



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRICOLA



**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS PARA
DETERMINAR EL NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
DEL RIO TOROCOCHA DE JULIACA 2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

BRIGETTE PAOLA PARI LIMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRICOLA

PUNO - PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISI
COQUÍMICOS PARA DETERMINAR EL NI
VEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL D
EL RIO TOROCOCHA DE JULIACA 2023**

AUTOR

BRIGETTE PAOLA PARI LIMA

RECuento DE PALABRAS

24299 Words

RECuento DE CARACTERES

117502 Characters

RECuento DE PÁGINAS

110 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.0MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 28, 2024 4:24 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 28, 2024 4:26 PM GMT-5

● **19% de similitud general**

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

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)



Percy Arturo Ginez Choque



Resumen



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación le dedico a nuestro señor Dios, por darme la fuerza espiritual y la voluntad necesaria para seguir adelante y alcanzar mi ansiado anhelo.

A mis queridos padres y a mi familia en general por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado siempre

Brigette Paola Pari Lima



AGRADECIMIENTOS

Mi mayor agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano y a la Facultad de Ingeniería Agrícola y la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de iniciar mi carrera profesional en cuyas aulas me formé profesionalmente.

De igual manera, agradecer a todos los Docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola, que con su valiosa enseñanza y disposición lograron formar mi camino profesional.

A mi Director de Tesis: M. Sc. Percy Arturo Ginez Choque por su apoyo, comprensión y paciencia para culminar mi trabajo de investigación.

Brigette Paola Pari Lima



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.1.1. Problema general.....	20
1.1.2. Problemas específicos	20
1.2. HIPOTESIS	21
1.2.1. Hipotesis general.....	21
1.2.2. Hipótesis específicas	21
1.3. JUSTIFICACION	21
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.4.1. Objetivo general	22
1.4.2. Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	23



2.1.1.	Antecedentes Internacionales	23
2.1.2.	Antecedente Nacional	25
2.2.	MARCO TEÓRICO	31
2.2.1.	Agua	31
2.2.2.	Calidad de agua	31
2.2.3.	Parámetros fisicoquímicos de las agua del rio	32
2.2.4.	Caudal del rio	33
2.2.5.	Temperatura de las aguas del rio.....	34
2.2.6.	Potencial hidrogeno del agua pH	36
2.2.7.	Transparencia de las aguas del rio	36
2.2.8.	Solidos suspendidos	37
2.2.9.	Parametros orgánicos del agua como indicador del contaminante	38
2.2.10.	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).....	38
2.2.11.	Demanda química de oxígeno (DQO).....	39
2.3.	MARCO LEGAL	40
2.3.1.	Constitución política del Perú 1993	40
2.3.2.	Ley N° 28611. Ley General del ambiente (2005)	40
2.3.3.	Ley N°29338. Ley de Recursos Hídricos	41
2.3.4.	Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.....	42

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	43
3.2.	CARACTERISTICAS DEL RIO TOROCOCHA.....	44
3.3.	CARACTERIZACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	45
3.4.	CARACTERISTICA CLIMATICAS DE LA ZONA.....	46



3.5.	POBLADORES DE LA CIUDAD DE JULIACA.....	46
3.6.	METODOLOGIA POR OBJETIVOS ESPECIFICOS	47
3.6.1.	(OE1) Determinación de los parámetros fisicoquímicos de las aguas del rio de Torococha.	48
3.6.1.1.	Determinación del caudal.....	48
3.6.1.2.	Determinación de la temperatura.	49
3.6.1.3.	Determinación del nivel de pH.	49
3.6.1.4.	Determinación de la transparencia.	50
3.6.1.5.	Determinación de los sólidos suspendidos.....	51
3.6.2.	(OE2) Determinación de los niveles de contaminación orgánica considerando como indicadores la DBO y DQO en el rio de Torococha.	51
3.6.2.1.	Determinación de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO ₅)...	51
3.6.2.2.	Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO).....	52
3.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS PARA DIFERENTES PARÁMETROS	53
3.7.1.	Experimento factorial.....	53
3.7.2.	Prueba de rango múltiple de Duncan	54

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	EVALUACION DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL RIO DE TOROCOCHA DE JULIACA.....	56
4.1.1.	Caudal (m ³ /s) evaluado en las estaciones del año 2023 (m ³ /s).....	56
4.1.2.	Temperatura (°C) evaluado del rio de Torococha de Juliaca.	60
4.1.3.	pH evaluado en el rio Torococha de Juliaca.	66



4.1.4. Valores de transparencia (%)	70
4.1.5. Valores de solidos suspendidos (mg/l).....	74
4.2. NIVELES DE DBO₅ Y DQO COMO INDICADORES DE CONTAMINACION ORGANICA EN EL RIO DE TOROCOCHA- JULIACA.....	78
4.2.1. Valores de DBO ₅	78
4.2.2. Valores de DQO	82
4.3. DISCUSIÓN	86
V. CONCLUSIONES	88
VI. RECOMENDACIONES.....	89
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS.....	93

Area: Ciencias de la Ingenieria

Línea: Recursos Naturales y Medio Ambiente

FECHA DE SUSTENTACION:30 de octubre, 2024.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Esquema del Análisis de variancia adoptado al arreglo de factorial 2^2	54
Tabla 2 Análisis de variancia de los niveles de caudal (m^3/s) del rio Torococha-Juliaca.	57
Tabla 3 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el caudal ($Q = m^3/s$) del factor zona de muestreo del rio de Torococha.....	58
Tabla 4 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor estación del año variable caudal ($Q=m^3/s$) del rio de Torococha Juliaca.	58
Tabla 5 Interacción zona por mes para el caudal ($Q=m^3/s$) del rio Torococha Juliaca.	60
Tabla 6 Análisis de variancia de los niveles de temperatura ($^{\circ}C$) del rio Torococha...	61
Tabla 7 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor zona de temperatura ($^{\circ}C$) del rio de Torococha	62
Tabla 8 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor mes de muestreo de temperatura ($^{\circ}C$) del rio de Torococha	63
Tabla 9 Interacción zona por mes para el muestreo de temperatura ($^{\circ}C$) del rio Torococha de Juliaca.....	65
Tabla 10 Análisis de variancia de los niveles de pH del rio Torococha de Juliaca	66
Tabla 11 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor zona de pH del rio de Torococha	67
Tabla 12 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor mes de pH del rio de Torococha Juliaca	68
Tabla 13 Interacción zona por mes para el nivel de pH del rio Torococha Juliaca	69
Tabla 14 Análisis de variancia de los niveles de valores de transparencia (%) del rio Torococha	71



Tabla 15 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor zona de nivel de transparencia (%) del rio de Torococha Juliaca.	72
Tabla 16 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor mes de transparencia (%) del rio de Torococha Juliaca.	72
Tabla 17 Interacción zona por mes niveles de transparencia (%) del rio de Torococha de Juliaca.	74
Tabla 18 Análisis de variancia de los niveles de solidos suspendidos (mg/l) del rio Torococha	75
Tabla 19 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor zona de solidos suspendidos (mg/l) del rio de Torococha de Juliaca.	76
Tabla 20 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor mes de solidos suspendidos (mg/l) del rio de Torococha de Juliaca	76
Tabla 21 Interacción zona por mes para solidos suspendidos(mg/l) del rio de Torococha de Juliaca.....	78
Tabla 22 Análisis de variancia de los niveles de DBO ₅ del rio Torococha Juliaca	79
Tabla 23 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor zona (DBO ₅) del rio de Torococha	80
Tabla 24 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor mes de DBO ₅ del rio de Torococha	80
Tabla 25 Interacción zona por mes de DBO ₅ del rio de Torococha	82
Tabla 26 Análisis de variancia de los niveles de DQO del rio Torococha	83
Tabla 27 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor zona de DQO del rio de Torococha	83
Tabla 28 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor mes de DQO del rio de Torococha	84



Tabla 29 Interacción zona por mes para la DQO del rio Torococha de juliaca..... 86



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Ubicación geográfica del río Torococha Juliaca.....	45
Figura 2 Variación de los niveles de caudal (m ³ /s) del río Torococha Juliaca	59
Figura 3 Niveles de temperatura del río Torococha	64
Figura 4 Niveles de pH del río Torococha	68
Figura 5 Valores porcentuales de transparencia.....	73
Figura 6 Contenido de los sólidos suspendidos de las aguas del río Torococha.....	77
Figura 7 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	81
Figura 8 Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	85



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1:	Programa de Sistema de Análisis Estadístico (SAS 9.20) caudal ($Q = m^3/s$)	94
Anexo 2:	Resultados de Análisis de Varianza de Caudal.....	95
Anexo 3:	Resultado de Análisis de variancia para temperatura ($^{\circ}C$)	96
Anexo 4:	Análisis de variancia de Ph del agua del rio Torococha	97
Anexo 5:	Análisis de variancia de transparencia (%).....	98
Anexo 6:	Análisis de variancia de solidos suspendidos	100
Anexo 7:	Análisis de variancia de Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)	101
Anexo 8:	Análisis de variancia de Demanda Química de Oxigeno (DQO)	102
Anexo 9:	Características de datos meteorológicas de la estación Juliaca	104
Anexo 10:	Declaración jurada de autenticidad de tesis	109
Anexo 11:	A autorización para el Repositorio de tesis en el Repositorio Institucional	110



ACRÓNIMOS

ADVC	Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación
ANA	Autoridad Nacional del Agua
ANP	Área Natural Protegida
CCA	Comisión de Cooperación Ambiental
CCC	Consejo de Cambio Climático
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CFC	Clorofluorocarbonos
CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CORTE IDH	Corte Interamericana de Derechos Humanos
DBO	Demanda bioquímica de Oxígeno
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ECA	Estándares de Calidad Ambiental
EIA	Evaluación del Impacto Ambiental
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
ICA	Índice de Calidad de Agua
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
ISO	Organización Internacional para la Normalización
LMP	Límites Máximos Permisibles
OD	Oxígeno Disuelto
ONU	Organización de las Naciones Unidas



PECC Programa Especial de Cambio Climático

UNESCO Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la
Cultura



RESUMEN

La presente investigación se realizó en el río Torococha de Juliaca, en las estaciones de verano otoño e invierno del año 2023, y se evaluó en tres zonas de muestreo y cuyo objetivo planteado fue: Evaluar las propiedades físicoquímico y considerando como indicadores la DBO₅ y DQO de las aguas del río. La recolección de muestras de se efectuó de acuerdo a las metodologías establecidas por las normas vigentes. El resultado del trabajo se ha llegado a concluir que el mayor promedio de transparencia se encontró los valores de mayor caudal en la estación de verano (enero) $Q = 1.5325 \text{ m}^3/\text{s}$ y el menor caudal $Q = 1.0600 \text{ m}^3/\text{s}$; así mismo en cuanto se refiere la transparencia en la misma estación con un valor 15.44%. Debido a la topografía plana de Juliaca, las zonas de estudio han mostrado diferencias estadísticas significativas. La Zona 2 presentó los niveles más altos de sólidos suspendidos en promedio (187.439 mg/l) y enero registró los niveles más altos de (191.9000 mg/l). La Zona 3 registró las temperaturas más altas (13.4675°C) y el mes de abril registró las temperaturas más bajas (12.89°C). Los niveles de pH se mantienen entre los valores establecidos en los ECA para el riego de vegetales y bebidas de animales (6.5 a 8.5). Debido a su mayor capacidad de contenido de agua retenida, la Zona 3 tiene el caudal promedio más alto ($Q = 7.5342 \text{ m}^3/\text{s}$). Los promedios obtenidos presentaron una DBO₅ (69.200 mg/l) que sobrepasan los niveles establecidos por los ECA ($\geq 15 \text{ mg/l}$). Los promedios obtenidos presentaron una DQO (100.799 mg/l) que sobrepasan los niveles establecidos por los ECA (40 mg/l)

Palabras Clave. Contaminación orgánica, Demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno. río Torococha.



ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Torococha River of Juliaca, in the summer, autumn and winter seasons of the year 2023, and was evaluated in three sampling areas and whose objective was: Evaluate the physicochemical properties and considering the BOD5 and COD as indicators in the Torococha river of Juliaca. The collection of samples was carried out according to established methodologies. The result of the thesis concludes that the highest average transparency was found in the values of the highest flow in the summer season (January) $Q = 1.5325 \text{ m}^3/\text{s}$ and the lowest flow $Q = 1.0600 \text{ m}^3/\text{s}$; likewise as far as transparency is concerned in the same station with a value of 15.44%. The study areas have demonstrated a statistically significant difference due to the presence of flat topography of the city of Juliaca. The highest average of total suspended solids occurred in Zone 2 (187.439 mg/l) and in the month of January (191.9000 mg/l). The highest average temperature was presented by Zone 3 (13.4675°C) and the month of April (12.89°C). The pH levels are maintained between the values established in the ECA (6.5 to 8.5) qualified for irrigation of vegetables and animal drinks. The highest average for the flow is presented by Zone 3 ($Q = 7.5342 \text{ m}^3/\text{s}$), this due to the greater capacity for retained water content that Zone 3 has. The averages obtained presented a BOD5 (69,200 mg/l) that exceed the levels established by the RCTs ($\geq 15 \text{ mg/l}$). The averages obtained presented a COD (100,799 mg/l) that exceeds the levels established by the RCTs (40 mg/l)

Keywords. Organic pollution, biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand. Torococha river.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las comunidades cercanas al proyecto minero Santo Domingo (MINSUR S.A.) en el distrito de Nuñoa, en la provincia de Melgar, se opusieron al proyecto en 2016. Argumentaron que las actividades mineras tendrían un impacto negativo en los recursos hídricos que abastecen a la población campesina, ya que se encuentran en la cabecera de la cuenca (Cutipa, 2015).

En la región quechua de la cuenca del Lago Titicaca, estos son solo algunos ejemplos, mientras que en los territorios habitados por la población aymara, no hay actividad minera desarrollada, sino que se llevan a cabo otras actividades como la agricultura, ganadería, piscicultura y otras urbes importantes.

El proyecto minero Santa Ana en el sur de la cuenca del Titicaca fue cancelado por el gobierno debido a los conflictos sociales conocidos como el "Aymarazo". Según un decreto supremo publicado en el diario oficial El Peruano, la empresa canadiense Bear Creek deberá pagar una indemnización de S/ 108 394 504,00.

Como antecedente se tiene el D.S. N° 075-2013 – PCM, indica que, la cuenca del Lago Titicaca viene siendo impactada por el vertido de aguas residuales de actividades extractivas formales e informales, así como aguas residuales domésticas de poblaciones situadas en el ámbito de la cuenca, aguas sin tratamiento alguno, por lo que superan los estándares de calidad ambiental (ECA) de agua establecidos en la normativa vigente; mencionan, casos de los ríos Ramis y Suches, con elevadas concentraciones de metales y sedimentos, provenientes de actividades mineras. Si bien hubo iniciativas legislativas que favorecían el control y recuperación de las condiciones ambientales en la cuenca del



Titicaca, algunas dispersas y poco coordinadas, no fueron eficientes. En 1972 se construyó, lagunas de tratamiento para una ciudad, entonces solo con 30 mil habitantes; en el 2000, el Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PELT) desarrolló programas de reproducción controlada y repoblación de especies nativas.

En el 2004 el GORE Puno, ejecutó un programa de manejo y conservación ambiental del lago Titicaca; posteriormente, en el 2004, el programa de apoyo a la conservación y manejo de la biodiversidad; en el 2005, el Ministerio de Agricultura realizó el proyecto de recuperación y conservación de ecosistemas de bofedales; en el 2007, el GORE Puno ejecutó el proyecto de desarrollo de capacidades para el ordenamiento territorial en la región.

La municipalidad provincial de Yunguyo, fue la única que ejecutó un proyecto de mejoramiento de sistema de agua potable y saneamiento; en el 2010, se instalaron aireadores en la bahía interior de Puno, por parte de la Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT); en el 2011, la Municipalidad Provincial de Puno, por intermedio del Programa Especial Bahía Interior del Titicaca, se empleó microorganismos efectivos para que ayuden a transformar el nitrógeno y fósforo en compuestos más simples, sin obtener los resultados esperados (MINAM, 2013).

En el altiplano de Puno, en la actualidad, la contaminación de las fuentes de agua se constituye como el principal detonante de conflictos socioambientales, tal es el caso de la presencia de la ciudad de Juliaca con sus diferentes actividades humanas y las actividades de la minería informal, que en los últimos años es la que mayores conflictos por contaminación de fuentes de agua ha generado, como los casos del río Torococha (Robles, 2015).



Según (Barbara, 2002), la contaminación puede ser de origen natural o antrópico. Sagardoy (1993) indica que la actividad agrícola contribuye con tres tipos de contaminación: componentes químicos, organismos vivos y sólidos en suspensión. Los elementos químicos provienen, principalmente, de la fertilización, plaguicidas y también del agua de riego, que, en concentraciones elevadas, pueden constituir un problema serio y un peligro potencial para los usuarios del agua. Las malas prácticas de riego producen un efecto negativo.

Los sólidos en suspensión, provienen de la erosión del suelo que resultan de malas prácticas agrícolas, labranza, deforestación, sobrepastoreo y otras; la urbanización, también, altera físicamente el paisaje, la hidrología de la cuenca, generando efectos negativos en la calidad del agua (Kennen y otros, 2010). Para algunos autores, la tierra es un componente del paisaje que cumple un rol fundamental en la generación de contaminantes (Giri & Qiu, 2016).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Problema general

¿De qué manera los niveles de carga orgánica influyen en la contaminación en las cuatro estaciones y cuatro zonas en el río de Torococha de la ciudad de Juliaca?

1.1.2. Problemas específicos

¿Qué características tienen los principales parámetros físico químicos está influenciado por la variación de los elementos climáticos en el río de Torococha de la ciudad de Juliaca?



¿De qué manera influye los parámetros de las DBO y DQO en las cuatro estaciones y tres zonas en la contaminación del año en el río de Torococha de la ciudad de Juliaca?

1.2. HIPOTESIS

1.2.1. Hipotesis general

Las características fisicoquímicas determinan el nivel de contaminación en base a los indicadores la DBO y DQO en las cuatro estaciones y tres zonas del año en el río de Torococha de la ciudad de Juliaca.

1.2.2. Hipótesis específicas

Los principales parámetros fisicoquímicos están determinados por el grado de contaminación del río de Torococha de la ciudad de Juliaca.

Los niveles de contaminación orgánica están determinados por las DBO y DQO en las estaciones y zonas de muestreo en el río de Torococha de la ciudad de Juliaca.

1.3. JUSTIFICACION

La búsqueda de soluciones integrales en el altiplano de Puno, donde se encuentran las unidades hidrográficas del Titicaca, resulta complicada debido a la variedad de actores involucrados. La Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT) tiene como objetivo establecerse como un referente internacional en la gestión de cuencas transfronterizas y administrarlas de manera eficiente.



1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Determinar los niveles de contaminación orgánica en base de las características fisicoquímicos y considerando como indicadores la DBO y DQO en las cuatro estaciones y tres zonas del año en el río de Torococha de la ciudad de Juliaca.

1.4.2. Objetivos específicos

Evaluar los principales parámetros fisicoquímicos en función de los elementos climáticos actuales del río de Torococha de la ciudad de Juliaca.

Determinar los niveles de contaminación orgánica considerando como indicadores la DBO y DQO en las cuatro estaciones y tres zonas del año en el río de Torococha de la ciudad de Juliaca.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Chaco y Lopez (2017) llevaron a cabo una investigación en Bogotá, Colombia, con el objetivo de analizar el índice de calidad de agua del sector occidental Guaymaral desde una perspectiva espaciotemporal. Para lograr esto, utilizaron dos métodos de medición: El Estudio Nacional del Agua ICA UWQIIDEAM adoptó la metodología.

Según Samboni et al. (2007), el Índice de Calidad del Agua de la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos, también conocido como ICA-NSF, actualmente se utiliza para monitorear la calidad del agua en los ríos. El índice seleccionó nueve variables cruciales: OD, coliformes fecales, pH, DBO5, SDT, NO₃-N, fosfatos, temperatura y turbidez. El pH, OD y DBO son las variables más utilizadas para evaluar la física y química del agua a partir de indicadores.

Universal Water Quality Index) y el ICA CWQI-SDA (que adoptó la metodología canadiense CWQI por la Secretaría Distrital de Ambiente). "Seleccionaron cuatro puntos para monitorear, evaluando parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto, pH, conductividad, DBO, DQO, N, P, coliformes fecales, SST, tensoactivos, grasas y aceites". La mayoría de los puntos de monitoreo evaluados con UWQI-IDEAM recibieron una evaluación regular, mientras que CWQI-SDA recibió una evaluación baja. Concluyeron



que UWQI-IDEAM y CWQISDA son útiles para evaluar el uso específico del agua.(Mahagamage & Manage, 2014), analizaron la calidad de agua del río Kelani, Sri Lanka, en el continente de Asia, con el objetivo de “evaluar la aplicación del Índice de Calidad del Agua CCME para monitorear los cambios en la calidad de agua superficial en la cuenca del río Kelani para consumo, recreativo, riego y ganado”. No obstante, también en dicho estudio, “se analizaron veintisiete puntos, debido a que el recurso en esta zona es utilizado para distintos usos.

Utilizaron el índice de calidad de agua del CCME WQI del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente para evaluar varios factores, incluido el pH, el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica, la dureza, los sólidos disueltos, la demanda biológica y química de oxígeno, el nitrato, el nitrito, el fosfato total, los coliformes característicos, los coliformes totales, el aluminio, el cadmio, el plomo, el zinc, el

En el año 2014, Maldonado llevó a cabo un seguimiento de la calidad del agua en el río Malacatos, ubicado en la ciudad de Loja, Ecuador. En la investigación, el autor descubre que se establecieron nueve puntos de observación en la desembocadura del río Malacatos, y las concentraciones obtenidas fueron comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por la ley.

Los ríos estudiados tuvieron temperaturas promedio de $28,8 \pm 1,84^{\circ}\text{C}$. Los valores de pH del agua estaban cerca de la neutralidad, entre 6,28 y 8,04. El valor promedio global estimado de Sólidos Suspendidos Totales (SST) para todos los ríos fue de 250,03 mg/l, lo que puede considerarse bajo para la



mayoría de los ríos. Los ríos Motatán, Chama, Catatumbo y Santa Ana se clasificaron como ríos no contaminados porque las concentraciones de DBO5 eran por debajo de 2 mg/l.

Las diferencias entre los valores de DBO5 con relación al resto de los ríos por encima de 2 mg/l pueden ser explicados por la baja velocidad en los mismos, lo cual puede aumentar la acumulación de materia orgánica. La DQO presentó valores altos (38,27 mg/l – 46,66 mg/l) para los ríos Birimbay, Catatumbo y Santa Ana. La relación DBO5/ DQO en los ríos varió entre 0,006 a 0,394 mg/l indicando una alta cantidad de material biodegradable.

2.1.2. Antecedente Nacional

Perez, (2017), en el contexto objetivo del estudio realizado en Lambayeque, se planteó “determinar los niveles de contaminación de las aguas residuales del Centro Poblado Huaca Blanca y su efecto en la Calidad del Agua del Río Chancay” (p. 33). Se determinaron establecer tres puntos de muestreo: el primero responde a aguas arriba de la desembocadura de las aguas residuales, luego en el vertimiento puntual antes de unirse con las aguas del río Chancay y el tercero responde a las aguas debajo de la desembocadura, analizando diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Los resultados del programa de monitoreo evidenciaron altos niveles de contaminación que superan las tolerancias de los Límites Máximos Permisibles (LMP) en el vertimiento y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA A1, A2, y A3) en el cuerpo receptor, con los que fueron cotejados. Entonces se concluye que el vertimiento de las aguas residuales sobre el río Chancay trae consecuencias nefastas en su calidad del agua.



Catillo & Medina, (2011), en su investigación del río Rímac, Lima, tuvieron como objetivo principal “evaluar la variación espacio-temporal de la calidad del agua superficial con fines de riego, en tres puntos seleccionados de la red de monitoreo en la parte alta del río Rímac, de enero a agosto de 2011, mediante el uso de índices y herramientas estadísticas aplicados a parámetros monitoreados por DIGESA y SEDAPAL, e indicar la existencia de normas que exigen la protección de la calidad de los cuerpos de agua” (p. 15). Los parámetros de control que fueron evaluados: temperatura, pH, cloruros, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, DQO, DBO, fosfato, nitrito, nitrato, coliformes totales, coliformes termotolerantes, aluminio, hierro, arsénico, manganeso, cadmio, plomo, cobre y zinc.

Las que se obtuvieron como resultado calidad de agua: fueron de buena a media con el NSF WQI y calidad de agua se hace aceptable, es bueno y excelente con el CCME WQI. Entonces se concluyeron que los efluentes de la industria minera y los efluentes domésticos generan mayor impacto negativo (-) en la calidad de agua superficial en época de estiaje (mayor concentración de los contaminantes).

2.1.3. Antecedente Regional

Capacoila, (2017), realizó un estudio del río Coata, teniendo como objetivo: “evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de metales pesados en las aguas superficiales de la parte baja del río Coata según el estándar de calidad ambiental para agua” (p. 8). Se determinaron 5 puntos de monitoreo para recolectar muestras y emplear el método de Espectroscopia de Absorción Atómica. Los resultados obtenidos evidenciaron concentraciones altas



de: Aluminio, Hierro y Manganeso que exceden los límites de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, en algunos puntos de muestreo. Se concluyó que la contaminación del río Coata proviene principalmente del punto P2 ubicado en la confluencia con el río Torococha, debido a la descarga con aguas residuales y residuos sólidos en el tramo que transita por la ciudad de Juliaca.

Montiagudo, (2015), realizó una investigación en los dos principales afluentes del río Coata, tuvo como objetivo principal “evaluar la diferencia de los Índices de Calidad de Agua de los ríos Cabanillas y Lampa” (p. 6). Se evaluaron nueve parámetros: temperatura, pH, turbidez, nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales y coliformes fecales. Se empleó el método del Índice de Calidad de Agua de la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos (ICA NSF). Los resultados de calidad de agua en el río Cabanillas presentó un valor de 54.14 y en el río Lampa 70.16, ambos pertenecen a la clasificación de calidad de agua media. El autor concluye los ICA NSF de ambos ríos son estadísticamente significativos, el río Cabanillas presenta un alto nivel de contaminación.

Mayta, (2013), en su estudio sobre los parámetros fisicoquímicos de los lixiviados de residuos sólidos en cuerpos de agua del botadero de Cancharani-Puno, encontró valores de DBO que oscilan entre 135.41 mg/l y 2839 mg/l, los valores encontrados en todos los puntos de muestreo superaron los permitidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) (≤ 15 mg /l). Los valores promedio del DBO en los 7 puntos de muestreo no presentaron diferencia estadística significativa entre meses pero si entre los puntos de muestreo; y los valores de DQO que se obtuvieron oscilan entre 318.42 mg/l y 6 422 mg/l.



Paredes, (2013), reporta que la calidad fisicoquímica del agua de la zona de captación Chimú, del Lago Titicaca destinada para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Puno, en sus tres captaciones registran datos por debajo de los Estándares Nacionales Ambientales de Calidad de Agua, la temperatura promedio es de 15.7°C , con un valor mínimo de 14°C y máximo de 18°C ; el pH promedio es de 8.42 que oscilan de 8.03 a 8.85; la demanda química de oxígeno promedio es de 8.27 mg/l, según este parámetro, las aguas cumplen con los ECA, por lo tanto son aptas para el abastecimiento de agua potable con un tratamiento convencional, encontrándose por debajo de los límites definidos (20 mg/l) para una calidad de Categoría 1, Tipo A2.

Muñoz y otros, (2012), indica que las fuentes de materia orgánica son diversas y entre ellas se encuentran las actividades agrícolas, industriales y las aguas residuales generadas en las zonas urbanas y rurales. La temperatura más baja que registraron fue de 11.5°C y la más alta de 23.2°C . El pH que encontraron oscilaba entre 7.1 y 8.2. Respecto a la DBO, 20% de los datos de Dos Arroyos y Zacatelco excedieron el límite de 150 mg/l establecido en la norma Menciona que no existen asentamientos humanos en una de las microcuencas, de la cual se obtuvo los valores más bajos de DBO5.

El par de DBO5 y DQO mostró valores de >0.8 en seis de los doce puntos de muestreo. Una línea de regresión entre la DBO y DQO con pendiente cercana a 1 es teóricamente indicadoras de que la materia presente es de tipo orgánico biodegradable. Se encontró que la DBO es explicada por la población asentada hasta 20 km de la línea del cauce del río.



Riveras & Chuquilin, (2012), en su estudio sobre la evaluación de los niveles de contaminación de aguas residuales obtuvo resultados para la época de estiaje y de avenidas, donde se aprecia que la DBO5 en general es inferior a la DQO, la DBO5 se encuentra en el rango de 7 a 50 mg/l, con un promedio de 39,50 mg/l en época de estiaje y de 12,33 mg/l en época de avenidas, lo que cataloga a ésta agua como contaminada al sobrepasar en el valor de DBO de 3 mg/l; además se observa que a medida que aumenta el caudal va disminuyendo las concentraciones de DBO y DQO, por la disminución de la materia orgánica ante el incremento del volumen del caudal; el promedio de la DQO es de 50.75 mg/l en épocas de estiaje y de 23,33 mg/l en época de avenidas; la DQO está por debajo de la concentración de aguas brutas residuales al presentar una concentración menor al rango de 200 a 300 mg/L, este parámetro tiene la misma tendencia que la DBO , en mejorar la calidad del agua residual en los meses de altas precipitaciones.

Guzman y otros, (2011), todas las muestras de agua del río San Pedro presentaron valores de pH entre 6.0 y 8.5, dentro de los Límites Máximos Permisibles (LPM), (5.0-10). Las concentraciones de materia orgánica (DQO y DBO5) fueron en general elevadas a lo largo del cauce, debido a las descargas residuales sin tratar de origen municipal. Los resultados obtenidos de las muestras de agua sobrepasaron el LPM de referencia, las concentraciones máximas de DBO5 fueron hasta 7.5 veces superiores a los LPM establecidos (150 mg/l), mientras que los valores de DQO fueron hasta 14 veces superiores al LPM señalado para descargas a ríos y embalses (100 mg/l). Estos elevados niveles de materia orgánica son congruentes con las bajas concentraciones de Oxígeno



Disuelto (OD), dado que la disminución del OD está asociada a su consumo por parte de los organismos.

Espinoza y otros, (2010), en su estudio realizado sobre el comportamiento de lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales los cuales posteriormente llegan al río Almendares y a la cuenca principal de Vento, se encontró que los valores de pH eran superiores a 7 o básicos. Durante la época de lluvia se observaron elevadas concentraciones de DQO (1999, 1478 y 1152 mg/l) y DBO5 (1128, 917 y 1128 mg/l) en los 3 primeros puntos de muestreo respectivamente, lo cual indica la presencia de grandes cantidades de materia orgánica; comparando los resultados obtenidos en las estaciones de lluvia y de seca, la mayoría de los resultados mostraron una reducción de sus valores debido a su dilución por el agua de lluvia.

Angeles, (2007), en su estudio sobre la evaluación de los parámetros fisicoquímicos de la Bahía interior de Puno para determinar el nivel de contaminación, menciona que la DBO5 que obtuvo para las aguas de la superficie y de profundidad fueron de 1.31 mg/l y 1.11 mg/l como valores promedios respectivamente, también se observó que los puntos de muestreo ubicados a 100 m de la orilla muestran los valores más altos de DBO5 del agua, esto debido a la cercanía a las orillas donde existe un mayor nivel de contaminación.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Agua

Es un recurso natural renovable, deteriorado en gran parte por la contaminación antrópica y el deterioro ambiental, se ve afectado por el inadecuado uso y conservación que le da la población. Este recurso puede ser escaso en una parte del año y en ciertas áreas geográficas; pero también puede ser excesivo y destructivo en otras. (CONCERTAR, 2009).

Sierra, (2011), indica que los mayores volúmenes de agua se encuentran en el océano, sin embargo, no pueden ser utilizados debido a su alta salinidad, a diferencia de las aguas dulces que se encuentran en ríos y lagunas que representan la menor cantidad de agua disponible en el mundo; desgraciadamente las aguas superficiales son la que presentan mayor contaminación debido a las descargas de diversos efluentes por las actividades antrópicas y naturales, distorsionando y perjudicando los usos benéficos de este recurso.

2.2.2. Calidad de agua

Las características que determinan la calidad del agua se refieren a sus aspectos físicos (temperatura, transparencia), químicos (sales, metales) y microbiológicos. De acuerdo con estas características, la calidad de un cuerpo de agua puede ser apto para un uso concreto y un uso inadecuado (Egg & Mendiola, 2012).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) define la calidad del agua: “conjunto de características variables fisicoquímicas o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo. La calidad físico-química del



agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud tras cortos o largos periodos de exposición. La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple con relación a la calidad natural”. Parámetros químicos, microbiológicos y metales pesados.

2.2.3. Parámetros fisicoquímicos de las aguas del río

La calidad del agua tiene una importancia crucial, teniendo en cuenta los retos de la contaminación industrial, la escorrentía en los cultivos y el envejecimiento de la infraestructura de suministro. Además, el agua de riego y la industrial pueden contener productos químicos que afectan a la salud de los seres humanos y los animales. La calidad del agua también es esencial para los ecosistemas acuáticos y las industrias que dependen de vías fluviales saludables.

El agua es esencial para la vida y la salud humana. Es un componente principal del cuerpo humano y representa aproximadamente el 60% del peso promedio de una persona. Todos los sistemas del cuerpo humano (digestivo, sanguíneo, respiratorio, excretor) dependen del agua para funcionar correctamente. Por ejemplo, el agua elimina las toxinas de los órganos vitales, transporta los nutrientes a las células y proporciona un ambiente húmedo para los tejidos de los oídos, la nariz y la garganta. Por eso el agua que consumimos (el agua potable) debe contar con unos parámetros de calidad adecuados.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 2400 millones de personas no tienen acceso a servicios básicos de saneamiento y más de 1800 millones no tienen acceso a agua potable. Esto significa que muchas personas en los países en desarrollo están expuestas a estas enfermedades. Además, la falta de



agua limpia también puede conducir a la desnutrición, ya que las personas no tienen acceso a agua limpia para cocinar.

Sin embargo, también en los países desarrollados la calidad del agua sigue siendo importante, ya que todavía existen problemas en el agua potable por escorrentía en los cultivos, por la contaminación de la industria y el envejecimiento de la infraestructura de suministro. Por otro lado, el agua de riego puede ser contaminada con productos químicos agrícolas y afectar a la cosecha y después a la salud de los animales y humanos que se alimentan de ella, y el agua industrial puede ser contaminada con una variedad de productos químicos y metales pesados.

2.2.4. Caudal del río

El caudal es definido por la RAE comúnmente como la cantidad de agua que mana o corre, y jurídicamente como la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal...) por unidad de tiempo. Existe algunos métodos para poder cuantificarlo, pero también existen algunas variaciones del concepto del caudal que muchas de las veces son confundidas por ser muy “similares”.

Entendemos por caudal de un río el volumen de agua que pasa por una determinada sección transversal por una unidad de tiempo, y se expresa en metros cúbicos por segundo (m³/s). El caudal (Q) se calcula multiplicando la velocidad (V) de la corriente por el área (A) de la sección transversal del canal. Expresado en forma de ecuación es:

$$Q = A \cdot V$$



Donde el área es:

$A = \text{anchura (m)} \times \text{profundidad (m)}$

$V = \text{espacio (m)} / \text{tiempo (s)}$

Por otro lado, el caudal, en un punto concreto del río, varía con el tiempo (de un día para otro, a lo largo de los meses, de un año a otro...). Después de una fuerte lluvia, por ejemplo, el caudal puede aumentar espectacularmente durante un breve periodo. A estos fenómenos, les llamamos crecidas, avenidas, riadas o torrentes. La oscilación climática anual determina en los ríos un ciclo que influye en su régimen, denominado **ciclo anual**. Después de periodos de aguas altas, suceden periodos de aguas bajas o **estiajes***, en los cuales el caudal es anormalmente bajo e, incluso, puede llegar a desaparecer.

Podemos clasificar un río según la permanencia del flujo de agua: continuo, discontinuo, estacional, esporádico, irregular, que viene directamente influenciada por su régimen climático. Y de ahí que podamos hablar de ríos atlánticos, mediterráneos o tropicales. Los ríos que constituyen la Cuenca Hidrográfica* del Júcar, cuenca de mayor importancia en la Comunitat Valenciana, tienen un régimen marcadamente mediterráneo, caracterizado con unas fuertes sequías en verano frente a inundaciones en otoño. Tan sólo tres ríos superan un caudal medio de $10 \text{ m}^3/\text{s}$, el Mijares, el Turia y el Júcar, siendo este último el más caudaloso, con una aportación media de 1.825 hm^3 anuales que equivale al 55% del total de los recursos disponibles.

2.2.5. Temperatura de las aguas del río

La temperatura es una medida del grado de calor del cuerpo del agua. Este parámetro puede incidir mucho en la calidad del agua, ya que determina otras



propiedades y procesos que tienen lugar en el agua como la viscosidad, la solubilidad de los gases y de las sales, procesos fisiológicos de los organismos que provocan variaciones de su metabolismo, la proliferación de ciertos microorganismos, entre otros. La temperatura varía anualmente a consecuencia de la meteorología y del clima. Esta variación tiene mucha incidencia dentro del ecosistema fluvial, ya que determina la riqueza y abundancia de los organismos.

La adaptación de éstos a la temperatura se manifiesta con el patrón biológico, que es propio de cada uno de ellos y se repite de forma cíclica a lo largo del tiempo. La actividad antropogénica, puede alterar la temperatura. Esta contaminación térmica puede estar producida, por ejemplo, por el vertido de aguas calientes que han sido utilizadas como refrigerante en centrales nucleares y térmicas.

Estas variaciones de la temperatura del río implican un fuerte estrés para muchas especies y un peligro para su supervivencia. Las especies más tolerantes o con un ciclo biológico menos específico se convierten en abundantes. El análisis de las comunidades biológicas, por lo tanto, nos puede servir como indicador de la variación local de la temperatura. Finalmente, hay que tener en cuenta que la temperatura incide, además, en la solubilidad del oxígeno en el agua. Este efecto tiene una fuerte incidencia sobre la fauna y la flora acuática asociada al curso del agua.



2.2.6. Potencial hidrogeno del agua pH

Para entender por qué es tan relevante, empecemos por definir qué es. Como hemos dicho, el pH es el Potencial de Hidrógeno, una medida que es utilizada para medir el grado de acidez o alcalinidad de una disolución, en otras palabras, la concentración de hidrogeniones (iones positivos de Hidrógeno). El pH se calcula a través de una fórmula matemática que indicará que el objeto de análisis será más ácido cuanto más actividad de hidrogeniones exista. A menor actividad, la muestra será más alcalina. Para medirlo se utiliza una escala de 1 a 14, donde 1 es el valor de mayor acidez y 14 el de más alcalinidad. El 7, por lo tanto, dará cuenta de un pH neutro.

Según el pH que presentan, los líquidos se dividen en 3 categorías según su pH: ácido (0-6 pH), neutro (7 pH) y alcalino (8-14 pH). Por debajo de 7, un líquido es considerado ácido, como el café (que tiene un pH de 5) o el jugo de limón (que tiene un pH de 2,5). En el otro extremo de la escala, los líquidos alcalinos pueden tener un pH de 12 como el agua caliza. Para que el agua sea potable, su pH debe estar entre el 6,5 y el 9,5.

El agua pura es neutra, con un pH cercano a 7.0 a 25 °C, pero es difícil que el agua de consumo humano se ajuste a este valor, dado que hay factores que lo adulteran, como el agua de la lluvia, que es ligeramente ácida debido al dióxido de carbono de la atmósfera, o los metales de las canalizaciones.

2.2.7. Transparencia de las aguas del rio

Los turbidímetros son el método instrumental más indicado para medir la turbidez, un valor que permite analizar la calidad del agua y determinar el nivel



de transparencia de líquidos como el vino o el colutorio, entre otros. Esta transparencia viene determinada por la cantidad, tamaño y composición de la materia suspendida en el líquido. Calcular el nivel de turbidez nos permitirá conocer, por tanto, cuál es la opacidad de ese líquido, ya que las partículas coloidales en una disolución son visibles al dispersar la luz. Por tanto, las disoluciones sin partículas en suspensión son transparentes, ya que prácticamente no dispersan la luz. Esta diferencia permite distinguir a aquellas mezclas heterogéneas que son suspensiones.

En agua y saneamiento, la transparencia tradicionalmente se ha considerado como un deber ético para las empresas. Sin embargo, gracias al creciente reconocimiento del impacto de la transparencia en la eficiencia empresarial, ha empezado a ser reconocida como una herramienta para accionar la rendición de cuentas, reducir los riesgos de corrupción y aumentar la confianza en los prestadores y reguladores.

Esto en parte ha sido posible porque la implementación de procesos de gobierno corporativo, incluyendo los mecanismos de transparencia, han permitido orientar el funcionamiento de las entidades proveedoras de agua y saneamiento hacia objetivos concretos y medibles, tanto interna como externamente. Esto ha servido para promover la integridad de los procesos de adquisiciones, contratación e inversión, lo que a su vez ha contribuido a aumentar la confianza de los usuarios en los servicios.

2.2.8. Sólidos suspendidos

Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) son un conjunto de sustancias atrapadas durante el proceso de filtración con un filtro de tamaño predefinido



(Residuo – no filtrable). Estos sólidos pueden abarcar desde partículas sedimentarias o lodosas hasta fragmentos de materia vegetal, como hojas o tallos, e incluso incluir larvas de insectos y huevos. Su presencia excesiva puede impactar negativamente en la coloración y turbidez del agua, lo que lleva a considerar a los SST como un contaminante convencional bajo la Ley de Agua Limpia de Estados Unidos.

En diversas muestras de agua, ya sea de origen oceánico o de aguas residuales, los SST pueden servir como un indicador clave de la calidad del agua. Los profesionales de la calidad del agua frecuentemente combinan las mediciones de SST con las de turbidez para desarrollar correlaciones específicas del lugar, lo que contribuye a una gestión más eficiente y ahorra tiempo.

2.2.9. Parámetros orgánicos del agua como indicador del contaminante

Existen muchos parámetros que caracterizan un agua residual. Aun así sólo son unos pocos los que se analizan, cuando se conoce su origen o destino. A continuación, nos centraremos en los parámetros que caracterizan las aguas residuales urbanas, que son tratadas en una depuradora. El grado de contaminación de las aguas residuales se determina en el laboratorio mediante el análisis de unos parámetros que son estimadores de la alteración de la calidad del agua cuando es sometida a diferentes procesos.

2.2.10. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). Mide la cantidad de oxígeno disuelto consumido, bajo condiciones preestablecidas por la oxidación microbiológica de la materia orgánica presente en el agua. Existen diferentes



condiciones preestablecidas para determinar este parámetro, pero la más frecuente es la DBO_5 , que usa unos periodos de incubación de cinco días. Este proceso se lleva a cabo en la oscuridad para evitar la acción de los productores primarios, ya que con la fotosíntesis generarían oxígeno, inexistente inicialmente, que desviaría los resultados.

2.2.11. Demanda química de oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno (DQO). es una medida de la cantidad de oxígeno disuelto consumido, bajo condiciones preestablecidas por la oxidación química de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se usan diferentes oxidantes, como el dicromato o el permanganato potásicos. Este ensayo permite medir la cantidad de compuestos orgánicos, sales minerales oxidables (como los sulfuros), ya sean biodegradables o no.

Los parámetros DBO y DQO aportan informaciones diferentes por lo que, frecuentemente se usan los dos en las medidas de la calidad química del agua. Normalmente, los valores de la DQO son mayores que los de la DBO, porque el oxidante químico es capaz de reaccionar con sustancias de difícil biodegradación para los microorganismos.

También tiene interés el coeficiente entre los valores DBO y DQO. Esta relación nos indica el tipo de contaminación de las aguas residuales. Un cociente DBO/DQO inferior a 0,2 nos informa de un vertido de tipo inorgánico (probablemente, aguas residuales industriales), mientras que si es superior a 0,6 el vertido es orgánico (probablemente, aguas residuales urbanas, restos de ganado o industria alimenticia).



Finalmente, de estos dos parámetros hay que destacar que la DQO es más fácil de estandarizar, si bien no refleja tan bien como la DBO la capacidad de autodepuración del medio natural.

2.3. MARCO LEGAL

2.3.1. Constitución política del Perú 1993

“En el artículo 2, inciso 22, la Constitución establece que: Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. Así mismo, en el artículo 67 indica que el estado es responsable de promover el uso sostenible de sus recursos naturales y es quien determina la Política Nacional del Ambiente del país”

2.3.2. Ley N° 28611. Ley General del ambiente (2005)

De acuerdo con la Ley General del Ambiente en el artículo 66 menciona: “La prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental”. El artículo 90 menciona que el Estado a través de la gestión integrada del recurso hídrico promueve y controla el aprovechamiento sostenible del agua, prevee la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, regula su asignación en función de objetivos sociales, ambientales y económicos; promueve la inversión y participación del sector privado en el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

El artículo 113 indica: “Toda persona natural o jurídica, pública o privada, tiene el deber de contribuir a prevenir, controlar y recuperar la calidad del ambiente y de sus componentes”.



Finalmente, el artículo 133 menciona: “La vigilancia y el monitoreo ambiental tienen como fin generar la información que permita orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental”.

2.3.3. Ley N°29338. Ley de Recursos Hídricos

El reglamento de la Ley de Recursos Hídricos fue aprobado mediante el D.S. N° 001- 2010-AG. Con el objeto principal de regular el uso, la gestión integrada del agua continental, superficial y subterránea, la actuación del estado y los particulares en dicha gestión.

En el artículo 75 se recalca: “La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta”.

El artículo 76 menciona que La Autoridad Nacional en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, es responsable de controlar, supervisar y fiscalizar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua y establecer medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes que estén asociados a esta. Además, se debe vigilar y fiscalizar las disposiciones y programas a implementarse establecidos por autoridad del ambiente.



2.3.4. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Esta norma tiene por objeto acopiar las disposiciones aprobadas por el D.S. N° 002-2008- MINAM, el D.S. N° 023-2009-MINAM y el D.S. N° 015-2015-MINAM, dónde aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo integrado. Establece precisiones para aplicar los ECAs sobre cuatro categorías y sub categorías.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se ha efectuado en el río Torococha, la misma que cruza por la zona urbana de la ciudad de Juliaca, como característica que en sus inicios era un río lleno de vida y no como hoy en día un río muerto, ya que genera malestares a la población de la ciudad, más que todo a los moradores o vecinos que viven en sus riberas del río. Actualmente la municipalidad descuida mucho este río tan importante que cruza la ciudad, generando así una serie de incertidumbre en las personas (Yana, 2014)

La ciudad de Juliaca es la ciudad capital de la provincia de San Román, ubicada en el departamento de Puno al sudeste de Perú, tiene una superficie de 533.47 km² y está situada a 3825 m s.n.m. cerca del lago Titicaca, pasado el año 2020 la ciudad de Juliaca tiene una población que bordea los 350 000 habitantes, lo cual lo convierte en la ciudad más poblada del departamento de Puno. En cuanto a ciudades más pobladas del Perú, hoy en día no se sabe con exactitud que puesto ocupa Juliaca, pues la información que se encuentra en diferentes medios es ambigua y poco detallada y cuya ubicación geográfica se encuentra aproximadamente:

Altitud : a 3 826 msnm

Latitud : 15° 29' 24'' de latitud sur

Longitud : 70° 09' 00'' oeste, la ciudad



3.2. CARACTERISTICAS DEL RIO TOROCOCHA

En la ciudad de Juliaca la contaminación existente en las orillas del Rio Torococha, la cual en sus inicios era un rio lleno de vida y no como hoy en día un rio muerto, el cual se ha vuelto un gran problema social, ya que genera malestares a la población juliaqueña, más que todo a los moradores o vecinos que viven en sus riveras. Los pobladores se han acostumbrado a vivir y son parte de la contaminación, por que usan las riveras del rio como letrina, a esto se suman como agentes contaminantes personas de otros barrios o sectores de la ciudad calcetera: La municipalidad con sus camiones recolectores de basura no logra llegar a estas zonas y si lo hacen lo hacen esporádicamente, generando así una serie de incertidumbre en las habitantes de Juliaca.

Dar a conocer a la población la adecuada gestión de los recursos hídricos existentes en su zona, asimismo la adecuada disposición de los residuos sólidos y otros agentes contaminantes que desembocan en las riberas del rio Torococha y otras fuentes hídricas.

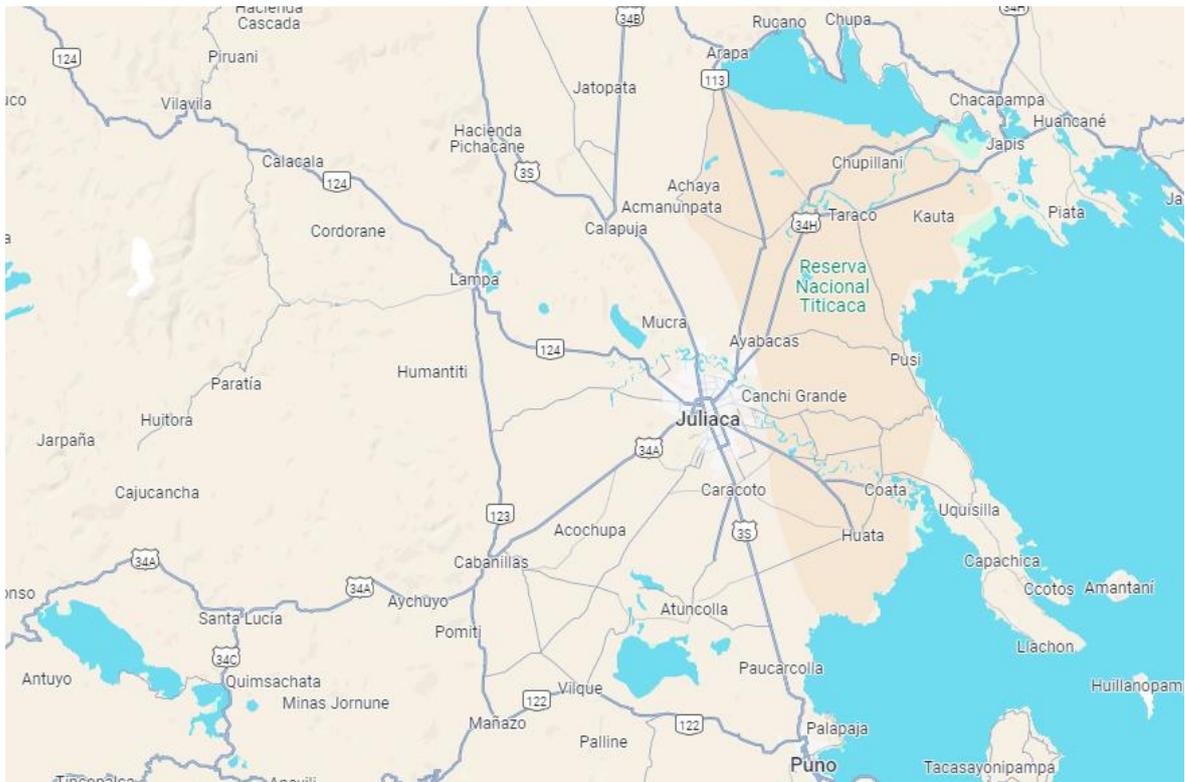
Dar a conocer generalidades acerca de la contaminación del rio Torococha en Juliaca, las causas y consecuencias así como proponer alternativas de descontaminación de dicho rio promoviendo que se descontamine este rio en su totalidad y se continúe con la segunda fase del proyecto de construcción de canales cerrados o techado respectivo como se hizo en las zonas céntricas por donde pasaba este rio, ya que consideramos necesarios su ejecución por que el crecimiento demográfico en progresión geométrica.

Promover en los ciudadanos y los grupos sociales adquirir valores sociales, conciencia ecológica, para una organización y toma de decisiones en una adecuada gestión de los recursos hídricos y un adecuado manejo de los residuos sólidos, para una convivencia armoniosa por el medio ambiente.

Está atravesada de Oeste a Este por el Río Torococha. Se realizaron visitas previas al estudio para la identificación de los lugares idóneos donde realizar los muestreos y ver las condiciones en las que se encontraba el río a lo largo de su cauce dentro de la ciudad de Juliaca (Yana, 2014).

Figura 1

Ubicación geográfica del río Torococha Juliaca



3.3. CARACTERIZACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

El estudio se llevó a cabo en el Río Torococha el cual se encuentra ubicado en el distrito de Juliaca, provincia de San Román, a una altitud de 3 826 m.s.n.m .en la coordenadas:

15° 29' 24'' de latitud Sur y 70° 09' 00'' de longitud oeste, la ciudad está atravesada de Oeste a Este por el Río Torococha.



Se realizaron visitas previas al estudio para la identificación de los lugares idóneos donde realizar los muestreos y ver las condiciones en las que se encontraba el río a lo largo de su cauce dentro de la ciudad de Juliaca. Los puntos se localizaron en tres zonas y por cada zona se tomaron 4 muestreos en lugares representativos:

1. Zona 1 o de inicio: Salida Arequipa - Chullunquiani con las coordenadas UTM

374349 E, 8285289 N.

2. Zona 2 o media: Ciudad de Juliaca - Av. Circunvalación con las coordenadas UTM

379799 E, 8286885 N.

3. Zona 3 o final: Morogachi en las coordenadas UTM 384853 E, 8285301 N.

3.4. CARACTERISTICA CLIMATICAS DE LA ZONA

La ubicación de la ciudad de Juliaca se caracteriza según los factores y elementos climáticos, como factores climáticos se ha considerado la ubicación geográfica es decir: altitud, Latitud Sur y Longitud oeste.

Los elementos climáticos son como la temperatura, precipitación pluvial, velocidad del viento, radiación, evaporación y evapotranspiración y entre otros elementos las cuales se muestran en el anexo Tabla A-09, los valores que se presentan son valores promedios mensuales que estos valores simplemente se han utilizado como referencia para caracterizar el clima de la zona de estudio.

3.5. POBLADORES DE LA CIUDAD DE JULIACA

Es necesario indicar la cantidad de pobladores de la ciudad de Juliaca que el río de Torocoha atraviesa por la zona urbana de Juliaca, por que este río representa un lugar de contaminación la cual puede causar como foco de contaminación esto seria causado



por la acción antrópica del poblador en en su mayoría son personas provenientes del medio rural los cuales carecen de una cultura del manejo del medio ambiente de la ciudad de Juliaca. La ciudad de Juliaca es una de las mayores zonas comerciales del sur del Perú es la ciudad más poblada de la Región con 260 mil 607 habitantes (INEI 2013)

El Altiplano fue habitado desde alrededor de 4 000 años a.C. por comunidades sedentarias dedicadas a la agricultura y ganadería (llamas y cuyes). Los Uros se asentaron en los pueblos ribereños, desde esos tiempos existían la Laguna temporal, Totorani, Torococha, Río Juliaca constituidos por los llamados Maravillas y Cacachi que son parte del Río Coata. A su vez las lagunas: Laguna de Chacas: Ubicada al noroeste de la ciudad. Laguna Escuri: Ubicada al norte de la ciudad y cerca al puente Maravillas.

3.6. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECIFICOS

El estudio se realizó en los meses de enero (verano), abril (otoño) y agosto (invierno) del 2023, considerando que estas estaciones representan a la época lluviosa (enero), intermedia (abril) y seca (agosto), realizándose muestreos en tres zonas representativas a lo largo de su cauce del río; además en cada zona se tomaron cuatro repeticiones de muestreo y la distancia entre cada punto de muestreo por zona fue de 200 metros. La distancia en línea recta que existe entre la Zona 1 y la Zona 2 es de 4.00 km y entre la Zona 2 y la Zona 3 es de 5.00 km.

Para determinar el grado de contaminación del río y la zona más afectada se realizaron pruebas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO) y algunos exámenes fisicoquímicos de acuerdo a los objetivos específico planteados en el presente trabajo y se detallan las metodologías correspondientes y son las siguientes:



3.6.1. (OE1) Determinación de los parámetros fisicoquímicos de las aguas del río de Torococha.

3.6.1.1. Determinación del caudal

El método de aforo por flotadores es un método de campos, sencillo y rápido para calcular el caudal en una sección transversal. El método está referido al cálculo de las velocidades superficiales de la corriente de un canal o río, utilizando materiales sencillos que se puedan visualizar y cuya recuperación no sea necesario. Este método se fundamenta en que los objetos flotantes se mueven a la misma velocidad que el agua, en la cual flotan, por consiguiente, medir la velocidad del objeto flotante es medir la de la línea de flujo en la cual se mueven.

Para la determinación del caudal del río se ha aplicado el método de flotador, para lo cual se determinó una distancia de 20 metros entre los puntos A y B, se soltó un corcho que hizo el papel de flotador y se tomó el tiempo con un cronómetro desde que se soltó el corcho en el punto A hasta que llegó al punto B. La medición se hizo tres veces por zona para aumentar la precisión y se obtuvo un promedio de los tres datos para cada zona. Para la profundidad del río se tomaron 5 medidas en diferentes puntos a lo largo de un transecto y también se obtuvo un promedio de los datos obtenidos, luego se procedió a medir el ancho del río (Magdaleno, 2009). Las fórmulas que se han utilizado son las fórmulas conocidas y son las usuales para el campo:

$$V = \frac{L (m)}{T(s)}$$



V= velocidad en (m/s)

L= distancia en metros (m)

T= el tiempo se transforma en segundos (s)

Para la determinación del caudal se aplicó la siguiente formula:

$$Q= A(m^2)*V(m/s)$$

Q= se expresa m^3/s

A = expresada en m^2

V= velocidad en (m/s)

3.6.1.2. Determinación de la temperatura.

La medición precisa de la temperatura del agua es esencial para una amplia gama de aplicaciones, desde garantizar la seguridad del agua potable hasta proteger los ecosistemas acuáticos. Con una variedad de métodos y herramientas disponibles, es importante seleccionar la técnica adecuada para cada situación específica y seguir buenas prácticas de medición para obtener resultados precisos y confiables. Para el presente trabajo de investigación, la lectura de la temperatura se realizó sumergiendo un termómetro digital en el interior de la muestra, en cada punto de muestreo y esperando hasta una lectura constante, esta medida se realizó in situ y se tomó nota de las temperaturas registradas, para que sean confiables los valores obtenidos se debe realizar más de tres repeticiones del muestreo.

3.6.1.3. Determinación del nivel de pH.

El potencial de Hidrogeno o también llamado pH y es considerado como el logaritmo negativo de la actividad de los iones



hidrógeno. Desde entonces, el término pH ha sido universalmente utilizado por la facilidad de su uso, evitando así el manejo de cifras largas y complejas. Un cambio pequeño del PH de los alimentos haría que el comportamiento de este alimento varié y es por eso se utiliza mucho en la industria de los alimentos. Para la presente investigación las medidas de pH se realizaron con un pH-metro (CRISON Modelo 507) tomando una muestra de las aguas del río, se procedió a tomar las medidas de pH por zona de muestreo.

3.6.1.4. Determinación de la transparencia.

Para este estudio por tratarse de una corriente de agua poco profunda y contaminada por desechos domésticos, se realizó la medida mediante un tubo de turbidez, modificado de Acuña & Torres (2012). Se utilizó un tubo de vidrio transparente de 4,5 x 150 cm de altura, en la base del tubo se colocó un disco con una figura similar al del disco Secchi, con sus cuatro cuadrantes pintados de manera alternada de color blanco y negro, en el lateral del tubo se contaba con una escala dividida en centímetros.

Para la medición de la transparencia se recogió agua directamente del río con un balde pequeño, se homogenizó y se vertió el agua en el tubo de turbidez hasta que el disco del fondo ya no era visible. Luego se procedió a anotar la altura de la columna de agua en el tubo, la cual se registró como medida de la transparencia en centímetros que posteriormente se convirtió a porcentaje. El mismo procedimiento se repitió para cada zona de muestreo y de acuerdo con los meses indicados.



3.6.1.5. Determinación de los sólidos suspendidos

La toma de agua se hizo de forma manual introduciendo una botella en el punto de muestreo, a una profundidad no mayor de 15 cm. El análisis se realizó mediante el método gravimétrico, primero se preparó el filtro (Millipore) de 0.42 μm colocándolo en un equipo de filtración, se aplicó vacío y se lavó con 3 porciones sucesivas de 20 ml de agua destilada, luego se procedió a secar durante una hora a 103-105°C hasta obtener un peso constante, se colocó en el desecador durante 30 minutos y luego se pesó el filtro antes de usarlo. Para el tratamiento de la muestra se colocó el filtro en el equipo de filtración y se vertió 50 ml de muestra de agua, aplicando vacío, se procedió a enjuagar el embudo y el filtro con agua destilada, se removió y secó el filtro en un horno a 103-105°C, se llevó a un desecador durante 30 minutos y se pesó hasta alcanzar un peso constante. Instituto de investigaciones marinas y costeras (2003).

3.6.2. (OE2) Determinación de los niveles de contaminación orgánica considerando como indicadores la DBO y DQO en el río de Torococha.

3.6.2.1. Determinación de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO₅)

Para la determinación de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO₅), se hizo para cada punto determinado en el río, se recolectaron muestras de agua utilizando envases de vidrio con capacidad de 500 ml, previamente lavados, esterilizados y respectivamente rotulados, luego para proceder a recoger la muestra se homogenizaban lavándolos previamente de 2 a 3 veces con el agua a muestrear. En todos los puntos hubo dificultad para la recolección directa en el envase, por lo que se adecuó un recipiente



para recolectar la muestra y luego depositarla en el envase llenándolo por completo, evitando la presencia de burbujas.

Las muestras fueron colocadas en un cooler con hielo gel para su preservación, para luego ser enviadas al laboratorio (Laboratorio Louis Pasteur S.R.LTDA Cusco) lo más pronto posible, para su determinación, aplicando el Método Winkler para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): Método estándar para el examen de agua y aguas residuales – APHA AWWA WEF 21th Ed, 2005 Part 5210 B.

3.6.2.2. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)

Las muestras se recolectaron de cada punto de muestreo del río Torococha, en envases de vidrio con capacidad de 1000 ml, previamente lavados, esterilizados y respectivamente rotulados, puesto que el análisis no se pudo realizar de inmediato, el laboratorio envió los frascos con 2 ml de ácido sulfúrico concentrado, para disminuir el pH de la muestra por debajo de 2 unidades para evitar el crecimiento bacteriano. En todos los puntos hubo dificultad para la recolección directa en el envase al igual que en el anterior punto, por lo que se adecuó un recipiente para recolectar la muestra y luego depositarla en el envase.

Las muestras fueron colocadas en un cooler con hielo gel para su preservación, para luego ser enviadas al laboratorio (Laboratorio Louis Pasteur S.R.LTDA - Cusco) lo más pronto posible, para su determinación, aplicando el Método de reflujo con dicromato de potasio para la Demanda Química de Oxígeno (DQO): Método estándar para el examen de agua y

aguas residuales – APHA AWWA WEF 21th Ed, 2005 Part 5210 B pag 5-

2.

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS PARA DIFERENTES PARÁMETROS

La evaluación de los resultados de los análisis de las características se ha empleado la utilización de diseño bloque completo al azar, para lo cual se ha adoptado al arreglo factorial como factores principales se ha considerado zonas (Z1), (2) y (Z3) de muestreo en una cantidad de tres zona y como factor secundario las estaciones del año que solamente se ha considerado tres estaciones E1 (enero), E2 (abril) y E3 (agosto) para cada uno de estos factores se ha utilizado con cuatro repeticiones y luego se ha procedido el análisis de variancia utilizando el paquete Sistema para Análisis Estadístico de SAS 9.2.

3.7.1. Experimento factorial

El factorial 2^2 es igual a 2^n , donde n es el número de factores, en este caso 2, tomados a dos niveles. En un diseño completamente al azar, que involucra “t” tratamientos y “n” unidades experimentales. El Modelo aditivo Lineal es la siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, n$$

Dónde: μ = Efecto verdadero medio;

α_i = Efecto verdadero del i-esimo nivel del factor Zona;

γ_j = Efecto verdadero del j-esimo nivel del factor Estación del año;

$(\alpha\gamma)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-esimo nivel del factor Zona con el j-esimo nivel del factor Estación; ε_{ijk} = Error experimental

Tabla 1

Esquema del Análisis de variancia adoptado al arreglo de factorial 2²

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig.
Tratamiento	(t-1)	$\frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2}{n} - \frac{Y_{...}^2}{abn}$	$\frac{SC_{tratam}}{(t-1)}$	$\frac{CM_{tratam}}{CM_{error}}$		
A	(a-1)	$\frac{\sum_{i=1}^a Y_{i..}^2}{n} - \frac{Y_{...}^2}{abn}$	$\frac{SC_A}{(a-1)}$	$\frac{CM_A}{CM_{error}}$		
B	(b-1)	$\frac{\sum_{j=1}^b Y_{.j.}^2}{n} - \frac{Y_{...}^2}{abn}$	$\frac{SC_B}{(b-1)}$	$\frac{CM_B}{CM_{error}}$		
A*B	(a-1)(b-1)	$SC_{trat} - (SC_A + SC_B)$	$\frac{SC_{AxB}}{(a-1)(b-1)}$	$\frac{CM_{AxB}}{CM_{error}}$		
Error	ab(n-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij.}^2$	$\frac{SC_{error}}{ab(n-1)}$			
Total	(abn-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{abn}$				

Fuente: (Flores & Flores, 2024)

3.7.2. Prueba de rango múltiple de Duncan

Cuando el análisis de varianza da resultado como significativo o altamente significativo son necesarios la aplicación de las pruebas correspondiente de rango multiple y para el presente estudio se ha utilizado la prueba de rango multiple de Duncan a la probabilidad de $P \leq 0.05$. Para obtener los comparadores Duncan, se toman de la tabla de Duncan los valores de acuerdo al número de tratamientos y con los grados de libertad del error. Cada uno de estos valores será multiplicado por el error estándar de la media y éstos serán los comparadores para determinar cuáles diferencias son significativas. Este procedimiento es utilizado para realizar comparaciones múltiples de medias; para realizar esta prueba no es necesario realizar previamente la prueba F y que ésta resulte significativa; sin embargo, es



recomendable efectuar esta prueba después que la prueba F haya resultado significativa, a fin de evitar contradicciones entre ambas pruebas.

Las características son las siguientes: El número de tratamientos de comparaciones con “t” tratamientos es $\frac{t(t-1)}{2}$ El F_c en el análisis de variancia puede ser significativo o no. Tiene el inconveniente cuando se cuenta con un alto número de tratamientos dado que el nivel de significación α se modifica en función de ellos. Para su aplicación se utiliza la siguiente fórmula:

$$ALS_{(D)} = AES_{(D)} \times S_{\bar{y}}$$

$ALS_{(D)}$ = Amplitud de Limite de Significación de Duncan; $AES_{(D)}$ = Amplitud estudiantizadas Significativas de Duncan (Tabla de Duncan); $S_{\bar{y}}$ = Desviación estándar de promedios.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACION DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL RIO DE TOROCOCHA DE JULIACA.

El río Torococha es uno de los principales canales que cruza la ciudad de Juliaca, donde desembocan las aguas de precipitaciones pluviales y aguas servidas generadas por la población, convirtiéndose en un grave problema ambiental para los pobladores de esa localidad. Frente a esta situación problemática es necesario tomar las precauciones necesarias. Para el presente trabajo de investigación se ha realizado la evaluación de propiedades físico-químicos y los indicadores de la contaminación orgánica como son las demandas de bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO) y que a continuación se detallan algunas características del río en tres zonas (Z) de muestreo y en tres estaciones del año como son verano (enero) E_1 , otoño (abril) E_2 y invierno (agosto) E_3 , que a continuación se describen.

4.1.1. Caudal (m^3/s) evaluado en las estaciones del año 2023 (m^3/s)

El comportamiento del caudal de agua del río, esta influenciada por los factores como la estación del año es decir las épocas de lluvia y épocas de secano. Es decir el mayor caudal se incrementa en épocas de lluvia y se produce como consecuencia desbordamientos e inundaciones que afectan a algunos barrios de la ciudad.

En la zona de estudio debido a las precipitaciones persistentes que se presentan en las cuencas del altiplano, se registra el incremento de persistencia de precipitaciones en los próximos días, lo que podría ocasionar el incremento de

nivel del río Torococha, afectando áreas ribereñas a este sector. En tal sentido, se recomienda a las autoridades locales tomar las acciones pertinentes.

Tabla 2

Análisis de variancia de los niveles de caudal (m³/s) del río Torococha-Juliaca.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Prob
Repetición	3	0.02015	0.00671	0.29	0.8319
Zona	2	66.96640	33.48320	1447.28	< 0.0001
época	2	1.34911	0.67455	29.16	< 0.0001
Zona*época	4	1.10671	0.27642	11.96	< 0.0001
Error	24	0.55524			
Total	35	69.99662			

$$r^2=0.99$$

$$CV= 11.63\%$$

$$Q \text{ (promedio)}=1.31 \text{ m}^3/\text{s}.$$

El análisis de variancia de los niveles de caudal (m³/s) del río de Torococha de la ciudad de Juliaca se muestra en la tabla 02, donde se ha utilizado el diseño bloque completo al azar adoptado en un arreglo factorial donde se ha utilizado la zona (Z) como factor principal y las estaciones (E_i) del año la misma que ha evaluado en el mes lluvioso de enero (E₁), mes de intermedio abril (E₂) y mes de agosto que corresponde al mes seco (E₃) y así también se ha evaluado la interacción entre zona por estación del año, se hizo la prueba F a la probabilidad (P ≤ 0.01); en donde se obtuvo como resultado de análisis de variancia que entre repeticiones no existe diferencia significativa estadística a la probabilidad de P ≤ 0.05. Sin embargo para los factores zona (Z), estaciones (E) y las interacciones (Z*E), existe alto significancia estadística a la probabilidad de P ≤ 0.01, este resultado implica que el caudal varía entre las estaciones, zona de muestreo y las interacciones de zona por estaciones. Para ver entre cuales zonas y cuales estaciones existen diferencia significativa se ha efectuado la prueba de rango múltiple de Duncan a la $\alpha = 0.05$.

Tabla 3

Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el caudal ($Q = m^3/s$) del factor zona de muestreo del rio de Torococha.

orden	Zona de muestreo	valores medio ($Q=m^3/s$)	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Z ₃	3.22583	a
2	Z ₂	0.62500	b
3	Z ₁	0.17250	c

$$CMe=0.023135 \quad RC_2= 0.1282 \quad RC_3 = 0.1346$$

En la tabla 03, de la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $\alpha = 0.05$, en la cual muestra que existen diferencias significativas estadística entre zonas de muestreo para la variable de caudal del rio; el error cuadrático medio es de 0.023135 y los rangos críticos son 0.1282 m³/s y 0.1346 m³/s, la zona Z₃ se obtuvo el caudal medio es de 3.22583 m³/s, seguido la zona Z₂ con un valor de caudal promedio de 0.52500 m³/s y ocupa el último lugar la zona de muestreo Z₁ con un valor promedio de 0.17250 m³/s, que estos valores estadísticamente son diferentes de acuerdo a la prueba de aplicada.

La cual indica que a pesar que la distancias no son muy grandes será debido a la presencia del medio urbano y la presencia de la ubicación geográfica de la ciudad de Juliaca.

Tabla 4

Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor estación del año variable caudal ($Q=m^3/s$) del rio de Torococha Juliaca.

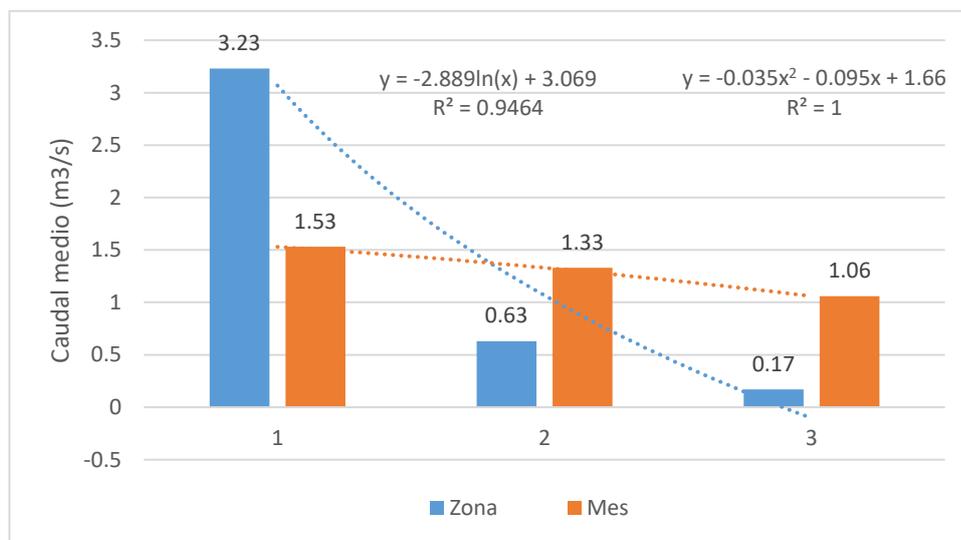
orden	Mes de muestreo	Media ($Q=m^3/s$)	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Verano (enero) E1	1.53250	a
2	Otoño (abril) E2	1.33063	b
3	Invierno (agosto) E3	1.06000	c

$$CMe=0.023135 \quad RC_2= 0.1282 \quad RC_3 = 0.1346$$

El estudio se ha realizado para las estaciones del año (E), para el presente estudio la estación de primavera no se efectuado los muestreos correspondientes por ser una época muy seca; por otro lado es necesario aclarar que en la estación de verano (E₁) inicia 21 de diciembre y finaliza 20 de marzo y el muestreo se ha efectuado en el mes de enero que se considera como época lluviosa; la estación de otoño se ha considerado el mes de abril (E₂) donde inicia 20 de marzo y finaliza 21 de junio se considera como un mes intermedio; y para la estación invierno se ha considerado el mes de agosto (E₃) considerando como un mes seco. En la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de P = 0.05 se observa que existe diferencia significativa entre estaciones del año; en la estación de verano se obtuvo un caudal de Q = 1.5325 m³/s, otoño Q = 1.3306 m³/s y finalmente en la estación de invierno se obtuvo Q = 1.060 m³/s. donde estos valores demuestran alta diferencia estadística entre estaciones del año y coinciden con épocas de lluvia y épocas de secano.

Figura 2

Variación de los niveles de caudal (m³/s) del río Torococha Juliaca



En la figura 02, muestra la variación de los niveles de caudal (m^3/s) del río Torococha de Juliaca, se observa que existe entre las estaciones del año tal como muestra cuyas ecuaciones polinómicas con coeficientes de correlación muy buenas es decir tiene unas ecuaciones que tienen buen ajuste estadístico de acuerdo a los parámetros estadísticos indicado.

Tabla 5

Interacción zona por mes para el caudal ($Q=m^3/s$) del río Torococha Juliaca

N°	Zona	Mes	N	Media ($Q=m^3/s$)	Desv. Estándar ($Q=m^3/s$)
1	Z1	E1	4	0.220000	0.03162
2	Z1	E2	4	0.177500	0.02217
3	Z1	E3	4	0.120000	0.02582
4	Z2	E1	4	0.637500	0.03862
5	Z2	E2	4	0.545000	0.07724
6	Z2	E3	4	0.392500	0.06057
7	Z3	E1	4	3.740000	0.04966
9	Z3	E2	4	3.270000	0.38244
	Z3	E3	4	2.667500	0.17576

En la tabla 05, los niveles de caudales mmedia ($Q=m^3/s$) encontrados en el mes de Enero para la Zona 1 fueron de $Q = 0.22000 m^3/s$; y cuya desviación estándar es de $S_x = 0.03162 m^3/s$ que es un valor aceptable, por estar en la estación de verano (enero).

4.1.2. Temperatura ($^{\circ}C$) evaluado del río de Torococha de Juliaca.

El calentamiento global está originando una modificación en los ciclos biológicos de los seres vivos, que en el caso de los ecosistemas acuáticos pasarían por un desplazamiento aguas arriba de las especies fluviales, un adelantamiento

del ciclo biológico a épocas más tempranas, e incluso la desaparición de especies por la pérdida de sus características óptimas de desarrollo. La temperatura atmosférica condiciona muchos otros procesos tales como la duración de cubierta nival y la cubierta de hielo de las lagunas, la retención de agua en las cuencas, los caudales circulantes por ellas e incluso el desarrollo y crecimiento de los seres vivos.

La temperatura del agua está relacionada con la temperatura atmosférica, pero influyen igualmente otros factores tales como la altitud, el espesor y duración de la cubierta nival, el deshielo, etc. Se trata de una variable fundamental en el periodo vegetativo, la concentración de oxígeno disuelto en el agua, la emergencia de fases larvarias acuáticas de insectos, entre otros.

Tabla 6

Análisis de variancia de los niveles de temperatura (°C) del río Torococha

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Prob
Repetición	3	2.58446	0.86148	4.17	0.0164
Zona	2	17.80560	8.90280	43.11	< 0.0001
época	2	3.41817	1.70908	8.28	0.0018
Zona*época	4	1.96064	0.49016	2.37	< 0.0001
Error	24	4.95593	0.20649		
Total	35	30.72482			

$r^2=0.84$

$CV= 3.57\%$

$temperatura (°C)=.12.7122$

Para la evaluación del parámetro de temperatura se ha utilizado el diseño bloque completo al azar con cuatro repeticiones y adoptado a un modelo del experimento factorial con dos factores y su interacción respectiva y se obtuvo como resultado; que repeticiones existe diferencia de alta significativa a la probabilidad de $P \leq 0.01$ con un $F_c = 4.17$; entre zonas de evaluación (Z), fechas

de muestreo (E) y las interacciones (Z^*E) entre factores existe alta significancia estadística a la probabilidad de $P \leq 0.01$, por lo tanto para su interpretación se ha utilizado la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P=0.05$; el resultado DEL análisis de variancia ha sido ratificado mediante los parámetros de coeficiente de determinación de 84.00% con un coeficiente de variación de $CV=3.57\%$ la cual muestra que el diseño utilizado es adecuado y se obtuvo un promedio general de cuyo valor es de 12.71 mg/l.

Tabla 7

Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor zona de temperatura ($^{\circ}C$) del río de Torococha

Orden	Zona de muestreo	valores medio ($^{\circ}C$)	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Z_3	13.4675	a
2	Z_1	12.8950	b
3	Z_2	12.7742	c

$CMe=0.206497$ $RC_2= 0.3829$ $RC_3 = 0.4021$

Realizada la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P = 0.05$, en la tabla 07 anterior muestra que existen diferencias significativas entre zonas de muestreo de la variable de temperatura; el error cuadrático medio es de 0.2065 y los rangos críticos son 0.3829 y 0.4021 en la tabla anterior muestra que la zona muestreo Z_3 se obtuvo la temperatura media de 13.4675 $^{\circ}C$, seguido la zona Z_1 con un valor de temperatura promedio de 12.8950 $^{\circ}C$ y ocupa el último lugar la zona de muestreo Z_2 con un valor promedio de 12.7742 $^{\circ}C$, que estos valores estadísticamente son diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan aplicada.

Tabla 8

Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor mes de muestreo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) del río de Torococha

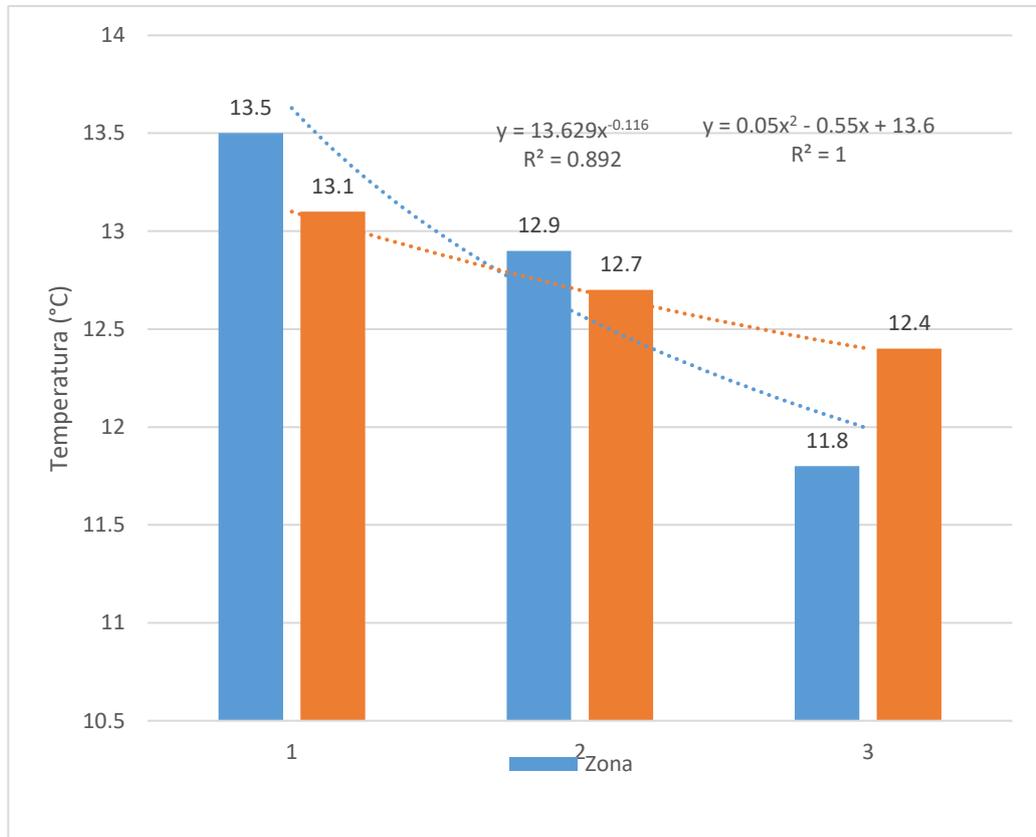
Orden	Mes de muestreo		valores medio ($^{\circ}\text{C}$)	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Otoño (abril)	E2	13.1133	a
2	invierno(agosto)	E3	12.6592	b
3	verano (enero)	E1	12.3642	b

$CMe=0.206497$ $RC_2= 0.3829$ $RC_3 = 0.4021$

En la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P = 0.05$ para la variable temperatura, se observa que existe diferencia altamente significativa entre estaciones del año (E) ; en la estación de verano se obtuvo un caudal cuyo valor es de 13.1133°C , en la estación de otoño (abril), la temperatura obtenida en invierno fue en el mes de agosto con 12.6592°C y finalmente en la estación de verano se obtuvo 12.3642°C . donde estos valores demuestran diferencia estadística entre estaciones del año y coinciden con épocas de lluvia y épocas de secano, donde en el mes de abril presenta valor de temperatura y estadísticamente es superior a los meses de enero y agosto, que estos valores son similares estadísticamente, tal como muestra en la tabla 08.

Figura 3

Niveles de temperatura del río Torococha



En la figura 03, podemos observar la variación que existe entre las estaciones del año tal como muestra cuyas ecuaciones polinómicas con coeficientes de correlación muy buenas es decir tiene unas ecuaciones que tienen buen ajuste estadístico de acuerdo a los parámetros estadísticos indicado.

Tabla 9

Interacción zona por mes para el muestreo de temperatura (°C) del río Torococha de Juliaca.

N°	Zona	Mes	N	Media (°C)	Desv. Estándar
1	Z1	E1	4	12.62750	0.576210
2	Z1	E2	4	13.20500	0.298610
3	Z1	E3	4	12.85250	0.469060
4	Z2	E1	4	11.05750	0.171397
5	Z2	E2	4	12.19500	0.615270
6	Z2	E3	4	12.07000	0.288670
7	Z3	E1	4	13.40750	0.870680
9	Z3	E2	4	13.94000	0.182570
	Z3	E3	4	13.05500	0.330400
			CMe=0.206497	RC ₂ = 0.3829	RC ₃ = 0.4021

En la tabla 09, los niveles de temperatura promedio encontrados en el mes de Enero para la Zona 1 fueron de 0.576210°C; y cuya desviación estándar es de $S_x = 0.576210$ °C que es un valor aceptable, por la variable climática como es la temperatura esta relacionada con las estaciones del año.

Martínez (2006), indica que la temperatura en cuerpos de agua, es el reflejo del contenido de calor que depende del balance instantáneo entre la entrada, almacenamiento y salida de este, además es importante considerar que la temperatura del agua varía en relación con la temperatura del aire y esto se refleja en los valores obtenidos.

Rivas *et al* (2005) menciona que las temperaturas más bajas que obtuvo fueron motivadas a la mayor altura sobre el nivel del mar y la distancia recorrida por el río y Mayta (2013) menciona que los valores de la temperatura del agua de

diversos ecosistemas acuáticos varían según su localización y altitud sobre el nivel del mar, a lo que podemos decir que el nivel de temperaturas encontradas en esta investigación están relacionadas a la altura y puesto que el agua varía de acuerdo a la temperatura.

4.1.3. pH evaluado en el río Torococha de Juliaca.

En el conocimiento científico, el pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua. Se define como la concentración de iones de hidrógeno en el agua. La escala del pH es logarítmica con valores de 0 a 14.

Tabla 10

Análisis de variancia de los niveles de pH del río Torococha de Juliaca

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Prob
Repetición	3	0.49418	0.16472	2.63	0.0733
Zona	2	3.06723	1.53362	24.48	< 0.0001
época	2	0.09973	0.04986	0.80	0.4626
Zona*época	4	0.58641	0.14660	2.34	0.0839
Error	24	1.50338	0.06264		
Total	35	5.75096			

$r^2=0.74$

$CV= 3.45\%$

Promedio de pH = 7.24.

Un incremento de una unidad en la escala logarítmica, equivale a una disminución diez veces mayor en la concentración de iones de hidrógeno. Con una disminución del pH, el agua se hace más ácida y con un aumento de pH el agua se hace más básica. Muchas reacciones químicas dentro de los organismos acuáticos (metabolismo celular) son necesarias para la supervivencia y crecimiento. Los organismos requieren un margen estrecho de valores de pH.

Para la evaluación del parámetro pH se ha utilizado el diseño bloque completo al azar con cuatro repeticiones y adoptado a un modelo del experimento factorial con dos factores y su interacción respectiva y se obtuvo como resultado;

que repeticiones no existe diferencia significativa a la probabilidad de $P=0.05$ con un $F_c = 2.63$; entre zonas de evaluación, fechas de muestreo y las interacciones entre factores existe alta significancia estadística a la probabilidad de $P \leq 0.01$, por lo tanto para su interpretación se ha utilizado la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P=0.05$; el resultado ha sido ratificado mediante los parámetros de coeficiente de determinación de 74.00% con un coeficiente de variación de $CV=3.45\%$ la cual muestra que el diseño utilizado es adecuado y se obtuvo un promedio general de cuyo valor es de 7.24 de pH que es ligeramente alcalino..

Tabla 11

Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor zona de pH del río de Torococha

orden	Zona de muestreo	valores medio (pH)	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Z3	7.5342	a
2	Z2	7.3483	a
3	Z1	6.8433	b

$CMe=0.06241$ $RC_2= 0.2109$ $RC_3 = 0.2210$

Realizada la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P = 0.05$, en la tabla 011, muestra que existen diferencias significativas entre zonas de muestreo de la variable de pH; el error cuadrático medio es de 0.062641 y los rangos críticos son 0.2109 y 0.2215 en la tabla anterior muestra que la zona de muestreo Z_3 se obtuvo pH media de 7.5342, seguido la zona Z_2 con un valor de temperatura promedio de 7.3483 y ocupa el último lugar la zona de muestreo Z_1 con un valor promedio de 6.8433, que estos valores estadísticamente son diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan aplicada.

Tabla 12

Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor mes de pH del rio de Torococha

Juliaca

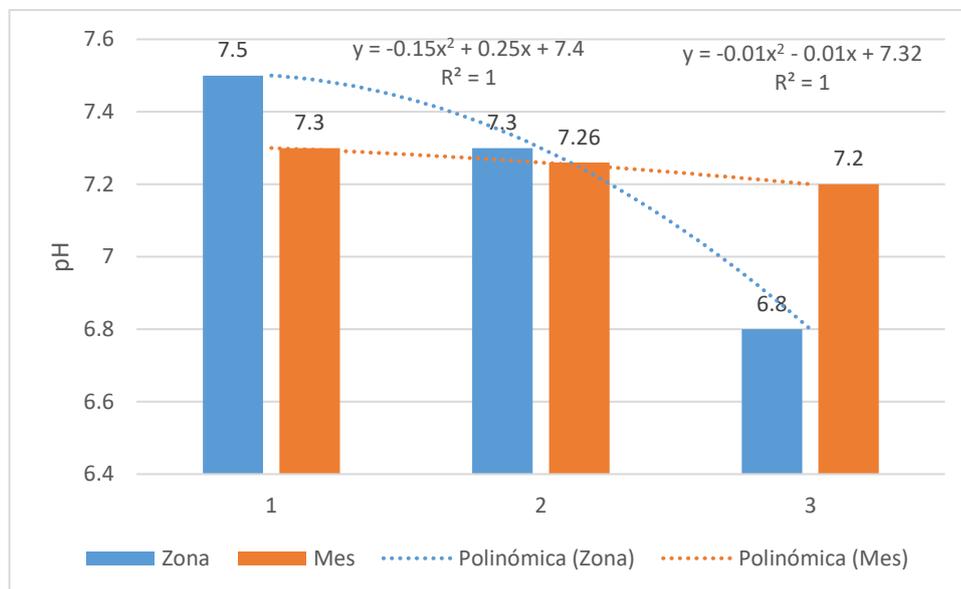
orden	Mes de muestreo	valores medio (pH)	Duncan ($\alpha = 0.05$)	
1	Otoño (abril)	E2	7.2982	a
2	Invierno (agosto)	E3	7.2558	a
3	Verano (verano)	E1	7.1717	a

$CMe=0.06241$ $RC_2= 0.2109$ $RC_3 = 0.2210$

En la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P = 0.05$ para la variable de estaciones del año se observa que no existe diferencia significativa estadística entre estaciones del año.

Figura 4

Niveles de pH del rio Torococha



En la figura 04, podemos observar la variación que existe entre zonas de muestreo y las estaciones del año, que los graficos demuestran la no significancia estadística, tal como muestra cuyas ecuaciones polinómicas con coeficientes de

correlación muy buenas es decir tiene unas ecuaciones que tienen buen ajuste estadístico de acuerdo a los parámetros estadísticos indicado.

Tabla 13

Interacción zona por mes para el nivel de pH del rio Torococha Juliaca

N°	Zona	Mes	N	Media (pH)	Desv. estándar
1	Z1	E1	4	6.71750	0.31573
2	Z1	E2	4	6.81750	0.26899
3	Z1	E3	4	6.99500	0.17078
4	Z2	E1	4	7.45000	0.30364
5	Z2	E2	4	7.27250	0.26209
6	Z2	E3	4	7.32250	0.39033
7	Z3	E1	4	7.34750	0.22514
8	Z3	E2	4	7.80500	0.17078
9	Z3	E3	4	7.45000	0.26745

CMe=0.06241

RC₂= 0.2109

RC₃ = 0.2210

En los extremos finales de la escala de pH (2 ó 13), ocurren daños físicos en las agallas, esqueletos y aletas. Los cambios en pH pueden alterar la concentración de otras sustancias en el agua modificando el nivel de toxicidad. Las aguas con crecimiento elevado de algas pueden mostrar un cambio diurno en el pH. Cuando las algas crecen y se reproducen usan CO₂. Esta reducción hace que el pH aumente. Por lo tanto, si las condiciones son favorables para el crecimiento de algas cuando la luz del sol entibia la temperatura, el agua será más alcalina.

El pH máximo ocurre generalmente por la tarde, el pH desciende por la noche. Puesto que el crecimiento de las algas está sujeto a la luz que penetra en las zonas, el pH puede variar en función de la profundidad en lagos, estuarios, agua de bahías y océanos. Los desperdicios sintéticos arrojados al agua reducen el pH como la lluvia ácida que proviene de desechos industriales, automotrices y



drenajes mineros. Los nutrientes pueden afectar indirectamente al pH y estimular el crecimiento de las algas.

Torres (2008), indica que todas las muestras de pH en su estudio cumplían con el límite máximo permisible de 6.5-8.5, aunque algunas superaban el límite máximo aceptable, el cual es de 7.0-7.5, pero el límite máximo permisible es el mismo propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Los promedios de pH por meses presentaron una similitud entre sí, para el mes de Enero se obtuvo un pH de promedio de 7.1, para Abril y Agosto se encontró un pH promedio 7.2 (Figura 09).

Según Martínez (2006), refiere que las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO₂ disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO₂ formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato.

El pH de las aguas superficiales de los cuerpos de agua debe encontrarse en el intervalo de 6.0 a 8.5 en unidades de pH, en su estudio obtuvo un valor extremo de 5.92 de pH e indica que esta tendencia a una disminución se debe a la precipitación característica de la temporada lluviosa y a la cantidad de materia orgánica disuelta.

4.1.4. Valores de transparencia (%)

Para la evaluación del parámetro de sólidos suspendidos se ha utilizado el diseño bloque completo al azar con cuatro repeticiones y adoptado a un modelo

del experimento factorial con dos factores y su interacción respectiva y se obtuvo como resultado; que repeticiones no existe diferencia significativa a la probabilidad de $P=0.05$ con un $F_c = 734.76$; entre zonas de evaluación, fechas de muestreo y las interacciones entre factores existe alta significancia estadística a la probabilidad de $P \leq 0.01$, entre repeticiones no existe diferencia estadística de acuerdo a la prueba de F. Sin embargo existe alta significancia estadística entre estaciones del año, zonas de muestreo y las interacciones entre estación por zona de muestreo; para el mejor entendimiento se efectuó la prueba de rango múltiple de Duncan y que a continuación se interpreta estadísticamente.

Tabla 14

Análisis de variancia de los niveles de valores de transparencia (%) del río

Torococha

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Prob
Repetición	3	4.35825	1.45275	0.96	0.4285
Zona	2	2228.74446	1114.3723	734.76	< 0.0001
época	2	119.24362	59.6218	39.31	< 0.0001
Zona*época	4	31.89737	7.97434	5.26	0.0035
Error	24	36.39944	1.51664		
Total	35	2420.643322			

$$r^2=0.98$$

$$CV= 9.299\%$$

$$T(\text{promedio})= 13.243\%.$$

El análisis de variancia dio como resultado de que como los parámetros de coeficiente de determinación de 98.00% con un coeficiente de variación de $CV=9.299\%$ la cual muestra que el diseño utilizado es adecuado y se obtuvo un promedio general de cuyo valor es de 13.243%. donde estos valores son bastante confiables estadísticamente.

Tabla 15

Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor zona de nivel de transparencia (%) del río de Torococha Juliaca.

orden	Zona de muestreo	valores medio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Z1	24.2963	a
2	Z3	8.8063	b
3	Z2	6.6217	c

$CMe=151644$ $RC_2= 1.038$ $RC_3 = 1.090$

Realizada la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P = 0.05$, en la tabla anterior muestra que existen diferencias significativas entre zonas de muestreo de la variable de temperatura; el error cuadrático medio es de 1.516644 y los rangos críticos son 1.038 y 1.090 en la tabla anterior muestra que la zona muestreo Z1 se obtuvo la temperatura media de 24.2983%, seguido la zona Z3 con un valor de temperatura promedio de 8.8083% y ocupa el último lugar la zona de muestreo Z₂ con un valor promedio de 6.6217%, que estos valores estadísticamente son diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan utilizada.

Tabla 16

Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor mes de transparencia (%) del río de Torococha Juliaca.

orden	Mes de muestreo	valores medio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Verano (enero) E1	15.5983	a
2	Otoño (abril) E2	12.9633	b
3	Invierno (agosto) E3	11.1667	c

$CMe=151644$ $RC_2= 1.038$ $RC_3 = 1.090$

El estudio se ha realizado en las cuatro estaciones del año de los cuales en la estación de primavera no se efectuado los muestreos correspondientes por ser una época seca en la zona de Juliaca es necesario aclarar que el verano inicia 21

de diciembre y finaliza 20 de marzo y el muestreo para esta estación se ha considerado en el mes de enero (E_1) época lluviosa; y para la estación de otoño se ha considerado el mes de abril (E_2) donde inicia 20 de marzo y finaliza 21 de junio se considera como un mes intermedio; y para la estación invierno se ha considerado el mes de agosto considerando como un mes (E_3) seco.

En la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P = 0.05$ se observa que existe diferencia altamente significativa entre estaciones del año; en la estación de verano se obtuvo un caudal de 15.5983%, otoño 12.9633 y finalmente en la estación de invierno se obtuvo 11.1667%. donde estos valores demuestran alta diferencia estadística entre estaciones del año y coinciden con épocas de lluvia y épocas de sequía.

Figura 5

Valores porcentuales de transparencia

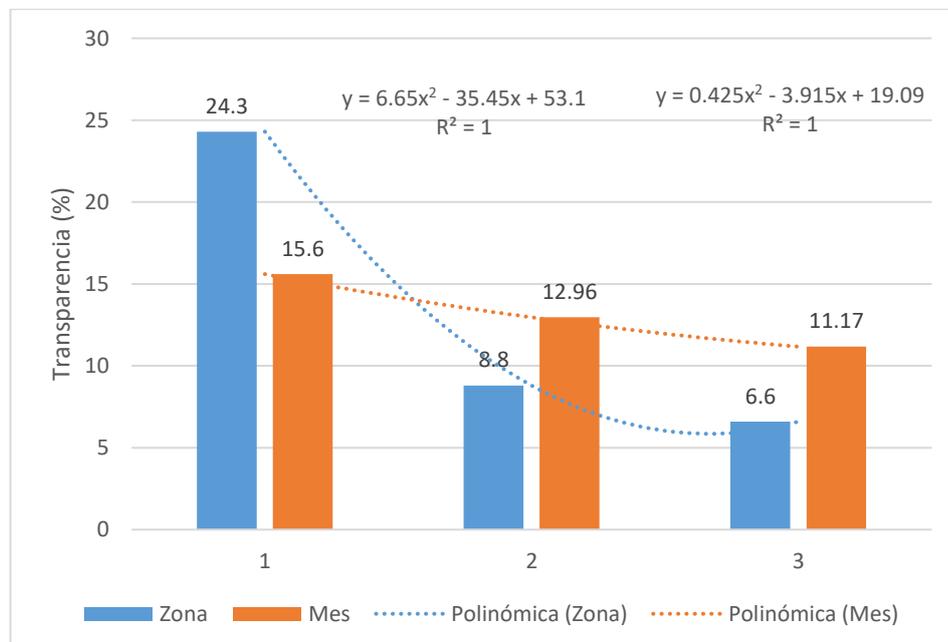


Tabla 17

Interacción zona por mes niveles de transparencia (%) del río de Torococha de Juliaca.

N°	Zona	Mes	N	Transparencia (media)	Desv. estándar
1	Z1	E1	4	28.450000	1.4927820
2	Z1	E2	4	23.670000	1.6547700
3	Z1	E3	4	20.875000	1.7376900
4	Z2	E1	4	8.080000	1.0941054
5	Z2	E2	4	6.400000	1.3995237
6	Z2	E3	4	5.385000	0.5470831
7	Z3	E1	4	10.266000	0.8463844
9	Z3	E2	4	8.920000	1.0088937
	Z3	E3	4	7.240000	0.6406247

 $CMe=151644$ $RC_2= 1.038$ $RC_3 = 1.090$

4.1.5. Valores de sólidos suspendidos (mg/l)

El parámetro de los sólidos suspendidos se refiere a pequeñas partículas sólidas que permanecen en suspensión en el agua. Se usan como un indicador de calidad del agua, típicamente para aplicaciones en aguas residuales y como parte del sistema de carga para efluentes comerciales en varios países, utilizando la fórmula de Mogden, la que es aplicada por las compañías de agua para calcular los costos de cargas a los desagües públicos. Estos sólidos suspendidos no deben ser confundidos con los sólidos sedimentables, que muchas veces utilizan las mismas abreviaciones, siendo estos últimos los responsables del bloqueo de las tuberías de desagües.



Tabla 18

Análisis de variancia de los niveles de solidos suspendidos (mg/l) del rio

Torococha

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Prob
Repetición	3	118.64330	39.54777	1.42	0.2624
Zona	2	52981.500000	26490.7502	948.71	< 0.0001
época	2	61106.42691	30553.21345	1094.20	< 0.0001
Zona*época	4	3525.99504	1381.49876	49.48	< 0.0001
Error	24	670.1490	27.9229		
Total	35	120402.7147			

$$r^2=0.99$$

$$CV= 3.74 \%$$

$$promedio= 141.28.$$

Para la evaluación del parámetro de solidos suspendidos se ha utilizado el diseño bloque completo al azar con cuatro repeticiones y adoptado a un modelo del experimento factorial con dos factores y su interacción respectiva y se obtuvo como resultado; que repeticiones no existe diferencia significativa a la probabilidad de $P=0.05$ con un $F_c = 1.42$; entre zonas de evaluación, fechas de muestreo y las interacciones entre factores existe alta significancia estadística a la probabilidad de $P \leq 0.01$, por lo tanto para su interpretación se ha utilizado la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P=0.05$; el resultado ha sido ratificado mediante los parámetros de coeficiente de determinación de 99.00% con un coeficiente de variación de $CV=3.74\%$ la cual muestra que el diseño utilizado es adecuado y se obtuvo un promedio general de cuyo valor es de 141.28 mg/l.

Tabla 19

Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor zona de solidos suspendidos (mg/l) del rio de Torococha de Juliaca.

orden	Zona de muestreo	valores medio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Z2	187.439	a
2	Z3	142.831	b
3	Z1	93.509	c

$CMe=27.92288$ $RC_2= 4.452$ $RC_3 = 4.676$

Realizada la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P = 0.05$, en la tabla anterior muestra que existen diferencias significativas entre zonas de muestreo de la variable de temperatura; el error cuadrático medio es de 0.2065 y los rangos críticos son 0.3829 y 0.4021 en la tabla anterior muestra que la zona muestreo Z_3 se obtuvo la temperatura media de 13.4675 °C, seguido la zona Z_1 con un valor de temperatura promedio de 12.8950°C y ocupa el último lugar la zona de muestreo Z_2 con un valor promedio de 12.7742°C, que estos valores estadísticamente son diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan aplicada.

Tabla 20

Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor mes de solidos suspendidos (mg/l) del rio de Torococha de Juliaca

orden	Mes de muestreo	valores medio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Verano (enero) E1	191.900	a
2	Otoño (abril) E2	140.895	b
3	Invierno (agosto) E3	90.984	c

$CMe=27.92288$ $RC_2= 4.452$ $RC_3 = 4.676$

El estudio se ha realizado en las cuatro estaciones del año de los cuales en la estación de primavera no se efectuado los muestreos correspondientes por ser una época seca en la zona de Juliaca es necesario aclarar que el verano inicia 21

de diciembre y finaliza 20 de marzo y el muestreo para esta estación se ha considerado en el mes de enero época lluviosa; y para la estación de otoño se ha considerado el mes de abril donde inicia 20 de marzo y finaliza 21 de junio se considera como un mes intermedio; y para la estación invierno se ha considerado el mes de agosto considerando como un mes seco. En la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P = 0.05$ se observa que existe diferencia altamente significativa entre estaciones del año; en la estación de verano se obtuvo un caudal de $Q = 1.5325 \text{ m}^3/\text{s}$, otoño $Q = 1.3306 \text{ m}^3/\text{s}$ y finalmente en la estación de invierno se obtuvo $Q = 1.060 \text{ m}^3/\text{s}$. donde estos valores demuestran alta diferencia estadística entre estaciones del año y coinciden con épocas de lluvia y épocas de secano.

Figura 6

Contenido de los sólidos suspendidos de las aguas del río Torococha

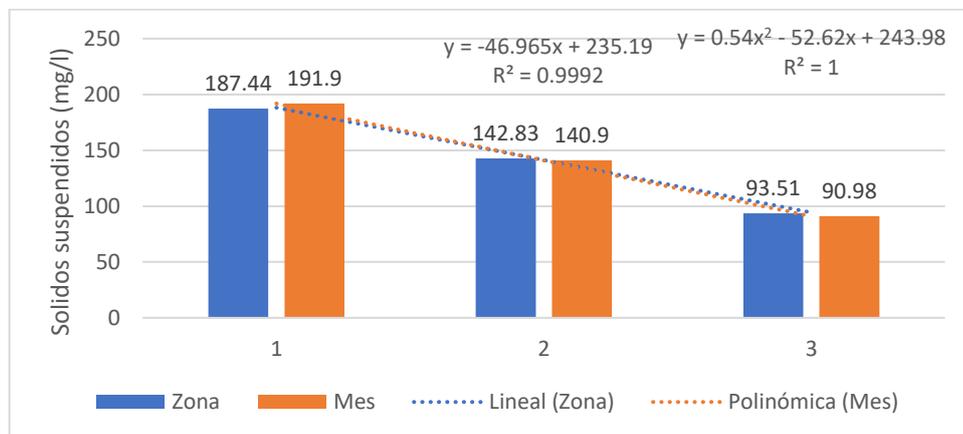


Tabla 21

Interacción zona por mes para solidos suspendidos(mg/l) del rio de Torococha de Juliaca

N°	Zona	Mes	N	media	Desv. estándar
1	Z1	E1	4	123.725000	4.9822110
2	Z1	E2	4	100.495000	3.91171310
3	Z1	E3	4	56.307500	5.36822364
4	Z2	E1	4	248.207500	6.56500000
5	Z2	E2	4	193.667500	4.69224449
6	Z2	E3	4	120.442500	7.01568421
7	Z3	E1	4	203.767500	3.81266639
8	Z3	E2	4	128.522500	3.53500000
9	Z3	E3	4	96.202500	7.25397535

$CMe=27.92288$ $RC_2= 4.452$ $RC_3 = 4.676$

4.2. NIVELES DE DBO₅ Y DQO COMO INDICADORES DE CONTAMINACION ORGANICA EN EL RIO DE TOROCOCHA-JULIACA.

4.2.1. Valores de DBO₅

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) representa la cantidad de oxígeno que consumen las bacterias y otros microorganismos mientras descomponen la materia orgánica en condiciones aeróbicas a una temperatura específica. La DBO se utiliza para medir el impacto a corto plazo que tendrán los efluentes de aguas residuales en los niveles de oxígeno del agua receptora. Es representativa de la porción de aguas residuales que demanda oxígeno orgánico en varios lugares a lo largo del proceso, desde el afluente hasta el efluente.

Para la evaluación del parámetro de DBO₅ se ha utilizado el diseño bloque completo al azar con cuatro repeticiones y adoptado a un modelo del experimento



factorial con dos factores y su interacción respectiva y se obtuvo como resultado; que repeticiones no existe diferencia significativa a la probabilidad de $P=0.05$ con un $F_c = 0.19$; entre zonas de evaluación, fechas de muestreo y las interacciones entre factores existe alta significancia estadística a la probabilidad de $P \leq 0.01$, por lo tanto para su interpretación se ha utilizado la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P=0.05$; el resultado ha sido ratificado mediante los parámetros de coeficiente de determinación de 76.70% con un coeficiente de variación de $CV=46.67\%$ la cual muestra que el diseño utilizado es adecuado y se obtuvo un promedio general de cuyo valor es de 50.33 mg/l.

Tabla 22

Análisis de variancia de los niveles de DBO_5 del rio Torococha Juliaca

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Prob
Repetición	3	313.84965	109.61655	0.19	0.9024
Zona	2	22124.66072	11062.33036	20.05	< 0.0001
época	2	13347.33452	6673.66726	12.10	0.0002
Zona*época	4	7812.74802	1953.18700	3.54	0.0209
Error	24	13241.12417	551.71351		
Total	35	56839.71707			

$$r^2=0.767$$

$$CV= 46.67\%$$

$$promedio(DBO5) = 50.33.$$

La tabla de prueba de rango múltiple muestra que las zona3 zona2 con valores 69.200% y 66.486% donde estos valores son similares estadísticamente y ocupa el último lugar zona 1, que estadísticamente es diferente a las zonas anteriores y se debe probablemente a la topografía plana donde se encuentra la ciudad de Juliaca.

Tabla 23*Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor zona (DBO_5) del rio de Torococha*

orden	Zona de muestreo	valores medio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Z3	69.200	a
2	Z2	66.486	a
3	Z1	15.307	b

$CMe = 551.7135$ $RC_2 = 19.79$ $RC_3 = 20.79$

Realizada la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P = 0.05$, en la tabla anterior muestra que existen diferencias significativas entre zonas de muestreo de la variable de DBO_5 ; el error cuadrático medio es de 551.7133mg/l y los rangos críticos son 19.79. y 20.79 en la tabla anterior muestra que la zona muestreo Z_3 se obtuvo la DBO_5 de 69.200 mg/l, seguido la zona Z_2 con un valor de DBO_5 promedio de 66.486 y ocupa el último lugar la zona de muestreo Z_1 con un valor promedio de 15.307, que estos valores estadísticamente son diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan aplicada.

Tabla 24*Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor mes de DBO_5 del rio de Torococha*

orden	Mes de muestreo	valores medio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Verano (enero) E1	72.143	a
2	Otoño (abril) E2	53.543	a
3	Invierno (agosto) E3	25.307	b

$CMe = 551.7135$ $RC_2 = 19.79$ $RC_3 = 20.79$

Para el estudio se ha realizado en las cuatro estaciones del año de los cuales en la estación de primavera no se efectuado los muestreos correspondientes por ser una época seca en la zona de Juliaca es necesario aclarar que el verano inicia 21 de diciembre y finaliza 20 de marzo y el muestreo para esta estación se ha considerado en el mes de enero época lluviosa; y para la estación de otoño se ha considerado el mes de abril donde inicia 20 de marzo y finaliza 21 de junio se

considera como un mes intermedio; y para la estación invierno se ha considerado el mes de agosto considerando como un mes seco.

En la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P = 0.05$ se observa que existe diferencia altamente significativa entre estaciones del año; en la estación de verano se obtuvo un caudal de $Q = 1.5325 \text{ m}^3/\text{s}$, otoño $Q = 1.3306 \text{ m}^3/\text{s}$ y finalmente en la estación de invierno se obtuvo $Q = 1.060 \text{ m}^3/\text{s}$. donde estos valores demuestran alta diferencia estadística entre estaciones del año y coinciden con épocas de lluvia y épocas de secano.

Figura 7

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

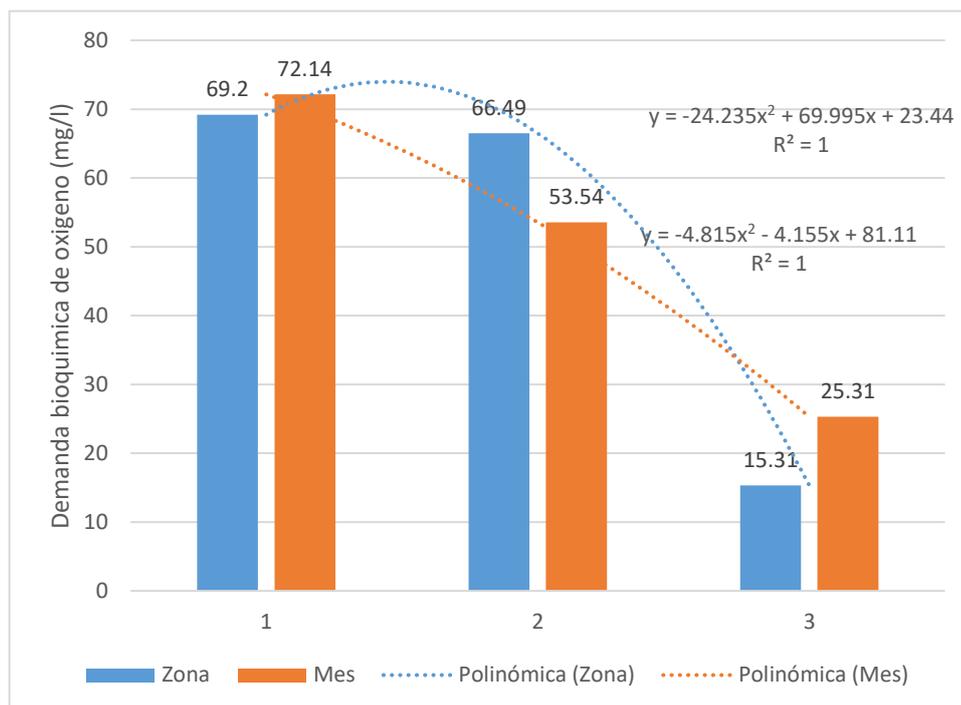


Tabla 25*Interacción zona por mes de DBO₅ del río de Torococha*

N°	Zona	Mes	N	media	Desv. estándar
1	Z1	E1	4	6.755000000	1.2622863
2	Z1	E2	4	27.685000000	2.1453593
3	Z1	E3	4	11.480000000	2.2533533
4	Z2	E1	4	13.727500000	0.9362113
5	Z2	E2	4	95.730000000	7.9948025
6	Z2	E3	4	90.000000000	2.9517114
7	Z3	E1	4	55.437500000	17.9077427
8	Z3	E2	4	93.012500000	53.2059970
1149	Z3	E3	4	59.150000000	12.8811930

$CMe = 551.7135$ $RC_2 = 19.79$ $RC_3 = 20.79$

4.2.2. Valores de DQO

Cocemos que la DQO es un parámetro de calidad del agua, utilizado para evaluar el contenido de materia que puede ser oxidada por un oxidante químico, generalmente dicromato potásico en medio ácido. Este parametro se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/l). Por tanto, un parámetro relacionado con la contaminación del agua, la cual significa que aguas con altos valores de materia orgánica tendrán un valor muy elevado de DQO, lo que lleva a que esas aguas requieren mayor cantidad de oxígeno para llevar a cabo la degradación de la materia orgánica, consumiendo rápidamente el oxígeno disuelto y dificultando el desarrollo de los organismos vivos que habitan el medio acuatico.

Tabla 26

Análisis de variancia de los niveles de DQO del río Torococha

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Prob
Repetición	3	49.05692	16.35231	0.28	0.8390
Zona	2	33809.38632	16.904.69316	2089.89	< 0.0001
época	2	53532.37847	26766.18923	458.90	< 0.0001
Zona*época	4	69406.16467	17351.54000	297.49	< 0.0001
Error	24	1399.8511	58.32710		
Total	35	158196.8375			

$$r^2=0.99$$

$$CV= 10.64\%$$

$$promedio=71.76$$

Para la evaluación de este parámetro se ha utilizado el diseño bloque completo al azar con cuatro repeticiones y adoptado a un modelo del experimento factorial con dos factores y su interacción respectiva y se obtuvo como resultado; que repeticiones no existe diferencia estadística significativa a la probabilidad de $P=0.05$ con un $F_c = 0.28$ entre repeticiones; entre zonas de evaluación se encontró un $F_c = 2089.89$, entre estaciones del año cuya $F_c = 458.90$ y las interacciones (Z*E) existe alta significancia estadística a la probabilidad de $P \leq 0.01$, por lo tanto para su interpretación se ha utilizado la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P=0.05$; el resultado ha sido ratificado mediante los parámetros de coeficiente de determinación de 99.00% con un coeficiente de variación de $CV=10.64\%$ la cual muestra que el diseño utilizado es adecuado y se obtuvo un promedio general de cuyo valor es de 71.76 mg/l.

Tabla 27

Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor zona de DQO del río de Torococha

orden	Zona de muestreo	valores medio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Z ₃	100.7990	a
2	Z ₂	85.1060	b
3	Z ₁	29.3800	c

$$CMe= 58.32713$$

$$RC_2= 6.435$$

$$RC_3 = 6.759$$

De acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P = 0.05$, en la tabla anterior muestra que existen diferencias significativas entre zonas de muestreo de la variable de DQO; el error cuadrático medio es de 58.32713 y los rangos críticos son 6.435 y 6.759 en la tabla anterior muestra que la zona muestreo Z_3 se obtuvo la DQO media de 100.799 mg/l, seguido la zona Z_2 con un valor de temperatura promedio de 85.106 mg/l y ocupa el último lugar la zona de muestreo Z_1 con un valor promedio de 29.180 mg/l, que estos valores estadísticamente son diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan aplicada.

Tabla 28

Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor mes de DQO del río de Torococha

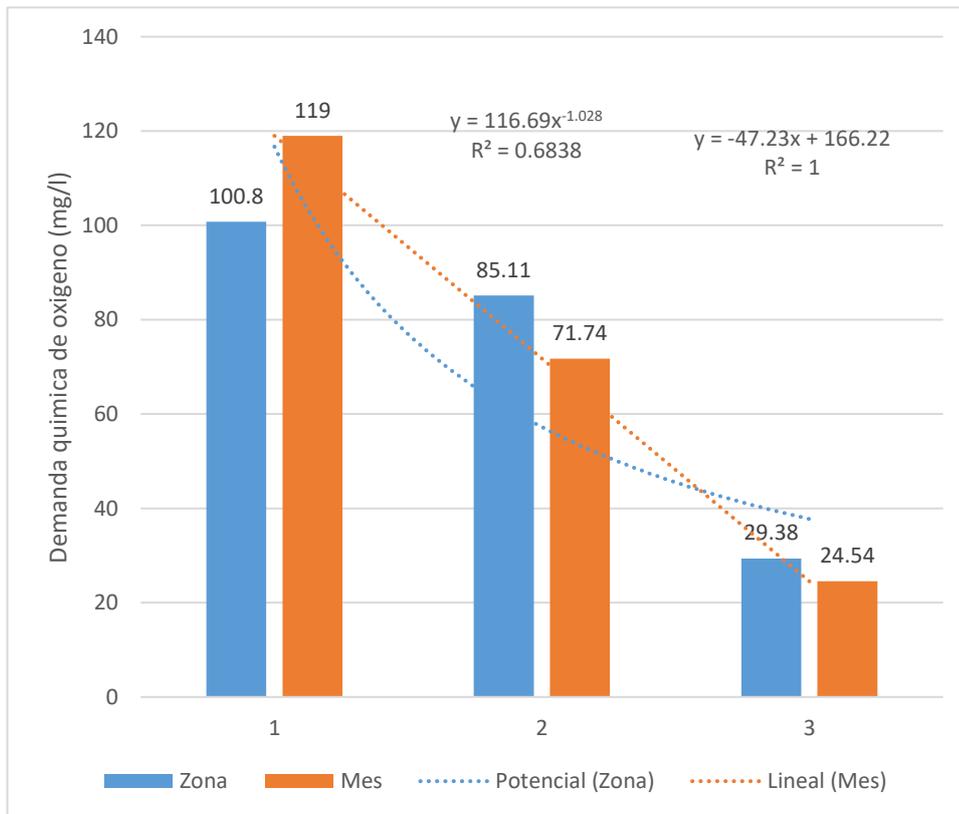
orden	Mes de muestreo	valores medio (DQO)	Duncan ($\alpha = 0.05$)
1	Invierno (agosto) E3	119.0000	a
2	Otoño (abril) E2	71.7420	b
3	Verano (enero) E1	24.5430	c

$CMe = 58.32713$ $RC_2 = 6.435$ $RC_3 = 6.759$

En la prueba de rango múltiple de Duncan a la probabilidad de $P = 0.05$ para estaciones del año, se observa que existe diferencia significativa entre estaciones del año; en la estación de invierno (agosto) se obtuvo un caudal de DQO= 119.000mg/l, otoño DQO= 71.7420 mg/l y finalmente en la estación de verano (enero) se obtuvo 24.5430 mg/l,. donde estos valores obtenidos demuestran diferencias estadísticas entre estaciones del año y coinciden con épocas de lluvia y épocas de secano.

Figura 8

Demanda Química de Oxígeno (DQO)



De acuerdo a la figura 08, se observa de tanto para la zona y estación del año muestran similitud donde la DQO es mayor en verano y baja ligeramente en otoño e invierno.

Tabla 29*Interacción zona por mes para la DQO del río Torococha de Juliaca*

N°	Zona	Mes	N	Media (DQO)	Desv. estándar
1	Z1	E1	4	8.840000	1.4043029
2	Z1	E2	4	25.772500	2.4824366
3	Z1	E3	4	53.527500	3.8025025
4	Z2	E1	4	48.717500	2.2250449
5	Z2	E2	4	16.245000	3.4836140
6	Z2	E3	4	190.355000	8.6278638
7	Z3	E1	4	16.072500	1.2565926
8	Z3	E2	4	173.207500	16.7528652
9	Z3	E3	4	113.117500	9.3065474

$CMe = 58.32713$ $RC_2 = 6.435$ $RC_3 = 6.759$

4.3. DISCUSIÓN

Sabemos que la calidad del agua del río Torococha de Juliaca se encontró seriamente contaminada por los residuos sólidos de la ciudad, con materia orgánica, nutrientes, tóxicos orgánicos y coliformes fecales. De acuerdo al resultado obtenido el pico de contaminación por materia orgánica (119.000 mg/L de DQO y 72.143 mg/L de DBO₅) observado en la estación de otoño (abril), coincide con la proximidad de descargas provenientes del rastro municipal de Juliaca. todos los sitios sobrepasaron los criterios para DQO y DBO₅. En general, las concentraciones fueron al menos cuatro veces inferiores al valor deseable (5.0 mg/L), muy por debajo de los niveles requeridos para sostener la vida acuática. Situación similar a otros ríos que reciben las descargas de grandes zonas urbanas (Rivera-Vázquez et al. 2007). Para la tesis se concluye que el mayor promedio de transparencia se encontró los valores de mayor caudal en la estación de verano (enero) $Q = 1.5325 \text{ m}^3/\text{s}$ y el menor caudal $Q = 1.0600 \text{ m}^3/\text{s}$; así mismo en cuanto se refiere la transparencia en la misma estación con un valor 15.44%. Las Zonas



de estudio han demostrado diferencia significativa estadística debido a la presencia topografía llana de la ciudad de Juliaca . El mayor promedio de sólidos suspendidos totales se presentó en la Zona 2 (187.439 mg/l) y en el mes de Enero (191.9000 mg/l). El mayor promedio de temperatura lo presentó la Zona 3 (13.4675°C) y el mes de Abril (12.89°C). Los niveles de pH se mantienen entre los valores establecidos en los ECA (6.5 a 8.5) calificados para riego de vegetales y bebidas de animales. El mayor promedio para el caudal lo presenta la Zona 3 (7.5342 m³/s), esto debido a la mayor capacidad de contenido de agua retenida que tiene la Zona 3,.Los promedios obtenidos presentaron una DBO₅ (69.200 mg/l) que sobrepasan los niveles establecidos por los ECA (≥ 15 mg/l). Los promedios obtenidos presentaron una DQO (100.799 mg/l) que sobrepasan los niveles establecidos por los ECA (40 mg/l). Es conocido de que en la actualidad los procesos de la contaminación de los ríos son cada vez mas por que las zonas urbanas cada vez va creciendo por que los pobladores del medio rural va inmigrando hacia zonas urbanas tal como ocurre en la ciudad de Juliaca y caso especifico de Pun.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Se concluye que el mayor promedio de transparencia se encontró los valores de mayor caudal en la estación de verano (enero) $Q = 1.5325 \text{ m}^3/\text{s}$ y el menor caudal $Q = 1.0600 \text{ m}^3/\text{s}$; así mismo en cuanto se refiere la transparencia en la misma estación con un valor 15.44%. Las Zonas de estudio han demostrado diferencia significativa estadística debido a la presencia topografía llana de la ciudad de Juliaca . El mayor promedio de sólidos suspendidos totales se presentó en la Zona 2 (187.439 mg/l) y en el mes de Enero (191.9000 mg/l). El mayor promedio de temperatura lo presentó la Zona 3 (13.4675°C) y el mes de Abril (12.89°C).

SEGUNDA: Los niveles de pH se mantienen entre los valores establecidos en los ECA (6.5 a 8.5) calificados para riego de vegetales y bebidas de animales. El mayor promedio para el caudal lo presenta la Zona 3 (7.5342 m³/s), esto debido a la mayor capacidad de contenido de agua retenida que tiene la Zona 3,

TERCERA: Los promedios obtenidos presentaron una DBO5 (69.200 mg/l) que sobrepasan los niveles establecidos por los ECA ($\geq 15 \text{ mg/l}$).

CUARTA: Los promedios obtenidos presentaron una DQO (100.799 mg/l) que sobrepasan los niveles establecidos por los ECA (40 mg/l)



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Recomendar al gobierno Local de la ciudad de Juliaca tomar en cuenta sobre el asunto de contaminación muy en serio en coordinación con los sectores que tengan que ver sobre el asunto de medio ambiental.

SEGUNDA: Realizar un estudio durante todos los meses del año, con la finalidad de tener una información más amplia que será de gran valor para la comunidad y el medio ambiente.

TERCERA: Efectuar el análisis de oxígeno disuelto, para determinar la calidad del agua del río, puesto que el oxígeno es un elemento necesario para todas las formas de vida y los procesos de purificación naturales de la corriente, requieren niveles de oxígeno adecuados para facilitar las formas de vida aeróbicas.



VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- ANA, (. (2014). *Evaluación de la calidad del agua del lago Titicaca Perú – Bolivia*. Informe de monitoreo mes de marzo 2014, consultado el 17 mayo 2016. Perú.
- Angeles, J. (2007). *Evaluación de los parámetro fisicoquímicos de la Bahía interior de Puno para determinar el nivel de contaminación*. Tesis presentada para optar el título de Licenciado en Biología. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú. 97 p.
- Barbara, L. (2002). *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición*. Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Santiago de Cali, Colombia.
- Caho, C., & Lopez, E. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia*, 12(2), 35-49. <https://doi.org/https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>
- Capacoila, J. (2017). Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Coata. *Retrieved from* <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP>, 66-39.
- Catillo, & Medina. (2011). *evaluación espacio temporal de la calidad del agua del rio Rímac*.
- CONCERTAR. (2009). *El manejo, protección y conservación de las fuentes de agua y recursos naturales*. Primera Edición. La paz, Bolivia Retrieved from: <http://www.asocam.org/Biblioteca/files/original/ef130746381903e3561dff62525bd91e.pdf>.
- Cutipa, G. (2015). *Régimen de concesión minera y conflictos sociales en comunidades campesinas de Puno*. Tesis Doctorado en derecho, escuela de posgrado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Egg, A., & Mendiola. (2012). *Ecología del Perú*. 510p. Primera edición. Editorial Bruño. Lima, Perú.
- Espinoza, L., Lopez, M., Pellon, A., Robert, M., Dias, S., Gonzales, A., . . . Fernandez, A. (2010). Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana. *Rev. Int. Contaminación Ambiental* 26 (4).



- Flores, C. E., & Flores, Q. E. (2024). *Metodos estadisticos para la investigacion*. Universidad nacional del Altiplano facultad de Ingenieria Agricola de Puno Peru.
- Giri, S., & Qiu, Z. (2016). Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. *Journal of Environmental Management* 173 , U.S. Elsevier Ltd. U.S, 41 – 48.
- Guzman, G., Ramirez, E., Thalasso, F., Rodriguez, S., Guerrero, A., & Avelar, F. (2011). Evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del Río San Pedro en el estado de Aguascalientes. *Rev. Universidad y Ciencia vol. 27 núm 1.*, 17-32 p.
- Kennen, J., Murray, M., & Beaulieu, K. (2010). Determining hydrologic factors that influence stream macroinvertebrate assemblages in the northeastern U.S. *Ecohydrology* 3, 88- 106.
- Mahagamage, & Manage. (2014). Estudio de evaluación de calidad de agua basado en el índice de calidad del agua (CCME-WQI) en la cuenca del rio Kelani. *Sri Lanka – Gran Bretaña*.
- Maldonado. (2014). *Monitoreo de la calidad de agua del rio Malacatos, tramo comprendido desde los dos puentes hasta el sector de sauces norte*. Ecuador.
- Mayta, G. (2013). *Parámetros fisicoquímicos de los lixiviados de residuos sólidos en cuerpos de agua del botadero de Cancharani-Puno*. Tesis presentada para optar el título de Licenciado en Biología Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú. 44 p.
- MINAM, (. (2013). *Línea base ambiental de la cuenca del Lago Titicaca*. Dirección General de Calidad Ambiental. Lima, Perú.
- Montiagudo, M. (2015). *Análisis comparativo de los Índices de Calidad de Agua de los ríos Lampa y Cabanillas*. Universidad Nacional de Altiplano, (p. 124). Retrieved from: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4604>.
- Muñoz, H., Suarez, J., Vera, P., Orozco, S., Batlle, J., Ortiz, A., & Mendiola, J. (2012). Demanda Bioquímica de Oxígeno y población en la subcuenca del Río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Rev. Int. Contaminación Ambiental* 28(1), 27 - 38 p.
- OMS. (2018). Agua. 7 de febrero de 2018. Retrieved from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
- Paredes, A. (2013). *Calidad fisicoquímica y biológica de agua en la zona de captación-Chimú, del Lago Titicaca destinada para el abastecimiento de agua potable a la*



- ciudad de Puno*. Tesis presentada para optar el título de Licenciado en Biología. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú. 118 p.
- Perez, J. (2017). *Determinación del índice de calidad del agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo, durante el periodo 2014-2015*. UPJCM.
- Rivas, Z., Marquez, R., Troncone, F., Sanchez, R., Colina, M., & Hernandez, P. (2005). Contribución de los principales ríos tributarios a la contaminación y eutroficación del Lago de Maracaibbo. *Rev. Ciencia 13(1)*, 68-77 p.
- Riveras, V., & Chuquilin, E. (2012). Evaluación de los niveles de contaminación de aguas residuales en la quebrada Funas-I, con fines de tratamiento con humedales. *Rev. Investigación y Amazonía.*, 85-94 p.
- Robles, R. (2015). Lucha por el agua en las explotaciones mineras. *Alma Mater Vol. 2, N° 3 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima*, 139-168.
- Samboni, N., Carbajal, Y., & Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico*. 1° edición Digiprint Editores E.U. ISBN: 978-958-8692-06-7. Universidad de Medellín. Bogotá, Colombia.



ANEXOS



ANEXO 1: Programa de Sistema de Análisis Estadístico (SAS 9.20) caudal ($Q = m^3/s$)

DATA CAUDAL;

INPUT R Z M CAUDAL;

CARDS;

1	1	1	0.24
2	1	1	0.21
3	1	1	0.18
4	1	1	0.25
1	1	2	0.15
2	1	2	0.19
3	1	2	0.17
4	1	2	0.20
1	1	3	0.13
2	1	3	0.11
3	1	3	0.15
4	1	3	0.09
1	2	1	0.69
2	2	1	0.64
3	2	1	0.60
4	2	1	0.62
1	2	2	0.47
2	2	2	0.51
3	2	2	0.55
4	2	2	0.65
1	2	3	0.45
2	2	3	0.38
3	2	3	0.41
4	2	3	0.33
1	3	1	3.76
2	3	1	3.71
3	3	1	3.69
4	3	1	3.80
1	3	2	2.82
2	3	2	3.12
3	3	2	3.44
4	3	2	3.70
1	3	3	2.85
2	3	3	2.78
3	3	3	2.56
4	3	3	2.48

PROC PRINT;

PROC ANOVA;

CLASS R Z M;

MODEL CAUDAL= R Z M Z*M;

MEANS R Z M Z*M/DUNCAN ALPHA = 0.05;

RUN;



ANEXO 2: Resultados de Análisis de Varianza de Caudal

Información del nivel de clase					
Clase	Niveles	Valores			
R	4	1	2	3	4
Z	3	1	2	3	
M	3	1	2	3	
Número de observaciones 36					
Variable dependiente: CAUDAL					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	69.44137778	6.31285253	272.87	<.0001
Error	24	0.55524444	0.02313519		
Total correcto	35	69.99662222			
R-cuadrado		Coef Var	Raiz MSE	CAUDAL	Media
	0.992068	11.63061	0.152103	1.307778	
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
R	3	0.02015556	0.00671852	0.29	0.8319
Z	2	66.96640556	33.48320278	1447.28	<.0001
M	2	1.34910556	0.67455278	29.16	<.0001
Z*M	4	1.10571111	0.27642778	11.95	<.0001
Alfa 0.05					
Error de grados de libertad 24					
Error de cuadrado medio 0.023135					
Número de medias 2 3 4					
Rango crítico .1480 .1554 .1602					
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					
Duncan Agrupamiento		Media	N	R	
A		1.34667	9	4	
A		1.30556	9	3	
A		1.29444	9	2	
A		1.28444	9	1	
Prueba del rango múltiple de Duncan para CAUDAL					
Alfa 0.05					
Error de grados de libertad 24					
Error de cuadrado medio 0.023135					
Número de medias 2 3					
Rango crítico .1282 .1346					
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					
Duncan Agrupamiento		Media	N	Z	
A		3.22583	12	3	
B		0.52500	12	2	
C		0.17250	12	1	
Prueba del rango múltiple de Duncan para CAUDAL					
Alfa 0.05					
Error de grados de libertad 24					
Error de cuadrado medio 0.023135					
Número de medias 2 3					
Rango crítico .1282 .1346					



Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento		Media	N	M
A		1.53250	12	1
B		1.33083	12	2
C		1.06000	12	3

Nivel de Z	Nivel de M	N	Media	Dev std
1	1	4	0.22000000	0.03162278
1	2	4	0.17750000	0.02217356
1	3	4	0.12000000	0.02581989
2	1	4	0.63750000	0.03862210
2	2	4	0.54500000	0.07724420
2	3	4	0.39250000	0.05057997
3	1	4	3.74000000	0.04966555
3	2	4	3.27000000	0.38244825
3	3	4	2.66750000	0.17576025

ANEXO 3: Resultado de Análisis de variancia para temperatura (°C)

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
r	4	1 2 3 4
Z	3	1 2 3
M	3	1 2 3

Número de observaciones 36

Variable dependiente: Temperatura

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	25.76888889	2.34262626	11.34	<.0001
Error	24	4.95593333	0.20649722		
Total correcto	35	30.72482222			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	T Media
0.838699	3.574667	0.454420	12.71222

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
r	3	2.58446667	0.86148889	4.17	0.0164
Z	2	17.80560556	8.90280278	43.11	<.0001
M	2	3.41817222	1.70908611	8.28	0.0018
Z*M	4	1.96064444	0.49016111	2.37	0.0806

Alfa 0.05

Error de grados de libertad 24

Error de cuadrado medio 0.206497

Número de medias 2 3 4

Rango crítico .4421 .4644 .4786

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento		Media	N	R
A		13.0067	9	3
A		12.9500	9	1
B		12.4800	9	2
B		12.4122	9	4

Prueba del rango múltiple de Duncan para T

NOTA: Este test controla el índice error comparisonwise de tipo I, no el índice de error experimentwise.

Alfa 0.05



Error de grados de libertad	24		
Error de cuadrado medio	0.206497		
Número de medias	2	3	
Rango crítico	.3829	.4021	
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.			
Duncan Agrupamiento	Media	N	Z
	A	13.4675	12 3
	B	12.8950	12 1
	C	11.7742	12 2
Alfa		0.05	
Error de grados de libertad	24		
Error de cuadrado medio	0.206497		
Número de medias	2	3	
Rango crítico	.3829	.4021	
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.			
Duncan Agrupamiento	Media	N	M
	A	13.1133	12 2
	B	12.6592	12 3
	B	12.3642	12 1
Nivel de Z	Nivel de M	N	-----T-----
			Media Dev std
1	1	4	12.6275000 0.57621611
1	2	4	13.2050000 0.29860788
1	3	4	12.8525000 0.46906823
2	1	4	11.0575000 0.71397362
2	2	4	12.1950000 0.61527772
2	3	4	12.0700000 0.28867513
3	1	4	13.4075000 0.87068460
3	2	4	13.9400000 0.18257419
3	3	4	13.0550000 0.33040379

ANEXO 4: Análisis de variancia de Ph del agua del rio Torococha

Información del nivel de clase						
Clase	Niveles	Valores				
r	4	1	2	3	4	
Z	3	1	2	3		
M	3	1	2	3		
Número de observaciones		36				
Variable dependiente: PH						
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	11	4.24757500	0.38614318	6.16	0.0001	
Error	24	1.50338889	0.06264120			
Total correcto	35	5.75096389				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PH Media		
	0.738585	3.456009	0.250282	7.241944		
Fuente	DF	Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F	
r	3	0.49418611	0.16472870	2.63	0.0733	
Z	2	3.06723889	1.53361944	24.48	<.0001	
M	2	0.09973889	0.04986944	0.80	0.4626	
Z*M	4	0.58641111	0.14660278	2.34	0.0839	
Alfa		0.05				



Error de grados de libertad	24
Error de cuadrado medio	0.062641
Número de medias	2 3 4
Rango crítico	.2435 .2558 .2636
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.	
Duncan Agrupamiento	Media N r
A	7.3956 9 3
B A	7.3067 9 1
B A	7.1733 9 4
B	7.0922 9 2

Prueba del rango múltiple de Duncan para PH

NOTA: Este test controla el índice error comparisonwise de tipo I, no el índice de error experimentwise.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	24
Error de cuadrado medio	0.062641
Número de medias	2 3
Rango crítico	.2109 .221
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes	
Duncan Agrupamiento	Media N Z
A	7.5342 12 3
A	7.3483 12 2
B	6.8433 12 1

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	24
Error de cuadrado medio	0.0626
Número de medias	2 3
Rango crítico	.2109 .2215
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.	
Duncan Agrupamiento	Media N M
A	7.2983 12 2
A	7.2558 12 3
A	7.1717 12 1

Nivel de	Nivel de	-----PH-----		
Z	M	N	Media	Dev std
1	1	4	6.71750000	0.31573987
1	2	4	6.81750000	0.26899504
1	3	4	6.99500000	0.17078251
2	1	4	7.45000000	0.30364453
2	2	4	7.27250000	0.26209095
2	3	4	7.32250000	0.39033106
3	1	4	7.34750000	0.22514810
3	2	4	7.80500000	0.17078251
3	3	4	7.45000000	0.26745716

ANEXO 5: Análisis de variancia de transparencia (%)

Clase	Niveles	Valores
r	4	1 2 3 4
Z	3	1 2 3
M	3	1 2 3
Número de observaciones		36
Variable dependiente: Transparencia		
Suma de	Cuadrado de	



Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	2384.243878	216.749443	142.91	<.0001
Error	24	36.399444	1.516644		
Total correcto	35	2420.64332			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	T Media
0.984963	9.299566	1.231521	13.24278

Cuadrado de

Fuente	DF	Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
r	3	4.358256	1.452752	0.96	0.4286
Z	2	2228.744622	1114.372311	734.76	<.0001
M	2	119.243622	59.621811	39.31	<.0001
Z*M	4	31.897378	7.974344	5.26	0.0035

Alfa 0.05

Error de grados de libertad 24

Error de cuadrado medio 1.516644

Número de medias 2 3 4

Rango crítico 1.198 1.258 1.297

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	r
A	13.6933	9	2
A	13.3178	9	3
A	13.2422	9	1
A	12.7178	9	4

Alfa 0.05

Error de grados de libertad 24

Error de cuadrado medio 1.516644

Número de medias 2 3

Rango crítico 1.038 1.090

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Z
A	24.2983	12	1
B	8.8083	12	3
C	6.6217	12	2

Alfa 0.05

Error de grados de libertad 24

Error de cuadrado medio 1.516644

Número de medias 2 3

Rango crítico 1.038 1.090

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	M
A	15.5983	12	1
B	12.9633	12	2
C	11.1667	12	3

Nivel de Nivel de -----T-----

Z	M	N	Media	Dev std
1	1	4	28.4500000	1.49278264
1	2	4	23.5700000	1.65477088
1	3	4	20.8750000	1.73769004
2	1	4	8.0800000	1.09410542
2	2	4	6.4000000	1.39952373
2	3	4	5.3850000	0.54708317
3	1	4	10.2650000	0.84638447
3	2	4	8.9200000	1.00889378
3	3	4	7.2400000	0.64062470



ANEXO 6: Análisis de variancia de solidos suspendidos

Información del nivel de clase					
Clase	Niveles	Valores			
r	4	1	2	3	4
Z	3	1	2	3	
M	3	1	2	3	
Número de observaciones		36			
Variable dependiente: solidos suspendidos					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	119732.5657	10884.7787	389.82	<.0001
Error	24	670.1490	27.9229		
Total correcto	35	120402.7147			
R-cuadrado		Coef Var	Raiz MSE	T Media	
0.994434		3.740776	5.284210	141.2597	
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
r	3	118.64330	39.54777	1.42	0.2624
Z	2	52981.50042	26490.75021	948.71	<.0001
M	2	61106.42691	30553.21345	1094.20	<.0001
Z*M	4	5525.99504	1381.49876	49.48	<.0001
Alfa		0.05			
Error de grados de libertad		24			
Error de cuadrado medio		27.92288			
Número de medias		2	3	4	
Rango crítico		5.141	5.400	5.566	
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					
Duncan Agrupamiento		Media	N	r	
A		143.196	9	4	
A		142.859	9	3	
A		140.053	9	2	
A		138.931	9	1	
Alfa		0.05			
Error de grados de libertad		24			
Error de cuadrado medio		27.92288			
Número de medias		2	3		
Rango crítico		4.452	4.676		
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					
Duncan Agrupamiento		Media	N	Z	
A		187.439	12	2	
B		142.831	12	3	
C		93.509	12	1	
Alfa		0.05			
Error de grados de libertad		24			
Error de cuadrado medio		27.92288			
Número de medias		2	3		
Rango crítico		4.452	4.676		
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					
Duncan Agrupamiento		Media	N	M	
A		191.900	12	1	
B		140.895	12	2	
C		90.984	12	3	
Nivel de	Nivel de	-----T-----			



Z	M	N	Media	Dev std
1	1	4	123.725000	4.98221169
1	2	4	100.495000	3.91171318
1	3	4	56.307500	5.36822364
2	1	4	248.207500	6.56500000
2	2	4	193.667500	4.69224449
2	3	4	120.442500	7.01568421
3	1	4	203.767500	3.81266639
3	2	4	128.522500	3.53500000
3	3	4	96.202500	7.25397535

ANEXO 7: Análisis de variancia de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Información del nivel de clase					
Clase	Niveles	Valores			
r	4	1	2	3	4
Z	3	1	2	3	
M	3	1	2	3	
Número de observaciones 36					
Variable dependiente: T					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	43598.59290	3963.50845	7.18	<.0001
Error	24	13241.12417	551.71351		
Total correcto	35	56839.71707			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	T Media	
	0.767045	46.66838	23.48858	50.33083	
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
r	3	313.84965	104.61655	0.19	0.9024
Z	2	22124.66072	11062.33036	20.05	<.0001
M	2	13347.33452	6673.66726	12.10	0.0002
Z*M	4	7812.74802	1953.18700	3.54	0.0209
Alfa 0.05					
Error de grados de libertad 24					
Error de cuadrado medio 551.7135					
Número de medias 2 3 4					
Rango crítico 22.85 24.00 24.74					
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					
Duncan Agrupamiento		Media	N	r	
A		55.37	9	2	
A		49.41	9	1	
A		48.52	9	3	
A		48.02	9	4	
Alfa 0.05					
Error de grados de libertad 24					
Error de cuadrado medio 551.7135					
Número de medias 2 3					
Rango crítico 19.79 20.79					
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					
Duncan Agrupamiento		Media	N	Z	
A		69.200	12	3	
A		66.486	12	2	
B		15.307	12	1	



Alfa	0.05		
Error de grados de libertad	24		
Error de cuadrado medio	551.7135		
Número de medias	2	3	
Rango crítico	19.79	20.79	
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.			
Duncan Agrupamiento	Media	N	M
	A	72.143	12 2
	A	53.543	12 3
	B	25.307	12 1
Nivel de	Nivel de	-----T-----	
Z	M	N	Media Dev std
1	1	4	6.7550000 1.2622863
1	2	4	27.6850000 2.1453593
1	3	4	11.4800000 2.2533531
2	1	4	13.7275000 0.9362113
2	2	4	95.7300000 7.9948025
2	3	4	90.0000000 2.9517114
3	1	4	55.4375000 37.9077427
3	2	4	93.0125000 53.2035997
3	3	4	59.1500000 12.8811930

ANEXO 8: Análisis de variancia de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Información del nivel de clase						
Clase	Niveles	Valores				
r	4	1 2 3 4				
Z	3	1 2 3				
M	3	1 2 3				
		Número de observaciones	36			
Variable dependiente: DQO						
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	11	156796.9864	14254.2715	244.38	<.0001	
Error	24	1399.8511	58.3271			
Total correcto	35	158196.8375				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	T Media		
	0.991151	10.64248	7.637220	71.76167		
Cuadrado de						
Fuente	DF	Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F	
r	3	49.05692	16.35231	0.28	0.8390	
Z	2	33809.38632	16904.69316	289.83	<.0001	
M	2	53532.37847	26766.18923	458.90	<.0001	
Z*M	4	69406.16467	17351.54117	297.49	<.0001.	
Alfa 0.05						
Error de grados de libertad 24						
Error de cuadrado medio 58.32713						
Número de medias 2 3 4						
Rango crítico 7.431 7.804 8.044						
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.						
Duncan Agrupamiento	Media	N	r			
	A	73.161	9 4			
	A	72.630	9 1			
	A	70.917	9 3			



A 70.339 9 2

Sistema SAS 18:15 Wednesday, September 15, 2024 5

Procedimiento ANOVA.

Alfa 0.05
Error de grados de libertad 24
Error de cuadrado medio 58.32713
Número de medias 2 3
Rango crítico 6.435 6.759

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Z
A	100.799	12	3
B	85.106	12	2
C	29.380	12	1

Alfa 0.05
Error de grados de libertad 24
Error de cuadrado medio 58.32713
Número de medias 2 3
Rango crítico 6.435 6.759

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	M
A	119.000	12	3
B	71.742	12	2
C	24.543	12	1

Nivel de Z	Nivel de M	Nivel de N	Media	Dev std
1	1	4	8.840000	1.4043029
1	2	4	25.772500	2.4824366
1	3	4	53.527500	3.8025025
2	1	4	48.717500	2.2250449
2	2	4	16.245000	3.4836140
2	3	4	190.355000	8.6278638
3	1	4	16.072500	1.2565926
3	2	4	173.207500	16.7528652
3	3	4	113.117500	9.3065474

ANEXO 9: Características de datos meteorológicas de la estación Juliaca

DIRECCION REGIONAL DE PUNO

INFORMACION METEOROLOGICA ESTACION : CO. JULIACA MOCALLACHE

DEPARTAMENTO :

PUNO

LATITUD : 15°26'39"

CODIGO : 115060

PROVINCIA :

SAN ROMAN

LONGITUD : 70°12'28.2"

RECORD : 2020 2022

DISTRITO :

JULIACA

ALTITUD : 3826 m.s.n.m

PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	AB.RL	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL	PROM.
T. Máxima	16.91	16.98	17.05	17.48	17.39	16.66	16.28	17.46	18.39	18.98	19.38	18.54	211.49	17.62
T. Mínima	4.13	4.28	3.43	0.73	-4.46	-7.70	-7.96	-6.50	-3.29	-0.36	1.40	3.09	-13.23	-1.10
T. Media	10.51	10.64	10.26	9.13	6.49	4.50	4.20	5.51	7.56	9.31	10.39	10.82	99.32	8.28
Oscilación	12.80	12.70	13.61	16.75	21.85	24.34	24.23	23.98	21.76	19.32	18.00	15.43	224.76	18.73
Max. Absoluta	21.90	23.00	19.90	20.00	20.10	19.60	19.20	22.00	22.60	22.60	22.50	23.60	257.00	21.42
Min. Absoluta	0.00	-0.40	-3.10	-7.50	-13.00	-16.10	-14.80	-13.60	-13.20	-9.90	-6.60	-2.30	-100.50	-8.38
Oscilación Max.	21.10	18.30	20.30	26.70	30.70	32.90	32.30	31.90	32.00	28.20	27.90	22.70	325.00	27.08
pp total (mm)	147.00	113.95	112.63	30.81	4.16	1.40	3.69	5.88	18.86	58.42	54.33	104.31	655.43	100.84
N° de días de Precipitación	22.75	18.13	18.63	9.75	1.75	1.25	1.88	2.88	7.33	10.11	13.56	18.56	126.56	10.55
Prec.Max., en 24 Hrs.(día)	45.00	47.40	41.00	24.90	12.40	4.40	8.00	15.00	22.50	63.30	33.50	36.50	353.90	29.49
H.Rel. (07-13-19) %	82.63	82.75	83.50	77.88	74.50	72.88	67.50	67.50	69.33	71.11	70.00	74.44	894.01	74.50
Tensión Vapor (mb)	10.55	10.59	10.60	9.65	8.03	7.13	6.85	7.28	8.32	9.39	9.62	10.12	108.12	9.01
Punto Rocio (°C)	7.75	7.68	7.83	6.03	3.14	1.31	0.35	1.51	3.85	5.74	6.24	6.93	58.36	4.86
Evap. Total (mm) "A"	119.11	97.66	110.05	92.11	96.44	82.98	95.49	119.39	129.20	158.83	153.24	142.72	1397.23	116.44
Evap. Promedio diario	3.83	3.46	3.56	3.06	3.10	2.78	3.08	3.83	4.41	4.71	5.10	4.60	45.51	3.79
Nubosidad (Octavos)	5.88	6.13	5.25	4.13	2.50	1.88	2.25	2.13	3.11	4.00	4.43	5.50	47.16	3.93
Velocidad de Viento M/seg.	1.64	1.51	1.38	1.15	1.20	1.08	1.61	1.73	1.69	1.80	1.66	1.58	18.01	1.50
Velocidad Max de viento	7.50	7.25	7.00	6.50	8.75	8.00	9.50	10.25	8.44	11.11	7.78	10.56	102.64	8.55
Dirección Predominante V.	W	W	N	W	W	W	W	W	W	W	W	W		
Horas y Decimas de Sol	179.21	184.90	188.24	210.43	290.29	282.51	288.20	286.08	256.23	261.20	248.45	230.69	2906.41	242.20
Insolación %	45.83	52.17	55.83	69.17	83.83	84.83	83.50	80.83	72.00	70.17	63.83	57.83	819.83	68.32

Fuente: SENAMHI -Puno



Fotografía 1 Primera zona de muestreo



Fotografía 2 En el momento de muestreo



Fotografía 3 Presencia del puente de ingreso de Cusco



Fotografía 4 Toma de muestra de agua del rio



Fotografía 5 Utilización del pH metro



Fotografía 6 Presencia de biomasa de totora



Fotografía 7 Vertimiento del desagüe al río Torococha





ANEXO 10: Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Brigette Paola Pari Lima, identificado con DNI 72942630 en mi condición de egresado de:

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

Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PARA DETERMINAR EL NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEL RIO TOROCOCHA DE JULIACA 2023”

Es un tema original.

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

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

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

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

Puno 28 de octubre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 11: A autorización para el Repositorio de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

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

Por el presente documento, Yo Brigette Paola Pari Lima, identificado con DNI 72942630 en mi condición de egresado de:

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

Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, informo que he elaborado el/la Tesis o

Trabajo de Investigación denominada:

“EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PARA DETERMINAR EL NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEL RIO TOROCOCHA DE JULIACA 2023”

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 28 de octubre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella