis tradicional.

Por otro lado, *Salmonella* spp. (SPP) y *Vibrio cholerae* (VC) no se detectaron en las muestras tomadas en ninguno de los dos años. Al no haber datos numéricos sobre estas bacterias, no fue posible aplicar la prueba de normalidad en estos casos.

Los resultados también muestran que algunos parámetros como los coliformes termotolerantes y *E. coli* se comportaron de forma más regular, especialmente en el año 2021, mientras que los enterococos intestinales tuvieron valores más irregulares. Según estos resultados, para los parámetros que sí siguen una distribución normal se usará una prueba estadística llamada t de Student, y para los que no son normales se aplicará otra prueba más adecuada, llamada prueba de Wilcoxon, que se enfoca en las medianas y es útil cuando hay mucha variabilidad.

La Tabla 7 muestra que en 2020, el promedio fue de 20 NMP/100 mL, con valores que se movieron entre 9,07 y 30,93 NMP/100 mL. Los datos estuvieron relativamente cerca del promedio, y tanto la media como la mediana fueron iguales (20), lo que indica que los valores estuvieron equilibrados. La asimetría positiva sugiere que hubo algunos valores un poco más altos, pero no fuera de lo normal. La forma de la distribución fue platicúrtica, lo que significa que los datos estaban más dispersos y no muy concentrados en torno a un solo valor.

Tabla 7

Análisis descriptivo y comparación de Coliformes termotolerantes en la Laguna San Nicolás

Muestreo	Media	Intervalo de confianza para la media		Desv. Desviación	Asimetría	Curtosis	Mediana	Sig. asintótica(bilateral)
		Límite inferior	Límite superior					
2020	20,00	9,07	30,93	15,275	0,175	-2,084	20,000	0,005
2021	77,50	45,01	109,99	45,415	0,324	-1,628	75,000	

En cambio, en 2021, el promedio subió a 77,50 NMP/100 mL, con un rango de 45,01 a 109,99 NMP/100 mL. Esto muestra un aumento considerable respecto al año anterior. También hubo más variación entre los datos, como lo indica una desviación de 45,415, que es tres veces mayor que la del 2020. En este caso, la media fue mayor que la mediana, lo que junto con la asimetría positiva indica que hubo varios valores muy altos que elevaron el promedio. La distribución también fue platicúrtica, es decir, los datos estuvieron esparcidos.

El análisis estadístico indicó una diferencia significativa entre los dos años, con una probabilidad de 0,005, lo que significa que este aumento no fue por azar. Por lo tanto, se concluye que hubo un incremento real en la cantidad de coliformes termotolerantes en 2021, lo cual puede deberse a menor circulación de agua, acumulación de materia orgánica o presencia de descargas contaminantes durante la época seca.

A pesar del aumento en 2021, los valores promedio siguen siendo compatibles con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas destinadas al uso recreativo. Esto quiere decir que, aunque hubo un crecimiento en la población de estas bacterias, el agua de la laguna puede ser utilizada para actividades recreativas, siempre y cuando se mantenga un monitoreo constante para evitar riesgos sanitarios.

La Tabla 8 indica que, en 2020, el promedio de *E. coli* fue de 43,50 NMP/100 mL, con valores que se ubicaron entre 30,43 y 56,57 NMP/100 mL, y una dispersión o variación de 18,27 NMP/100 mL. Esto indica que los valores estuvieron relativamente cercanos entre sí, y no hubo mucha diferencia entre los puntos de muestreo. En comparación, en 2021, el promedio subió a 53,00 NMP/100 mL, pero con una mayor dispersión (35,53 NMP/100 mL), lo que muestra que hubo más variabilidad entre los datos de ese año.

Tabla 8*Análisis descriptivo y comparación de Escherichia coli en la Laguna San Nicolás*

Muestreo	Media	Intervalo de confianza para la media		Desv. Desviación	Asimetría	Curtosis	Mediana	Sig. asintótica(bilateral)
		Límite inferior	Límite superior					
2020	43,50	30,43	56,57	18,265	0,249	-1,951	40,000	0,235
2021	53,00	27,58	78,42	35,528	0,484	-1,590	35,000	

Además, en ambos años se observó que el promedio fue mayor que la mediana, lo que indica una asimetría positiva, es decir, que algunos valores altos elevaron el promedio. La curtosis negativa señala que los datos estuvieron repartidos de forma más amplia y no se concentraron mucho alrededor del promedio, formando una curva platicúrtica, o más aplanada.

Desde el punto de vista estadístico, la probabilidad obtenida fue de 0,235, lo cual es mayor que el nivel de significancia del 5% (0,05). Esto significa que no hubo una diferencia significativa entre los promedios de los dos años, es decir, que el cambio observado podría deberse al azar. En otras palabras, la cantidad promedio de *E. coli* se ha mantenido estable en la laguna durante el período de estudio.

Este resultado sugiere que, aunque hubo cierta variación entre un año y otro, los niveles de *E. coli* no aumentaron ni disminuyeron de manera preocupante, y la laguna mantiene un comportamiento constante en cuanto a esta bacteria. Aun así, es importante seguir monitoreando este indicador, ya que está relacionado directamente con la seguridad del agua para uso recreativo.

La Tabla 9 muestra que, en el año 2020, el promedio fue de 14,00 NMP/100 mL, con valores que variaron entre 10,71 y 17,29 NMP/100 mL. En 2021, el promedio fue un poco más alto: 17,80 NMP/100 mL, con un intervalo más amplio que va de 10,28 a 25,32 NMP/100 mL. Esto significa que en 2021 hubo más variación en los resultados, lo que podría

deberse a factores como menor movimiento del agua o mayor acumulación de residuos durante la época seca.

Tabla 9

Análisis descriptivo y comparación de Enterococos intestinales en la Laguna San Nicolás

Muestreo	Media	Intervalo de confianza para la media		Desv. Desviación	Asimetría	Curtosis	Mediana	Sig. asintótica(bilateral)
		Límite inferior	Límite superior					
2020	14,00	10,71	17,29	4,595	0,473	-1,807	12,500	0,338
2021	17,80	10,28	25,32	10,518	1,188	0,818	15,000	

En cuanto a la asimetría, en ambos años se observó que el promedio fue mayor que la mediana, lo que indica una ligera inclinación hacia valores más altos. Además, en 2021, esta diferencia fue más marcada, lo que sugiere que hubo algunos valores extremos que elevaron el promedio. La curtosis negativa en 2020 y positiva en 2021 muestra un cambio en la forma de la distribución: en 2020 los datos estuvieron más dispersos y en 2021 se concentraron un poco más, aunque con más casos altos.

Desde el punto de vista estadístico, el valor de significancia fue de 0,338, mucho mayor que el nivel de corte de 0,05. Esto significa que no hay diferencias importantes entre los niveles de enterococos de un año a otro, y cualquier diferencia observada podría deberse al azar.

Por lo tanto, aunque hubo una ligera subida en los valores de enterococos intestinales en 2021, no se detectó un cambio significativo en su comportamiento en la laguna San Nicolás. Además, al comparar estos resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), se confirma que los niveles están dentro de lo permitido, por lo que estas aguas pueden ser usadas sin problema para actividades recreativas, como nadar, pescar o pasear.

Los resultados de la tabla 10 muestran que la DBO no presentó una distribución normal en ninguno de los dos años evaluados (2020 y 2021), lo que indica que los valores

de DBO fueron muy variables o con datos extremos que rompen con el comportamiento esperado. Esto sugiere que la cantidad de materia orgánica biodegradable en el agua varió bastante entre los puntos de muestreo.

Tabla 10

Pruebas de normalidad para el Análisis físico-químico en la Laguna San Nicolás en los años 2020 (diciembre) y 2021 (setiembre)

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DBO 2020	0,805	10	0,017
DBO 2021	0,509	10	0,000
DQO 2020	0,868	10	0,094
DQO 2021	0,899	10	0,215
OD 2020	0,795	10	0,013
OD 2021	0,889	10	0,165
PH 2020	0,903	10	0,235
PH 2021	0,833	10	0,036
T 2020	0,833	10	0,036
T 2021	0,832	10	0,035
TU 2020	0,932	10	0,471
TU 2021	0,882	10	0,137

Nota: DBO=Demanda bioquímica de oxígeno, DQO=Demanda química de oxígeno, OD=Oxígeno disuelto, PH=Potencial de hidrógeno, T=Temperatura, TU=Turbiedad

En cambio, la DQO sí mostró una distribución normal en ambos años. Esto significa que los datos fueron más estables y estuvieron mejor repartidos alrededor del promedio, sin grandes variaciones ni datos inusuales, lo cual facilita su análisis y comparación.

Respecto al OD, en el año 2020 —correspondiente a la época lluviosa— no se encontró una distribución normal, lo que sugiere que hubo muchas diferencias entre los niveles de oxígeno en los diferentes puntos. Sin embargo, en 2021 —época seca— sí se observó una distribución normal, lo que indica que en ese periodo el OD fue más constante.

En cuanto al pH del agua, los datos del año 2020 sí tuvieron una distribución normal, lo que significa que los niveles de acidez o alcalinidad se mantuvieron dentro de rangos esperados. No obstante, en 2021 esta normalidad no se mantuvo, lo cual podría deberse a alteraciones químicas o a la concentración de ciertos compuestos durante la época seca.

La Temperatura del agua fue otro parámetro que no presentó una distribución normal en ninguno de los dos años. Esto refleja que hubo bastante variación entre los puntos medidos, posiblemente por influencia de factores como la exposición solar, profundidad del agua o diferencias en el entorno.

Por último, la Turbiedad, que indica cuán clara o turbia está el agua, sí presentó una distribución normal tanto en 2020 como en 2021. Esto significa que los datos de turbidez fueron estables y sin grandes diferencias entre los puntos de muestreo, lo cual indica un comportamiento más uniforme en este parámetro a lo largo del tiempo.

Por lo mencionado, mientras parámetros como la DQO y la Turbiedad fueron bastante estables y predecibles, otros como la DBO, el OD, el pH y la temperatura mostraron comportamientos irregulares, especialmente durante el año 2020 o en la temporada lluviosa.

La Tabla 11 muestra cómo se comportó la DBO en la laguna San Nicolás durante dos momentos diferentes: época lluviosa (2020) y época seca (2021). Esta medida indica cuánta materia orgánica hay en el agua que necesita ser descompuesta por microorganismos; mientras más alta sea, mayor es la carga de contaminación orgánica.

Tabla 11

Análisis descriptivo y comparación de la DBO en la Laguna San Nicolás

Muestreo	Media	Intervalo de confianza para la media		Desv. Desviación	Asimetría	Curtosis	Mediana	Sig. Asintótica (bilateral)
		Límite inferior	Límite superior					
2020	2,10	1,47	2,73	0,876	-0,223	-1,734	2,00	0,038
2021	2,80	2,50	3,10	0,422	-1,779	1,406	3,00	

En el año 2020, durante la época de lluvias, el promedio de DBO_5 fue de 2,10 mg/L, con un rango estimado entre 1,47 y 2,73 mg/L, y una variabilidad o error de 0,876 mg/L. En cambio, en el 2021, durante la época seca, el promedio subió a 2,80 mg/L, con un rango más estrecho entre 2,50 y 3,10 mg/L, y un error menor de 0,422 mg/L, lo que indica que los valores fueron más consistentes ese año.

Cuando se analiza la forma en que se distribuyen los datos, se encontró que en ambos casos la distribución no es completamente simétrica. Esto se llama asimetría, y significa que los valores no se agrupan de forma pareja alrededor del promedio: en 2020 hubo una leve inclinación hacia la derecha, y en 2021 hacia la izquierda. Además, la curtosis, que indica qué tan plana o puntiaguda es la forma de la distribución, mostró que en 2020 fue plana (platicúrtica) y en 2021 fue más concentrada o puntiaguda (leptocúrtica).

También se realizó una comparación estadística para ver si la diferencia entre los dos años era importante, y se encontró que sí hay una diferencia significativa al nivel del 5% de confianza. Esto significa que los resultados no se deben al azar y que, en efecto, la DBO fue mayor en la época seca de 2021 que en la época lluviosa de 2020.

A pesar de esta diferencia, al comparar con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Perú, ambos promedios de DBO_5 están por debajo del límite de 5 mg/L, por lo tanto, el agua de la laguna puede ser usada con fines recreativos, ya que no representa un riesgo elevado por materia orgánica en descomposición.

La Tabla 12 presenta los resultados del análisis de la DQO en el agua de la laguna San Nicolás durante los años 2020 y 2021. Este parámetro mide la cantidad total de sustancias contaminantes (orgánicas e inorgánicas) que consumen oxígeno en el agua. Mientras mayor sea la DQO, mayor es la carga contaminante.

Tabla 12*Análisis descriptivo y comparación de la DQO en la Laguna San Nicolás*

Muestreo	Media	Intervalo de confianza para la media		Desv. Desviación	Asimetría	Curtosis	Mediana	Sig. asintótica(bilateral)
		Límite inferior	Límite superior					
2020	8,30	5,21	11,39	4,322	0,209	-1,791	7,500	0,000
2021	13,40	9,61	17,19	5,296	-0,168	-1,586	15,000	

En el año 2020, el promedio de DQO fue de 8,30 mg/L, con valores que se ubicaron entre 5,21 y 11,39 mg/L. Esto indica que, aunque hubo cierta variación entre las muestras, los resultados estuvieron dentro de un rango moderado. En cuanto a la forma de los datos, hubo una asimetría positiva, lo que quiere decir que hubo algunos valores más altos que el promedio. Además, la curtosis fue negativa, lo que sugiere que la distribución de los datos fue aplanada (platicúrtica), es decir, sin valores extremos muy marcados.

En 2021, el promedio de DQO subió a 13,40 mg/L, y el intervalo de confianza estuvo entre 9,61 y 17,19 mg/L, lo que muestra que los valores fueron más dispersos que en 2020. En este año, la asimetría fue ligeramente negativa, lo que significa que hubo algunos valores más bajos que el promedio, pero igualmente la distribución siguió siendo platicúrtica, con una forma más aplanada y menos concentrada en torno al valor central.

Cuando se compararon los promedios de ambos años, se encontró una diferencia estadísticamente significativa. Esto quiere decir que el aumento observado en la DQO entre 2020 y 2021 no fue casualidad y que realmente hubo un incremento en la carga contaminante del agua durante la época seca de 2021.

Sin embargo, si se comparan estos resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Perú, se observa que en 2020 y 2021 los resultados obtenidos cumplen con los parámetros permitidos para cuerpos de agua destinados a recreación.

La Tabla 13 analiza los niveles de OD en la laguna San Nicolás durante los años 2020 (época de lluvias) y 2021 (época seca). Este parámetro es muy importante porque indica cuánta cantidad de oxígeno hay disponible en el agua para que los organismos acuáticos puedan vivir.

Tabla 13

Análisis descriptivo y comparación de OD en la Laguna San Nicolás

Muestreo	Media	Intervalo de confianza para la media		Desv. Desviación	Asimetría	Curtosis	Mediana	Sig. asintótica(bilateral)
		Límite inferior	Límite superior					
2020	34,40	23,48	45,32	15,262	-0,072	-2,308	34,500	0,153
2021	31,70	22,75	40,65	12,517	0,079	-1,816	32,500	

En ambos años se encontraron promedios similares: en 2020 fue de 34,40 mg/L y en 2021 de 31,70 mg/L. Esta pequeña diferencia no es significativa, lo que significa que los niveles de OD se han mantenido estables entre un año y otro, sin cambios importantes. Además, la asimetría de los datos está muy cerca de cero, lo que indica que los valores están bien distribuidos y que la mayoría de ellos se concentran cerca del promedio. También se observó una curtosis negativa, lo que nos dice que la forma de la distribución es aplanada (es decir, sin muchos valores extremos).

Desde el punto de vista estadístico, se concluye que no hay una diferencia significativa entre los niveles de OD de 2020 y 2021, ya que el valor de significancia fue mayor a 0,05. Esto quiere decir que, a pesar de los cambios estacionales, la cantidad de oxígeno en el agua se ha mantenido sin variaciones importantes.

Si se comparan estos resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), se observa que los promedios están muy por encima de los valores mínimos recomendados, que son mayores o iguales a 5 mg/L. Por lo tanto, se puede afirmar que la laguna tiene buenas

condiciones de oxigenación, lo cual es fundamental tanto para la vida acuática como para permitir el uso recreativo del agua, como nadar o pasear en bote. Esto también sugiere que el ecosistema de la laguna se encuentra bien conservado en este aspecto.

La Tabla 14 muestra que, en la época lluviosa de 2020, el promedio de pH fue de 7,12, con valores que iban desde 6,94 hasta 7,30, lo que muestra que hubo algo de variación entre los puntos medidos. En cambio, en 2021 el promedio subió levemente a 7,29, con un rango más estrecho (entre 7,24 y 7,34), lo que indica que ese año los valores fueron más parejos y estables.

Tabla 14

Análisis descriptivo y comparación del Potencial de hidrógeno en la Laguna San Nicolás

Muestreo	Media	Intervalo de confianza para la media		Desv. Desviación	Asimetría	Curtosis	Mediana	Sig. asintótica(bilateral)
		Límite inferior	Límite superior					
2020	7,12	6,94	7,30	0,249	0,313	-0,616	7,100	0,11
2021	7,29	7,24	7,34	0,074	0,166	-0,734	7,300	

También se observó que en 2020 los valores se dispersaron un poco más, y hubo una ligera inclinación hacia valores más altos (asimetría positiva), mientras que en ambos años la distribución fue aplanada (lo que se llama platicúrtica), lo que significa que los datos estaban distribuidos sin muchos extremos.

Desde el punto de vista estadístico, la diferencia entre los dos años no es significativa, ya que el valor de probabilidad fue de 0,11, lo cual es mayor que el nivel de confianza del 5% (0,05). Esto quiere decir que no hubo un cambio real en el pH del agua entre 2020 y 2021, y cualquier pequeña diferencia podría deberse al azar o a variaciones normales.

Finalmente, es importante destacar que los valores de pH en ambos años se encuentran dentro del rango permitido por los Estándares de Calidad Ambiental (entre 6,0 y

9,0). Esto indica que el agua de la laguna es apta para actividades recreativas, como nadar o pasear en bote, y que su calidad en términos de acidez o alcalinidad es adecuada para mantener la salud del ecosistema acuático.

La Tabla 15 analiza cómo se comportó la temperatura del agua en la laguna San Nicolás durante dos momentos del año: en la época de lluvias (2020) y en la época seca (2021). El promedio de temperatura fue muy parecido en ambos casos: 14,90 °C en 2020 y 15,00 °C en 2021, lo que muestra que no hubo un cambio importante entre un año y otro.

Tabla 15

Análisis descriptivo y comparación de la temperatura en la Laguna San Nicolás

Muestreo	Media	Intervalo de confianza para la media		Desv. Desviación	Asimetría	Curtosis	Mediana	Sig. asintótica(bilateral)
		Límite inferior	Límite superior					
2020	14,90	14,37	15,43	0,738	0,166	-0,734	15,000	0,763
2021	15,00	14,42	15,58	0,816	0,000	-1,393	15,000	

Los rangos en los que variaron los promedios también fueron bastante similares: en 2020 la temperatura estuvo entre 14,37 °C y 15,43 °C, y en 2021 entre 14,42 °C y 15,58 °C. Además, la dispersión (es decir, qué tanto se alejaron los datos del promedio) fue casi igual en ambos años, lo que indica que las temperaturas medidas en los distintos puntos fueron consistentes.

La asimetría y la curtosis de los datos muestran que la forma de la distribución fue equilibrada y aplanada (platicúrtica). Esto quiere decir que la mayoría de las mediciones estuvieron centradas alrededor del promedio, sin muchos valores extremos, y que la mediana fue igual al promedio (15,0 °C), lo cual refuerza que los datos fueron estables.

Desde el punto de vista estadístico, el valor de probabilidad fue de 0,763, lo cual está muy por encima del límite de 0,05 usado para detectar diferencias significativas. Esto

significa que no hubo un cambio real en la temperatura del agua entre 2020 y 2021, y que los resultados fueron muy parecidos en ambos años.

La Tabla 16 muestra que, en el año 2020, la turbiedad promedio fue de 13,70 UNT, con un rango entre 9,23 y 18,17 UNT, mientras que en el año 2021 el promedio subió a 20,30 UNT, con un rango más amplio de 14,57 a 26,03 UNT. Esto nos dice que el agua estuvo más turbia durante la época seca, y además que hubo más variación entre los puntos medidos en ese periodo.

Tabla 16

Análisis descriptivo y comparación la Turbiedad en la Laguna San Nicolás

Muestreo	Media	Intervalo de confianza para la media		Desv. Desviación	Asimetría	Curtosis	Mediana	Sig. asintótica(bilateral)
		Límite inferior	Límite superior					
2020	13,70	9,23	18,17	6,255	-0,023	-1,327	15,000	2E-05
2021	20,30	14,57	26,03	8,015	0,093	-1,633	19,000	

También se analizó la forma en que se distribuyeron los datos. En 2020, la asimetría fue ligeramente negativa, lo que significa que hubo algunos valores bajos que redujeron el promedio, mientras que la mediana fue mayor que la media aritmética. En 2021, la asimetría fue positiva, lo que quiere decir que hubo valores altos que elevaron el promedio, y en este caso la media fue mayor que la mediana. En ambos años, la curtosis fue negativa, lo cual indica que los datos no se agruparon tanto alrededor del promedio, sino que estuvieron más dispersos (una forma más aplanada de la curva de distribución).

Desde el punto de vista estadístico, el valor de probabilidad fue extremadamente bajo (2E-05, que equivale a 0,00002), lo que significa que hay una diferencia significativa entre los promedios de turbiedad de los dos años. Esto quiere decir que el aumento de turbidez en

2021 no fue por casualidad, sino que realmente hubo un cambio importante en la calidad visual del agua.

Finalmente, si se comparan estos resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Perú, se observa que el agua es apta para realizar actividades recreativas. Sin embargo, el aumento de turbidez en la época seca podría estar relacionado con mayor acumulación de sedimentos o escasa renovación del agua.

La Tabla 17 compara los muestreos en dos tipos de zonas dentro de la laguna San Nicolás: lugares con actividad humana (como pesca, recreación o presencia de viviendas) y lugares sin actividad humana. Se analizaron varias variables físico-químicas para ver si hay diferencias entre estas dos áreas.

Tabla 17

Análisis físico-químico entre lugares sin actividad humana y con actividad humana en la laguna San Nicolás

	Variable	Media	Mediana	Sig. asintótica(bilateral)
DBO	No existe actividad humana	2,000	2,000	0,007
	Existe actividad humana	2,900	3,000	
DQO	No existe actividad humana	6,800	5,500	0,001
	Existe actividad humana	14,900	15,000	
OD	No existe actividad humana	45,800	46,500	0,000
	Existe actividad humana	20,300	20,000	
PH	No existe actividad humana	7,000	7,000	0,146
	Existe actividad humana	7,200	7,000	
T	No existe actividad humana	15,100	15,000	0,394
	Existe actividad humana	14,800	15,000	
TU	No existe actividad humana	14,200	12,500	0,092
	Existe actividad humana	21,500	20,000	

Nota: DBO=Demanda bioquímica de oxígeno, DQO=Demanda química de oxígeno, OD=Oxígeno disuelto, PH=Potencial de hidrógeno, T=Temperatura, TU=Turbiedad

En principio, se observa que la DBO fue mayor en las zonas con actividad humana, con un promedio de 2,90 mg/L, frente a 2,00 mg/L en zonas sin intervención. Esto significa que donde hay personas, el agua tiene más materia orgánica que necesita ser descompuesta, lo cual indica mayor contaminación. El valor de significancia estadística fue 0,007, lo que indica que esta diferencia es real y no producto del azar.

También se encontró una gran diferencia en la DQO. En zonas sin actividad humana, el promedio fue de 6,80 mg/L, mientras que en zonas intervenidas subió a 14,90 mg/L. Esta

diferencia también es estadísticamente significativa ($p = 0,001$) y confirma que las actividades humanas aumentan la carga contaminante del agua.

Por el contrario, el OD fue más alto en las zonas donde no hay actividad humana, con un promedio de 45,80 mg/L, frente a solo 20,30 mg/L en zonas con intervención. Esto es importante porque el OD es esencial para la vida acuática, y niveles bajos pueden afectar a peces y otros organismos. La diferencia es significativa ($p = 0,000$), lo que indica que la actividad humana reduce la calidad del agua al disminuir su oxigenación.

En cuanto a otros parámetros como el pH, la temperatura (T) y la turbiedad (TU), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Por ejemplo, el pH fue muy similar entre ambas zonas (7,00 vs. 7,20), y la temperatura apenas varió. Aunque la turbiedad fue más alta en las zonas con actividad humana (21,50 UNT vs. 14,20 UNT), el valor de significancia (0,092) indica que esta diferencia no es suficiente para considerarla concluyente desde el punto de vista estadístico.

Asimismo, la actividad humana influye negativamente en la calidad del agua, especialmente en los indicadores que muestran presencia de contaminación orgánica y menor cantidad de oxígeno.

La Tabla 18 analiza la presencia de bacterias en el agua de la laguna San Nicolás, comparando zonas donde hay actividad humana (como pesca, recreación o viviendas cercanas) y zonas donde no hay personas. Se evaluaron diferentes tipos de bacterias para ver si hay diferencias importantes entre estos dos entornos.

Tabla 18

Análisis bacteriológico entre lugares sin actividad humana y con actividad humana en la laguna San Nicolás

	Variable	Media	Mediana	Sig. asintótica(bilateral)
CT	No existe actividad humana	21,500	20,000	0,007
	Existe actividad humana	76,000	70,000	
EC	No existe actividad humana	28,500	27,500	0,002
	Existe actividad humana	68,000	67,500	
EI	No existe actividad humana	12,800	10,000	0,108
	Existe actividad humana	19,000	20,000	
SPP	No existe actividad humana	0,000	0,000	1,000
	Existe actividad humana	0,000	0,000	
VC	No existe actividad humana	0,000	0,000	1,000
	Existe actividad humana	0,000	0,000	

Nota: CT= Coliformes termotolerantes, EC= *Escherichia coli*, EI= Enterococos intestinales, SPP= *Salmonella spp*, VC= *Vibrio cholerae*

Se encontró que las zonas con presencia humana tienen más bacterias coliformes termotolerantes (CT) que las zonas sin actividad humana. En el caso de los coliformes, el promedio fue de 76.000 NMP/100 mL en zonas intervenidas, mientras que en zonas sin intervención fue de 21.500 NMP/100 mL. Para *Escherichia coli*, el promedio en zonas con actividad humana fue de 68.000 NMP/100 mL, frente a solo 28.500 NMP/100 mL en zonas sin actividad. Estas diferencias son grandes y preocupantes porque indican más contaminación fecal en áreas donde hay personas.

Estas observaciones están respaldadas por los resultados estadísticos: el valor de significancia para los coliformes fue de 0,007, y para *E. coli* fue de 0,002, ambos menores al valor de referencia de 0,05. Esto quiere decir que las diferencias encontradas son reales y

no se deben al azar, por lo tanto, la actividad humana está claramente relacionada con el aumento de bacterias termotolerantes en el agua.

En el caso de los enterococos intestinales (EI), también se observó un aumento en las zonas con intervención humana (promedio de 19.000 frente a 12.800), pero la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = 0,108$). Esto quiere decir que, aunque los valores fueron más altos, no se puede afirmar con certeza que la actividad humana haya causado ese aumento.

Por otro lado, *Salmonella spp.* (SPP) y *Vibrio cholerae* (VC) no fueron detectados en ninguno de los puntos evaluados, tanto con como sin presencia humana, lo cual es una favorable desde el punto de vista sanitario, ya que estas bacterias pueden causar enfermedades graves.

A fin de visualizar con claridad las diferencias estacionales en la calidad del agua de la laguna San Nicolás, se presenta a continuación un cuadro comparativo (Tabla 19) y la figura 2, que sintetiza los promedios de los principales indicadores bacteriológicos (coliformes termotolerantes, *E. coli*, enterococos, *Salmonella spp.* y *Vibrio cholerae*) y fisicoquímicos (DBO, DQO, OD, pH, temperatura y turbiedad) medidos en época lluviosa (diciembre 2020) y época seca (setiembre 2021). La comparación permite evaluar el efecto del régimen hídrico sobre la concentración de contaminantes y el estado trófico del sistema.

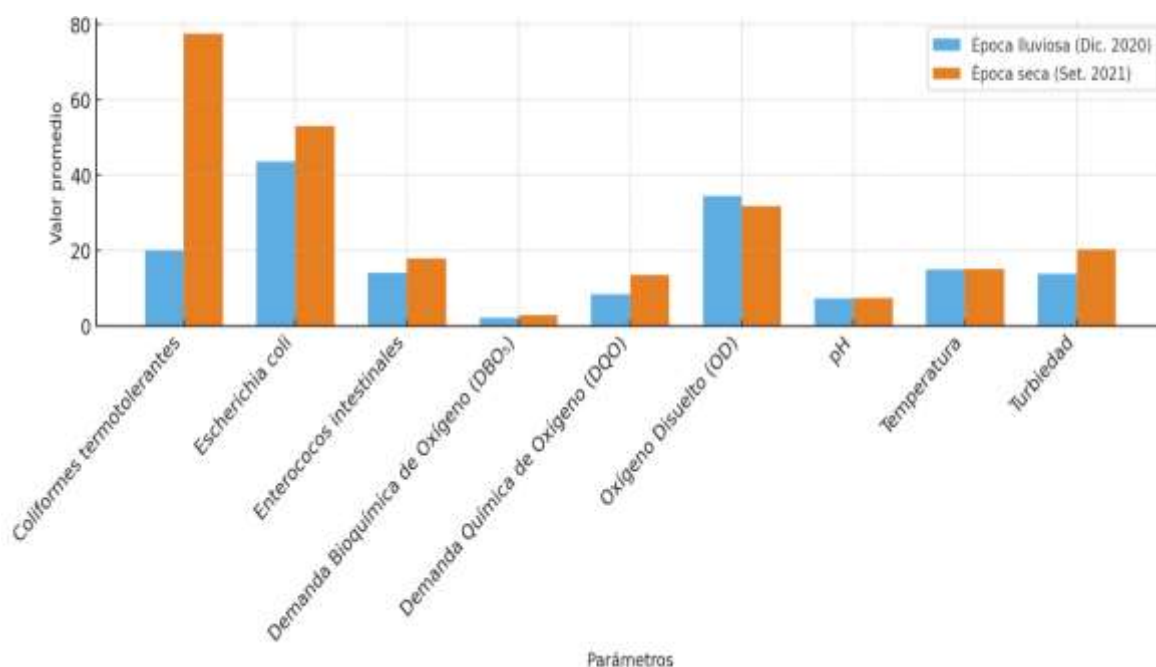
Tabla 19

Comparación de los parámetros bacteriológicos y físico-químicos de la Laguna San Nicolás (Namora, Cajamarca, 2020–2021)

Parámetro	Unidad	Época lluviosa (Diciembre 2020)	Época seca (Setiembre 2021)
Parámetros bacteriológicos			
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	20	77,5
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	43,5	53,0
Enterococos intestinales	NMP/100 mL	14,0	17,8
<i>Salmonella spp.</i>	Presencia/100 mL	Ausente	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 mL	Ausente	Ausente
Parámetros físico-químicos			
DBO	mg/L	2,10	2,80
DQO	mg/L	8,30	13,40
OD	mg/L	34,4	31,7
pH	Unidades	7,12	7,29
Temperatura	°C	14,9	15,0
Turbiedad	UNT	13,7	20,3

Figura 2

Comparación de los parámetros bacteriológicos y físico-químicos de la Laguna San Nicolás (Namora, Cajamarca, 2020–2021)



Por lo expuesto, este análisis demuestra que la presencia humana aumenta notablemente la cantidad de bacterias indicadoras de contaminación fecal en la laguna San Nicolás, especialmente los coliformes termotolerantes y *E. coli*. Esto resalta la importancia

de controlar las actividades humanas alrededor de la laguna para proteger el cuerpo de agua y la salud de quienes la usan o habitan cerca de ella.

Al comparar los resultados, los valores bacteriológicos y fisico-químicos resultaron menores en la temporada lluviosa porque el sistema funcionó como un lavado hidráulico, por lo que el mayor ingreso de agua incrementó el caudal y la renovación, reduciendo el tiempo de residencia y, con ello, la concentración de materia orgánica y de bacterias en la columna de agua. Ese efecto dilutorio se reflejó en promedios más bajos de DBO, DQO, coliformes termotolerantes, *E. coli* y enterococos en diciembre de 2020 frente a setiembre de 2021, además de un OD ligeramente más alto que favorece la autodepuración (Capili et al., 2021). Todo ello sumado a la falta de turistas debido a las restricciones en el tránsito de las personas por época de pandemia por la COVID-19.

A la dinámica hidráulica se sumaron condiciones ambientales menos favorables para la proliferación microbiana como las temperaturas menores y mayor mezcla vertical por aportes pluviales y viento asociado a tormentas, lo que limita zonas de estancamiento y reduce microhábitats con baja oxigenación donde suelen persistir bacterias fecales. Así, aun con cierto arrastre de partículas, el balance neto en época lluviosa fue de dilución y exportación de carga, no de acumulación (Huamán et al., 2020).

Un tercer componente fue el uso humano del entorno. Durante la estación seca de 2021 se registró más presencia de visitantes y actividades en orilla debido a que quedaron sin efecto diversas restricciones por la pandemia antes mencionada, lo que elevó los indicadores en puntos con influencia antrópica (DBO y DQO mayores; coliformes y *E. coli* más altos), patrón coherente con el aumento de presiones locales cuando disminuye el espejo de agua y se intensifica el contacto con las riberas (Cusiche & Miranda, 2019; Marín et al., 2019). En contraste, en lluvias la mayor lámina de agua, el acceso más difícil a orillas y la dispersión hidráulica atenúan la señal antrópica.

En síntesis, la combinación de mayor renovación hídrica, condiciones físicas menos propicias para el crecimiento bacteriano y menor presión humana efectiva durante lluvias explica que los promedios bacteriológicos y varios parámetros fisico-químicos fueran inferiores respecto de la estación seca y los contrastes por actividad humana (Oscoco, 2022).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- En el estudio realizado sobre los parámetros bacteriológicos y físico-químicos en la laguna San Nicolás, ubicada en el distrito de Namora, Cajamarca, durante los años 2020-2021, se determinaron diversos indicadores de contaminación en el agua. En general, los resultados muestran que, aunque los valores de los parámetros bacteriológicos y físico-químicos no superaron los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), sí hubo un aumento significativo en la carga bacteriológica y algunos parámetros físico-químicos durante la época seca (2021),
- Al analizar los parámetros bacteriológicos como los coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y enterococos intestinales en el agua de la Laguna San Nicolás, se observó que los coliformes termotolerantes aumentaron de un promedio de 20 NMP/100 mL en la época lluviosa a 77,50 NMP/100 mL en la época seca, lo que muestra una relación directa entre la actividad humana y el incremento de estos microorganismos.
- En relación con los parámetros de *Salmonella spp* y *Vibrio cholerae*, los resultados mostraron la ausencia de estas bacterias en todas las muestras de agua de la Laguna San Nicolás tanto en la época lluviosa de 2020 como en la seca de 2021. La laguna cumple con los requisitos microbiológicos establecidos por los ECA para el uso recreativo.
- En cuanto a los parámetros físico-químicos analizados (DBO₅, DQO, OD, pH, temperatura y turbiedad), se observó una variabilidad significativa entre los diferentes puntos de muestreo, especialmente en la época seca. Los valores de DBO₅ (2,80 mg/L) y DQO (13,40 mg/L) fueron más altos en los puntos cercanos a áreas turísticas y

recreativas, con respecto a la época lluviosa (2,10 mg/L y 8,30 mg/L, respectivamente), indicando una mayor presencia de contaminantes orgánicos.

- La comparación de los parámetros bacteriológicos y físico-químicos obtenidos en la laguna San Nicolás con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua mostró que el cuerpo de agua cumple con los requisitos para actividades recreativas, incluso en las zonas con actividad humana.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones orientadas a evaluar la presencia de contaminantes emergentes (como residuos de medicamentos, cosméticos o detergentes) y metales pesados (plomo, cadmio, mercurio, arsénico) en las aguas de la laguna. Estos elementos no fueron considerados en el estudio actual, pero pueden acumularse a largo plazo debido al turismo, las aguas residuales o la erosión natural. Analizar su variación estacional permitiría complementar los datos físico-químicos y bacteriológicos obtenidos, aportando una visión integral del estado ecológico del ecosistema acuático.
- Otra línea de investigación futura podría centrarse en evaluar el impacto ecológico de las actividades humanas sobre la biota acuática, mediante el uso de bioindicadores (macroinvertebrados, fitoplancton, peces o macrófitas). Este tipo de estudios permitiría determinar la respuesta biológica del ecosistema frente a los cambios en la calidad del agua y validar si los niveles detectados, aunque estén dentro de los ECA, generan efectos subletales o alteraciones en la biodiversidad. De esta manera, se complementaría la información físico-química con indicadores biológicos que reflejen el equilibrio ecológico de la laguna.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *R.J. N° 010-2016-ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad Recursos Hídricos Superficiales*. Jefatura - ANA.
<https://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-010-2016-ana-0>
- Baglo, I., Lederoun, D., Neya, O., & Lalèyè, P. (2024). Physicochemical Quality of the Water and Heavy Metal Contamination of the Sediment, Water, and Flesh of Some Fish in the Lower Reaches of the Mono River (Benin, West Africa). *Journal of Fisheries and Environment*, 48(1), Article 1.
<https://doi.org/10.34044/j.jfe.2024.48.1.01>
- Barbaso, P., Castro, A., & Obusan, M. (2023). Water Quality Index as a tool for assessing the water quality of the Laguna de Bay from 2020 to 2021. *SciEnggJ*, 16.
<https://doi.org/10.54645/2023161EUJ-56>
- Bennett, J., & Sutherland, K. (2019). Water Quality Indicators: An Introduction to a New Tool for Evaluating Water Quality. *Journal of Water Resource and Protection*, 6(10), 882–890. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2014.610083>
- Boateng, I., Mitchell, S., Couceiro, F., & Failler, P. (2020). An Investigation into the Impacts of Climate Change on Anthropogenic Polluted Coastal Lagoons in Ghana. *Coastal Management*, 48(6), 601–622. <https://doi.org/10.1080/08920753.2020.1803565>
- Capili, N., Marilla, J., Montes, K., & Villaseñor, F. (2021). Spatial Variability Model for Water Quality Assessment of the Physicochemical Parameters and the Water Quality Index of Laguna Lake and its Tributaries. *Journal of Physics: Conference Series*, 1803(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1803/1/012006>
- Chen, Q., Huang, M., & Tang, X. (2020). Eutrophication assessment of seasonal urban lakes in China Yangtze River Basin using Landsat 8-derived Forel-Ule index: A six-year

- (2013–2018) observation. *Science of The Total Environment*, 745, 135392.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135392>
- Congreso de la República. (1993). *Constitución Política del Perú*. Congreso de la República.
- Congreso de la República. (2005, octubre 13). *Ley General del Ambiente, Ley N° 28611*.
 Portal del Estado Peruano - Ministerio del Ambiente.
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Congreso de la República. (2009, marzo 30). *Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338*. Portal
 del Estado Peruano - Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29338.pdf>
- Cusiche, L., & Miranda, G. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional ‘Lago Junín’, Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10, 1433–1447. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1870>
- Deletic, A., & Wang, H. (2019). Water Pollution Control for Sustainable Development. *Engineering*, 5(5), 839–840. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.07.013>
- Fajardo, N. (2018). Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú. *Repositorio Institucional - UNMSM*.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/b32291e8-4bc2-41db-ac28-8b217d1546cf>
- Farhan, J., Md Fazle, R., Nusrat, S., Mst Fatema, T., Yeasmin, A., Md, S., Zulhisyam, A., Albaris, T., & Khang, G. (2023). Bioaccumulation and Bioremediation of Heavy Metals in Fishes—A Review. *Toxics*, 11(6), 510.
<https://doi.org/10.3390/toxics11060510>
- Fragoso, P., Rubiano, L., & Kerguelen, J. (2021). Análisis de variables físico-químicas en el proceso de remoción de coliformes en el sistema de lagunas de oxidación,

- Salguero, Valledupar (Colombia). *Información tecnológica*, 32(1), 113–122.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100113>
- Gianello, D., Ávila, E., Aguer, I., & Crettaz, M. (2019). Water quality assessment of a temperate urban lagoon using physico-chemical and biological indicators. *SN Applied Sciences*, 1(5), 470. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0469-5>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación* (6ta edición). Mc Graw Hill.
- Huaman, S., Lucen, M., Paredes, M., & Changanaqui, D. (2020). Evaluación de la calidad del agua de la Laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima – Perú). *South Sustainability*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.21142/SS-0102-2020-019>
- Huanaco, J., Montoya, H., Castellanos, P., & Quiroz, R. (2018). Evaluación de la diversidad del fitoplancton de la laguna La Viuda (Lima, Perú) en agosto- noviembre 2016. *Arnaldoa*, 25(3), 1027–1040. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25314>
- Khatri, N., & Tyagi, S. (2016). Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. *Frontiers in Life Science*, 8(1), 23–39. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21553769.2014.933716>
- Landero, S. (2019). *Evaluación de la calidad del agua de la laguna la pólvora en Villahermosa, Tabasco*. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/1300>
- Marín, J., Fernández, A., Flores, J., López, Y., & Corona, A. (2019). Dinámica espaciotemporal de la calidad de agua en la laguna Las Peonías (Zulia, Venezuela): 2013-2016. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 15(2), Article 2. <https://doi.org/10.18359/rfcb.4204>
- Ministerio del Ambiente. (2017, junio 7). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.- Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen

- disposiciones complementarias. *Diario El Peruano*, 10–19.
<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Okyere, E., Adu-Boahen, K., Boateng, I., Dadson, I., Boanu, N., & Kyeremeh, S. (2023). Analysis of ecological health status of the Muni Lagoon: Evidence from heavy metal content in its water and fish samples. *Geo: Geography and Environment*, 10(1).
<https://doi.org/10.1002/geo2.115>
- Oliveira, G., Oliveira, E., Santos, M., Melo, N., & Krag, M. (2018). Concentrações de metais pesados nos sedimentos do lago Água Preta (Pará, Brasil). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 23, 599–605. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018152875>
- Oscoco, R. (2022). *Estado de contaminación y actividades productivas sostenibles en la Laguna Pacucha. Andahuaylas-Apurímac*.
<http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8391>
- Pauta, G., Vázquez, G., Abril, A., Torres, C., Loja, M., & Palta, A. (2020). Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.18537/mskn.11.02.05>
- Peralta, E. (2019). Situación de la calidad de agua de la laguna Huacachina en base a indicadores biológicos. *Repositorio institucional - URP*.
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2422>
- Rascón, J., & Corroto, F. (2020). Evolución fisicoquímica y de las bacterias del azufre en microcosmos de diferentes sistemas acuáticos de la Región Amazonas. *TAYACAJA*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.46908/rict.v3i1.68>
- Roncal, M., & Barrantes, M. (2013). *Laguna San Nicolas—Namora, Cajamarca | SIAR Cajamarca | Sistema de Información Ambiental Regional de Cajamarca* (Primera edición). Oficina General de Investigación - UNC.

<https://siar.regioncajamarca.gob.pe/documentos/laguna-san-nicolas-namora-cajamarca>

- Sandoval, k. (2024). Assessment of Physicochemical Parameters in Selected Water Bodies in Laguna, Philippines. *Journal of Electrical Systems*, 20, 1463–1466. <https://doi.org/10.52783/jes.2477>
- Santos, M. (2021). *Níveis de elementos potencialmente tóxicos na água e no sururu da Lagoa Mundaú (Alagoas, Brasil): Contaminação ambiental e potencial exposição à saúde humana*. <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/8805>
- Smith, V. (2015). Eutrophication of Freshwater and Coastal Marine Ecosystems: A Global Problem. *Environmental Science & Policy*, 6(1), 3–11.
- United States Environmental Protection Agency. (2023). National Water Quality Inventory: Report to Congress. *EPA*, 1(4). <https://www.epa.gov/waterdata/national-water-quality-inventory-report-congress>
- Valles, R. (2017). Factores causales de la Eutrofización y Calidad del agua de la Laguna el Sauce – Tarapoto, 2017. *Instituto Científico Tecnológico del Ejército*. <https://repositorio.ictc.edu.pe/handle/ICTE/37>
- Vargas, H. (2018). *Cambios en la biodisponibilidad de elementos traza asociados a procesos de eutrofización en sistemas lagunares del Golfo de California*. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2368>
- Veloz, D. (2024). Planteamiento de Biorremediación y Prácticas Ancestrales en la Laguna de Colta, Chimborazo-Ecuador para Mejorar la Calidad de Agua que Sale del Sistema Lacustre. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), Article 1. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10464
- Wetzel, R. (2015). *Limnology: Lake and River Ecosystems* (Octava edición). Academic Press.

World Health Organization. (2022). *Guidelines for Drinking-water Quality*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	POBLACIÓN Y MUESTRA	METODOLOGIA	TÉCNICA E INSTRUMENTO
General: ¿Cuáles son los parámetros bacteriológicos y físico-químicos que indican contaminación en la laguna San Nicolás, distrito de Namora, Cajamarca, 2020-2021?	General: Determinar los parámetros bacteriológicos y físico-químicos como indicadores de contaminación en la laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021.	Población: Carga bacteriológica y parámetros físicoquímicos de la Laguna San Nicolás.	Tipo de investigación: Descriptiva.	Técnica: Colecta de muestras de agua. Instrumento: Fichas de recolección de datos.
Específicos 1. ¿Cuáles son los parámetros de Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Enterococos intestinales en NMP/100 mL en el agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021? 2. ¿Cuáles son los parámetros de <i>Salmonella spp</i> y <i>Vibrio cholerae</i> en N° organismo/L en el agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021? 3. ¿Cuáles son los parámetros físicoquímicos demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH), temperatura y turbiedad del agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021? 4. ¿En qué medida los parámetros bacteriológicos y físicoquímicos del agua de la Laguna San Nicolás, en el distrito de Namora, Cajamarca, durante el periodo 2020-2021, difieren de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua?	Específicos: 1. Determinar los parámetros de Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Enterococos intestinales en NMP/100 mL en el agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021. 2. Determinar los parámetros de <i>Salmonella spp</i> y <i>Vibrio cholerae</i> en N° organismo/l en el agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021. 3. Determinar los parámetros físicoquímicos demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH), temperatura y turbiedad del agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021. 4. Comparar los parámetros bacteriológicos y físico-químicos obtenidos del agua de la Laguna San Nicolás del distrito de Namora, Cajamarca, 2020 – 2021, con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.	Muestra: Veinte (20) puntos de muestreo (diez en época lluviosa y diez en época seca) de la Laguna San Nicolás.	Enfoque: Cuantitativo. Diseño: No experimental, longitudinal.	

Anexo 02: Anexo del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM del 07 de junio del 2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación, mediante el que se aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias.

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación			
Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella spp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Anexo 03: Resultados del análisis de laboratorio de las muestras de agua de la Laguna San Nicolás en época lluviosa (diciembre, 2020)



eps chavín s.a.
 Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.
 EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia Distrito Localidad Punto de muestreo Solicitado por Muestreado por Analizado por Fecha, hora/Muestreo Fecha, hora/Análisis Cód. de la Muestra	Cajamarca Namora Laguna San Nicolás 01 Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano 14/12/2020 09:00 am 16/12/2020 10:30 am EPST 071		Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM Límite máximo permisible
--	--	--	---

N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	2	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	10	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	20	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	6,8	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	15	°C	
6	Turbiedad	10	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR DISTRITO PROVINCIA SOLICITADO POR MUESTRADO POR ANALIZADO POR FECHA/HORA DE MUESTREO FECHA/HORA DE ANÁLISIS MÉTODO DE ANÁLISIS	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS NAMORA CAJAMARCA Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano 14/12/2020 09:00 am 16/12/2020 09:45 am Filtro de membranas
--	--

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	Escherichia coli NMP/100ml	Giardia duodenalis N° Organismo/L	Enterococos intestinales NMP/100ml	Salmonella spp Presencia/100 ml	Vibrio cholerae Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
01	Laguna San Nicolás	30	50	Ausencia	10	0	Ausencia




Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huancayo - Ancash
 Telefax: (043) 421141
<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	02			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	14/12/2020 09:15 am			
Fecha, hora/Análisis	16/12/2020 10:30 am			
Cód. de la Muestra	EPST 072			

N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	1	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	5	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	50	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,1	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	16	°C	
6	Turbiedad	5	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	14/12/2020 09:15 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	16/12/2020 09:45 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella</i> spp Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
02	Laguna San Nicolás	10	30	Ausencia	10	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash
Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	03			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	14/12/2020 09:30 am			
Fecha, hora/Análisis	16/12/2020 10:30 am			
Cód. de la Muestra	EPST 073			
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	2	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno.	4	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto.	50	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno.	6,9	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura.	16	°C	
6	Turbiedad	6	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	14/12/2020 09:30 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	16/12/2020 09:45 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	Escherichia coli NMP/100ml	Giardia duodenalis N° Organismo/L	Enterococos intestinales NMP/100ml	Salmonella spp Presencia/100 ml	Vibrio cholerae Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
03	Laguna San Nicolás	5	25	Ausencia	15	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash

Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	04			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	14/12/2020 09:45 am			
Fecha, hora/Análisis	16/12/2020 10:30 am			
Cód. de la Muestra	EPST 074			
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	2	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	3	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	48	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	6,8	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	14	°C	
6	Turbiedad	8	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	14/12/2020 09:45 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	16/12/2020 09:45 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella spp</i> Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
04	Laguna San Nicolás	5	25	Ausencia	20	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash

Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	05			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	14/12/2020 10:00 am			
Fecha, hora/Análisis	16/12/2020 10:30 am			
Cód. de la Muestra	EPST 075			
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	3	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	12	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	18	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,2	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	15	°C	
6	Turbiedad	15	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	14/12/2020 10:00 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	16/12/2020 09:45 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml l	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/ L	<i>Enterococcus intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella spp</i> Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml l
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
05	Laguna San Nicolás	40	60	Ausencia	20	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash
Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	06			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	14/12/2020 10:15 am			
Fecha, hora/Análisis	16/12/2020 10:30 am			
Cód. de la Muestra	EPST 076			
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	3	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	15	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	15	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,2	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	14	°C	
6	Turbiedad	15	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	14/12/2020 10:15 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	16/12/2020 09:45 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella spp</i> Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
06	Laguna San Nicolás	30	55	Ausencia	10	0	Ausencia

Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash
Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com





eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	07			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	14/12/2020 10:30 am			
Fecha, hora/Análisis	16/12/2020 10:30 am			
Cód. de la Muestra	EPST 077			
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	3	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	12	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	24	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,5	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	15	°C	
6	Turbiedad	20	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	14/12/2020 10:30 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	16/12/2020 09:45 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella spp</i> Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
07	Laguna San Nicolás	30	70	Ausencia	10	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash

Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	08			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	14/12/2020 10:45 am			
Fecha, hora/Análisis	16/12/2020 10:30 am			
Cód. de la Muestra	EPST 078			
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	3	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	12	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	24	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,5	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	15	°C	
6	Turbiedad	20	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	14/12/2020 10:45 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	16/12/2020 09:45 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella</i> spp Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
08	Laguna San Nicolás	40	65	Ausencia	10	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huanaz - Ancash
Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	09			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	14/12/2020 11:00 am			
Fecha, hora/Análisis	16/12/2020 10:30 am			
Cód. de la Muestra	EPST 079			
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	1	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	5	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	45	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,1	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	14	°C	
6	Turbiedad	15	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	14/12/2020 11:00 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	16/12/2020 09:45 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	Escherichia coli NMP/100ml	Giardia duodenalis N° Organismo/L	Enterococos intestinales NMP/100ml	Salmonella spp Presencia/100 ml	Vibrio cholerae Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
09	Laguna San Nicolás	5	30	Ausencia	15	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash

Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	10			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	14/12/2020 11:15 am			
Fecha, hora/Análisis	16/12/2020 10:30 am			
Cód. de la Muestra	EPST 080			
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	1	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	5	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	50	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,1	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	15	°C	
6	Turbiedad	23	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	14/12/2020 11:15 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	16/12/2020 09:45 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella spp</i> Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
10	Laguna San Nicolás	5	25	Ausencia	20	0	Ausencia

Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash
Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



Anexo 04: Resultados del análisis de laboratorio de las muestras de agua de la Laguna San Nicolás en época seca (setiembre, 2021)



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	01			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	06/09/2021 10:00 am			
Fecha, hora/Análisis	08/09/2021 09:15 am			
Cód. de la Muestra	EPST 024			
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	3	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	15	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	15	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,4	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	15	°C	
6	Turbiedad	15	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	06/09/2021 10:00 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	08/09/2021 08:40 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella</i> spp Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
01	Laguna San Nicolás	100	90	Ausencia	30	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash

Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	02			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	06/09/2021 10:15 am			
Fecha, hora/Análisis	08/09/2021 09:15 am			
Cód. de la Muestra	EPST 025			
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	3	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	7	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	40	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,3	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	16	°C	
6	Turbiedad	10	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTREADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	06/09/2021 10:15 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	08/09/2021 08:40 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella spp</i> Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
02	Laguna San Nicolás	50	40	Ausencia	10	0	Ausencia

Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash

Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com





eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	03			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	06/09/2021 10:30 am			
Fecha, hora/Análisis	08/09/2021 09:15 am			
Cód. de la Muestra	EPST 026			

N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	2	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	6	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	50	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,2	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	15	°C	
6	Turbiedad	10	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	06/09/2021 10:30 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	08/09/2021 08:40 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella spp</i> Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
03	Laguna San Nicolás	30	25	Ausencia	10	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash

Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia Distrito Localidad Punto de muestreo Solicitado por Muestreado por Analizado por Fecha, hora/Muestreo Fecha, hora/Análisis Cód. de la Muestra	Cajamarca Namora Laguna San Nicolás 04 Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano 06/09/2021 10:45 am 08/09/2021 09:15 am EPST 027		Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM Límite máximo permisible	
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	3	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	8	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	45	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,3	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	16	°C	
6	Turbiedad	15	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR DISTRITO PROVINCIA SOLICITADO POR MUESTRADO POR ANALIZADO POR FECHA/HORA DE MUESTREO FECHA/HORA DE ANÁLISIS MÉTODO DE ANÁLISIS	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS NAMORA CAJAMARCA Bigo. César A. Soplapuco Sarmiento Bigo. César A. Soplapuco Sarmiento Bigo. Wilton Oriel Mera Urbano 06/09/2021 10:45 am 08/09/2021 08:40 am Filtro de membranas
--	--

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella</i> spp Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
04	Laguna San Nicolás	30	25	Ausencia	8	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash

Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Limite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	05			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	06/09/2021 11:00 am			
Fecha, hora/Análisis	08/09/2021 09:15 am			
Cód. de la Muestra	EPST 028			

N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	3	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	15	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	22	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,2	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	14	°C	
6	Turbiedad	18	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	06/09/2021 11:00 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	08/09/2021 08:40 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella</i> spp Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Limite máx.: 200	Limite máx.: Ausencia	Limite máx.: Ausencia	Limite máx.: 200	Limite máx.: 0	Limite máx.: Ausencia
05	Laguna San Nicolás	130	100	Ausencia	40	0	Ausencia

Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash
Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com





eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	06			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	06/09/2021 11:15 am			
Fecha, hora/Análisis	08/09/2021 09:15 am			
Cód. de la Muestra	EPST 029			
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	3	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	20	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	20	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,3	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	15	°C	
6	Turbiedad	25	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERÍO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	06/09/2021 11:15 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	08/09/2021 08:40 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella</i> spp Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
06	Laguna San Nicolás	100	80	Ausencia	20	0	Ausencia

Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash
Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavins@epschavin.com





eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	07			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	06/09/2021 11:30 am			
Fecha, hora/Análisis	08/09/2021 09:15 am			
Cód. de la Muestra	EPST 030			

N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	3	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	20	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	25	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,3	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	14	°C	
6	Turbiedad	30	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	06/09/2021 11:30 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	08/09/2021 08:40 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	Escherichia coli NMP/100ml	Giardia duodenalis N° Organismo/L	Enterococos intestinales NMP/100ml	Salmonella spp Presencia/100 ml	Vibrio cholerae Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
07	Laguna San Nicolás	150	110	Ausencia	20	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huasraz - Ancash
Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	08			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	06/09/2021 11:45 am			
Fecha, hora/Análisis	08/09/2021 09:15 am			
Cód. de la Muestra	EPST 031			
N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	3	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	18	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	20	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,2	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	16	°C	
6	Turbiedad	30	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERÍO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	06/09/2021 11:45 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	08/09/2021 08:40 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella</i> spp Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
08	Laguna San Nicolás	110	90	Ausencia	20	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash
Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Limite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	09			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	06/09/2021 12:00 pm			
Fecha, hora/Análisis	08/09/2021 09:15 am			
Cód. de la Muestra	EPST 032			
Nº	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	2	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	10	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	40	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,4	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	15	°C	
6	Turbiedad	20	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERÍO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	06/09/2021 12:00 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	08/09/2021 08:40 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF. TERMOT. NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella</i> spp. Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Limite máx.: 200	Limite máx.: Ausencia	Limite máx.: Ausencia	Limite máx.: 200	Limite máx.: 0	Limite máx.: Ausencia
09	Laguna San Nicolás	35	30	Ausencia	10	0	Ausencia



Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huazas - Ancash
Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



eps chavín s.a.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A.

EMPRESA MUNICIPAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	Cajamarca			Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua DS-004-2017-MINAM
Distrito	Namora			Límite máximo permisible
Localidad	Laguna San Nicolás			
Punto de muestreo	10			
Solicitado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Muestreado por	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento			
Analizado por	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano			
Fecha, hora/Muestreo	06/09/2021 12:20 pm			
Fecha, hora/Análisis	08/09/2021 09:15 am			
Cód. de la Muestra	EPST 033			

N°	PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	
1	Demanda bioquímica de oxígeno	3	mg/L	5
2	Demanda química de oxígeno	15	mg/L	30
3	Oxígeno disuelto	40	mg/L	≥5
4	Potencial de hidrógeno	7,3	Unidad de pH	6,0 a 9,0
5	Temperatura	14	°C	
6	Turbiedad	30	UNT	100

REPORTE DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

DATOS DE MUESTRA

LUGAR	CASERIO LAGUNA SAN NICOLÁS
DISTRITO	NAMORA
PROVINCIA	CAJAMARCA
SOLICITADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
MUESTRADO POR	Blgo. César A. Soplapuco Sarmiento
ANALIZADO POR	Blgo. Wilton Oriel Mera Urbano
FECHA/HORA DE MUESTREO	06/09/2021 12:20 am
FECHA/HORA DE ANÁLISIS	08/09/2021 08:40 am
MÉTODO DE ANÁLISIS	Filtro de membranas

RESULTADOS

PUNTO DE MUESTREO	DIRECCIÓN DE LA MUESTRA	COLIF TERMOT NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> NMP/100ml	<i>Giardia duodenalis</i> N° Organismo/L	<i>Enterococos intestinales</i> NMP/100ml	<i>Salmonella spp</i> Presencia/100 ml	<i>Vibrio cholerae</i> Presencia/100ml
		Límite máx.: 200	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: Ausencia	Límite máx.: 200	Límite máx.: 0	Límite máx.: Ausencia
10	Laguna San Nicolás	40	30	Ausencia	10	0	Ausencia

Av. Diego Ferrer S/N° Soledad Alta - Huaraz - Ancash
Telefax: (043) 421141

<http://www.epschavin.com> <http://epschavin.blogspot.com> epschavinsa@epschavin.com



Apéndice 01: Propuesta técnica para el monitoreo y gestión ambiental en la laguna San Nicolás, distrito de Namora, Cajamarca.

1. Objetivo

El objetivo es desarrollar una propuesta técnica para el monitoreo de la calidad del agua en la Laguna San Nicolás, ubicada en el distrito de Namora, Cajamarca. Se busca evaluar los parámetros bacteriológicos y físico-químicos como indicadores de contaminación en el cuerpo de agua, en el contexto de la influencia de actividades humanas y naturales durante los años 2020 y 2021.

2. Marco Teórico

2.1. Contaminación del agua

La contaminación del agua se refiere a la introducción de sustancias nocivas que alteran la calidad del agua y representan un riesgo para la salud pública y los ecosistemas. Los contaminantes incluyen microorganismos patógenos y sustancias químicas que afectan los procesos biológicos y físicos del agua.

2.2. Parámetros bacteriológicos

Indicadores como coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, y enterococos intestinales son cruciales para determinar la presencia de contaminación fecal y patógenos asociados con enfermedades transmisibles por el agua.

2.3. Parámetros físico-químicos

Se incluyen indicadores como la DBO, DQO, OD, pH, temperatura y turbidez, los cuales permiten evaluar la salubridad y las condiciones del ecosistema acuático.

2.4. Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Los ECA para el agua, establecidos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, sirven como criterios para evaluar la calidad del agua y asegurar que cumpla con los parámetros adecuados para usos recreativos y ecológicos.

3. Metodología de trabajo

3.1. Técnicas de muestreo

Se utilizarán técnicas de muestreo sistemático y aleatorio en temporadas lluviosas y secas. Los puntos de muestreo se seleccionarán en áreas con y sin actividad humana para evaluar el impacto de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua.

3.2. Análisis de laboratorio

Las muestras de agua serán enviadas a laboratorios certificados para realizar análisis bacteriológicos y físico-químicos. Los resultados se compararán con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

3.3. Evaluación estadística

Se realizará un análisis descriptivo y de normalidad para determinar la distribución de los datos y evaluar la significancia estadística de las diferencias observadas entre las muestras de diferentes épocas y zonas.

4. Productos por presentar

4.1. Producto 1

Informe sobre los parámetros bacteriológicos y físico-químicos analizados en las muestras de agua durante la época lluviosa y seca, con un análisis comparativo con los estándares de calidad establecidos.

- Actividad: Recolección y análisis de muestras.
- Producto: Informe con los resultados del monitoreo.

4.1. Producto 2

Propuesta de gestión y estrategias de conservación de la calidad del agua en la laguna, incluyendo acciones de mitigación para actividades antropogénicas y recomendaciones para un manejo sostenible.

- Actividad: Desarrollo de estrategias de conservación basadas en los resultados obtenidos.
- Producto: Propuesta de gestión ambiental.

4.2. Producto 3

Cronograma detallado para la implementación del monitoreo continuo y la implementación de medidas correctivas, incluyendo un plan de educación y sensibilización a las comunidades locales.

- Actividad: Diseño e implementación de un plan de monitoreo y educación ambiental.
- Producto: Cronograma y plan de implementación.

5. Sugerencias

Para mejorar los servicios de monitoreo y gestión de la Laguna San Nicolás, se recomienda la implementación de las siguientes medidas adicionales:

- Monitoreo continuo

Establecer un sistema de monitoreo continuo de los parámetros bacteriológicos y físico-químicos, con un enfoque en la temporada seca, cuando los niveles de contaminación tienden a ser más altos debido a la actividad humana.

- Educación ambiental

Desarrollar campañas de sensibilización dirigidas a las comunidades locales y turistas para reducir la contaminación fecal y promover el manejo adecuado de residuos.

- Promoción de Turismo Sostenible

El turismo sostenible es una alternativa viable para equilibrar la protección ambiental y el desarrollo económico en la Laguna San Nicolás. Según la Ley N° 28611, las actividades económicas deben desarrollarse sin comprometer la calidad ambiental y los recursos naturales. Esto incluye establecer límites de capacidad turística para evitar la saturación del ecosistema, diseñar senderos controlados para minimizar el impacto en áreas sensibles, y promover prácticas sostenibles entre operadores turísticos, como el manejo adecuado de residuos.

También es esencial fomentar actividades turísticas educativas que informen a los visitantes sobre la importancia de preservar la laguna, su biodiversidad y el papel que desempeña en la calidad de vida local.

6. Referencias bibliográficas

- Oscro, R. (2022). Estado de contaminación y actividades productivas sostenibles en la Laguna Pacucha. Andahuaylas-Apurímac. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8391>
- Pauta, G., Vázquez, G., Abril, A., Torres, C., Loja, M., & Palta, A. (2020). Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.18537/mskn.11.02.05>
- Gianello, D., Ávila, E., Aguer, I., & Crettaz, M. (2019). Water quality assessment of a temperate urban lagoon using physico-chemical and biological indicators. *SN Applied Sciences*, 1(5), 470. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0469-5>

7. Cronograma de actividades

Producto	Mes 01	Mes 02	Mes 03
Producto 01	X	X	
Producto 02		X	X
Producto 03			X

Apéndice 02: Toma de muestra de agua en la Laguna San Nicolás. Coordenadas - 7.232728629476681 de latitud sur y -78.35231034264145 (sin actividad humana).



Apéndice 03: Toma de muestra de agua en la Laguna San Nicolás. Coordenadas - 7.233932220418655 de latitud sur y -78.35196844173282, próximo al centro turístico “Isla del amor”.



Apéndice 04: Toma de muestra de agua en la Laguna San Nicolás. Coordenadas: -7.234776975690422 de latitud sur y -78.3441774427841 de longitud oeste (sin actividad humana).

