



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA
COATA APLICANDO EL MÉTODO ICARHS, JULIACA 2022.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. PEDRO EDINSON ORTEGA OLVEA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
EN LA CUENCA COATA APLICANDO EL
MÉTODO ICARHS, JULIACA 2022**

AUTOR

PEDRO EDINSON ORTEGA OLVEA

RECuento DE PALABRAS

16051 Words

RECuento DE CARACTERES

85317 Characters

RECuento DE PÁGINAS

95 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.4MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 4, 2023 1:41 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 4, 2023 1:42 PM GMT-5

● 19% de similitud general

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

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 15% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● Excluir del Reporte de Similitud

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



Firmado digitalmente por
CALDERON MONTALICO Alcides
Hector FAU 20145496170 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 04.07.2023 13:59:41 -05:00

Resumen



DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico con todo mi corazón a mis padres Wilfredo Ortega y Nancy Olvea, que han sido mi apoyo y pilar fundamental, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por confiar, por los consejos, valores y principios que me han inculcado, los cuales me enseñaron a ser feliz con lo que uno tiene y me dieron las herramientas para poder salir adelante y afrontar la vida.

A, mis hermanos Rocio, Tania, Junior y Patricia por su ayuda incondicional en todos los momentos de mi vida, para ellos este reconocimiento por ese esfuerzo y sacrificio las cuales me permitieron llegar hasta aquí.

Pedro Edinson Ortega Olvea



AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, Universidad Nacional del Altiplano en especial a la Facultad de Ingeniería Agrícola, fuente de mi formación académica y profesional, y maestros quienes con sus conocimientos y enseñanza hicieron que pueda crecer día a día como profesional.

A los miembros del Jurado, M.Sc. Miguel Ángel Flores Barriga, M.Sc. Edgardo Sebastián Guerra Bueno y al Dr. Efrain Lujano Laura, por su tiempo, disponibilidad, colaboración y aportes que fueron fundamentales para la culminación de este trabajo de tesis.

A mi asesor de tesis, M.Sc. Alcides Hector Calderón Montalico mi sincero agradecimiento por la confianza depositada en mi persona, por su orientación en el desarrollo y culminación de este trabajo de tesis.

A mis amigos y compañeros con los que he compartido grandes momentos, con quienes formamos una amistad sincera y se convirtieron en un apoyo en esta etapa de preparación. ¡Gracias!

Pedro Edinson Ortega Olvea



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18

1.1.1. Problema general 19

1.1.2. Problemas específicos..... 19

1.2. HIPÓTESIS 20

1.2.1. Hipótesis General 20

1.2.2. Hipótesis Específicas..... 20

1.3. JUSTIFICACIÓN 20

1.4. OBJETIVOS 21

1.4.1. Objetivo general 21

1.4.2. Objetivos específicos..... 21

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACION..... 23

2.1.1. Internacionales..... 23



2.1.2. Nacionales	24
2.1.3. Regionales	26
2.2. MARCO TEÓRICO.....	28
2.2.1 Calidad de agua	28
2.2.2 Calidad microbiológica del agua	28
2.2.3 Calidad química del agua	29
2.2.4 Parámetros de calidad de agua para riego mediante ICARHS	29
2.2.5 Estándares de Calidad Ambiental.....	32
2.2.6 Características del suelo	32
2.2.6.1 Suelo.....	32
2.2.6.2 Propiedades físicas del suelo	32
2.2.7 Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS).....	33
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	36
2.3.1. Parámetros	36
2.3.2. Suelo	36
2.3.3. Agua.....	36
2.3.4. Conductividad eléctrica	36
2.3.5. DBO.....	36
2.3.6. DQO.....	37
2.3.7. Oxígeno disuelto.....	37
2.3.8. Coliformes termotolerantes	37
2.3.9. Arsénico.....	38
2.3.10. Aluminio.....	38
2.3.11. Manganeso.....	38



2.3.12. Hierro.....	38
2.3.13. Cadmio.....	39
2.3.14. Plomo.....	39
2.3.15. Boro	39
2.3.16. Cobre	39

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO	40
3.1.1. Límites.....	41
3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad.....	41
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	41
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	42
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	42
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	43
3.5.1 Población	43
3.5.2 Muestra.....	43
3.6. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	43
3.6.1 Determinar la concentración de los contaminantes físico-químicos y microbiológicos presente en las aguas del río Coata.....	43
3.6.2 Determinar la calidad del agua de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en las aguas del río Coata aplicando la metodología ICARHS	46
3.6.3 Determinar las características (N, P, K, MO Y pH) del suelo circundante al río Coata.....	48



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACION DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PRESNETES EN LAS AGUAS DEL RÍO COATA.....	50
4.1.1 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en el primero punto 1.....	50
4.2. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AGUA DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PRESENTES EN LAS AGUAS DEL RÍO COATA APLICANDO LA METODOLOGÍA ICARHS.	63
4.2.1 Índice de Calidad para el punto 1 – Periodo 1.....	63
4.2.2 Índice de Calidad para el punto 2 – Periodo 1.....	64
4.2.3 Determinación del ICARHS en el Punto 3 – Periodo 1	64
4.2.4 Determinación del ICARHS en el Punto 1 – Periodo 2	65
4.2.5 Determinación del ICARHS en el Punto 2 – Periodo 2	65
4.2.6 Determinación del ICARHS en el Punto 3 – Periodo 2	66
4.3. DETERMINACION LAS CARACTERÍSTICAS (N, P, K, MO y PH) DEL SUELO CIRCUNDANTE AL RÍO COATA.....	67
4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS	70
4.5. DISCUSIONES	75
V. CONCLUSIONES.....	77
VI. RECOMENDACIONES	78
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS	86



**Anexo 1. Resultado de análisis de agua de los parámetros fisicoquímicos y
microbiológicos del Río Coata en 2 periodos 87**

Área: Ingeniería y tecnología

Línea: Recursos hídricos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 06 de julio de 2023



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características fisicoquímicas del suelo	33
Tabla 2 Parámetros para evaluar la calidad de agua para riego	35
Tabla 3 Parámetros a evaluar en el ICARHS, según la categoría en la que se encuentre el cuerpo de agua	44
Tabla 4 Requisitos para la toma de muestra de agua residual	45
Tabla 5 Valoración del ICARHS	48
Tabla 6 Parámetros evaluados en laboratorio	49
Tabla 7 Niveles óptimos de parámetros (MO, N, P, K, pH) en el suelo.....	49
Tabla 8 Calificación del punto 1 – Periodo 1	63
Tabla 9 Calificación del punto 1– Periodo 2	64
Tabla 10 Calificación del punto 3 – Periodo 1	64
Tabla 11 Calificación del punto 1 – Periodo 2	65
Tabla 12 Calificación del punto 2 – Periodo 2	65
Tabla 13 Calificación del punto 3 – Periodo 2	66
Tabla 14 Niveles de concentración de parámetros en suelos circundante al río Coata .	67
Tabla 15 Propiedades físicas del suelo – Periodo 1	68
Tabla 16 Niveles de concentración de parámetros en suelos circundante al río Coata .	69
Tabla 17 Propiedades físicas del suelo – Periodo 2.....	70
Tabla 18 Prueba estadística de medias de los parámetros de calidad de agua.....	71
Tabla 19 Prueba de varianzas y significancia de la calidad del agua	73



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de los 3 puntos de muestreos en la cuenca Coata	41
Figura 2 Parámetros Fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 1.	51
Figura 3 Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 1	51
Figura 4 Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 1	52
Figura 5 Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 1	53
Figura 6 Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 1	54
Figura 7 Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 1	54
Figura 8 Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 1	55
Figura 9 Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 3 – Periodo 1.	56
Figura 10 Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 3 – Periodo 1.	56
Figura 11 Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2	57
Figura 12 Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2	58



Figura 13 Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2	58
Figura 14 Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2	59
Figura 15 Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 2	60
Figura 16 Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 2	60
Figura 17 Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 3 – Periodo 2	61
Figura 18 Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 2	62
Figura 19 Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 3 – Periodo 2	62
Figura 20. Calificación del ICARHS en periodo 1 y 2.....	66
Figura 21 Reconocimiento del Río Coata.....	93
Figura 22 Toma de muestra de agua del río Coata en el primer periodo.....	93
Figura 23 Toma de muestra de agua del río Coata en el primer periodo.....	94
Figura 24 Toma de muestra de agua del río Coata en el segundo periodo	94
Figura 25 Toma de muestra en el segundo periodo	95
Figura 26 Toma de muestra en el suelo	95



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ECA	: Estándares de Calidad Ambiental
pH	: Potencial de hidrógeno
DBO5	: Demanda Biológica de Oxígeno
DQO	: Demanda Química de Oxígeno
ICARHS	: Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales
CF	: Coliformes Fecales o Termotolerantes
NMP	: Numero más Probable
MINAM	: Ministerio del Ambiente



RESUMEN

La calidad del agua es uno de los elementos que se estudia cuando se valora la sostenibilidad de las cuencas. El estudio posee como objetivo determinar la calidad del agua del río Coata aplicando el método ICARHS, Juliaca - 2022. Para el estudio, se tomaron tres puntos representativos de la cuenca. El muestreo se realizó en dos periodos. La calidad se definió en base a los criterios establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental y el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos (ICARHS). En los resultados se encontró la calificación que obtuvo el río Coata de acuerdo al Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales, presentando en su mayoría calificaciones de “bueno”, indicando que la calidad se aleja a veces de las condiciones deseables por lo tanto presentan daños de una magnitud mínima, no obstante, para el punto 3 se identificó con una calificación “regular” lo que significa que la calidad a menudo se aleja de las condiciones que se desean y necesitan de tratamiento. Se concluye que la calidad hallada en el río Coata en ambos periodos con respecto a los parámetros analizados indicaron que en ciertos puntos como el punto 1, 2 y 3 del primer periodo presentó un exceso en DBO, DQO y OD sobre pasando los ECA del D.S. N° 004-2017-MINAM. Sin embargo, en el periodo 2, para los puntos 1 y 2 tuvo un exceso en Oxígeno disuelto, más en el punto tres excedió en DBO y DQO.

Palabras Clave: Calidad de agua, Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, ICARHS, Estándares de Calidad Ambiental



ABSTRACT

Water quality is one of the elements studied when assessing watershed sustainability. The objective of this research was to determine the water quality of the Coata River by applying the ICARHS method, Juliaca - 2022. For the study, three representative points of the basin were taken. Sampling was carried out in two periods. Quality was defined based on the criteria established by the Environmental Quality Standards and the Water Resources Environmental Quality Index (ICARHS). The results showed that the Coata River was rated according to the Environmental Quality Index of Surface Water Resources, most of the ratings were "good", indicating that the quality is sometimes far from the desirable conditions and therefore presents damage of minimal magnitude; however, point 3 was identified with a "regular" rating, which means that the quality is often far from the desired conditions and needs to be treated. It is concluded that the quality found in the Coata River in both periods with respect to the parameters analyzed indicated that at certain points such as point 1, 2 and 3 of the first period presented an excess in BOD, COD and DO over passing the ECAs of D.S. N° 004-2017-MINAM. However, in period 2, for points 1 and 2 it had an excess in dissolved Oxygen, plus in point three it exceeded in DBO and DQO.

Keywords: Water quality, Physicochemical and microbiological parameters, ICARHS, Environmental Quality Standards.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua dulce como lagos, humedales y ríos son primordiales para la vida humana, dichos ecosistemas, las masas de agua continentales, también conocidas como ecosistemas acuáticos terrestres, suministran el agua que consumimos, así como el agua necesaria para generación de energía, industria y agricultura. Así mismo de sus usos de producción, así mismo son hábitats primordiales para la naturaleza, sin embargo, el agua dulce se conforma solo del 0.01% del agua del mundo, mantiene a casi 6 % de todas las especies que se identifican. Por otra parte, la población de especies de agua dulce redujo un 81% en los últimos 40 años, adicionándole el doble de las tasas que se observan en las especies terrestres y oceánicas (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

La contaminación de los recursos hídricos en nuestro país es uno de las mayores problemáticas ambientales, teniendo en cuenta que la inestabilidad de los ecosistemas acuáticos afecta de manera destructiva a la biodiversidad, donde la biota local agrupa comunidades únicas ecológicas (Cusiche & Miranda, 2019). Así también, el Perú es el octavo país del mundo por volumen de agua dulce y el tercero de América Latina, ubicándose después de Brasil y Colombia. No obstante, el agua dulce se esparce de forma desigual en todo el país, en la Región Hidrográfica Amazónica se encuentra disponible el 97% de agua dulce, donde habita el 31% de la población. Por otro lado, la población con un 65 % y actividades económicas se encuentran en la Región Hidrográfica Pacífico, a pesar de que origina solo el 1.77% del agua dulce en el Perú (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2021).



Actualmente en la región Puno no se encuentra exento a esta realidad, pues la población se enfrenta a problemas deficientes a servicios de saneamiento básico, los cuerpos de agua están expuestos a peligros de manera directa, todo esto por actividad antropogénica, tal es la situación de la cuenca del río Coata localizada en la región de Puno, donde se sitúa las superficies de las provincias de San Román, Lampa y en partes de las provincias de Puno y Huancané, la cuenca del río Coata está conformada de forma básica por las cuencas de los ríos Cabanillas y Lampa, la cuenca Coata está integrada por las cuencas de los ríos Cabanillas y Lampa. La superficie total de la cuenca Coata es de 4,908.44 Km, con una máxima altitud de 5.300 msnm y mínima 3.800 msnm y una altitud media de 4,336.12 msnm.

La investigación presente se desarrolló con el objetivo de evaluar la calidad del agua del río Coata aplicando el método ICARHS, ya que no se realizan monitoreos constantes a la zona en estudio estando expuesto a diversos peligros, es así que el estudio se divide en IV capítulos los cuales se describen a continuación:

Capítulo I, introducción, donde establece el problema, enunciado del problema, hipótesis, justificación y objetivos.

Capítulo II, contiene argumentos con relación al tema en estudio, referencias del estudio, bases teóricas en los que está basado el proyecto.

Capítulo III, conformada por la metodología del estudio el cual especifica el tipo del diseño de estudio, técnicas e instrumentos, población y muestra, métodos y procesamiento de información.



Capítulo IV, conformado por resultados alcanzados, y discusión respectiva. Finalmente, conformada por las conclusiones y recomendaciones.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es primordial para la existencia y salud así también es primordial para el desarrollo de la sociedad, la calidad es significativo que transgrede de forma directa en la protección del bienestar de la humanidad, así como la conservación de los ecosistemas. La inadecuada disposición de las aguas superficiales origina una elevada tasa de problemáticas medioambientales. La degradación de la calidad de los recursos hídricos en el Perú se relaciona con el desarrollo de la población, así como también la actividad económica, el progreso de la población y actividades productivas, pasivos ambientales, inadecuada gestión de residuos sólidos. Así mismo en el Perú el tratamiento de aguas residuales incremento solo en un 11% entre el 2016 a 2020 (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2022).

Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que caracterizan al curso de agua. Al exceder provocan daños a la salud y ambiente, la Organización Mundial de la Salud (2017), indica que el 80 % de las enfermedades que comúnmente se presenta en las regiones en desarrollo están enlazados con la calidad del agua, en donde su cumplimiento es exigible de forma legal por la respectiva autoridad competente. Así también una de las regiones con distintos problemas de contaminación en el Perú, es el departamento de Puno y sus provincias, es importante señalar que los ríos ubicados en la región están contaminados como resultado del vertido de aguas residuales sin tratar (Callatana, 2014).

La contaminación de la cuenca del río Coata conlleva dificultades socioambientales que implica al gobierno, EPS, minería entre otros, residuos sólidos, etc.



Autoridad Nacional del Agua (2019) demostró que las fuentes de contaminación procederían de 21 vertimientos (8 municipales, 4 industriales, 7 botaderos de residuos sólidos y 3 descargas in situ). La ingestión de agua contaminada, ya sea directa o indirecta, aumenta la probabilidad de contraer enfermedades parasitarias y bacterianas.

Del mismo modo, las aguas residuales vertidas en ríos, lagos y masas de agua sin tratamiento preventivo tendrán un impacto negativo en el ecosistema acuático existente debido a la contracción de sólidos y contaminantes, el oxígeno escaseará por la descomposición aeróbica de la MO el agua se agotará (Pimentel, 2017). Teniendo en consideración dicho contexto, el estudio presente permitió identificar la calidad del río Coata empleando la herramienta matemática Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS).

1.1.1. Problema general

¿Cuál es la calidad del agua de la cuenca Coata aplicando el método ICARHS, Juliaca – 2022?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de contaminantes físico-químicos y microbiológicos de las aguas del río Coata?
- ¿Cuál es la calidad del agua en términos de parámetros físico-químicos y microbiológicos presentes en las aguas del río Coata empleando el método ICARHS?



- ¿Cuáles son las características (N, P, K, MO Y pH) del suelo circundante a la cuenta del río Coata en términos de niveles de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), materia orgánica (MO) y pH?

1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis General

La calidad del agua de la cuenca del río Coata aplicando el método ICARHS se encuentra con una calificación de pésimo, Juliaca-2022.

1.2.2. Hipótesis Específicas

- La concentración de contaminantes físico-químicos del río Coata, sobrepasa los ECA-agua.
- La calidad del agua en términos de parámetros físico-químicos y microbiológicos presentes en las aguas del río Coata empleando el método ICARHS, es de mala calidad.
- Las características del suelo circundante a la cuenca del río Coata en términos de niveles de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), materia orgánica (MO) y pH.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El estudio se basó en identificar la calidad del río Coata, así también identificar los suelos circundantes a la zona y de qué manera afectaría, los resultados que se originaron serán de ayuda informativa técnica para identificar la situación que posee actualmente, así mismo los resultados que se obtendrán, constituirán un referente teórico para la realización de futuros estudios que sean de características parecidas.



Se justifica económicamente pues nos dará la posibilidad de identificar los parámetros que requieren la adecuada atención, en donde se conseguirá realizar actividades para la reducción de los mismos, para así evadir gastos que no son necesarios en la implementación de estructuras de tratamientos de costo elevado.

Se justifica ambientalmente, pues beneficiará ambientalmente ya que hay una disposición continua de aguas residuales dirigido al cuerpo de agua, en consecuencia, deben tomarse medidas para evitar dañar el estado de la biota ribereña y la calidad del recurso, esto también perjudicará el estado natural del recurso.

Se justifica socialmente ya que el ICARHS al ser un indicador de calidad de agua factible y de rápida evaluación, debería realizarse en diversas áreas de nuestros recursos hídricos para comparar la calidad y evaluar el grado de contaminación del agua, siendo un estudio de gran importancia pues contribuirá a contrastar la realidad de la situación del recurso hídrico, además de que la contaminación de río que poseen agentes patógenos implicados en la transmisión hídrica de enfermedades son bacterias, virus, etc. lo que causan enfermedades con diversos niveles de gravedad.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la calidad del río Coata aplicando el método ICARHS, Juliaca - 2022.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de los contaminantes físico-químicos y microbiológicos presente en las aguas del río Coata.



- Determinar la calidad del agua en los parámetros físico-químicos y microbiológicos presentes en las aguas del río Coata aplicando la metodología ICARHS.
- Determinar las características (N, P, K, MO y pH) del suelo circundante al río Coata.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACION

2.1.1. Internacionales

Fernández & Guardad (2021), en el estudio denominado “Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba” realizado a través de la aplicación del Índice de Calidad del Agua superficial, para analizar su composición fisicoquímico y bacteriológico del agua, fueron tomados 20 puntos como muestra en los años 2017 y 2018, en época avenida y estiaje. Los resultados revelaron que la calidad del agua se degrada mientras el río fluye de las regiones superiores a las inferiores de la subcuenca. También se descubrió que la mayoría de la carga contaminante del río procede de las aguas residuales, la basura doméstica, la albañilería y los vertidos industriales, que, por su volumen, reducen la capacidad de autodepuración del río.

Madera et al. (2019) determinó la calidad del agua en puntos afluentes del río Cesar como el río Calenturitas, Maracas y Tucuy. Se obtuvieron muestras de agua para la investigación fisicoquímica y la identificación de macroinvertebrados mediante estereomicroscopía y claves taxonómicas. Se descubrió un total de 1025 organismos, que pertenecen a 2 phylum, 3 clases, 9 órdenes, 24 familias y 37 géneros. La calidad del agua de la estación 1 (E1) se define por el valor medio del índice como agua contaminada de forma ligera de una aceptable calidad, E2-E3-E4 y E5 como agua contaminada de forma moderada de dudosa calidad. El agua



de la estación E5 posee la puntuación global más baja y las variables fisicoquímicas y microbiológicas más elevadas de todas las estaciones.

Arenas et al. (2017) realizaron el estudio de nombre “Evaluación de la calidad el agua para uso agropecuario en predios ganaderos localizados en la región del Sumapaz” donde evaluó la calidad de agua en pequeñas y medianas unidades de producción ganaderas de la región. Para la metodología se recolectó 50 mL de agua, posterior a ellos fueron analizados en laboratorio de calidad para identificar si hay aerobios mesófilos, coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas sp.* comparando con los límites máximos permisibles. En resultados se conoció la contaminación microbiana es de 66,7% de los 24 predios que fueron evaluados con relación a la norma. Además, se identificó la existencia de *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.*, coliformes, aerobios mesófilos y coliformes totales. en al menos el 25%. El estudio concluye en que sugiere que el agua estaría representando un origen de contaminación microbiológica directamente para la salud, producción pecuaria y así también perjudicar el comercio de productos lácteos y cárnicos.

2.1.2. Nacionales

Jimenez (2019) la investigación denominada “Evaluación de la Calidad del agua en el Río Muyoc, aplicando el Índice de Calidad Ambiental para agua, Cajamarca 2019”. En la metodología para cada monitoreo determinó eficientemente en el monitoreo 1 con los siguientes puntos: P1, P2 y P3 parte baja de la cuenca. Como resultados indica que en el muestreo 1 para cloruros Muestra 1: 9217.78 mg/L, Muestra 2: 7090.6 mg/L y Muestra 3: 7799.6 mg/L y pH: Muestra 1=4.5; Muestra 2=4.03; Muestra 3= 4.3. Estos parámetros sobrepasaron



los ECA – Agua. En el análisis número 2 resultó que ningún parámetro estuvo por encima de los ECA, se constata que al analizar la calidad del agua del río Muyoc a lo largo de dos temporadas de estiaje y de lluvias, obtuvo una calificación de 79,04 en el primer seguimiento y una calidad de agua excelente.

Vicente (2021), en el estudio “Calidad de las aguas residuales en época de estiaje e influencia en la calidad de suelo agrícola”, donde tomó dos muestras de análisis de agua, para el análisis del suelo fue considerado 5 puntos muestra. Los resultados muestran que la conductividad eléctrica, la DBO, el pH y los nitratos no superan el ECA para la categoría de agua 3, riego de hortalizas y agua potable para animales, lo que indica que el agua es de calidad aceptable y apta para el riego, y los resultados del suelo muestran que tienen consecuencias insignificantes de salinidad, con bajo contenido en materia orgánica y muy bajas concentraciones de nitrógeno. En consecuencia, indica que el suelo tiene calidad aceptable, ya que se determinó que, durante la estación seca, la calidad del agua está dentro del ECA y es apta para el riego, y creó un mapa de submodelos de los niveles de influencia de los niveles de agua en el suelo agrícola, confirmando que la calidad del agua de riego influye en la calidad del suelo agrícola de la parcela.

Espinoza (2020) en su estudio denominado “Evaluación mediante el Índice de Calidad de Agua del río Santa con vertimientos de aguas servidas domésticas, para la conservación del ambiente acuático Sector Huaraz-Jangas. El ICA se calculó utilizando las siguientes características fisicoquímicas y bacteriológicas: C. fecal, DBO5, OD, pH, sólidos totales, nitratos, temperatura. Los ICA (%) obtenidos en el periodo de estiaje, a partir del P1, las zonas de vertido hasta el punto final, fueron: 51,5, 42,7, y 49,8%, siendo el ICA en la zona de descarga de



inadecuada calidad inferior al valor normativo del ECA del 51% y en el otro periodo de: 63,8, 63,55, y 58,91%, correspondiente a la clasificación de calidad Regular. Las conclusiones muestran que las zonas de vertido hasta el punto final, para el periodo de estiaje, tienen el ICA 51,5, 42,7, y 49,8%, encontrándose en la zona de vertido de Mala calidad, que está inferior al ECA para la conservar el medio acuático del 51%, y en avenidas del 63,8, 63,55, y 58,91%.

2.1.3. Regionales

Vargas (2021), en el estudio “Análisis espacio-temporal del Índice de la calidad ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en puntos de control del río San Gabán-Carabaya-Puno-2021”. Donde determina el ICARHS, aplicando el método del ANA, en grupo de 14 parámetros, desde los datos de monitoreos de la Calidad del Agua, realizados por la Administración local del Agua Tambopata de años 2016 al 2020. En los resultados, la calidad en el Punto 1 es superior al punto 2 en Macusani, a razón de la concentración C. termotolerantes en el punto de salida, en Ollachea, el Punto 3 posee una “buena” calidad de agua en comparado con el punto RSagb4 (aguas abajo) de calidad “regular”, la disminución sucede por la presencia de termotolerantes y cantidad de plomo por encima de los ECA-Agua, así mismo en San Gabán el punto RSgab5 posee superior calidad de agua en comparado al punto RInam1, a razón del aumento de Pb y STS.

Huanca et al. (2020) efectuaron el estudio “Evaluación y monitoreo de la calidad ambiental del agua en el proyecto sistema de riego Canal N, provincia de Melgar - Puno, Peru”. Donde realizo actividades de monitorear y analizar la calidad ambiental del agua en el proyecto; así mismo originó perturbación en el



agua, impactando su calidad ambiental. Los resultados muestran que el río Llallimayo cumple con las Normas de Calidad Ambiental - Categoría 3: "Riego de Hortalizas y Agua Potable para Animales" para los parámetros de DBO, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto. No obstante, los parámetros relativos al pH, los aceites y las grasas aumentaron en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental, lo que indica que el pH es elevado por el inicio de las lluvias y en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Los aceites y las grasas no están autorizados ya que las operaciones de mantenimiento de los equipos y la maquinaria hacen que los aceites y los combustibles se filtren en la masa de agua.

Cano & Atajo (2018) en el estudio denominado "Calidad del agua de la irrigación canal N del río Llallimayo y aptitud agrícola distrito Cupi – Melgar 2018". Efectuó un análisis fisicoquímico con relación al pH, turbidez, temperatura, conductividad, cationes solubles y alcalinidad. La calidad y aceptabilidad del agua en términos de propiedades fisicoquímicas y microbiológicas vienen determinadas por los criterios y límites de tolerancia definidos para el uso humano, animal o agrícola. Recolectó 6 muestras de agua, en curso bajo y alto. Los resultados notables con referencia a la clasificación de Riversade pertenece a C1S2 con una EC. 0331 0.331 mS / cm, RAS 8.17, CSR 2.17, STD 0.109 mg / l, dureza con 27.50, alcalinidad con 63.38, nitratos con 0.64 meq / l, que concluye: el agua se clasifica como C1S2, CE sin riesgo.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 Calidad de agua

El agua posee diversas cualidades que la hacen única en función del lugar y del proceso a partir del cual se produce. Estas cualidades se miden y clasifican en función de los tipos biológicas, fisicoquímicos del agua, que determinan su calidad e idoneidad. Numerosos componentes microbianos y químicos del agua potable pueden dañar la salud de las personas. Como en el caso del agua bruta, la localización puede ser tardía, compleja y de costo elevado, lo que limita su beneficio para la alerta temprana y la hace inasequible (Carvajal, 2020).

Dado que no es posible a partir del punto de vista físico ni práctico a partir del punto de vista económico analizar todos los parámetros de calidad del seguimiento y los recursos que se emplean para ello, se debe prestar más bien atención a las características significativas o de importancia crítica. Por otra parte, algunas características no relacionadas con la salud, lo que perjudica seriamente al agua, pueden ser significativas (Atencio, 2018).

2.2.2 Calidad microbiológica del agua

Parece que sólo se suelen utilizar pruebas microbiológicas para verificar la calidad microbiológica del agua, a pesar de que la contaminación microbiana es el problema sanitario más frecuente y generalizado relacionado con el agua potable. En consecuencia, las bacterias indicadoras no deben estar presentes en el agua destinada al consumo humano (Atencio, 2018).

El examen de los microorganismos indicadores de contaminación fecal se lleva a cabo en la mayoría de las situaciones, pero en algunos casos también puede



implicar la estimación de las concentraciones de determinados agentes patógenos. El examen microbiológico debe examinar bacterias, virus y parásitos, aunque la legislación de cada país puede diferir y, en muchas situaciones, sólo aborda el control de bacterias como coliformes y *Escherichia coli* (Venegas et al., 2015).

2.2.3 Calidad química del agua

El examen microbiológico debe examinar bacterias, virus y parásitos; no obstante, la legislación de cada país podría diferir y, en muchas situaciones, sólo se ocupa del control de bacterias como coliformes y *Escherichia coli* (Gutierrez, 2018).

Se reconoce que no todos los compuestos químicos para los que se desarrollaron valores de referencia se encuentran en el mismo sistema de suministro; más bien, cada uno de estos compuestos es distinto y depende de la ubicación y dispersión del agua de origen. También ocurre lo contrario; para determinados lugares, habrá criterios que sean típicos del agua de origen del lugar pero que no estén cubiertos por las normas (Atencio, 2018).

2.2.4 Parámetros de calidad de agua para riego mediante ICARHS

a) Temperatura

Lo más relevante de la composición física del agua es su capacidad para regular la actividad biológica, entrada de oxígeno, la formación de depósitos, la desinfección, la precipitación de compuestos, la floculación, la mezcla, la sedimentación y procedimientos de filtración. La importancia de la temperatura del agua puede verse en cómo afecta a los procesos químicos y sus ritmos, al



crecimiento de la vida acuática y a la utilidad del agua para diversas tareas (Ramos & Priscilla, 2015).

b) DBO5

Normalmente, la MO se conforma el 75% de las partículas en suspensión de las aguas residuales, mientras que los sólidos disueltos representan el 40%. Del 40 a 60 % las proteínas, del 25 al 50% los hidratos de carbono y 10 % las grasas y aceites, se conforman la mayor parte de la MO de las aguas residuales, que se compone principalmente de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno (CHON). Las mediciones de DBO, DQO y COT se utilizan para identificar las aguas residuales con altos niveles de materia orgánica (Guamán, 2015).

c) DQO

Mide cuanto de MO, puede oxidarse químicamente. En el caso de la materia orgánica no pueda biodegradarse de forma fácil o cuando el agua residual contiene compuestos que pueden ser peligrosos para los microorganismos empleados en la DBO, se utiliza este método. En términos de eficacia, la prueba de la DQO tiene la ventaja de tardar sólo 2,5 horas en completarse, frente a los cinco días que necesita la muestra de aguas residuales (Huamám & Palco, 2022).

d) pH

Medida de la cantidad de iones de hidrógeno presentes en el agua, y se da como el logaritmo negativo de la cantidad molar de iones de hidrógeno. Las concentraciones extremadamente altas de iones de hidrógeno en las aguas



residuales dificultan su tratamiento biológico, modifican la biota de las fuentes receptoras y acaban matando a los microorganismos. Entre 6,5 y 8,5 se sitúa el intervalo de pH en el que pueden tener lugar procedimientos terapéuticos y puede existir vida biológica (V. Guamán, 2015).

e) Cloruros

Dado que puede afectar a la aplicación final de reutilización de las aguas residuales con tratamiento, es un constituyente de interés en las aguas residuales. Los cloruros están en las heces humanas (6 g por persona y día), tal que la existencia en aguas residuales es significativa (Teves, 2016).

f) Nitrógeno y fósforo

Se denominan nutrientes y bioestimuladores, ya que son cruciales para el desarrollo de protistas y plantas. Para que las aguas residuales sean tratables y para frenar la formación de algas, hay que aportar nitrógeno cuando el nivel de nitrógeno es insuficiente.⁴⁹ En Cuenca hay una media de 1,25 mg/l de nitrógeno y 4,5 mg/l de fósforo (Guamán, 2015).

g) Sulfatos

En los cursos de agua naturales pueden encontrarse desde unos pocos miligramos hasta unos pocos gramos por litro por su amplia difusión en la naturaleza (Tarifeño & Rondam, 2021).



2.2.5 Estándares de Calidad Ambiental

Mide la cantidad de sustancias -elementos, compuestos o características biológicas, fisicoquímicos- existentes en el agua como masa receptora sin poner en peligro de forma significativa el medio ambiente o la salud pública (MINAM, 2017).

2.2.6 Características del suelo

2.2.6.1 Suelo

Lo indispensable para el desarrollo sostenible, el nitrógeno, el fósforo, etc., que, como resultado de la acción de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los elementos no vivos del planeta (Velástegui, 2019).

A partir del punto de vista agrícola, el suelo es un elemento de producción que sirve tanto de despensa como de almacén de nutrientes primordiales para el desarrollo de las plantas, además de proporcionarles soporte (Huaman, 2016)

2.2.6.2 Propiedades físicas del suelo

Las características influyen en la capacidad portante, el drenaje, la plasticidad, la detención de nutrientes, almacenamiento de humedad y la aireación. El comportamiento y crecer el cultivo a través del suelo de acuerdo con las necesidades del cultivo pueden así estimarse o predecirse utilizando el conocimiento de los valores de los atributos físicos de un suelo (M. J. Pérez et al., 2021).



Tabla 1

Características fisicoquímicas del suelo

Características fisicoquímicas del suelo
pH
Humedad
Carbono orgánico
Nitrógeno total
Nitrógeno amoniacal
Nitrato
Nitritos
Fosforo total
Potasio
Calcio
Magnesio
Densidad
Porosidad (total micro y macroporosidad)
Estabilidad estructural

2.2.7 Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)

El ICARHS, es un instrumento matemático que armonizan datos de diversos factores, lo que admite convertir volúmenes de datos en una escala de control de la calidad de agua. Aplicando una fórmula que incluye tres parámetros proporcionados por el alcance, la frecuencia y la amplitud para obtener un valor



numérico distinto de 0 a 100 se obtiene el estado de la calidad del agua de una estación de control, un curso de agua, un río o una cuenca.

- **F1 Alcance:** Teniendo en cuenta el número total de parámetros que deben comprobarse, los parámetros de calidad que no satisfacen las normas actuales del ECA.
- **F2 Frecuencia:** Los datos que no se ajustan a las normas medioambientales se contrastan con los datos totales de los parámetros examinados.
- **F3 Amplitud:** Un indicador útil de la desviación de los datos es la suma normalizada de excesos, o la suma de todos los datos en exceso sobre todos los datos.
- **Excedente:** indica la distancia entre el valor ECA y el valor de los datos con respecto al valor ECA del Agua para cada parámetro.

A continuación, se muestra los datos a evaluarse en la clasificación ICARHS



Tabla 2

Parámetros para evaluar la calidad de agua para riego

	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
	Subcategoría A2		Subcategoría E2
Materia orgánica			
DBO5	x	x	x
DQO	x	x	
Oxígeno disuelto	x	x	x
Coliformes termotolerantes	x	x	x
Fósforo Total	x		x
Amoniaco	x		
Nitratos			x
Hidrocarburos totales			x
Físico-Químico			
Metal			
pH	x	x	
Arsénico	x	x	
Aluminio	x	x	
Manganeso	x	x	
Hierro	x	x	
Cadmio	x	x	
Plomo	x	x	x
Boro	x	x	
Cobre	x	x	x
Mercurio		x	x
Zinc			x
Sólidos suspendidos totales			x

Fuente: (ANA, 2020)



2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Parámetros

Elementos de medición ya sea físico, biológico y químico, los cuales forman parte de los ECA (Tello, 2015).

2.3.2. Suelo

El suelo, donde crecen las plantas, es un recurso natural crucial porque contiene los minerales y el agua que todo ser vivo requieren para subsistir (Avelino, 2019).

2.3.3. Agua

En el agua, el término "acidez" o "alcalinidad" consiste en la tendencia hacia la acidez o la alcalinidad más que a la acidez o alcalinidad en sí. Dos marcadores que ayudan a determinar si el agua es ácida o no son la basicidad o la alcalinidad (Quispe, 2013).

2.3.4. Conductividad eléctrica

Microsiems por centímetro (S/cm) es una unidad utilizada para cuantificar la capacidad de una solución eléctrica para transferir corriente (Huahuasoncco, 2018).

2.3.5. DBO



Para oxidar aeróbicamente la MO biodegradable en el agua, los microbios necesitan una cierta cantidad de oxígeno, o DBO. La medición más popular es la DBO5, que detecta únicamente la materia orgánica biodegradable, ya que la cinética de primer orden rige la rapidez con que se descompone la materia orgánica (Janampa & Quiroz, 2021).

2.3.6. DQO

Medición de la tasa de consumo de oxígeno de organismos unicelulares como las bacterias. Se utiliza para evaluar la contaminación, y su principal inconveniente es que se tardan unos 5 días en obtener resultados (Huamám & Palco, 2022).

2.3.7. Oxígeno disuelto

La solubilidad del oxígeno en el agua está de forma inversa relacionada con la temperatura; a más temperatura, menos solubilidad del oxígeno (Pérez, 2017).

2.3.8. Coliformes termotolerantes

La relación entre la solubilidad del oxígeno en el agua y la temperatura es de proporcionalidad inversa, lo que implica que la solubilidad del oxígeno reduce a medida que incrementa la temperatura (Burga, 2018).



2.3.9. Arsénico

Posee una masa atómica 74.92 y número atómico 33, estimado el vigésimo elemento que abunda en la corteza terrestre, sin embargo posee una dificultad al encontrarlo en forma elemental, pues está en aleaciones azufradas que poseen otros metales como hierro, antimonio, cobalto, níquel, cobalto, plata y hierro (Fano, 2021).

2.3.10. Aluminio

Debido a su elevado estado de oxidación, el óxido de aluminio produce una delgada capa superficial adherente que es impermeable y resiste la oxidación, lo que se traduce en resistencia a la corrosión y durabilidad. (Morejón, 2015).

2.3.11. Manganeso

Metal que constituye en aproximado un 0.1% de la corteza terrestre, se halla principalmente en forma de compuestos en el medio ambiente, donde abunda en óxidos, sulfuros, silicatos y carbonatos. En consecuencia, puede encontrarse en cantidades ínfimas en agua, suelo y aire (Hernández, 2018).

2.3.12. Hierro

Por su concentración alta el óxido de aluminio produce una capa superficial fina y adherente que es impermeable y resiste la oxidación, lo que se traduce en resistencia a la corrosión y durabilidad. El alto potencial redox, a la par de su facilidad para crear componentes peligrosos y crecidamente reactivos (Alvarez et al., 2011)



2.3.13. Cadmio

Mineral encontrado en la corteza terrestre. Suele ubicarse en mezclas con otros minerales, como oxígeno, cloro o azufre, para crear minerales como la greenockita o la blenda de cadmio (Tello, 2015).

2.3.14. Plomo

La galena es un elegante metal de color gris azulado que presenta una superficie muy reflectante a los cortes recientes y se caracteriza por su alta densidad y resistencia a la corrosión (Delgado, 2015)

2.3.15. Boro

La presencia de boro en la corteza terrestre es con una concentración de 10 mg/kg, por lo que en entornos acuáticos tiene hasta 4,5 mg/kg, no alcanzando normalmente las aguas continentales con una concentración de 7 mg/L. El boro también existe en hábitats terrestres, principalmente en forma de borato (Pizarro, 2021)

2.3.16. Cobre

Posee la capacidad del transporte de electricidad y calor. Localizado en el ambiente en combinación con otros metales como el oro, plomo y plata. El cobre es empleado en el cableado de edificaciones, tubería de agua y gas. Además se utiliza en la generación y distribución eléctrica por ser un conductor excelente (L. Quispe, 2021).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se realizó en la cuenca del río Coata, ubicada al sur del Perú, en el altiplano de la región Puno, con una extensión de un aproximado de 2.845 km² y un perímetro de 338 km, con altitudes máxima y mínima de 4.750 y 3.950 msnm.

El río Cabanillas está formado por la unión de los ríos Verde y Cerrillos, este último de régimen regulado por la presa Lagunillas. El río Cerrillos es el efluente del embalse Lagunillas y el río Ichocollo el principal afluente, al principio este río toma nombres de Orduña y Borracho.

- Sistema Integral hídrico: Lagunillas
- Región Natural: Sierra (Altiplano de Puno)
- Altitud: 3,830 a 3855 m.s.n.m.
- Este: 377,000 a 359,000 UTM
- Norte: 8'289,000 a 8'275,000 UTM

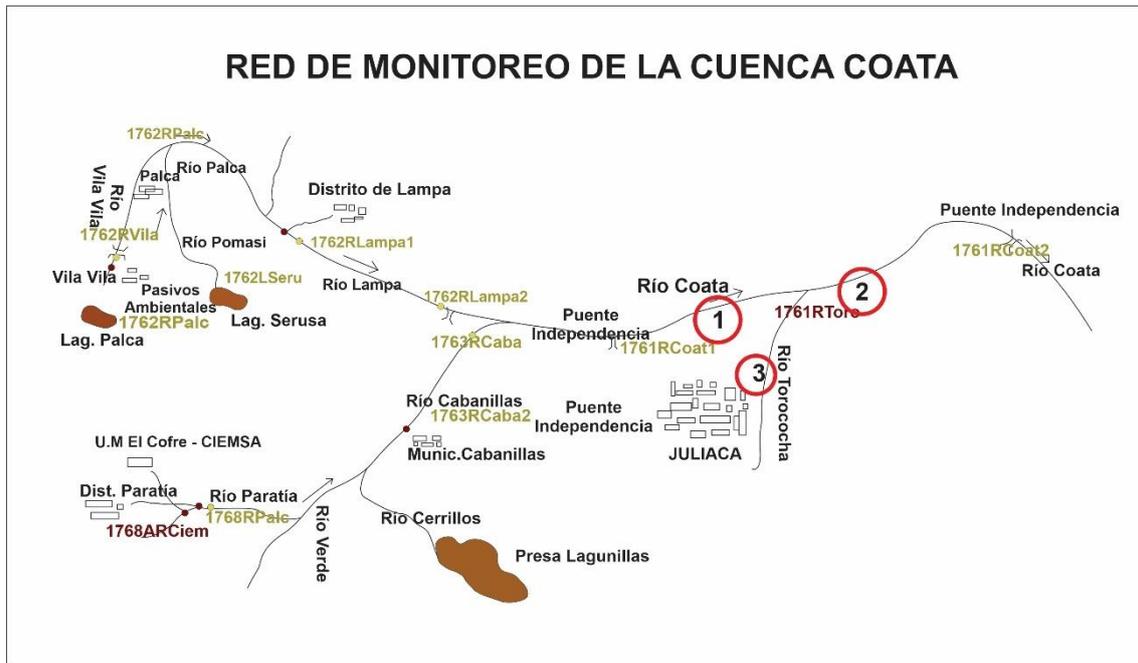


Figura 1. Ubicación de los 3 puntos de muestreos en la cuenca Coata

3.1.1. Límites.

- Este: Lago Titicaca
- Oeste: Cuenca Chili y Cuenca Colca Siguan
- Norte: Cuenca Ramis
- Sur: Cuenca Illpa y cuenca Alto Tambo

3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad

Son ejes vales principales y secundarios que enlazan a los departamentos de Cusco, Arequipa y provincias.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio es descriptivo-explicativo en un enfoque cuantitativo por los análisis se realizan en un orden numérico (Hernández & Mendoza, 2015).



3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es experimental, debido a que describe el escenario de control en el que se alteran intencionadamente una o varias variables independientes (causas) para examinar el impacto de dicha manipulación en una o varias variables dependientes (efectos) (Hernández y otros, 2014).

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

a) Técnicas

- Técnica de recopilación documental

Se realizó el procedimiento de acopiar documentos (información contenida en documentos con relación al problema y objetivo de la investigación) para medir una o más variables Sánchez (2020). Mediante esta técnica se obtuvo referencias sobre el ICARHS de la cuenca Coata.

- Técnica de observación

El observador se diferencia del típico sujeto de pruebas en que este último no intenta hacer un diagnóstico. Se trata de un procedimiento para verificar un fenómeno ante los propios ojos con el objetivo de evadir y prevenir errores de observación que podrían modificar la precisión con la que se percibe o expresa un fenómeno (Córdova, 2018).

b) Instrumentos

- ECA - D.S. 004-2017-MINAM.
- Laboratorio (acreditado).
- Fichas de recolección de datos.



3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1 Población

En el estudio presente la población se conformará por la cuenca del río Coata, además se define a la población como el grupo de todas las situaciones que coinciden con determinados detalles (Hernández y otros, 2014).

3.5.2 Muestra.

Definido como el subgrupo de la población del cual se recopiló los datos y representativo (Hernández y otros, 2014). En la investigación la muestra se conformó por tres puntos de muestreo.

3.6. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.6.1 Determinar la concentración de los contaminantes físico-químicos y microbiológicos presente en las aguas del río Coata.

Para asegurar la calidad del monitoreo se empleó el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales - R.J. N°010-2016-ANA.

- En el acceso a la zona, se evitaron zonas de embalse y turbulencia que se presentaron en el cuerpo de agua, para el acceso rápido a la cuenca Coata y facilitando la toma de muestras.
- Al llegar se identificó los 3 puntos de muestreo que se referenciaron con el GPS, registrando las coordenadas UTM. El río Coata, el arroyo Torococha y sus porciones aguas arriba y aguas abajo que se muestreo en dos periodos.

- Se utilizó recipientes de polietileno que se lavaron con ácido nítrico al 1%, las muestras se tomaron en zonas cerca al centro del cauce del río, posterior a ello los recipientes de las muestras se sellaron herméticamente, con su rótulo y cadena de custodia.
- Se consideró criterios que se describen en el protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales (ANA, 2016). Para realizar la metodología ICARHS se consideró la siguiente tabla con los parámetros a evaluarse en referencia a la categoría del río.

Tabla 3

Parámetros a evaluar en el ICARHS, según la categoría en la que se encuentre el cuerpo de agua

	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
	Subcategoría A2		Subcategoría E2
Materia orgánica			
DBO5	x	x	x
DQO	x	x	
Oxígeno disuelto	x	x	x
Coliformes termotolerantes	x	x	x
Fósforo Total	x		x
Amoniaco	x		
Nitratos			x
Hidrocarburos totales			x
Físico-Químico			
Metal			
pH	x	x	
Arsénico	x	x	
Aluminio	x	x	



Manganeso	x	x	
Hierro	x	x	
Cadmio	x	x	
Plomo	x	x	x
Boro	x	x	
Cobre	x	x	x
Mercurio		x	x
Zinc			x
Sólidos suspendidos totales			x

Fuente: (ANA, 2020)

- Una vez recolectadas las muestras de agua se transportaron al Laboratorio de análisis química ambiental LAQUAMEQ E.I.R.L, donde en un transcurso de 2 semanas los resultados del análisis fueron entregados. En la siguiente tabla se especifica los requisitos para la conservación de las muestras.

Tabla 4

Requisitos para la toma de muestra de agua residual

Determinación/ Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (1)	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Temperatura	P.V	1000 mL	No es posible	15 min
pH (2)		50 mL	No es posible	15 min
DBO5 (3)	P.V	1000 mL	Refrigerar 4°C	48 horas
DQO (3)	P.V	100 mL	Analizar lo más pronto posible o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigera a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V. ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días



Sólidos Suspendidos Totales (SST)	P.V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Microbiológico				
Coliformes Termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Fuente: (ANA, 2016)

- Con los resultados obtenidos se procedió a comparar con los ECA – Agua, para verificar si la calidad de la cuenca del río Coata cumple lo establecido en la normativa.

3.6.2 Determinar la calidad del agua de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en las aguas del río Coata aplicando la metodología ICARHS

Seguidamente luego de tener los resultados de la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos se determinaron la calidad del agua de los 3 puntos establecidos mediante la metodología ICARHS; aplicando las ecuaciones establecidas por el ANA (2020), ICARHS, a través de RJ. N° 084-2020-ANA (2020), expresando de la siguiente manera:

F1 – Alcance: Cantidad de parámetros de calidad que no cumplen con la normativa.

$$F1 = \frac{\text{Numeros de parámetros que no cumplen los ECA agua}}{\text{Numero total de parametros a evaluar}}$$

F2 – Frecuencia: Cantidad de datos que no cumplen con los ECA con referencia al total de datos de los parámetros a evaluar.



$$F2 = \frac{\text{Números de parámetros que no cumplen los ECA agua de los datos evaluados}}{\text{Numero total de datos evaluados}}$$

F3 – Amplitud: Medida de desviación que hay en los datos.

$$F3 = \frac{\text{Suma normalizada de excedentes}}{\text{Suma normalizada de excedentes} + 1} * 100$$

Suma Normalizada de Excedentes (nse):

$$nse = \text{Suma Normalizada de Excedente} = \frac{\sum_i^n = \text{Excede}}{\text{Total de datos}}$$

Excedente. – Realizado por parámetro, representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato con relación al ECA- Agua. Seguidamente dos casos de ejemplo:

Caso 1: Cuando el valor del parámetro supera el valor establecido en el ECA.

$$\text{Excedentes}_i = \left(\frac{\text{Valor del parámetro que no cumple los ECA agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en los ECA agua}} \right) - 1$$

Caso 2: Cuando el valor de parámetros es menor al valor establecido en el ECA.

$$\text{Excedentes}_i = \left(\frac{\text{Valor establecido del parámetro en los ECA agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple los ECA agua}} \right) - 1$$

Posterior al cálculo de los datos de los factores como son F1, F2 y F3 se calcula la calificación con el ICARSH. A continuación, se presenta la ecuación:

$$ICARHS = 100 - \left(\sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{1.732}} \right)$$

Posterior a la evaluación del ICARHS, comprende en una categoría de 0 – 100. Dicho valor permite identificar el índice de calidad del agua que se establece en una escala que constituye 5 rangos.

Tabla 5

Valoración del ICARHS

Valor ICARHS	Calificación ICARHS	Color (RGB)	Interpretación
95 – 100	Excelente	0 112 255	La calidad del agua está protegida, ausencia de amenaza o daño, su condición está muy cercana a los niveles naturales o deseables.
80 – 94	Bueno	0 197 255	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
65 - 79	Regular	85 255 0	La calidad de agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento
45 - 64	Malo	255 170 0	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento
0 - 44	Pésimo	255 0 0	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento

Fuente: (ANA, 2020)

3.6.3 Determinar las características (N, P, K, MO Y pH) del suelo circundante al río Coata.

Para el proceso del objetivo se realizó la identificación de la zona de muestreo, se ubicaron 3 puntos circundantes al río Coata, para el muestreo de suelo utilizó la guía para muestreo de suelos de MINAM. Para el análisis de las muestras de suelo se transportaron al laboratorio de ensayo acreditado Instituto Nacional de Innovación Agraria.

Tabla 6*Parámetros evaluados en laboratorio*

N.º	Parámetros	Unidad
1	pH	Und. pH
2	Materia orgánica (MO)	%
3	Nitrógeno (N)	ppm
4	Fosforo (P)	ppm
5	Potasio (K)	ppm

Los datos fueron comparados con la Guía de Manejo del Suelo en la Producción de Hortalizas con Buenas Prácticas Agrícolas (FAO, 2014)

Tabla 7*Niveles óptimos de parámetros (MO, N, P, K, pH) en el suelo*

Parámetro	Niveles en el suelo	Interpretación	Unidad
Materia orgánica	Menor del 1.2 %	Bajo	%
	1.2 – 2.8 %	Medio	%
	Mayor a 2.8 %	Alto	%
Fosforo (P)	Menor del 12 %	Bajo	%
	12 – 30 %	Medio	%
	Mayor a 30 %	Alto	%
Potasio (K)	Menor del 0.12 %	Bajo	%
	0.12 – 0.3 %	Medio	%
	Mayor a 0.3 %	Alto	%
pH	Menor de 5.5	Fuerte extremadamente ácido	Und pH
	5.5 – 5.9	Moderadamente ácido baja solubilidad	Und pH
	6.0 – 6.5	Ligeramente ácido	Und pH
	6.6 – 7.3	Casi neutro o neutro	Und pH
	7.4 – 8.0	Suelo alcalino	Und pH
	Mayor de 8	Muy alcalino	Und pH



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACION DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PRESNETES EN LAS AGUAS DEL RÍO COATA.

Se muestra los resultados de la concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, la muestra 1, muestra 2 y muestra 3 fueron los 3 puntos estratégicos en la cuenca del río Coata.

4.1.1 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en el primero punto 1

a) Resultados del monitoreo en el Punto 1 – Periodo 1

Se aprecia en la figura 2, los parámetros analizados en el Punto 1 del Río Coata, en donde se consideraron parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e inorgánicos. Es así que, según el análisis realizado, en los parámetros fisicoquímicos DQO con 19.3 mg/L y OD 7.54 mg/L con sobrepasaron los ECA para Agua

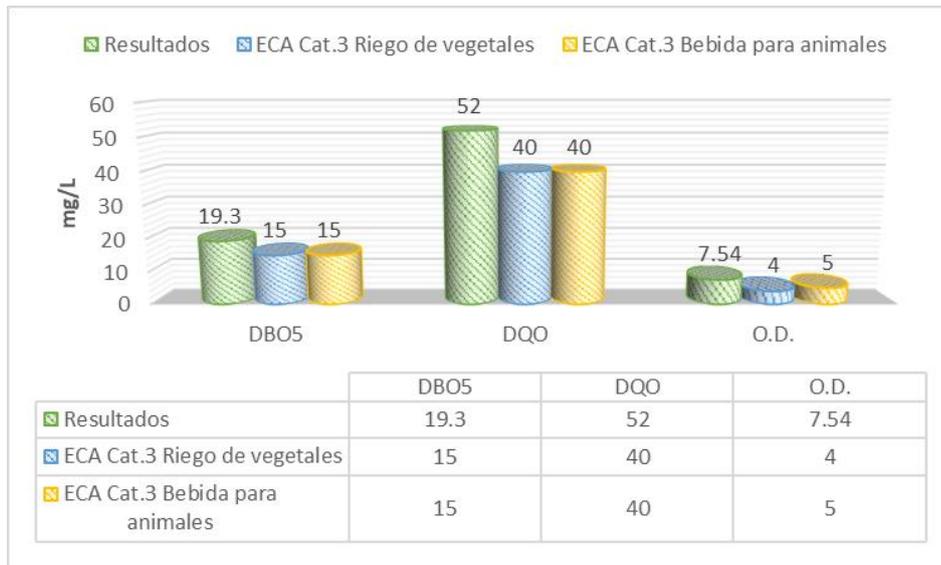


Figura 2. *Parámetros Fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 1.*

En la figura 3, se indica los parámetros fisicoquímicos en comparación ECA Cat. 3, donde DBO5 presenta 19.3 mg/L, DQO 52 mg/L y Oxígeno disuelto con 7.54 mg/L, dichos resultados excedieron los valores que establece los ECA-Agua.

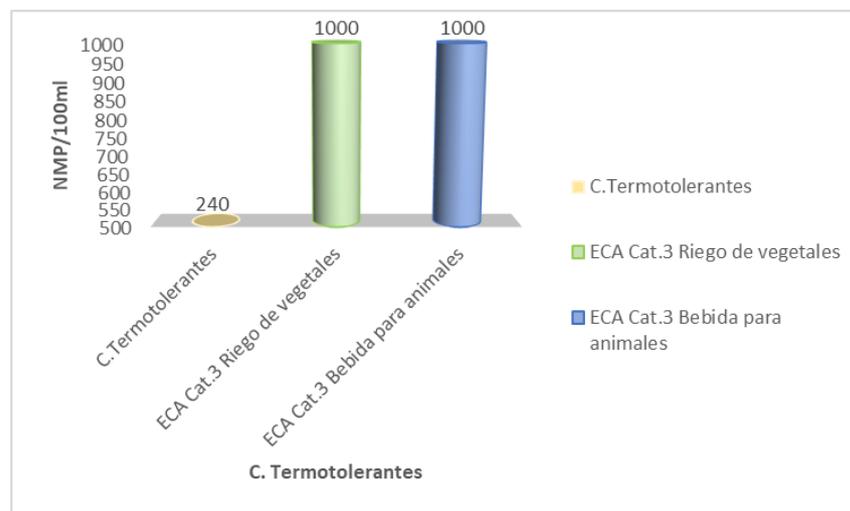


Figura 3. *Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 1*

Se muestra en la figura 3, nos indica el parámetro C. Termotolerantes el cual se encuentra con 240 NMP/100 ml, manteniéndose con valor menor a los ECA.

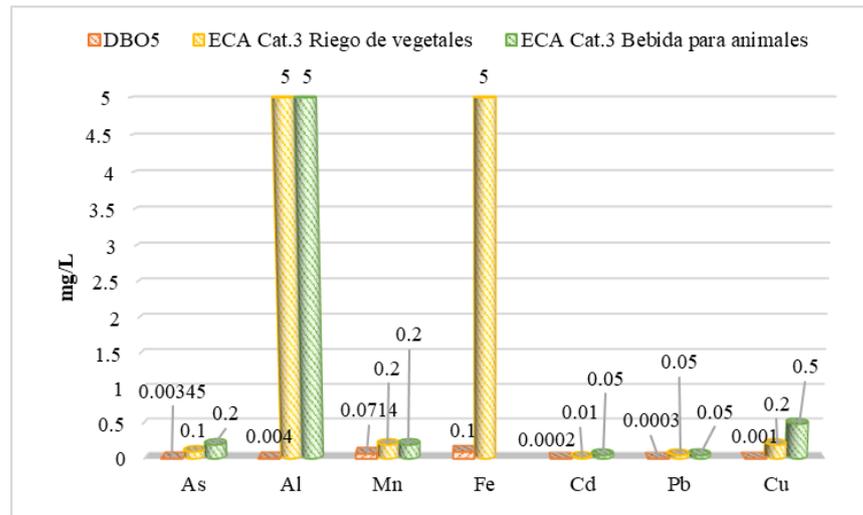


Figura 4. *Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 1*

En la figura 4, el cual pertenece al Punto 1 en donde nos indica que As con 0.00345 mg/L, Al con 0.0004 mg/L, Mn con 0.0714 mg/L, Fe con 0.1 mg/L, Cd con 0.0002 mg/L, Pb 0.0003 mg/L y Cu con 0.001 mg/L, donde no sobrepasaron los valores establecidos en los ECA – Agua.

b) Resultado del monitoreo en el Punto 2 – Periodo 1

Se aprecia en la tabla 6, 7 y 8 los parámetros analizados en el Punto 2 del Río Coata, en donde se consideraron parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e inorgánicos. Es así que, según el análisis realizado, en los parámetros fisicoquímicos DQO con 19.3 mg/L y OD 7.54 mg/L con sobrepasaron los ECA para Agua.

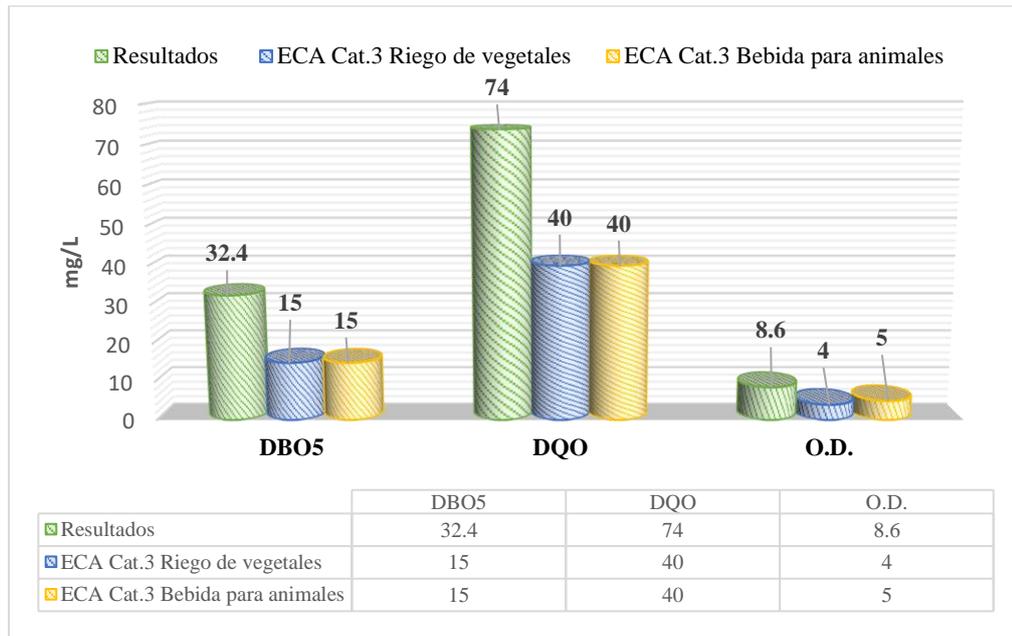


Figura 5. *Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 1*

En la figura 5, se indica los parámetros orgánicos en el Punto 2 en comparación a los ECA Cat. 3 de Riego de vegetales y bebida de animales, donde se presentan los datos de DBO5 con 32.4 mg/L, DQO con 74 mg/L y Oxígeno disuelto con 8.6 mg/L, estos resultados excedieron los valores que establece los ECA.

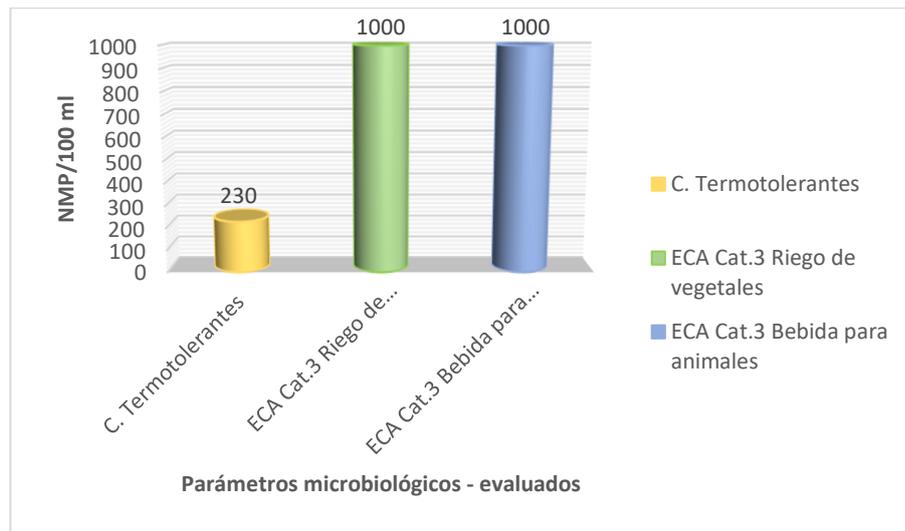


Figura 6. *Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 1*

Menciona en la tabla 6, que en el Punto 2 donde el parámetro microbiológico Coliformes Termotolerantes presentó 230 NMP/100 ml, manteniéndose así, inferior a los ECA para Agua.

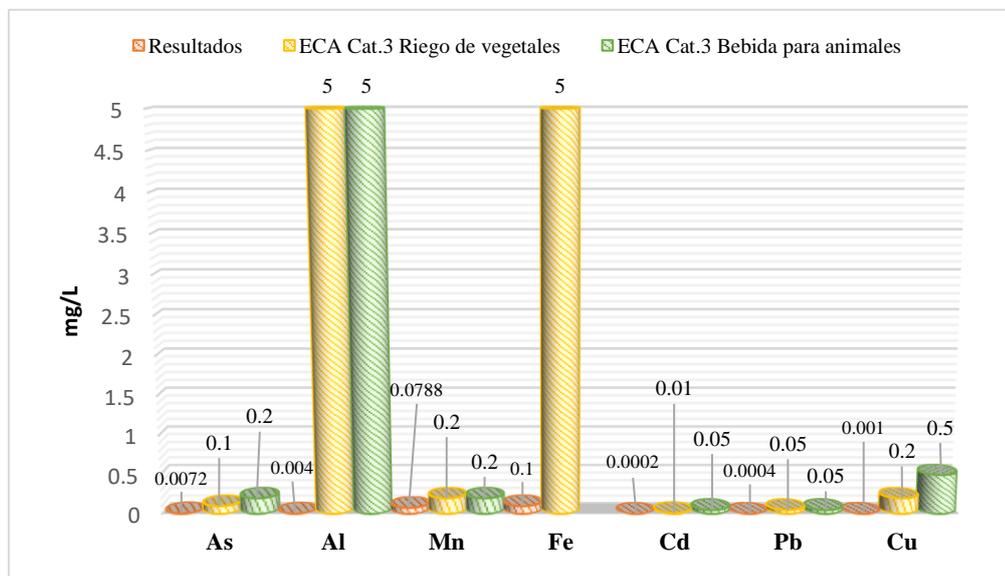


Figura 7. *Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 1*

En la figura 7, el cual pertenece al Punto 2, en donde nos indica que As, presenta 0.0072 mg/L, Al con 0.004 mg/L, Mn con 0.0788 mg/L, Fe con 0.1 mg/L, Cd con 0.0002 mg/L, Pb con 0.0004 mg/L y Cu con 0.001 mg/L. Donde, no sobrepasó el valor establecido por el ECA.

c) Resultado del monitoreo en el Punto 3 – Periodo 1

Menciona los datos en la figura 9,10 y 11 analizados en el río Coata, donde para su comparación se clasificaron como indica el ECA, ya sean parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e inorgánicos.

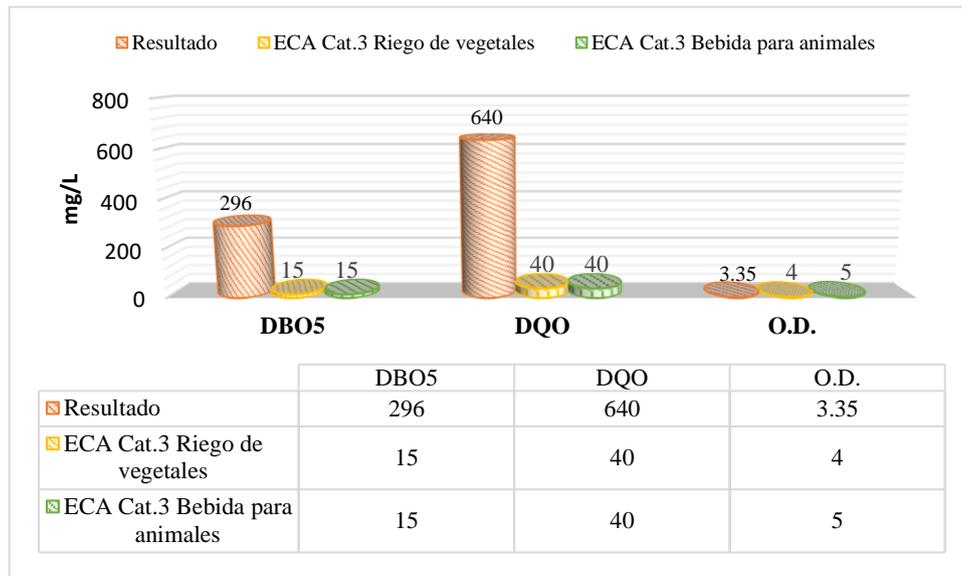


Figura 8. *Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 1*

En la figura 8, se aprecia los parámetros fisicoquímicos que se obtuvieron en el Punto 3 donde se compararon con los ECA Cat. 3, los valores sobrepasaron los establecido en el ECA excepto Oxígenos disuelto no sobrepasando este, siendo DBO5 con 296 mg/L, DQO con 640 mg/L y Oxígeno Disuelto con 3.5 mg/L.

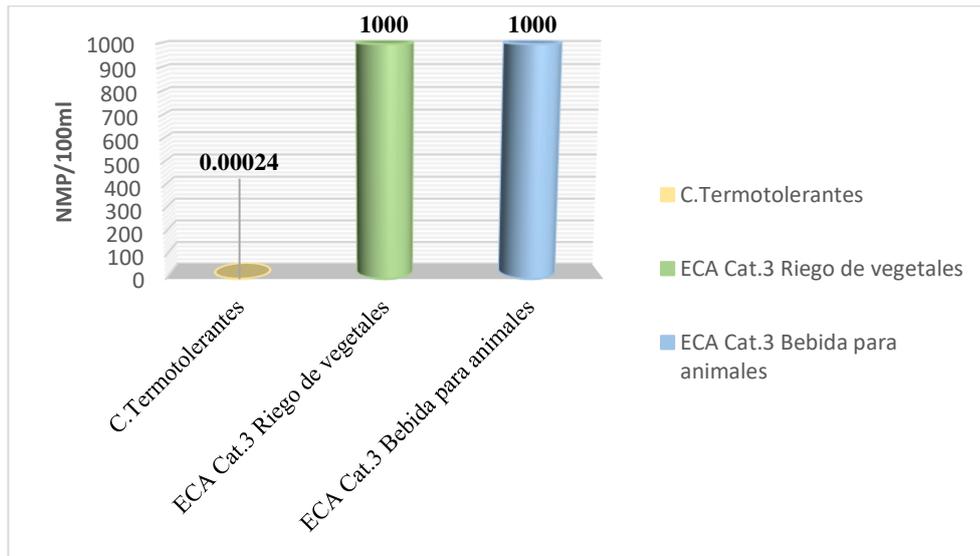


Figura 9. Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 3 – Periodo 1.

En la figura 9, se aprecia el Punto 3, nos indica que Coliformes Termotolerantes con 0.00024 NMP/100ml presentan valores menores y por lo tanto no sobrepasan los ECA.

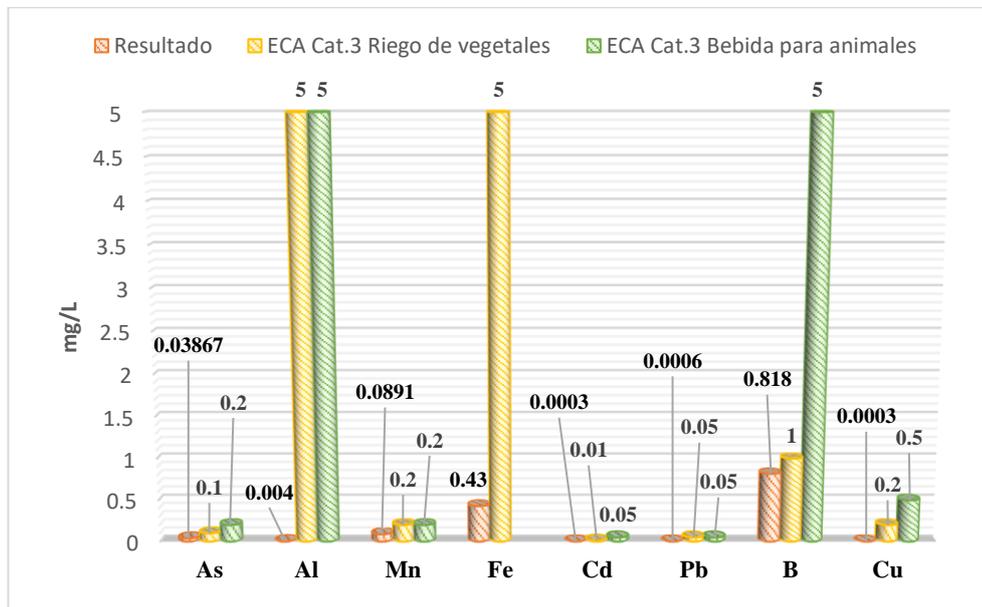


Figura 10. Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 3 – Periodo 1.

En la figura 10, el cual pertenece al Punto 3 donde nos indica que As con 0.0053 mg/L, Al con 0.004 mg/L, Mn con 0.891 mg/L, Fe con 0.43 mg/L, Cd con 0.0003, Pb con 0.0006 mg/L, B con 0.818 mg/L y Cu con 0.0003 mg/L, los cuales se mantienen por debajo del ECA, sin embargo, OD presentó una alta concentración con 6.5 mg/L sobrepasando el valor establecido por el ECA.

d) Resultados del monitoreo en el Punto 1 – Periodo 2

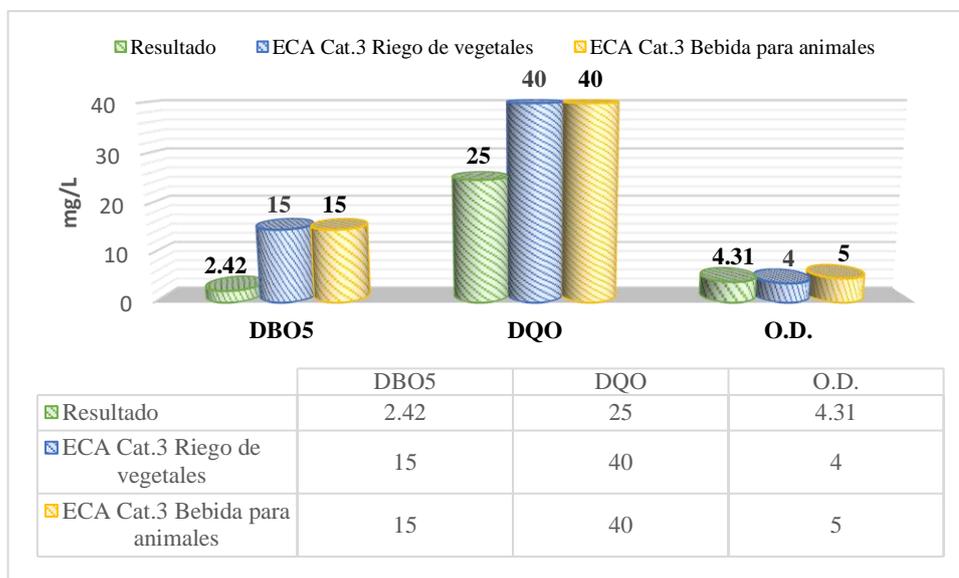


Figura 11. *Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2*

Se aprecia en la figura 11 los parámetros fisicoquímicos analizados en el punto 1, donde DBO5 y DQO se mantuvieron por debajo de los ECA, no obstante, OD excedió los límites para la categoría Riego de vegetales.

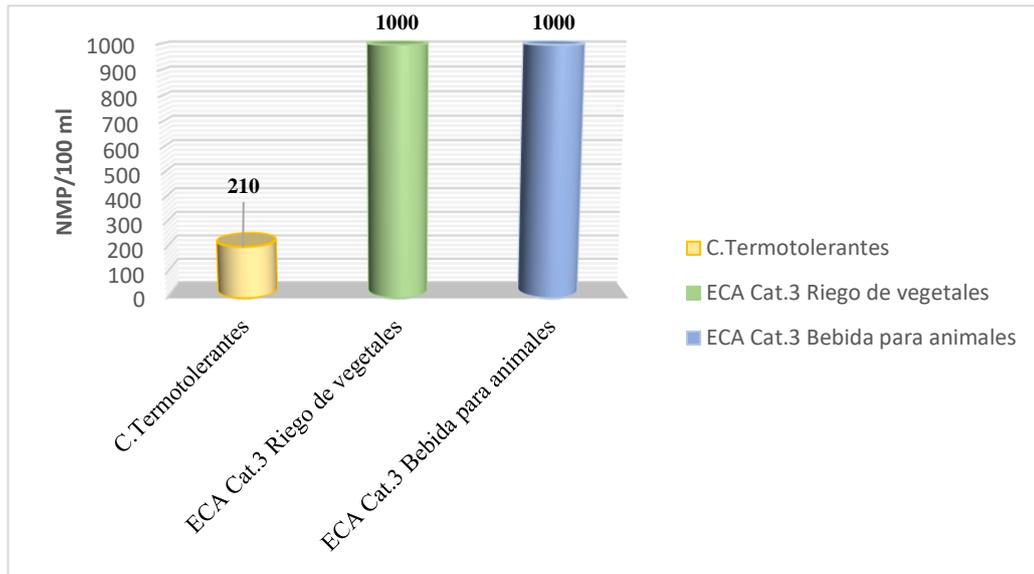


Figura 12. Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2

Se aprecia en la tabla 12, donde Coliformes Termotolerantes se mantuvo con un resultado de 210 NMP/100ml.

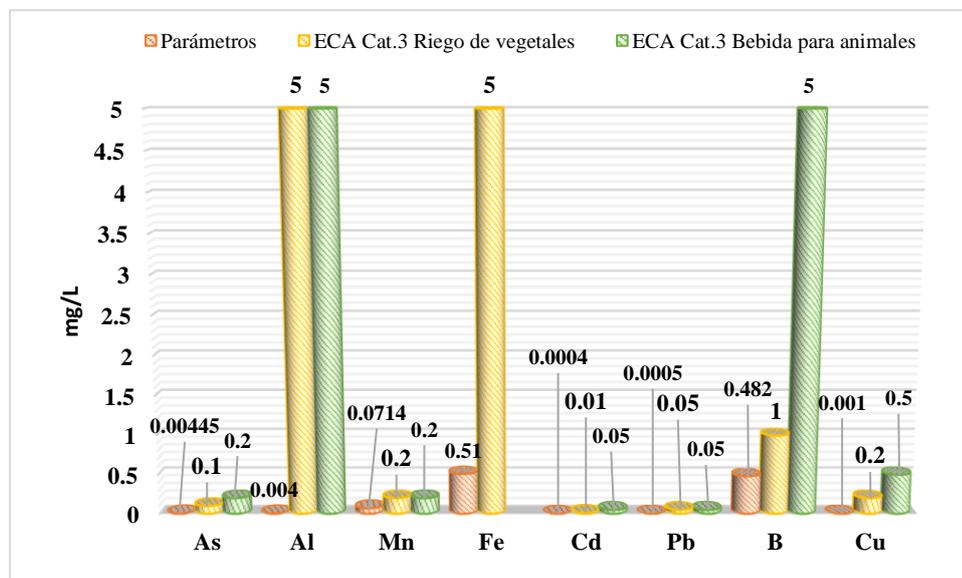


Figura 13. Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2

La figura 13, donde se presenta los resultados de los parámetros inorgánicos para el punto 2, teniendo para As con 0.00445 mg/L, Al con 0.004

mg/L, Cu con 0.001 mg/L, B con 0.482 mg/L, Pb con 0.0007 mg/L, Cd con 0.0004 mg/L, Fe con 0.51 mg/L y Mn con 0.0714 manteniéndose por debajo a lo establecido a los ECA-Agua.

e) Resultados del monitoreo en el Punto 2 – Periodo 2

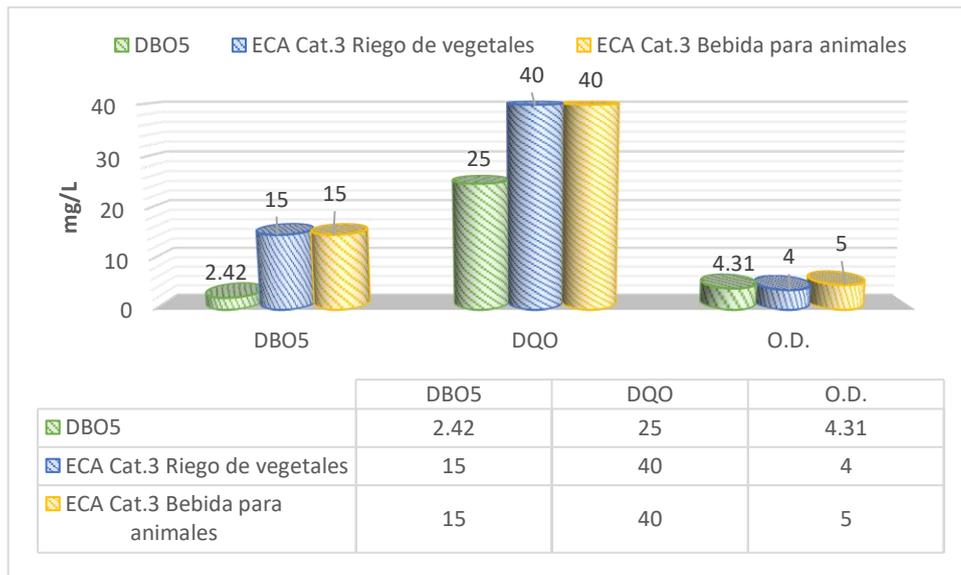


Figura 14. *Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2*

Se aprecia en la figura 14, donde DBO5 tuvo un resultado de 2.42 mg/L, DQO presentó 25mg/L, en tanto O.D. presentó 4.31 mg/L sobrepasando en los ECA par a Riego de Vegetales.

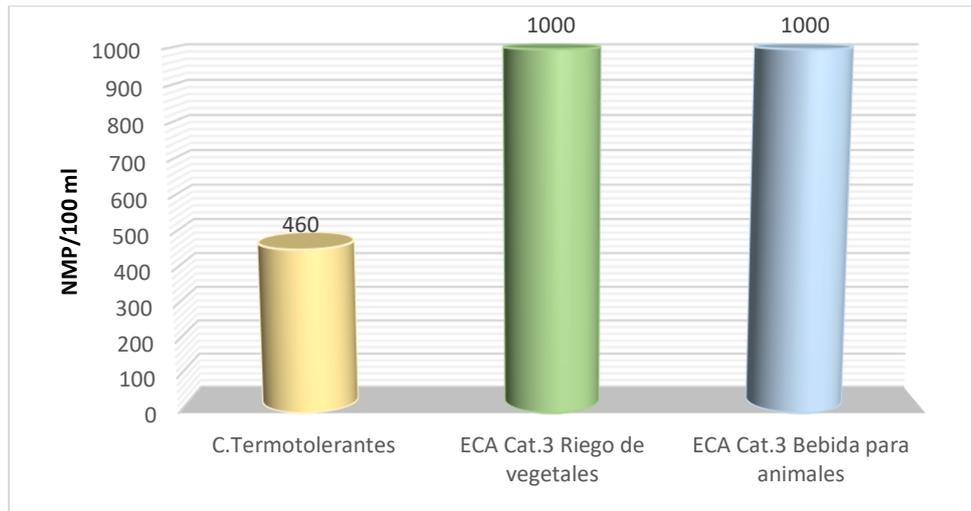


Figura 15. *Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 2*

Se observa en la tabla 15, Coliformes Termotolerantes donde fue comparado con los ECA, teniendo como resultado de 460 NMP/100ml.

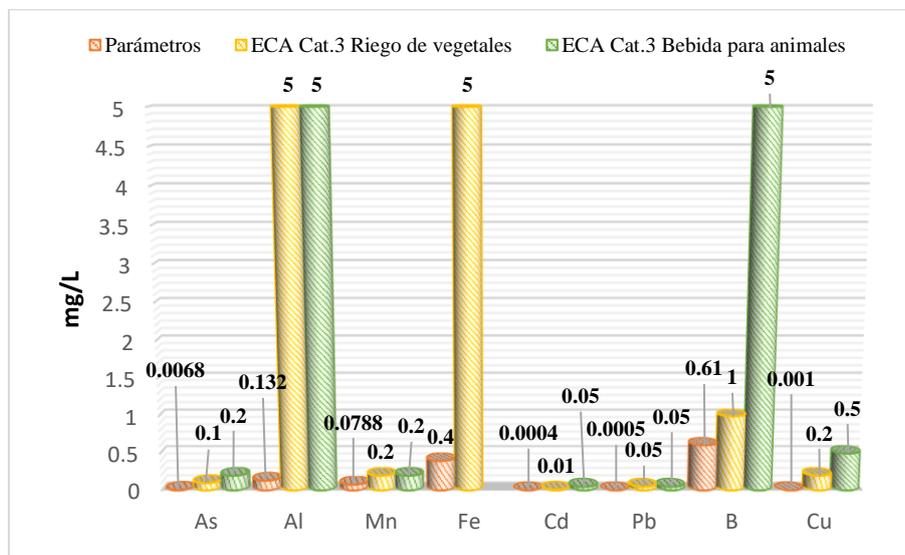


Figura 16. *Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 2*

Nos indica en la figura 16, los parámetros inorgánicos comparados con los ECA para Aguas, donde presentaron los datos en As con 0.0068 mg/L, Al con

0.132 mg/L, Mn con 0.0788 mg/L, Fe con 0.4 mg/L, Cu con 0.001 mg/L, B con 0.611 mg/L, Pb con 0.0005 mg/L y Cd con 0.0004 mg/L, todo ello no se encuentra por encima de los establecido en el ECA.

f) Resultados del monitoreo en el Punto 3 – Periodo 2

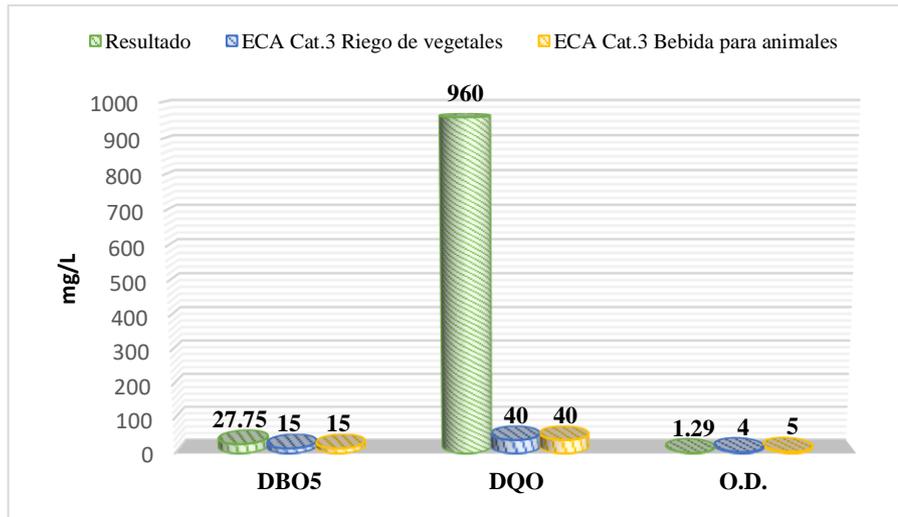


Figura 17. *Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 3 – Periodo 2*

Nos indica en la figura 17 los parámetros fisicoquímicos donde DBO5 presentó 27.75 mg/L, Oxígeno Disuelto con 1.29 mg/L, estando por debajo de los ECA, no obstante, DQO presentó 960 mg/L excedió los límites establecidos por los ECA.

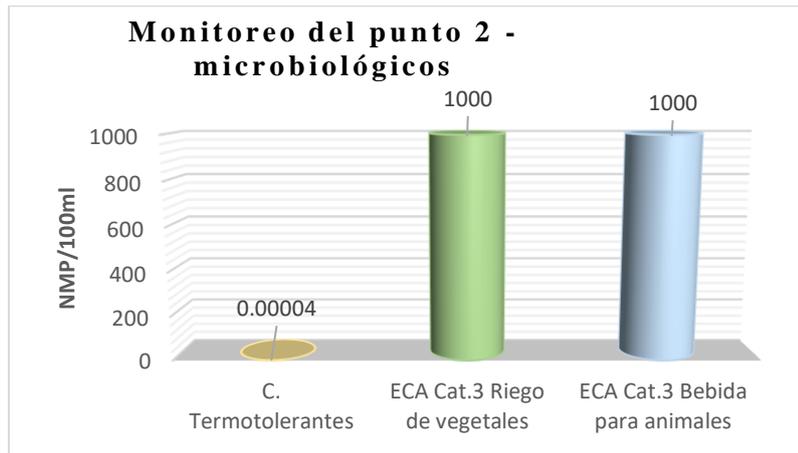


Figura 18. *Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 2 – Periodo 2*

Nos indica en la tabla 18, el análisis de C. Termotolerantes donde se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua e indica un resultado de 0.00004 manteniéndose así por debajo de lo establecido.

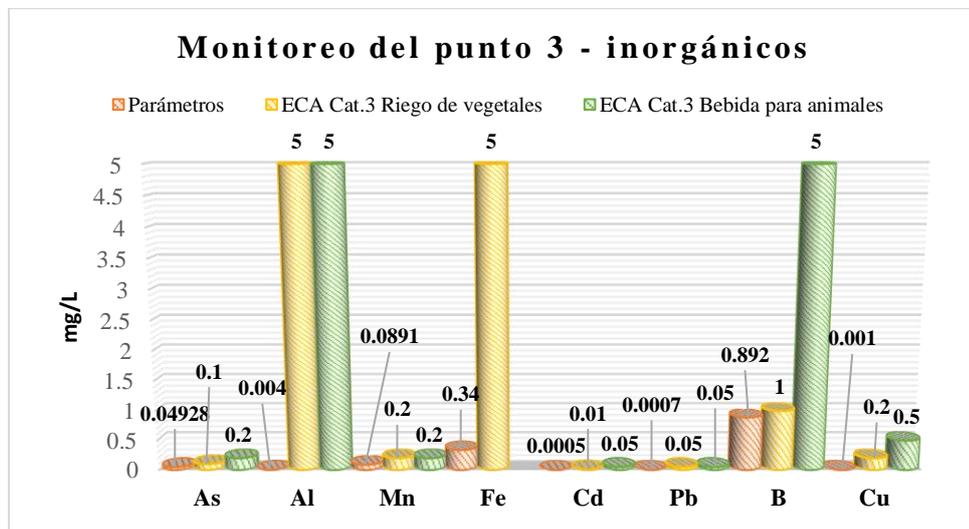


Figura 19. *Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 3 – Periodo 2*

En la tabla 19, se observa los parámetros inorgánicos donde As se encuentra con 0.04928mg/L, Al con 0.004 mg/L, Mn con 0.0891 mg/L, Fe con

0.34 mg/L, Cd con 0.0005 mg/L, Pb con 0.0007 mg/L, B con 0.892 mg/L y Cu con 0.001 mg/L, manteniéndose así por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AGUA DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PRESENTES EN LAS AGUAS DEL RÍO COATA APLICANDO LA METODOLOGÍA ICARHS.

Se efectuó el ICARHS con los resultados de las muestras realizadas en 3 puntos, en 2 periodos en el Río Coata, posterior a ello se detalla la calificación por punto de muestreo

4.2.1 Índice de Calidad para el punto 1 – Periodo 1

Tabla 8

Calificación del punto 1 – Periodo 1

PUNTO	PUNTO 1 – PERIODO 1				Índice ICARSH
	Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales				
	F1	F2	F3	Valor ICARHS	
P1	0.23	0.30	10.15	94.135	80 – 94 BUENO

En la tabla 8, el resultado del punto 1 donde tuvo un valor de 94.135 que se encuentra en un índice de 80 – 94, lo que califica como “BUENO” los que indica que la calidad del agua es distante un poco a la calidad natural del agua, no obstante, las condiciones que se desean podrían estar con ciertas amenazas o daños de una magnitud mínima.

4.2.2 Índice de Calidad para el punto 2 – Periodo 1

Tabla 9

Calificación del punto 1– Periodo 2

PUNTO 2 – PERIODO 1					
Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales					
PUNTO	F1	F2	F3	Valor ICARHS	Índice ICARSH
P2	0.23	0.307	10.63	88.71	80 – 94 BUENO

Se observa en la tabla 9, el resultado del punto 2 donde se tuvo una calificación mejor, obteniendo 88.71, perteneciendo al índice de 80 – 94, aunque obteniendo la misma calificación de “BUENO”, indicando regularmente se aleja de la calidad natural del agua, causando deterioros de poca magnitud.

4.2.3 Determinación del ICARHS en el Punto 3 – Periodo 1

Tabla 10

Calificación del punto 3 – Periodo 1

PUNTO 3 – PERIODO 1					
Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales					
PUNTO	F1	F2	F3	Resultado	Índice ICARSH
P3	0.15	0.31	81.52	72.14	65 - 79 REGULAR

Nos indica en la tabla 10, el cual presenta como resultado de 72.14 encontrándose en un índice de 65 – 79, lo cual indicaría una calificación de “REGULAR”, que se interpreta que ocasionalmente se encuentra amenazada y que a menudo se aleja de los valores que se desea, lo indica que necesitan algún tratamiento.

4.2.4 Determinación del ICARHS en el Punto 1 – Periodo 2

Tabla 11

Calificación del punto 1 – Periodo 2

PUNTO 1 – PERIODO 2					
Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales					
PUNTO	F1	F2	F3	Resultado	Índice ICARSH
P3	0.0769	0.30	15.18	91.23	80 - 94 BUENO

En la tabla 11, presenta un resultado de 72.14 que se encuentra entre un índice de 65 – 79, con una calificación de “BUENO”, esto dando a entender que el agua se aleja en algunas ocasiones de su estado natural, nos obstante, las condiciones que se desean podrían estar con ciertas amenazas de una magnitud baja.

4.2.5 Determinación del ICARHS en el Punto 2 – Periodo 2

Tabla 12

Calificación del punto 2 – Periodo 2

PUNTO 2 – PERIODO 2					
Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales					
PUNTO	F1	F2	F3	Resultado	Índice ICARSH
P2	0.077	0.30	0.592	99.61	95 - 100 EXCELENTE

Nos indica en la tabla 12, el cual presenta como resultado de 72.14 encontrándose en un índice de 65 – 79, lo cual indicaría una calificación de “REGULAR”, que se interpreta que ocasionalmente se encuentra amenazada y que a menudo se aleja de los valores que se desea, lo indica que necesitan algún tratamiento.

4.2.6 Determinación del ICARHS en el Punto 3 – Periodo 2

Tabla 13

Calificación del punto 3 – Periodo 2

PUNTO 3 – PERIODO 2					
Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales					
PUNTO	F1	F2	F3	Resultado	Índice ICARSH
P3	0.154	0.30	0.592	62.66	65 - 79 REGULAR

Nos indica en la tabla 13, el cual presenta como resultado de 62.66 encontrándose en un índice de 65 – 79, lo cual indicaría una calificación de “REGULAR”, que se interpreta que ocasionalmente se encuentra amenazada y que a menudo se aleja de los valores que se desea, lo indica que necesitan algún tratamiento.

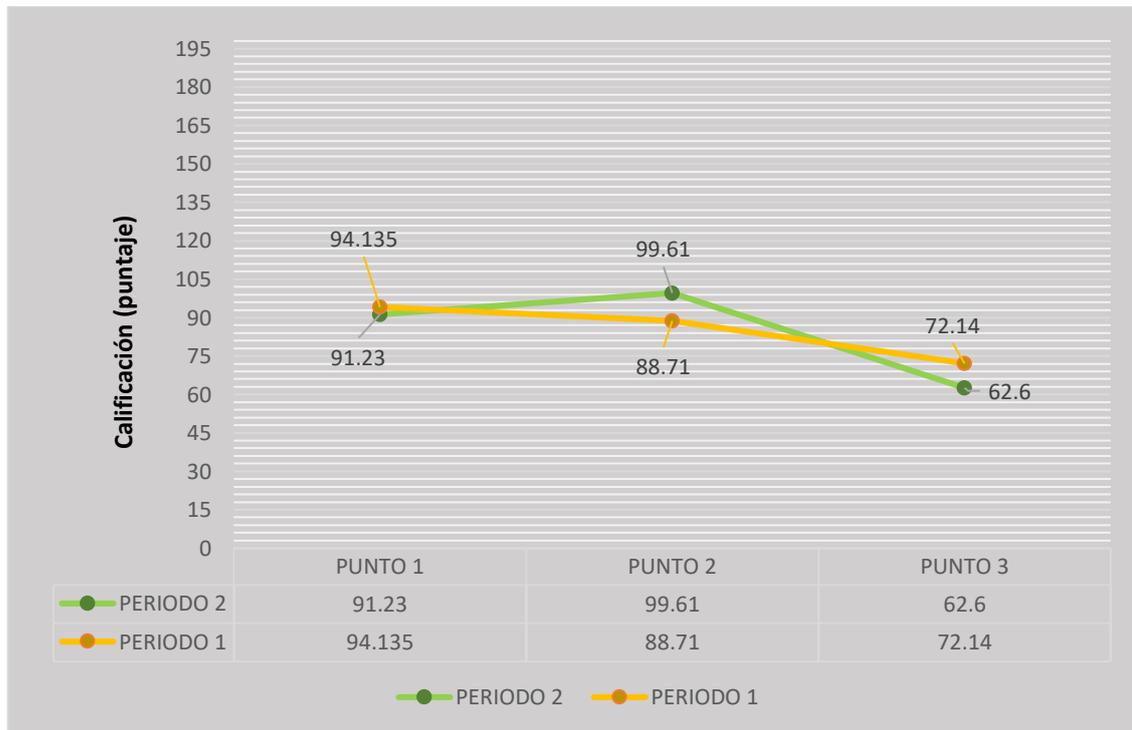


Figura 20. *Calificación del ICARHS en periodo 1 y 2*

4.3. DETERMINACION LAS CARACTERÍSTICAS (N, P, K, MO y PH) DEL SUELO CIRCUNDANTE AL RÍO COATA.

Se indica los resultados analizados en el suelo los cuales procedentes del Laboratorio.

a) Resultado del análisis de suelo en el periodo 1

Tabla 14

Niveles de concentración de parámetros en suelos circundante al río Coata

SUELO – PERIODO 1				
PUNTO 1				
Parámetro	Resultados	Niveles en el suelo	Interpretación	Unidad
%Materia Orgánica	1.31	1.2 – 2.8 %	Medio	%
%Fósforo	15.50	12 – 30%	Medio	%
%Nitrógeno total	0.048	Mayor de 0.30	Muy Rico	%
%Potasio total	254.13	Mayor a 0.3 %	Alto	%
pH	7.8	7.4 – 8.0	Suelo Alcalino, posible exceso de carbonatos. Baja solubilidad del P	Unidad
PUNTO 2				
%Materia Orgánica	0.81	Menor del 1.2%	Bajo	%
%Fósforo	8.95	Menos del 12%	Bajo	%
%Nitrógeno total	0.030	Mayor de 0.30	Muy rico	%
%Potasio total	273.63	Mayor a 0.3%	Alto	%
pH	8.4	Mayor de 8	Suelo alcalino, posible exceso de carbonatos	Unidad pH
PUNTO 3				
%Materia Orgánica	1.69	Menor del 1.2 %	Bajo	%
%Fósforo	19.35	12 – 30 %	Medio	%
%Nitrógeno total	0.063	Mayor de 0.30 %	Muy rico	%

%Potasio total	371.43	Mayor a 0.3 %	Alto	%
pH	8.4	Mayor de 8	Muy alcalino	Unidad pH

Indica en la tabla 14, los parámetros que se evaluaron en el suelo ubicado en el punto 1, los cuales presentaron los resultados de: Materia orgánica presentó un 1.31 % siendo una interpretación media, Fósforo tuvo 8.95% (Bajo), Nitrógeno total tuvo un 0.030 % (Muy rico) y pH 8.4 (suelo alcalino, posible exceso de carbonatos).

Tabla 15

Propiedades físicas del suelo – Periodo 1

N°	Composición Mecánica			Clase Textural
	Arena	Arcilla	Limo	
1	18 %	12 %	24 %	Franco Limoso
2	70 %	70 %	68 %	Franco Limoso
3	12 %	18 %	8 %	Franco Limoso

Se visualiza en la tabla 15, los resultados de la composición mecánica del suelo, la clase textural, en el punto 1 presenta una textura Franco Limoso (Arena 18 %, Arcilla 12 % y Limo 9 %) en el punto 2 posee textura de Franco Limoso (Arena 70 %, Arcilla 70 % y Limo 68 %) y el punto 3 posee una textura de Franco Limoso (Arena 12 %, Arcilla 18 % y Limo 8 %) de clase textural de Franco Limoso.



b) Resultado del análisis de suelo en el periodo 2

Tabla 16

Niveles de concentración de parámetros en suelos circundante al río Coata

SUELO – PERIODO 2				
PUNTO 1				
Parámetro	Resultados	Niveles en el suelo	Interpretación	Unidad
%Materia Orgánica	2.23	1.2 – 2.8 %	Medio	%
% Fósforo	9.20	Menor del 12%	Bajo	%
%Nitrógeno total	0.083	0.00 – 0.10	Muy pobre	%
%Potasio total	312.78	Mayor a 0.3 %	Alto	%
pH	8.3	Mayor de 8	Muy alcalino, no hay crecimiento de plantas por exceso de sodio	Unidad
PUNTO 2				
%Materia Orgánica	1.67	1.2 – 2.8 %	Medio	%
%Fósforo	16.55	12 – 30 %	Medio	%
%Nitrógeno total	0.062	0.00 – 0.10	Muy pobre	%
%Potasio total	351.88	Mayor a 0.3%	Alto	%
pH	8.8	Mayor de 8	Muy alcalino, no hay crecimiento de plantas por exceso de sodio	Unidad pH
PUNTO 3				
%Materia Orgánica	0.74	Menor del 1.2 %	Bajo	%
%Fósforo	10.75	Menor del 12 %	Bajo	%
%Nitrógeno total	0.027	0.00 – 0.10	Muy pobre	%
%Potasio total	273.68	Mayor a 0.3 %	Alto	%
pH	8.3	Mayor de 8	Muy alcalino	Unidad pH

Indica en la tabla 16, los parámetros que se evaluaron en el suelo ubicado en el punto 1, los cuales presentaron los resultados de: Materia orgánica presentó un 2.23 % siendo una interpretación media, Fósforo tuvo 9.20 % (Bajo), Nitrógeno total tuvo un 0.083 % (Muy pobre), Potasio tuvo 273.68 (Alto) y pH 8.3 (suelo alcalino, posible exceso de carbonatos).

Tabla 17

Propiedades físicas del suelo – Periodo 2

Nº	Composición Mecánica			Clase Textural
	Arena	Arcilla	Limo	
1	13 %	29 %	9 %	Franco Limoso
2	74 %	62 %	72 %	Franco Limoso
3	13 %	9 %	19 %	Franco Limoso

Se visualiza en la tabla 17, la composición mecánica del suelo, la clase textural, en el punto 1 presenta una textura Franco Limoso con un porcentaje de (Arena 13 %, Arcilla 29 % y Limo 9 %) en el punto 2 posee una textura de Franco Limoso (Arena 74 %, Arcilla 62 % y Limo 72 %) y el punto 3 posee una textura de Franco Limoso (Arena 13 %, Arcilla 9 % y Limo 19 %).

4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para la determinación de la calidad de la cuenca Coata a través de la metodología ICARHS en el punto de confluencia con el río Torococha. Se empleó el modelo estadístico T-Student, donde se obtuvo un nivel de significancia de dichos resultados. A continuación, se indica los criterios que se consideraron.

H_1 = La calidad del agua del río Coata aplicando el método ICARHS se encuentra con una calificación de pésimo, Juliaca-2022

H_0 = La calidad del agua del río Coata aplicando el método ICARHS se encuentra en una calificación de adecuada, 2023

En la tabla 18, nos indica los resultados de media, desviación estándar de los parámetros de calidad de la cuenca del río Coata utilizando la metodología ICARHS en 3 puntos de muestreo

Tabla 18

Prueba estadística de medias de los parámetros de calidad de agua

	periodo	Estadísticas de grupo			
		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
DBO	periodo 1	3	115,9000	156,10865	90,12937
	periodo 2	3	11,7600	13,91291	8,03262
DQO	periodo 1	3	255,3333	333,31267	192,43816
	periodo 2	3	339,0000	537,81316	310,50658
C.Termotolerantes	periodo 1	3	160,0000	138,56393	79,99992
	periodo 2	3	376,6667	144,33757	83,33333
OD	periodo 1	3	6,4967	2,77615	1,60281
	periodo 2	3	3,3033	1,74360	1,00667
pH	periodo 1	3	8,0400	,38691	,22338
	periodo 2	3	7,6333	,20429	,11795
Arsénico	periodo 1	3	,0151	,02043	,01180
	periodo 2	3	,0192	,02602	,01502



Aluminio	periodo 1	3	,0040	,00000 ^a	,00000
	periodo 2	3	,0040	,00000 ^a	,00000
Manganeso	periodo 1	3	,0798	,00889	,00513
	periodo 2	3	,0798	,00889	,00513
Hierro	periodo 1	3	,2100	,19053	,11000
	periodo 2	3	,4167	,08622	,04978
Plomo	periodo 1	3	,0004	,00015	,00009
	periodo 2	3	,0006	,00012	,00007
Cadmio	periodo 1	3	,0002	,00006	,00003
	periodo 2	3	,0004	,00006	,00003
Boro	periodo 1	3	,5867	,20698	,11950
	periodo 2	3	,6617	,20964	,12104
Cobre	periodo 1	3	,0010	,00000 ^a	,00000
	periodo 2	3	,0010	,00000 ^a	,00000

a. t no se puede calcular porque las desviaciones estándar de ambos grupos son 0.

a) Igualdad de varianza

P – Valor $\Rightarrow \alpha$, Acepta la H0= Las varianzas son iguales.

P – Valor $< \alpha$, Acepta la H1= Existe diferencia significativa entre las varianzas.

La tabla 15. Nos muestra las varianzas de los parámetros de calidad de agua

Tabla 19

Prueba de varianzas y significancia de la calidad del agua

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
DBO	Se asumen varianzas iguales	12,968	,023	1,151	4	,314	104,14000	90,48661	-147,09110	355,37110
	No se asumen varianzas iguales			1,151	2,032	,367	104,14000	90,48661	279,41636	487,69636
DQO	Se asumen varianzas iguales	1,670	,266	-,229	4	,830	83,66667	365,30368	1097,91228	930,57894
	No se asumen varianzas iguales			-,229	3,339	,832	83,66667	365,30368	1182,24541	1014,91208
C. Termotolerantes	Se asumen varianzas iguales	,013	,914	-1,876	4	,134	216,66659	115,51810	537,39625	104,06308
	No se asumen varianzas iguales			-1,876	3,993	,134	216,66659	115,51810	537,60693	104,27375
OD	Se asumen varianzas iguales	1,186	,337	1,687	4	,167	3,19333	1,89272	-2,06170	8,44837
	No se asumen varianzas iguales			1,687	3,365	,180	3,19333	1,89272	2,47655	8,86322
pH	Se asumen varianzas iguales	1,618	,272	1,610	4	,183	,40667	,25261	-,29469	1,10802
	No se asumen varianzas iguales			1,610	3,035	,205	,40667	,25261	-,39207	1,20540
Arsenico	Se asumen varianzas iguales	,456	,537	-,218	4	,838	-,00416	,01910	-,05719	,04887
	No se asumen varianzas iguales			-,218	3,787	,839	-,00416	,01910	-,05838	,05006
Manganeso	Se asumen varianzas iguales	,000	1,000	,000	4	1,000	,00000	,00726	-,02015	,02015
	No se asumen varianzas iguales			,000	4,000	1,000	,00000	,00726	-,02015	,02015



Hie rro	as iguales Se asumen varianz as iguales	3,780	,12 4	- 1,712	4	,16 2	-,20667	,12074	-,54189	,12856
	No se asumen varianz as iguales			- 1,712	2,786	,19 2	-,20667	,12074	-,60815	,19481
Pl mo	Se asumen varianz as iguales	,235	,65 3	- 1,206	4	,29 4	-,00013	,00011	-,00044	,00017
	No se asumen varianz as iguales			- 1,206	3,723	,29 9	-,00013	,00011	-,00045	,00018
Ca dm io	Se asumen varianz as iguales	,000	1,0 00	- 4,243	4	,01 3	-,00020	,00005	-,00033	-,00007
	No se asumen varianz as iguales			- 4,243	4,000	,01 3	-,00020	,00005	-,00033	-,00007
Bo ro	Se asumen varianz as iguales	,000	,99 3	-,441	4	,68 2	-,07500	,17009	-,54724	,39724
	No se asumen varianz as iguales			-,441	3,999	,68 2	-,07500	,17009	-,54727	,39727

La tabla 19, nos muestra que mediante la prueba estadística T de Student, respecto a los parámetros fisicoquímicos; para Arsénico se ha obtenido un p-valor de 0,838; DBO 0,314; DQO 0.830, C. Termotolerantes 0.134, Oxígeno disuelto 0.0167, pH 0.183, Manganeso 1.00, Hierro 0.162, Plomo 0.294, Cadmio 0.013 y Boro 0.682. Estos resultados comparados con el valor alfa 0,05 es mayor, por lo tanto, aceptamos la hipótesis **H0** = La calidad del agua del río Coata aplicando el método ICARHS se encuentra en una calificación de adecuada, 2023.

4.5. DISCUSIONES

En el estudio de Espinoza (2020) que trabajó con el Río Santa – Ancash presentó datos menores en el caso de DBO con 2.00 mg/L, 6.52.6.08 entre otros puntos muestreados a comparación de las evaluadas en el Rio Coata presentó datos elevados sobre pasando los ECA en la mayoría de puntos como en DBO con 296 mg/L, DQO 640 mg/L y OD 7.34 mg/L que fueron los datos más elevados de los 3 puntos de muestreos en ambos periodos. En el caso del estudio de Cano & Atajo (2018) que, dentro de sus parámetros inorgánicos, presentó datos elevados en Manganeso con 3.52 mg/L, 42.80 mg/L, 60.07 mg/L, 47.66 mg/L en los diversos puntos de muestreo, esto a razón de que existe vertimientos de relaves en el mencionado río, en el caso del estudio al río Coata tuvo un resultado menor de 0.0891 mg/L, en donde los factores antropogénicos tienen principal causa de contaminación y el deterioro del ambiente, por el accionar del desarrollo alrededor de sus aguas, por el transporte de contaminantes de tipo dispersión por las dos corrientes diferenciadas.

Con referencia a la calificación sobre la calidad del río Coata empleando el método ICARHS, en el estudio de Fernández & Guardad (2021), empleo el método ICAsup que también consistió de un puntaje de 0 a 100 calificando al río Cabaña – Cuba, tuvo un máximo puntaje de 96 (No contaminado) y el mejor fue de 14 (altamente contaminado), sin embargo, en el estudio realizado al río Coata también expuso resultados parecidos ya que en los 3 puntos de muestreos presentó calificaciones de 99.61 (excelente) y el más bajo de 62.66 (Regular).

Atajo (2019) efectuó una investigación en la calidad de agua del río Llallimayo, indica que sus resultados de los análisis de suelo poseen peligro de salinización, sin embargo el estudio presente tuvo un elevado resultado de pH que representa un suelo



alcalino con posible exceso de carbonatos, sin embargo, la investigación de Madera & Angulo (2016), donde efectuó la calidad de agua, presentando salinidad del suelo por la alcalinidad que presentaron en el análisis de su agua.



V. CONCLUSIONES

- La calidad hallada en el río Coata en ambos periodos con respecto a los parámetros analizados indicaron que en ciertos puntos como el punto 1, 2 y 3 del primer periodo presentó un exceso en DBO, DQO y OD sobre pasando los ECA del D.S. N° 004-2017-MINAM. Sin embargo, en el periodo 2, para los puntos 1 y 2 tuvo un exceso en Oxígeno disuelto, más en el punto tres excedió en DBO y DQO.
- La calificación que obtuvo el río Coata presento en su mayoría calificaciones de Bueno de entre 94.135, 88.71 y 91.23 respectivamente para los puntos 1, 2 y 3 lo que menciona que la calidad se aleja de las condiciones deseables por lo tanto podrían estar con daños de una magnitud mínima, no obstante, para el punto 3 en el periodo 1 tuvo una calificación Regular con 72.14 al igual que el punto 3 en el periodo 2 tuvo un resultado de 65.79 teniendo la denominación de Regular los que significa que la calidad a menudo se alejan de las condiciones que se desean y varios necesitan de tratamiento, no obstante el punto 2 en el periodo de excelente con calificación de 2 tuvo un calificación de 99.61 indicando que esta se encuentra protegida, y presenta ausencia de daños, su condición es deseable.
- Con relación a los parámetros analizados en suelo, se tuvo como resultado que cuenta con un nivel rico en nitrógeno, siendo este un elemento que es más absorbido por las plantas en condiciones normales de cultivo, no obstante, el pH del suelo analizado tuvo como resultado 7.8 que se interpreta como suelo alcalino, en Materia Orgánica presentó un nivel medio, potasio presentó un nivel alto en porcentaje contribuyendo así a evitar la acidificación del suelo.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda emplear un tratamiento para las aguas que son captadas del río Coata, ya que varios puntos se encuentran con una calificación “Regular”, a razón de la elevada concentración de DBO, DQO y OD, así como también realizar monitores de periodos más amplios.
- Se recomienda para las posteriores investigaciones tomar en consideración datos de caudal, así también otras metodologías similares a la del ICARHS para comparar y relacionar los resultados.
- Se recomienda realizar monitoreos más constantes al río Coata, para así poder conseguir datos del comportamiento de sus aguas. Así también se deben realizarse medidas de sanciones en contra de aquellas entidades, que descargan sus afluentes al río mencionado.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, M., Arévalo, D., & Auquilla, P. (2011). *Prevalencia de Anemia Ferropénico en estudiantes de sexo femenino de la Unidad Educativa Particular Universitaria “La Asunción” de la ciudad de Cuenca, desde Octubre de 2009 a Julio de 2010.*
- ANA. (2016). *Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.*
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
- ANA. (2020). *ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS).* www.ana.gob.pe
- Arenas, N., Abril, D., & Moreno, V. (2017). Evaluación de la calidad del agua para uso agropecuario en predios ganaderos localizados en la región del Sumapaz (Cundinamarca, Colombia). *Archivos de Medicina (Manizales)*, 17(2), 319–325.
<https://doi.org/10.30554/archmed.17.2.1979.2017>
- Atencio, H. (2018). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco-2018.*
- Autoridad Nacional del Agua. (2019). *Titicaca: La contaminación está matando una de las cuencas del lago más alto del mundo.* <https://ojo-publico.com/3658/la-contaminacion-esta-matando-una-cuenca-del-titicaca>
- Avelino, C. (2019). *Reducción de compuestos orgánicos persistentes mediante el uso de biosólidos en los suelos agrícolas de Carabayllo-Lima.*



- Burga, E. (n.d.). *COLIFORMES FECALES Y SU RELACIÓN CON LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SICAYA-HUANCAYO 2018.*
- Callatana, J. (2014). *Evaluación Y Propuesta De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Del Distrito De Ajoyani – Carabaya – Puno – 2013.*
<http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/4532>
- Cano, J., & Atajo, J. (2018). *Calidad del agua de la Irrigación canal N del río Llallimayo y aptitud agrícola distrito Cupi-Melgar 2018.*
<http://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/view/1374/255>
- Carvajal, K. (2020). *Evaluación de Calidad de agua con fines agrícola en los acuíferos de cuatro zonas del Cantón Milagro.*
- Cusiche, L., & Miranda, G. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional ‘Lago Junín’, Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1433–1447. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V10I6.1870>
- Delgado, C. (2015). *Determinación de la concentración de plomo por espectrofotometría de absorción atómica en sombras de ojos que se comercializan en los mercadillos de Tacna, 2014.* <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/718>
- Espinoza, F. (2020). *Evaluación mediante el Índice de Calidad de Agua (ICA) del río Santa con vertimientos de aguas servidas domésticas, para la concervación del ambiente acuático. Sector Huaraz-Jangas, Ancash 2019.*
http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4354/T033_31673428_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- Fano, D. (2021). *Exposición a arsénico en agua potable, metabolismo, y sus efectos sobre los resultados perinatales en Tacnam Perú.*
- FAO. (2014). El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Fernández, M., & Guardado, R. (2021). *Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba.* 37, 5.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122021000100105
- Guamán, J. (2015). *Análisis de la influencia de las plantas ornamentales como estrategia para mejorar el entorno ecológico de la escuela “Santa Catalina” de la Parroquia San Lucas.*
https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/15598/1/63595_1.pdf
- Guamán, V. (2015). *Evaluación de las plantas de depuración de agua residual de las comunidades de macas y San Pedro, Cantón cuenca, Azuay.*
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21662/1/TESIS.pdf>
- Gutierrez, V. (2018). Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizando el índice de calidad de agua del consejo canadiense CCME-WQI y el ICA-PE, Puno-2018. *Universidad Peruana Unión*, 1–95.
https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1771/Verónica_Tesis_Licenciatura_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández, D. (2018). *Efecto de la exposición ambiental a manganeso sobre la praxia motora en escolares residentes del distrito minero de Molango, Hidalgo, México.*
- Huahuasoncco, E. (2018). Identificación y valoración de impacto ambiental de la



- contaminación por aguas servidas en el río Ayaviri [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3277847>
- Huamám, C., & Palco, M. (2022). *Eficiencia en la reducción del DBO5 y DQO en PTAR en la Encañada Cajamarca 2021*.
- Huaman, O. (2016). *Indicadores de la calidad de suelos en tres sistemas de uso de la tierra, sector Shitari, Huamalies*.
- Huanca, J., Butrón, S., Supo, L., & Supo, F. (2020). Evaluación y monitoreo de la calidad ambiental del agua en el proyecto sistema de riego Canal N, provincia de Melgar – Puno, Perú [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. In *Ciencia & Desarrollo* (Vol. 0, Issue 26). <https://doi.org/10.33326/26176033.2020.26.936>
- Janampa, Y., & Quiroz, M. (2021). *Remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vinchi-Santa Ana-Huancavelica*.
- Jimenez, J. (2019). *Evaluación de la calidad del agua en el Río Muyoc , aplicando el Índice de Calidad Ambiental para agua, Cajamarca 2019*. [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23984/Jimenez Cotrina%2C Jhon Abner - Lico Portal%2C Merly Evellin.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23984/Jimenez_Cotrina%2C%20Jhon%20Abner%20-%20Lico%20Portal%2C%20Merly%20Evellin.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Madera, L., Angulo, L., Díaz, L., & Rojano, R. (2019). Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación. *Información Tecnológica*, 27(4), 103–110. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000400011>



- MINAM. (2017). *Estandares de Calidad Ambiental para agua*.
- Morejón, J. (2015). El aluminio como material productivo en el Interaprendizaje en el Colegio Fiscal Técnico “Carlos Zevallos.” *Repositorio de La Universidad Estatal de Milagro*, 1–93.
- OECD. (2021, July 20). *Recursos hídricos en Perú: el estado actual*. OECD; OECD. <https://doi.org/10.1787/f826f55f-es>
- ONU. (2018). *La protección del agua dulce muestra señales de progreso*. Marco Para La Gestión de Ecosistemas de Agua Dulce. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/la-proteccion-del-agua-dulce-muestra-senales-de-progreso>
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Agua y Saneamiento*. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/467536b0-es/index.html?itemId=/content/component/467536b0-es>
- Pérez, M. J., Hernández, E., Sánchez, R., González, C., & Madrigal, S. (2021). Dinámica de cambios de uso de suelo y vegetación por actividades antropogénicas en Zaachila, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(66). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i66.894>
- Pérez, N. (2017). *Simulación matemática de la interacción entre la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y el Oxígeno Disuelto (OD) en el río Chili con el método de los elementos finitos*.
- Pimentel, H. (2017). *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes*. <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>



- Pizarro, J. (2021). *Estudio de remoción de boro del agua destinada para la agricultura en el distrito de Ite-Tacna empleando una resina selectiva al Boro y propuesta de diseño de una columna de intercambio Iónico.*
- Quispe, J. (2013). *Propuesta metodológica para la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante lagunas de estabilización - Azángaro.* Universidad Nacional del Altiplano.
- Quispe, L. (2021). *Remoción de cobre (II) en aguas de efluentes minero - metalúrgico con comost.*
- Ramos, L., & Priscilla, P. (2015). Captación, evaluación, tratamiento y diseño de una planta de consumo de agua potable en la localidad Pampas de Pajonal Distrito de Mollebaya. In *Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustin.*
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2022). *El tratamiento de aguas residuales en el Perú.* <https://www.sunass.gob.pe/lima/el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-peru-aumento-en-11-entre-el-2016-y-el-2020/>
- Tarifeño, J., & Rondam, J. (2021). *Calidad del agua captada para riego y su impacto en el cultivo de Espárrago de la cuenca baja del río Huarmey, región Ancash.*
- Tello, M. (2015). *Evaluación del Riesgo toxicologico de plomo y cadmio en suelos del entorno del parque industrial de la ciudad de cuenca.*
[http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22973/1/TESIS TOXICOLOGÍA 12.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22973/1/TESIS%20TOXICOLOGÍA%2012.pdf)
[http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22973/1/TESIS TOXICOLOGÍA 12.pdf?fbclid=IwAR1hWuWCjjwDXgXc-E6aueHytvDg3p5MKLVJ6H5pamPCqtGqlqDCTfvu8yU](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22973/1/TESIS%20TOXICOLOGÍA%2012.pdf?fbclid=IwAR1hWuWCjjwDXgXc-E6aueHytvDg3p5MKLVJ6H5pamPCqtGqlqDCTfvu8yU)



- Teves, B. (2016). Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del Rio Cacara, región Lima. In *Repositorio Pontificia Universidad Católica del Perú*.
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6797>
- Vargas, B. (2021). Análisis espacio-temporal del Índice de la calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en puntos de control del río San Gabán-Carabaya Puno-2021. In *Repositorio Académico USMP*.
<http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/6551%0Ahttp://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/6495>
- Velástegui, G. (2019). *Parámetros fídicos y químicos para la determinación de la calidad de los suelos en la Microcuenca Jun-Jun*.
[https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30131/1/Tesis-238](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30131/1/Tesis-238%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20CD%20641.pdf) Ingeniería Agronómica -CD 641.pdf
- Venegas, C., Mercado, M., & Campos, M. (2015). *Evaluación de la Calidad Microbiológica del agua para consumo y del agua residual en una población de Bogotá*. 13(43), 24–35.
- Vicente, T. (2021). Calidad de las aguas residuales en época de estiaje e influencia en la calidad de suelo agrícola, parcela 00512, Anexo Lúcumo, Lunahuaná. In *Univerddidad Nacional del Callao*. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/5053>



ANEXOS



Anexo 1. Resultado de análisis de agua de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del Río Coata en 2 periodos



LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

ANÁLISIS DE AGUA

INFORME DE RESULTADOS N°: LQ - 00223

I. DATOS DEL SERVICIO

Motivo : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA CUENCA COATA APLICANDO EL METODO ICARHS, JULIACA 2022

Solicitante : PEDRO EDINSON ORTEGA OLVEA

II. DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua Superficial

Numero de muestras : 03

Ubicación, fecha y hora de muestreo:

Código	Dist. /Prov./ Depart.	Punto de muestreo y/o coordenada	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
Punto - 1	Juliaca/San Román/Puno	N: 385173.57 E: 8285323.03	29/01/2023	10:30 am
Punto - 2	Juliaca/San Román/Puno	N: 385179.46 E: 8285310.03	29/01/2023	11:00 am
Punto - 3	Juliaca/San Román/Puno	N: 385304.20 E: 8286587.75	29/01/2023	11:28 am

**LAQUAMEQ E.I.R.L.**
LABORATORIO Y EQUIPOS
Karen Kelly Quispe Quispe
Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
CIP. 194084
GERENTE



LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

III. DATOS DEL RESULTADO

Nº	PARAMETRO	UNIDAD	PUNTO -1	PUNTO -2	PUNTO -3
1	Potencial de Hidrogeno	-	7.61	8.36	8.15
2	Demanda química de oxígeno	mg/L	52	74	640
3	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	19.3	32.4	296
4	Oxígeno disuelto	mg/L	7.54	6.63	3.35
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	240	430	2,4 * 10 ⁴
6	Arsénico	mg/L	0.00345	0.00312	0.03867
7	Manganeso	mg/L	0.0714	0.0788	0.0891
8	Hierro	mg/L	0.10	0.10	0.43
9	Cadmio	mg/L	0.0002	0.0002	0.0003
10	Plomo	mg/L	0.0003	0.0004	0.0006
11	Boro	mg/L	0.419	0.523	0.818
12	Cobre	mg/L	0.001	0.001	0.001
13	Aluminio	mg/L	0.004	0.004	0.004

IV. METODO DE ENSAYO UTILIZADO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Método normalizados para análisis de aguas potables y residuales APHA- AWWA-WEF

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

Juliaca, 08 de febrero del 2023


LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
CIP. 194084
GERENTE



LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

ANÁLISIS DE AGUA

INFORME DE RESULTADOS N°: LQ - 00823

I. DATOS DEL SERVICIO

Motivo : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA CUENCA COATA APLICANDO EL METODO ICARHS, JULIACA 2022

Solicitante : PEDRO EDINSON ORTEGA OLVEA

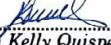
II. DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua Superficial

Numero de muestras : 03

Ubicación, fecha y hora de muestreo:

Código	Dist. /Prov./ Depart.	Punto de muestreo y/o coordenada	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
Punto – 1	Juliaca/San Román/Puno	N: 8286561.52 E: 385278.77	13/02/2023	10:47 am
Punto – 2	Juliaca/San Román/Puno	N: 8285888.80 E: 385976.02	13/02/2023	11:16 am
Punto – 3	Juliaca/San Román/Puno	N: 82.85340.09 E: 385101.40	13/02/2023	11:29 am

 **LAQUAMEQ E.I.R.L.**
LABORATORIO Y EQUIPOS

Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
CIP. 194084
GERENTE



LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

III. DATOS DEL RESULTADO

N°	PARAMETRO	UNIDAD	PUNTO -1	PUNTO -2	PUNTO -3
1	Potencial de Hidrogeno	-	7.78	7.72	7.40
2	Demanda química de oxígeno	mg/L	25	32	960
3	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2.42	5.11	27.75
4	Oxígeno disuelto	mg/L	4.31	4.31	1.29
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	210	460	4 * 10 ⁵
6	Arsénico	mg/L	0.00445	0.00399	0.04928
7	Manganeso	mg/L	0.0714	0.0788	0.0891
8	Hierro	mg/L	0.51	0.40	0.34
9	Cadmio	mg/L	0.0004	0.0004	0.0005
10	Plomo	mg/L	0.0005	0.0005	0.0007
11	Boro	mg/L	0.482	0.611	0.892
12	Cobre	mg/L	0.001	0.001	0.001
13	Aluminio	mg/L	0.004	0.004	0.004

IV. METODO DE ENSAYO UTILIZADO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Método normalizados para análisis de aguas potables y residuales APHA- AWWA-WEF

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

Juliaca, 21 de febrero del 2023

LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
CIP. 194084
GERENTE



Anexo 2. Resultado de análisis de suelo de los parámetros fisicoquímicos en el Río Coata en 2 periodos



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO N° 01004-23/SU/ LABSAF - ILLPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Pedro Edinson Ortega Olvea,
 Propietario / Productor : Pedro Edinson Ortega Olvea,
 Dirección del cliente : Urb. Aziruni II Etapa,
 Solicitado por : Pedro Edinson Ortega Olvea,
 Muestreado por : Cliente,
 Número de muestra(s) : 03 muestras,
 Producto declarado : Suelo Agrícola,
 Presentación de las muestras(s) : Frasco de plástico,
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente,
 Procedencia de muestra(s) : Chulluni / Juliaca / San Román,
 Fecha(s) de muestreo : 2023-01-29 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-01-30
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF Illpa,
 Fecha(s) de análisis : 2023-01-31
 Cotización del servicio : 004-23-ILL-
 Fecha de emisión : 2023-02-10

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU012-ILL-23	SU013-ILL-23	SU014-ILL-23	--	--	--
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	--	--	--
Fecha de Muestreo	2023-01-29	2023-01-29	2023-01-29	--	--	--
Hora de Inicio de Muestreo (h)	11:08 (*)	11:32 (*)	10:43 (*)	--	--	--
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	--	--	--
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Punto 1 Río Coata	Punto 2 Río Coata (Vila Vila)	Punto 3 Río Torococha	--	--	--
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	7,8	8,2	8,4	--
Conductividad Eléctrica	mS/m	0,1	65,7	151,5	67,3	--
Materia Orgánica (**)	%	--	1,31	0,81	1,69	--
Nitrógeno (**)	%	--	0,048	0,030	0,063	--
Fósforo (**)	%	--	15,50	6,95	19,35	--
Potasio (**)	%	--	254,13	273,68	371,43	--
Carbonatos calcio	%	--	0,88	1,01	0,48	--
Textura (**)						
Arena	%	--	18	70	12	--
Limo	%	--	24	68	8	--
Arcilla	%	--	12	70	18	--
Clase Textural	---	--	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso	--



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Dirección, Anexo Rinconada Salcedo S/N, Puno - Puno

Página 1
F-48 / V
www.inia.gob.pe

INFORME DE ENSAYO
N° 02008-23/SU/ LABSAF - ILLPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Pedro Edinson Ortega Olvea.
 Propietario / Productor : Pedro Edinson Ortega Olvea.
 Dirección del cliente : Urb. Aziruni II Etapa.
 Solicitado por : Pedro Edinson Ortega Olvea.
 Muestreado por : Cliente.
 Número de muestra(s) : 03 muestras.
 Producto declarado : Suelo Agrícola.
 Presentación de las muestras(s) : Frasco de plástico.
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente.
 Procedencia de muestra(s) : Chuñuni / Juliaca / San Román.
 Fecha(s) de muestreo : 2023-02-13 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-02-14
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarés - LABSAF Illpa.
 Fecha(s) de análisis : 2023-02-15
 Cotización del servicio : 008-23-ILL.
 Fecha de emisión : 2023-02-28



II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU025-ILL-23	SU026-ILL-23	SU027-ILL-23	--	--	--
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	--	--	--
Fecha de Muestreo	2023-02-13	2023-02-13	2023-02-13	--	--	--
Hora de Inicio de Muestreo (h)	11:38 (*)	11:29 (*)	10:17 (*)	--	--	--
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	--	--	--
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Punto 1- Río Coata	Punto 2- Río Coata (Villa Vila)	Punto 3- Río Torococha	--	--	--
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	7,6	8,8	8,3	--
Conductividad Eléctrica	mS/m	0,1	23,3	26,9	127,7	--
Materia Orgánica (**)	%	--	2,23	1,67	0,74	--
Nitrógeno (**)	%	--	0,083	0,062	0,027	--
Fósforo (**)	%	--	8,20	16,55	10,75	--
Potasio (**)	%	--	312,78	351,88	273,68	--
Carbonatos calcio	%	--	0,48	0,66	0,66	--
Textura (**)						
Arena	%	--	13	74	13	--
Limo	%	--	9	72	19	--
Arcilla	%	--	29	62	9	--
Clase Textural	--	--	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso	--

Anexo 3. Panel Fotográfico



Figura 21. Reconocimiento del Río Coata



Figura 22. Toma de muestra de agua del río Coata en el primer periodo.



Figura 23. Toma de muestra de agua del río Coata en el primer periodo



Figura 24. Toma de muestra de agua del río Coata en el segundo periodo



Figura 25. *Toma de muestra en el segundo periodo*



Figura 26. *Toma de muestra en el suelo*



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

Por el presente documento, Yo PEDRO EDINSON ORTEGA OLVEA identificado con DNI _____ en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA AGRICOLA

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

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA COATA APLICANDO EL METODO ICARAS, JULIACA 2022"

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 04 de Julio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



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

Por el presente documento, Yo PEDRO EDINSON ORTEGA OLVEA identificado con DNI _____ en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA AGRICOLA

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

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA COATA APLICANDO EL METODO ICARAS, JULIACA 2022”

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 04 de Julio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella