

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Evaluación de los índices de calidad del agua en la microcuenca del
río Chacahuayco, centro poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo
- Ayacucho 2022**

**Tesis para optar el título profesional de:
Ingeniera Química**

**Presentado por:
Bach. Yusi Rubi Arones Durand**

**Asesor:
Mg. Abrahán Fernando Trejo Espinoza**

Ayacucho - Perú

2024

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre presente en mi vida.
A mi familia por ayudarme. A mis padres por
otorgarme el tiempo necesario para seguir los
estudios en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme acogido en su recinto durante toda mi formación profesional y humanística; a la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia y a la Escuela Profesional de Ingeniería Química como una organización con verdadera vocación por la formación profesional y personal lo demuestran con sus acciones dentro y fuera del salón de clases, y el personal que compone esta escuela es un digno ejemplo de ello.

A todos los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Química, desde lo más profundo, quienes compartieron sus conocimientos, brindaron atención y seguimiento, buen trato y respaldo para crecer como persona de bien; al asesor del presente trabajo de investigación, M.Q Ing. Abrahán Fernando TREJO ESPINOZA, al personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y al personal del laboratorio de la Minera Catalina Huanca y de laboratorio de la DIRESA, por haberme brindado su apoyo técnico en la realización de los diversos ensayos.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Delimitación del problema	4
1.3. Formulación del problema	4
1.3.1. Problema general	4
1.3.2. Problemas secundarios	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Importancia y justificación.....	5
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes	7
2.1.1. Internacional.....	7
2.1.2. Nacional	8
2.1.3. Local.....	10
2.2. Bases teóricas.....	12
2.2.1. Agua.....	12
2.2.2. Agua dulce	17
2.2.3. Calidad del agua.....	17
2.2.4. Índice de calidad del agua	18
2.2.5. Marco legal.....	25
III. DISEÑO METODOLÓGICO	29
3.1. Tipo de Investigación y nivel de investigación	29
3.2. Diseño de la investigación	29
3.3. Población, muestra y muestreo	29

3.3.1.	Población	29
3.3.2.	Muestras	29
3.3.3.	Muestreo	29
3.4.	Variables e indicadores	30
3.4.1.	Variable de caracterización	30
3.4.2.	Variable de interés.....	30
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.5.1.	Técnicas.....	30
3.5.2.	Instrumentos.....	31
3.6.	Procedimientos y métodos	31
3.6.1.	Estaciones de muestreo	31
3.6.2.	Parámetros de campo	31
3.6.2.1	Tomas de muestra para parámetros de campo	31
3.6.2.2	Medición de parámetros de campo.....	32
3.6.3.	Determinaciones analíticas.....	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1.	Resultados	36
4.1.1.	Ubicación de la estación de muestreo	36
4.1.2.	Resultados analíticos	36
4.1.2.1	Resultados analíticos por fechas de muestreo	36
4.1.2.2	Resultados analíticos comparativos de los parámetros por muestreo.....	39
4.1.2.3	Resultados del análisis estadístico comparativo estaciones de muestreo..	52
4.1.3.	Resultados del ICA.....	79
4.1.3.1	Índice de calidad del agua respecto a las fechas de muestreo	79
4.1.3.2	Índice de calidad del agua respecto a las estaciones de muestreo.....	85
4.1.3.3	Correlación del ICA en relación a las estaciones de muestreo	87
4.2.	Discusión de los Resultados.....	94
4.2.1.1	Análisis estadístico comparativo estaciones de muestreo	94
	CONCLUSIONES	101
	RECOMENDACIONES	102
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
	ANEXOS	105

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.....	19
Tabla 2 Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”	20
Tabla 3 Metodología para parámetros químicos.....	35
Tabla 4 Resultados de los parámetros de la primera fecha por estaciones de muestreo	37
Tabla 5 Resultados de los parámetros de la segunda fecha por estaciones de muestreo	37
Tabla 6 Resultados de los parámetros de la tercera fecha por estaciones de muestreo	38
Tabla 7 Resultados de los parámetros de la cuarta fecha por estaciones de muestreo	38
Tabla 8 Resultados de coliformes fecales (NMP/100 mL) por estaciones de muestreo	39
Tabla 9 Resultados del pH por estaciones de muestreo.....	40
Tabla 10 Resultados del DBO ₅ (mg O ₂ /L) por estaciones de muestreo.....	42
Tabla 11 Resultados de nitratos (mg/L) por estaciones de muestreo.....	43
Tabla 12 Resultados de fosfatos (mg/L) por estaciones de muestreo.	45
Tabla 13 Resultados de cambio de temperatura (°C) por estaciones de muestreo	46
Tabla 14 Resultados de cambio de turbidez (NTU) por estaciones de muestreo. ...	48
Tabla 15 Resultados de sólidos disueltos totales (mg/L) por estaciones de muestreo	49
Tabla 16 Resultados de oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo	51
Tabla 17 Resumen de las determinaciones de parámetros de calidad del agua.	54
Tabla 18 Resumen estadístico del parámetro coliformes fecales por estaciones de muestreo	55
Tabla 19 Resumen estadístico del pH por estaciones de muestreo	59
Tabla 20 Resumen estadístico de DBO ₅ mg O ₂ /L por estaciones de muestreo.....	61
Tabla 21 Resumen estadístico de nitratos mg/L por estaciones de muestreo.....	63
Tabla 22 Resumen estadístico de fosfatos mg/L por estaciones de muestreo.	65
Tabla 23 Resumen estadístico de cambio de temperatura por estaciones de	

muestreo.	67
Tabla 24 Resumen estadístico de turbidez NTU por estaciones de muestreo.....	71
Tabla 25 Resumen estadístico de sólidos disueltos totales mg/L por estaciones de muestreo.	73
Tabla 26 Resumen estadístico de oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo.	76
Tabla 27 Resultados del cálculo del ICA para las estaciones de muestreo en la primera fecha.	80
Tabla 28 Resultados del cálculo del ICA para las estaciones de muestreo en la segunda fecha.....	81
Tabla 29 Resultados del cálculo del ICA para las estaciones de muestreo en la tercera fecha.	82
Tabla 30 Resultados del cálculo del ICA para las estaciones de muestreo en la cuarta fecha.	83
Tabla 31 Variación del Índice de Calidad del Agua (ICA) en las estaciones de muestreo.	84
Tabla 32 Variación del ICA en cada fecha de muestreo.....	85
Tabla 33 Metales pesados respecto a las estaciones de muestreo.....	88
Tabla 34 Promedio de metales pesados respecto a las estaciones de muestreo....	89
Tabla 35 Regresión lineal de la correlación del ICA en relación a las estaciones de muestreo	92

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Diagrama de la molécula del agua	12
Figura 2 Representación molecular del agua	13
Figura 3 Puentes de hidrógeno en el hielo	15
Figura 4 Valoración de la calidad de agua en función de coliformes fecales	21
Figura 5 Valoración de la calidad de agua en función del pH	21
Figura 6 Valoración de la calidad de agua en función de la DBO ₅	22
Figura 7 Valoración de la calidad de agua en función del nitrógeno	22
Figura 8 Valoración de la calidad de agua en función del fosforo.	23
Figura 9 Valoración de la calidad de agua en función de temperatura.	23
Figura 10 Valoración de la calidad de agua en función de la turbidez.	24
Figura 11 Valoración de la calidad de agua en función de Sólidos Totales	
Disueltos.	24
Figura 12 Valoración de la calidad de agua en función de % de Saturación de	
Oxígeno.....	25
Figura 13 Puntos de muestreo.	31
Figura 14 Red estaciones de muestreo.....	36
Figura 15 Coliformes fecales (NMP/100 mL) por estaciones de muestreo.	39
Figura 16 Variación de Coliformes fecales (NMP/100 mL) por estaciones de	
muestreo.	40
Figura 17 pH por estaciones de muestreo.....	41
Figura 18 Variación del pH por estaciones de muestreo.	41
Figura 19 DBO ₅ (mg O ₂ /L) por estaciones de muestreo.	42
Figura 20 Variación del DBO ₅ (mg O ₂ /L) por estaciones de muestreo.	43
Figura 21 Nitratos (mg/L) por estaciones de muestreo.....	44
Figura 22 Variación de los nitratos (mg/L) por estaciones de muestreo.....	44
Figura 23 Fosfatos (mg/L) por estaciones de muestreo.....	45
Figura 24 Variación de los fosfatos (mg/L) por estaciones de muestreo.....	46
Figura 25 Cambio de temperatura (°C) por estaciones de muestreo.	47
Figura 26 Variación de cambios de temperatura (°C) por estaciones de	
muestreo.	47
Figura 27 Turbidez (NTU) por estaciones de muestreo.	48
Figura 28 Variación de turbidez (NTU) por estaciones de muestreo.....	49

Figura 29 Sólidos disueltos totales (mg/L) por estaciones de muestreo.	50
Figura 30 Variación de sólidos disueltos totales (mg/L) por estaciones de muestreo.	50
Figura 31 Oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo.	51
Figura 32 Variación de oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo.	52
Figura 33 Variación de coliformes fecales por estaciones de muestreo respecto a A1.	56
Figura 34 Variación de log de coliformes fecales por estaciones de muestreo respecto a A1.	57
Figura 35 Variación de pH por estaciones de muestreo respecto a A1.	60
Figura 36 Variación de DBO ₅ mg O ₂ /L por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3.	62
Figura 37 Variación de nitratos mg/L por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3.	64
Figura 38 Variación de fosfatos mg/L por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3.	66
Figura 39 Variación de cambio de temperatura °C por estaciones de muestreo....	68
Figura 40 Variación de cambio de temperatura °C por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3.....	70
Figura 41 Variación de turbidez NTU por estaciones de muestreo respecto a A1 y A2.....	72
Figura 42 Variación de sólidos disueltos totales mg/L por estaciones de muestreo.	74
Figura 43 Variación de sólidos disueltos totales mg/L por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3.	75
Figura 44 Variación de oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo.	77
Figura 45 Variación de oxígeno disuelto por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3.	78
Figura 46 Índice de calidad del agua respecto a las fechas de muestreo.	84
Figura 47 Variación del índice de calidad del agua respecto a las fechas de muestreo.	85
Figura 48 Variación del ICA en cada fecha de muestreo.	86
Figura 49 Variación del ICA en cada estación de muestreo.	86

Figura 50 Correlación del ICA respecto a las estaciones de muestreo	90
Figura 51 Correlación lineal del ICA respecto a las estaciones de muestreo.....	91
Figura 52 Correlación linealizada del ICA respecto a las estaciones de muestreo .	92
Figura 53 Correlación polinómica del ICA respecto a las estaciones de muestreo .	93

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1	Panel imágenes Google Earth 103
Anexo 1.1.	Vista general de los puntos de muestreo respecto a la Minera Catalina Huanca y C.P. Raccaya 103
Anexo 1.2.	Punto de muestreo 1 104
Anexo 1.3.	Punto de muestreo 2 104
Anexo 1.4.	Punto de muestreo 3 105
Anexo 1.5.	Punto de muestreo 1, 2, 3 105
Anexo 1.6.	Punto de muestreo 1, 2, 3 respecto a la ciudad de Huamanga, Ayacucho 106
Anexo 1.7.	Punto de muestreo 1, 2, 3 respecto a Huancapi capital de provincia Víctor Fajardo 106
Anexo 2	Panel fotográfico del Río Chacahuayco, Centro Poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 107
Anexo 3	Panel fotográfico equipos de análisis in situ 109
Anexo 4	Estaciones de muestreo 112
Anexo 5	Matriz de consistencia 120
Anexo 6	Técnicas analíticas 121
Anexo 7	Metodología y equipos en el análisis de metales pesados 126

RESUMEN

En el mundo se ha hecho crítico el agua disponible para el consumo humano, es así que el 0,025 % es apta, a pesar que nuestro planeta está cubierto de casi 70 % de agua. En el Perú casi 90,8 % de la población del país accede a agua para consumo humano proveniente de red pública. Las principales fuentes de agua para consumo de nuestro país son las cuencas hidrográficas; en la sierra del Perú, especialmente en comunidades campesinas la principal fuente son los manantiales, que debido a problemas climáticos se van secando por lo que existe la necesidad de usar fuentes naturales como los ríos. La evaluación de la calidad del agua de río se ha hecho necesario para fines de potabilización, siendo el método del índice de calidad de agua (ICA) una buena alternativa para conocer la calidad del agua. La presente investigación tiene como objetivo evaluar los índices de calidad del agua en la microcuenca del río Chacahuayco, Centro Poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo – Ayacucho 2022. La investigación es básica y el nivel descriptivo, se ha utilizado un diseño no experimental longitudinal. Se encontraron los siguientes resultados: el índice de calidad del agua, para las tres estaciones de muestreo en el año 2022, a través de los nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que establece el método del ICA, refleja el deterioro de la calidad del agua desde la estación RChac1 de calidad buena (71,35); la estación RChac2 de calidad regular (67,08); hasta la estación RChac3 de calidad mala (45,33); en cuanto a los metales pesados la concentración (ppm) significativa son: arsénico, hierro, aluminio, cromo, cobre, plomo, cadmio y zinc; comparado con los valores establecidos en los estándares de calidad del agua en las tres estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3), en ningún caso supera los niveles establecidos en cada uno de las categorías (A1, A2 y A3) denominadas agua con posibilidades de potabilización.

Palabra clave: calidad de agua, índice de calidad de agua, evaluación de calidad de agua.

ABSTRACT

In the world, the water available for human consumption has become critical, so 0.025% is suitable, despite the fact that our planet is covered with almost 70% of water. In Peru, almost 90,8% of the country's population accesses water for human consumption from the public network. The main sources of water for consumption in our country are the hydrographic basins; In the mountains of Peru, especially in peasant communities, the main source is the springs, which due to climatic problems are drying up, so there is a need to use natural sources such as rivers. The objective of this research is to evaluate the water quality indices in the micro-basin of the Chacahuayco River, Centro Poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo – Ayacucho 2022. The research is basic and the descriptive level, a longitudinal non-experimental design has been used. The following results were found: the water quality index, for the three sampling stations in 2022, through the nine physicochemical and microbiological parameters established by the ICA method, reflects the deterioration of water quality since station RCac1 of good quality (71,35); the RCac2 station of regular quality (67.08); to the RChac3 station of poor quality (45,33); Regarding heavy metals, the significant concentration (ppm) are: arsenic, iron, aluminum, chromium, copper, lead, cadmium and zinc; Compared with the values established in the water quality standards at the three sampling stations (RChac1, RChac2 and RChac3), in no case does it exceed the levels established in each of the categories (A1, A2 and A3) called water with potential of purification.

Keyword: water quality, water quality index, water quality evaluation.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Según Arellano y Guzmán (2011), respecto a la abundancia del agua en el mundo, señala:

El agua es una de las sustancias más abundantes en la naturaleza ya que cubre aproximadamente tres cuartas partes de la superficie total de la Tierra. Sin embargo, a pesar de esta aparente abundancia, existen diferentes factores que limitan la cantidad de agua disponible para el consumo humano. Aproximadamente el 97 % del total de agua disponible se encuentra en los océanos y otros cuerpos de agua salina y no se puede utilizar para diversos propósitos. Del 3 % restante, casi el 2 % se encuentra distribuida en témpanos de hielo, glaciares, en la atmósfera o mezclada con el suelo, por lo que no es accesible. De tal forma que, para el desarrollo y sostenimiento de la vida humana, con sus diversas actividades industriales y agrícolas, se dispone aproximadamente de 0,62 % del agua restante, que se encuentra en lagos de agua fresca, ríos y mantos freáticos.

Según Arellano y Guzmán (2011), respecto a la contaminación del agua en el mundo, señala:

Desde que el hombre existe en la Tierra, sus actividades han dejado huella en el medio que lo rodea. Esta modificación del entorno ha traído consigo daños y alteraciones a la naturaleza desde épocas muy remotas, pero se han vuelto más severos y en algunas circunstancias hasta irreversibles en la medida en que se desarrollan los procesos industriales, se concentra la población en las ciudades, la agricultura se tecnifica y se introducen una gran

cantidad de sustancias químicas en el ambiente como consecuencia del desarrollo urbano, agrícola e industrial.

Según la Enciclopedia Medioambiental (2017), respecto a los ríos y aguas superficiales, señala:

Los ríos son aguas superficiales. Se definen como la corriente natural de agua que fluye por un lecho, desde un lugar elevado a otro más bajo. La gran mayoría de los ríos desaguan en el mar o en un lago, aunque algunos desaparecen debido a que sus aguas se filtran en el suelo o se evaporan en la atmósfera. Se constituyen como una importante fuente de suministro de agua tanto para usos agrícolas como domésticos. Pero, en los últimos años, los ríos, se han visto afectados por los efectos negativos de la contaminación. La sociedad del mañana no sólo debe hacer frente al desafío de reducir los aportes actuales de contaminantes, sino que también tendrá que restaurar la ecología natural de estos ríos. Tendrá que limpiar los suelos y sedimentos de las sustancias químicas que los contaminan para hacer seguro el consumo de agua.

Según la Arellano y Guzmán (2011), respecto a la calidad de agua de los ríos, señala:

Entre los años 1991 y 1992 se realizaron diversos estudios en algunos Estados de la Unión Americana sobre la situación que guardan diversos cuerpos de agua como ríos, lagos y lagunas con relación a la contaminación. En dichos estudios se encontró que el 40 % de las aguas estudiadas no reunían la calidad necesaria para actividades tales como la pesca o la práctica de natación. De hecho, más del 10 % de las fuentes de abastecimiento de agua en esa nación se encontraron seriamente contaminadas.

Según la Gómez y Velosa (2011), respecto a la valoración de agua de los ríos, señala:

El proceso de la valoración de calidad de agua, corresponde a una evaluación de la naturaleza química, física y biológica del agua, en relación con su calidad natural, efectos humanos y uso pretendido, incluidos: consumo,

recreación, irrigación y pesca; y particularmente, usos que puedan afectar a la salud de los ecosistemas acuáticos.

Según la Gómez y Velosa (2011), respecto a los índices de calidad de agua de los ríos, señala:

Con el objeto de interpretar los datos de su monitoreo, se han generado tanto los índices de Calidad de Agua (ICA), como los Índices de Contaminación (ICO), los cuales reducen una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación entre técnicos, administradores ambientales y el público en general. La principal diferencia entre unos y otros está en la forma en como ellos evalúan los procesos de contaminación y el número de variables tenidas en cuenta en la formulación respectiva para cada índice. (Gómez & Velosa, 2009)

Según la Ramírez y otros (1999), respecto a los índices de calidad de las aguas, señala:

Los índices de calidad de las aguas (ICA) frecuentemente expuestos en la literatura, fueron formulados con el propósito de simplificar en un único valor, en la escala 0 - 1, la condición general de una muestra de agua, gracias a conjugar en ellos numerosas variables físicas y químicas de diferente índole. No obstante, el desarrollo de índices de contaminación (ICO) ha demostrado enormes ventajas sobre los ICA, pues estos últimos involucran, en un solo parámetro, numerosas variables, hecho que conlleva a diversos problemas conceptuales y de interpretación.

En nuestro país, no solo las principales ciudades y zonas productivas presentan problemas de falta de agua apta para el consumo humano. En el Centro Poblado de Raccaya, Distrito de Canaria, provincia de Víctor Fajardo, ubicada en la región de Ayacucho, cuenta con un aproximado de 300 habitantes y presenta con preocupación el incremento notable de deficiencia de agua para consumo humano más aún por registrarse un incremento de la población y su consecuente actividad antropogénica.

La comunidad de Raccaya, antes de estos 10 últimos años tenía una población muy pequeña con un aproximado de 80 pobladores, y con foráneos de unas 30 personas más aproximadamente (quienes venían temporalmente por motivo de trabajos en la

Mina Catalina Huanca), para lo cual el agua potable era suficiente en su consumo diario. Pero para estos últimos años la población ha ido aumentando llegando a un aproximadamente de 300 pobladores sin contar con las personas foráneas que viven ahí por motivos del trabajo. Esto se debe a que habiendo oportunidad de trabajo en la Minera Catalina Huanca, muchos comuneros que se fueron a distintas partes del Perú, están regresando más aun por el tema del pandemia covid-19; de manera que de este modo se ve una población de mayor cantidad y el consumo de agua potable ha ido aumentando, de esta manera disminuyendo su capacidad de abastecimiento; por lo que se requiere de investigaciones tendiente a afrontar este problema, para ello se plantea el presente proyecto de investigación que permita conocer el índice de calidad del agua de la microcuenca del río Chacahuayco, para que se pueda conocer las posibilidades de utilizarlo como fuente de abastecimiento de agua para el Centro Poblado de Raccaya.

1.2. Delimitación del problema

Espacial: Centro Poblado Raccaya, distrito de Canaria, provincia de Víctor Fajardo - Ayacucho.

Temporal: se realizó el estudio en 7 meses, los periodos de muestreo han sido cada dos meses, es decir cuatro tomas de muestra realizados.

Delimitación del contenido: se utilizó el índice de calidad de agua propuesto por Brown, que es una versión modificada del índice estándar "WQI" (Water Quality Index) que fue desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en español se conoce como: Índice de Calidad del Agua (ICA).

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el índice de calidad del agua del río Chacahuayco, Centro Poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo – Ayacucho 2022?

1.3.2. Problemas secundarios

- a) ¿Cuáles son los valores de los parámetros que determinan el Índice de Calidad del agua del río Chacahuayco, Centro Poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022?
- b) ¿Cuál es la escala del índice de calidad (ICA) del agua del río Chacahuayco,

Centro Poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022?

- c) ¿Qué metales pesados tienen concentración que superan a lo establecido en los estándares de calidad del agua?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el índice de calidad del agua del río Chacahuayco, Centro Poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo – Ayacucho 2022.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar los valores de los parámetros que determinan el Índice de Calidad del agua del río Chacahuayco, Centro Poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022.
- b) Determinar la escala del índice de calidad (ICA) del agua del río Chacahuayco, Centro Poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022.
- c) Determinar los metales pesados que tienen concentración significativa y comparar con los valores establecidos en los estándares de calidad del agua.

1.5. Importancia y justificación

Importancia

El presente trabajo de investigación de tesis, es importante porque permitió desarrollar la evaluación de calidad de agua del río Chacahuayco, Centro Poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo – Ayacucho 2022, para proponer el uso de esta fuente de abastecimiento que luego con un buen tratamiento se distribuya en el Centro Poblado de Raccaya y esta manera pueda tenerse una alternativa de solución a la falta de agua debido al crecimiento poblacional y las actividad antropogénicas, de esta forma los resultados de este estudio contribuye en promover estilos de vida muy saludables y generar las capacidades en los centros poblados, pobladores y en institucionales locales en monitoreo sanitario, también permite adoptar conciencia del uso y mantenimiento regular de las fuentes de agua.

Justificación

Desde el punto de vista tecnológico se justifica la investigación, porque permitirá conocer la calidad del agua, aplicando la técnica de los índices de calidad (ICA), para

ello se determinará los valores de concentración en el agua de los parámetros como: coliformes fecales, pH, DBO₅, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto.

Con el desarrollo y los resultados obtenidos de la presente investigación se aporta en el aseguramiento y mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores que consumen agua insuficiente; evitar, prevenir enfermedades debido al uso de fuentes de agua con problemas de calidad y asegurar la utilización de agua de calidad, adicionalmente generará cambio de actitudes en la población, así como conciencia en educación ambiental en el cuidado y preservación del agua.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

- Tesis: "Índice de Calidad del agua en la Cuenca del Río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción", desarrollado por Álvarez et al. (2006).

Se desarrolló el "índice de calidad del agua como método estandarizado para comparar la categoría de manera integral, entre localidades y a través del tiempo, de los distintos almacenamientos de agua, ríos y arroyos de la cuenca del Amajac". Además, se puede "predecir el grado de contaminación y establecer estrategias de planeación en el manejo de los recursos hídricos para la cuenca en cuestión. La metodología utilizada se basó en la expresión cuantitativa de calidad del agua. Se hicieron tres muestreos (2005- 2006) y se determinó: Oxígeno disuelto, Coliformes Fecales, pH, Demanda bioquímica de oxígeno, Nitratos, Fósforo total, Turbidez y Sólidos Totales Disueltos". Para predecir "la calidad integral del agua (ICA), se hizo un análisis de regresión múltiple entre el ICA y los ocho parámetros analizados. Posteriormente, para cada variable, se identificaron los patrones de comportamiento y se consignaron los modelos matemáticos". Los resultados obtenidos "indican que la calidad del agua para uso urbano, agua de bebida, piscícola, y agrícola fue de Calidad Media (ICA = 50-69), en el 29 % de los sitios muestreados dentro de la cuenca hidrológica del Río Amajac. Al mismo tiempo, el 59 % de las localidades fue de Mala Calidad (ICA = 30-49). Por último, el 12 % de los sitios se encontró altamente contaminado (ICA < 30). El mejor ajuste de los parámetros analizados se obtuvo con los modelos cuadráticos y cúbicos".

- Tesis: "Evaluación Espacial y Temporal del Índice de Calidad del Agua del Río Cazonos en Coatzintla", desarrollado por Chávez (2015).

Según Chávez (2015) en la investigación publicada indican respecto a la evaluación espacial y temporal del ICA:

Sin duda, uno de los principales problemas en Veracruz es la calidad del agua. El río Cazonos es una de las principales cuencas hidrológicas de Veracruz, los municipios de Poza Rica, Tihuatlán, Coatzintla, y Cazonos aprovechan el agua de río como agua potable, abasteciendo a más de 300 000 personas, es por eso que es de vital importancia conocer el estado de este recurso hídrico". El propósito de este trabajo "fue evaluar espacial y temporalmente el índice de calidad del agua del río con la finalidad de que la información generada sea útil en la aplicación de las estrategias para la toma de decisiones respecto al manejo del recurso y la recuperación del río Cazonos. Para la evaluación se utilizó el índice de Brown -NFS, el cual contempla nueve parámetros que son: temperatura, pH, nitratos, oxígeno disuelto, fosfatos, coliformes fecales, turbiedad, sólidos disueltos totales y demanda bioquímica de oxígeno". Se monitoreo "la calidad del agua del río cazonos en tres estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Coatzintla, en un periodo anual comprendido de abril 2013 a marzo 2014, en dicho periodo el río presento un índice promedio de 63,94; con lo cual se determinó que tiene una calidad media de acuerdo con los establecido con el índice de calidad de Brown - NSF; asimismo, se mostraron diferencias significativas del índice de calidad tanto entre las estaciones monitoreadas como entre las épocas climáticas, siendo los sólidos disueltos totales, la turbiedad y los coliformes fecales, los parámetros de mayor influencia sobre la calidad del agua.

2.1.2. Nacional

- Tesis: Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del Río Cacara, Región Lima. Desarrollado por Teves (2016).

Según Teves (2016) en la investigación publicada indican respecto al estudio fisicoquímico de la calidad del agua:

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un estudio fisicoquímico del agua del río Caca, que pertenece a la cuenca hidrográfica del río Cañete ubicada en la provincia de Yauyos en la Región Lima - Perú, para determinar la calidad del recurso que es destinado al riego de cultivos agrícolas y bebida de animales en una zona calificada de extrema pobreza. El monitoreo se efectuó en sendas campañas en mayo y julio del 2015, en época de lluvias y estiaje respectivamente, definiéndose 6 estaciones de muestreo. En cada estación se hizo mediciones in situ y se tomó muestras para el análisis en el laboratorio. Los parámetros que se determinaron en campo fueron temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH; los parámetros analizados en el laboratorio fueron demanda química de oxígeno, sólidos totales, sedimentables, suspendidos y disueltos, cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, carbonatos, sodio, calcio, aluminio, cadmio, cobre, hierro, magnesio, plomo y cinc. Para los análisis de laboratorio se hizo uso de técnicas volumétricas, gravimétricas e instrumentales como las espectroscopías UV, Visible y de absorción atómica (AAS). En base a los resultados obtenidos se determinó que los parámetros estudiados en el río Caca no sobrepasan los niveles establecidos en el estándar nacional de calidad ambiental para agua destinada a riego de vegetales y bebida para animales. El río Paluche, uno de los contribuyentes del río Caca, no cumple con los valores establecidos por el ECA para fosfatos (1,052 mg/L), Fe (1,005 mg/L) y pH (6,03). Del análisis realizado se concluye que el río Lincha tiene influencia en la calidad del agua del río Caca.

- Tesis: "Determinación del Índice de Calidad del Agua del Río Moquegua por Influencia del Vertimiento de la planta de Tratamiento de Aguas Residuales Omo, Durante el Periodo 2014-2015", desarrollado por Pérez (2017).

Esta tesis tiene como objetivo principal: "Determinar el índice de calidad de agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Omo, durante el periodo 2014-2015". Dicho índice pretende clasificar en una escala de 0 a 100 la calidad representativa del agua, calificada como: "Excelente, buena, media, mala y muy mala". Para la evaluación se utilizó lo siguiente: "Indicador ICA NFS", el cual contempla

nueve parámetros que son: "Temperatura, pH, nitratos, oxígeno disuelto, fosfatos, coliformes fecales, turbiedad, sólidos disueltos totales y demanda bioquímica de oxígeno".

La metodología fue la siguiente: "Para conocer las variaciones espaciales y temporales de la calidad del agua se analizó la información de los años 2014 y 2015 obtenidas de la administración local del agua Moquegua", entidad "prestadora de servicio, gerencia regional de salud y proyecto especial regional Pasto Grande, con dichos resultados se calculó el índice de calidad de Brown-NSF en el río Moquegua antes del vertimiento presenta un ICA-NSF de 51,44 que representa calidad media y en el tramo después del vertimiento tiene un ICA-NSF de 44,18 que representa calidad mala. Los monitoreos realizados en los años 2014 y 2015 antes y después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, superan los estándares de calidad ambiental con la categoría 3, en los parámetros de pH, fosfatos, DBO₅, OD y coliformes termotolerantes, mientras que los demás parámetros evaluados se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua".

2.1.3. Local

- Tesis: Investigación: Características físico-químicas y determinación de la calidad del agua del río Yucaes, Ayacucho - 2013. Desarrollado por Alcarraz et al. (2013).

Según Alcarraz et al. (2013), respecto a la contaminación del agua en el mundo, señala:

Para determinar las características fisicoquímicas y el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río Yucaes se establecieron 4 estaciones de muestreo en el tramo de la comunidad de Muyurina, teniendo en cuenta la contaminación por las actividades antropogénicas y la confluencia con el río Muyurina aparentemente más contaminado. Los meses de muestreo fueron mayo, agosto, octubre y diciembre del año 2013, que comprenden temporadas de sequía y lluvia. Los parámetros de pH, temperatura, conductividad y turbidez se midieron con equipos portátiles en los lugares de muestreo. La alcalinidad, acidez, cloruros y dureza se determinaron mediante análisis químico por

volumetría. Los sólidos totales y sólidos suspendidos por método gravimétrico. Nitratos, nitritos, fosfatos, Demanda Química de Oxígeno (DQO) por espectrofotometría UV-Visible y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) por el método Winkler. Con 8 parámetros de estos se calculó el Índice de Calidad del Agua (ICA) para cada estación y meses de muestreo. Las características fisicoquímicas determinadas de las aguas del río Yucaes están dentro de los estándares de calidad de aguas para riegos de vegetales y bebida de animales, según las normas legales publicadas en el diario "El Peruano" de julio 2008. Asimismo, el Índice de Calidad del Agua (ICA) para el río Yucaes resultó de buena calidad antes de la confluencia, por estos resultados consideramos que la investigación realizada es un aporte importante para las autoridades y usuarios (agricultores, consumidores y público en general que acude al valle de Muyurina.

- "Evaluación de la Calidad del Agua del Río Huatatas, Aplicando el Ica, Región Ayacucho", desarrollado por Aronés (2018).

Según Aronés (2018), respecto a la evaluación de la calidad del agua aplicando ICA, señala:

El río Huatatas recorre parte de la provincia de Huamanga y en ella se observa que se tiene presencia de actividades antropogénicas, que utilizan el agua del río para agricultura, ganadería, recreación y consumo. Las actividades humanas a lo largo del río Huatatas vienen contaminando sus aguas. El objetivo de la investigación es determinar el valor del Índice de Calidad del Agua (ICA) del río Huatatas de la región Ayacucho en el año 2017, para ello se ha evaluado los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para calcular el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río Huatatas. Se determinaron 04 estaciones de muestreo a lo largo del río, el primero se situó en la parte alta del río y el último en la parte baja antes de la unión con el río Alameda, cuya altitud del área de estudio varía de 2 724 a 2 552 m.s.n.m., en un tramo de aproximadamente 5,40 km, ubicando los lugares de muestreos con el equipo GPS. El tipo de investigación es básica, el nivel de investigación es descriptiva, el diseño de investigación es no experimental. Las muestras se obtuvieron durante el año 2017 de cada una de las de las estaciones de muestreo, en cuatro oportunidades, que comprenden temporadas de estiaje

y lluvia. Los parámetros determinados en el campo son la temperatura del agua, pH, conductividad, oxígeno disuelto (%), salinidad, sólidos disueltos totales, presión se midieron con el equipo multiparámetro HI 9828; la turbidez con el turbidímetro y la temperatura ambiental con un termómetro. Los parámetros de fosfatos, nitratos, DBO, y coliformes fecales se efectuaron en los laboratorios de la UNSCH. La calidad del agua de la microcuenca del río Huatatas de la región Ayacucho aplicando el método del Índice de Calidad del Agua (ICA) durante el año 2017 se clasifica como buena en la parte alta (RHuat-01) en época de estiaje y de lluvias. En las otras estaciones varía de regular a buena, mostrando un ligero deterioro a medida que avanza su recorrido hasta la estación RHuat-03.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agua

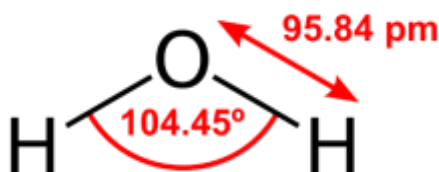
Molécula de agua

Según Chang y Goldsby (2017), respecto a la molécula del agua, señala:

El agua (H_2O) es un compuesto químico inorgánico formado por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O). Esta molécula es esencial en la vida de los seres vivos, al servir de medio para el metabolismo de las biomoléculas y se encuentra en la naturaleza en sus tres estados y fue clave para su formación. Hay que distinguir entre el agua potable y el agua pura, pues la primera es una mezcla que también contiene sales en solución; es por esto que en laboratorio y en otros ámbitos se usa agua destilada. Proveniente del latín agua, es el término que se usa para referirse al estado líquido del H_2O , y es el más útil.

Figura 1

Diagrama de la molécula del agua



Nota. Fuente: (Chang & Goldsby, 2017)

Figura 2

Representación molecular del agua



Nota. Fuente: (Chang & Goldsby, 2017)

Propiedades del agua

Según Chang y Goldsby (2017), respecto a las propiedades del agua, señala:

El agua es inodora, incolora, e insípida, es decir, no tiene un olor propio, no tiene color ni sabor. Su importancia reside en que casi la totalidad de los procesos químicos que suceden en la naturaleza, no solo en organismos vivos sino también en la superficie no organizada de la tierra, así como los que se llevan a cabo en laboratorios y en la industria, tienen lugar entre sustancias disueltas en agua.

Según Manahan (2007), respecto a las propiedades importantes del agua, señala:

El agua tiene varias propiedades importantes que son cruciales en su papel como disolvente, como medio de vida, en el comportamiento ambiental y en usos industriales, basadas en las siguientes características de su molécula:

- La asimetría de la molécula.
- Su naturaleza polar.
- La capacidad de formar enlaces o puentes de hidrógeno.

Según Manahan (2007), respecto al poder disolvente del agua, señala:

El agua es un disolvente excelente para varias sustancias, incluyendo las sales, ácidos, bases y sustancias que tienen átomos de H, O y N capaces de formar enlaces de hidrógeno. En consecuencia, es el disolvente en los fluidos biológicos como la sangre y la orina; actúa desgastando a los minerales y transportándolos disueltos por la geosfera; transporta los nutrientes a las

raíces de las plantas en el suelo y tiene muchos usos industriales. El agua tiene una tensión superficial muy alta y en forma líquida, como la de las gotas de lluvia, actúa como si estuviera cubierta por una membrana delgada. Por su transparencia a la luz visible y a la fracción de la radiación ultravioleta de mayor longitud de onda, permite que ocurra la fotosíntesis en las algas suspendidas bajo la superficie del agua.

Según Badhui (2006), respecto a la formación de estructuras del agua, señala:

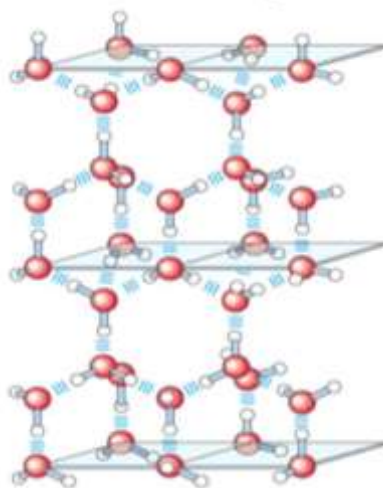
Debido a la formación de estructuras tridimensionales mediante puentes de hidrógeno, el agua muestra propiedades muy particulares que resaltan aún más al compararlas con hidruros del mismo grupo de la tabla periódica a la que pertenece el oxígeno. Por ejemplo, H_2O , H_2S , H_2Se y H_2Te , tienen puntos de ebullición de 100, - 61, - 42 y - 2 ($^{\circ}\text{C}$), respectivamente; el agua, con el menor peso molecular, presenta valores de puntos de fusión y de ebullición que no corresponden a la serie, y que son muy superiores a los del resto del grupo. Si se aplicará una relación matemática de acuerdo con los pesos moleculares, para el caso del agua, tendría que fundir a -150°C y hervir a -80°C , por lo que en las condiciones ambientales normales sería un gas. No lo es, precisamente por una fuerte cohesión interna debida a los puentes de hidrógeno; de los cuatro hidruros, el del oxígeno es el único que se encuentra en estado líquido a la temperatura en que se desarrolla la vida en nuestro planeta.

Según Smith y Smith (2007), respecto a la disposición en red de la molécula del agua, señala:

La naturaleza de la disposición en red de las moléculas aporta al agua una relación especial entre la densidad y la temperatura. La mayoría de los líquidos se vuelven más densos cuando se enfrían. Si se enfrían hasta la temperatura de congelación, se vuelven sólidos, y la fase sólida es más densa que la líquida. Esto no es aplicable al agua. El agua pura se vuelve más densa a medida que se enfría hasta que llega a los 4°C . Un enfriamiento a menos temperatura hará que la densidad sea menor. Cuando se alcanza la temperatura de 0°C , se llega a la congelación y la estructura de red se

completa; cada átomo de oxígeno se enlaza con otros cuatro átomos de oxígeno mediante átomos de hidrógeno. El resultado es una red con grandes espacios abiertos y, por lo tanto, de menor densidad. Las moléculas de agua con esta estructura ocupan más espacio que el que ocuparían en su estado líquido. Debido a su menor densidad, el hielo es más liviano que el agua y flota sobre ella. Esta propiedad es muy importante para la vida en los medios acuáticos. La presencia de hielo en la superficie de los cuerpos de agua sirve para aislar las aguas que se encuentran debajo y para ayudar a evitar que cuerpos mayores de agua se congelen durante los meses de invierno.

Figura 3
Puentes de hidrógeno en el hielo



Nota. Fuente: (Gonzalez, 2018).

Según Manahan (2007), respecto a las propiedades físicas importantes del agua, señala:

Posiblemente, la propiedad física más importante del agua es su comportamiento con el calor. El agua líquida tiene una capacidad calorífica de $4,184 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$, lo que significa que se requieren 4,184 joule de energía calorífica para elevar la temperatura de 1 gramo de agua líquida en 1°C . Esta elevada capacidad calorífica estabiliza las temperaturas de las regiones cercanas a los reservorios de agua. La elevada capacidad calorífica del agua se debe al hecho de que las moléculas de agua están fuertemente ligadas por enlaces o puentes de hidrógeno. Se requiere mucha energía calorífica para romper estos enlaces y permitir a las moléculas de agua moverse más rápidamente a temperaturas más altas.

Según Manahan (2007), respecto al calor de fusión del agua, señala:

El agua tiene un calor de fusión muy alto, de 334 J/g. Esto significa que se requiere una cantidad muy grande de calor para separar las moléculas de agua, mantenidas en posiciones fijas por los enlaces de hidrógeno en el hielo, para convertir el agua a estado líquido. Cuando el hielo se funde, mientras estén presentes tanto el hielo sólido como el agua líquida, la temperatura permanece constante a la temperatura de fusión, 0 °C. El calor adicionado al sistema se emplea en romper y separar las moléculas en el hielo (agua sólida), en lugar de elevar la temperatura.

Según Manahan (2007), respecto al calor de vaporización del agua, señala:

El calor de vaporización del agua es de 2259 J/g. Esto significa que se requieren 2259 joule de energía calorífica para vaporizar un gramo de agua líquida. Éste es el calor más alto de vaporización de cualquier líquido común. Tiene una influencia enorme en los reservorios de agua, y en la meteorología. Absorbiendo tanto calor en el cambio de líquido a vapor, el agua estabiliza las temperaturas atmosféricas. Sin embargo, el calor latente contenido en el vapor de agua se libera cuando el vapor se condensa, que es lo que sucede durante la lluvia. Esta descarga de calor calienta masas de aire haciéndolas elevarse y es la fuerza impulsora tras las tormentas y los huracanes. El calor latente en forma de vapor de agua que se evapora de los océanos cerca del Ecuador es conducido lejos de éste incorporado en masas de aire y liberado cuando el vapor de agua se condensa para formar la lluvia.

Parámetros físicos, químicos y biológicos

Según Sierra (2011), respecto a los parámetros de calidad del agua, señala:

Para saber qué tan pura o qué tan contaminada está el agua es necesario medir ciertos parámetros. Los parámetros de calidad del agua están clasificados en físicos, químicos y microbiológicos. Se tiene muchos parámetros, muchas formas y varios métodos para medir dichos parámetros. Para obviar estos problemas, las agencias internacionales encargadas de vigilar y estudiar la calidad del agua han estandarizado (unificado) los criterios y los métodos para realizar los análisis del agua en el laboratorio. La

publicación que recopila la metodología de laboratorio se titula: Standard Methods for Water and Wastewater Examination.

Se clasifican como parámetros físicos aquellas sustancias que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua, como son: Turbiedad, color, visibilidad, olor y sabor, temperatura, sólidos. Los parámetros químicos del agua se dividen en dos clases: i) Indicadores (pH, conductividad, acidez, alcalinidad, dureza); ii) Sustancias químicas. Respecto a las características biológicas se refieren principalmente a los microorganismos más importantes que se encuentran en el agua y pueden producir enfermedades como son las bacterias, los virus, las algas, los hongos y algunos protozoos. (Sierra, 2011)

2.2.2. Agua dulce

Según Tomaylla (2017), respecto al agua dulce, señala:

Es agua que se encuentra naturalmente en la superficie de la Tierra en capas de hielo, campos de hielo, glaciares, icebergs, pantanos, lagunas, lagos, ríos y arroyos, y bajo la superficie como agua subterránea en acuíferos y corrientes de agua subterránea. El agua dulce se caracteriza generalmente por tener una baja concentración de sales disueltas y un bajo total de sólidos disueltos. El término excluye específicamente agua de mar y agua salobre, aunque sí incluye las aguas ricas en minerales, tales como las fuentes de agua ferruginosa. El término «agua dulce» se originó de la descripción del agua en contraste con agua salada.

2.2.3. Calidad del agua

Según Sierra (2011), respecto a la calidad del agua, señala:

Se tiene una serie de factores que determinan la calidad del agua y gran cantidad de variables utilizadas para describir el estado de los cuerpos de agua en términos cuantitativos, es difícil dar una definición simple de "calidad del agua". La calidad de un ambiente acuático se puede definir como: i) Una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, y ii) la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. La calidad presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua. La

descripción de la calidad del agua puede realizarse básicamente de dos formas: i) Midiendo variables físicas (turbiedad, sólidos totales, etc.), químicas (pH, acidez, etc.) o biológicas (bioensayos), y ii) utilizando un índice de calidad del agua. Ambas formas son aceptadas y las mediciones que se requieren se realizan, ya sea en el campo o en el laboratorio, y producen varios tipos de datos que luego es necesario interpretar.

2.2.4. Índice de calidad del agua

Según Bonilla y otros (2010), respecto al Índice de Calidad del Agua, señala:

El Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100 %. El índice de calidad de agua por Brown en una versión modificada del "WQI", que fue desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que, en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: Índice de Calidad del Agua (ICA). Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

Para la determinación del "ICA" intervienen 9 parámetros. Según Bonilla, y otros (2010) los cuales son:

- Coliformes fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidad de pH)
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5 en ppm)
- Nitratos (NO_3^- en ppm)
- Fosfatos (PO_4^{3-} en ppm)

- Cambio de la temperatura (en °C)
- Turbidez (en UNT)
- Sólidos disueltos totales (en ppm)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

Según Bonilla y otros (2010), respecto a las condiciones óptimas del Índice de Calidad del Agua, señala:

El "ICA" adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación del curso de agua en estudio. Posteriormente al cálculo del índice de calidad de agua de tipo "General" se clasifica la calidad del agua con base a la tabla 1 que se muestra a continuación. Las aguas con "ICA" mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella.

Tabla 1

Clasificación del "ICA" propuesto por Brown

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Nota. Fuente: (Bonilla, y otros, 2010).

Según Bonilla y otros (2010), respecto a las categorías del Índice de Calidad del Agua, señala:

Las aguas con un "ICA" de categoría "Regular" tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas. Las aguas con un "ICA" de categoría "Mala" pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación. Las aguas con un "ICA" que caen en categoría "Pésima" pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas de vida acuática, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación y otras actividades. Para determinar el valor del "ICA" en un punto deseado es

necesario que se tengan las mediciones de los 9 parámetros implicados en el cálculo del Índice. (Bonilla, y otros, 2010)

Según Bonilla, y otros, (2010), respecto a la determinación Índice De Calidad del Agua, señala que:

La evaluación numérica del “ICA” con técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos se debe a Brown. Para calcular el índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAs) o una función ponderada multiplicativa (ICAm). Matemáticamente se expresa del siguiente modo:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

Donde:

ICA_a : Índice de Calidad de Agua.

w_i : Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), ponderados de 0 a 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Sub_i : Subíndice del parámetro i.

Los pesos de los diversos parámetros son:

Tabla 2

Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”

i	Sub_i	w_i
1	Coliformes Fecales	0,15
2	pH	0,12
3	DBO ₅	0,10
4	Nitratos	0,10
5	Fosfatos	0,10
6	Temperatura	0,10
7	Turbidez	0,08
8	Sólidos Disueltos Totales	0,08
9	Oxígeno Disuelto	0,17

Fuente: (Bonilla, y otros, 2010)

Los pasos a seguir para calcular los (Sub_i) del ICA. Según Bonilla y otros (2010) son:

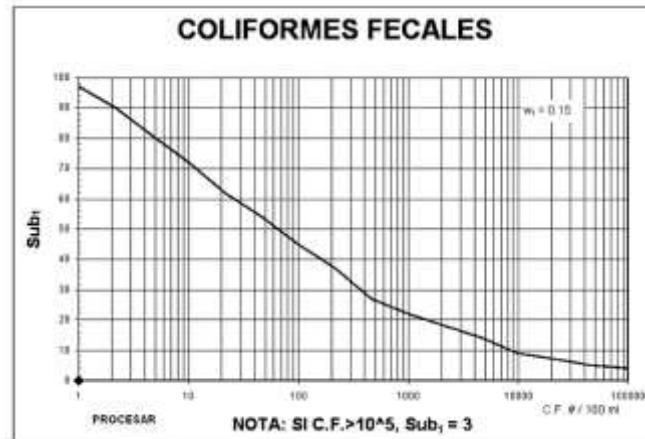
➤ **Coliformes fecales**

Según Bonilla y otros (2010), respecto al subíndice Coliformes fecales, señala que:

Si los coliformes fecales son mayores de 100 000 Bact 100 mL el (Sub_1) es igual a 3 y si es menor de 100000 Bact/100 mL, buscar el valor en el eje (X) en la figura 4 se procede a interpolar al valor en el eje de (Y).

Figura 4

Valoración de la calidad de agua en función de coliformes fecales



Nota. Fuente: (Bonilla, y otros, 2010).

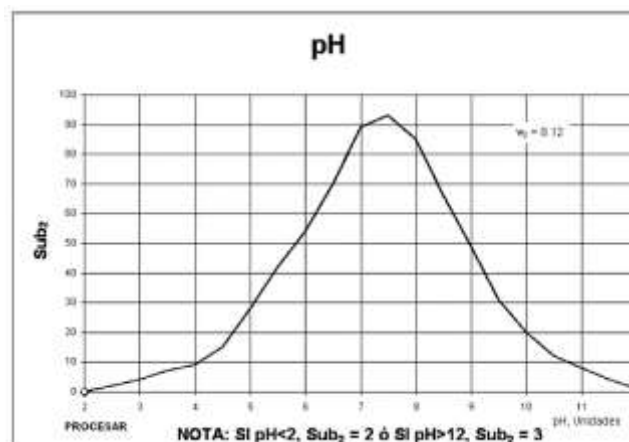
➤ pH

Según Bonilla y otros (2010), respecto al subíndice pH, señala que:

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub_2) es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub_2) es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 buscar el valor en el eje (X) en la figura 5, se procede a interpolar al valor en el eje (Y). El valor encontrado es el (Sub_2) de pH y se procede a elevarlo al peso W_2 .

Figura 5

Valoración de la calidad de agua en función del pH



Nota. Fuente: (Bonilla, y otros, 2010).

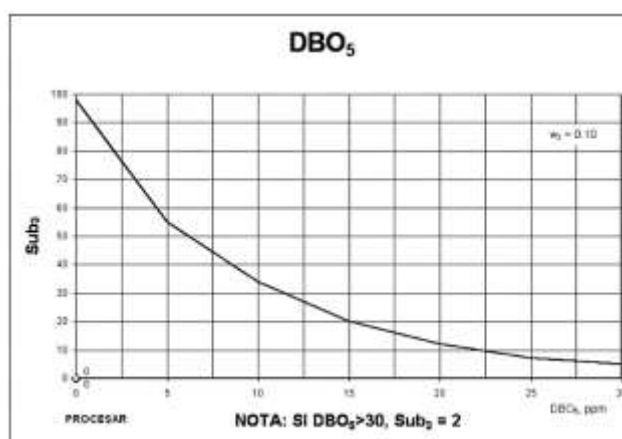
➤ Demanda Bioquímica de Oxígeno

Según Bonilla y otros (2010), respecto a la demanda bioquímica de oxígeno, señala que:

Si la DBO_5 es mayor de 30 mg/L, el (Sub_3) es igual a 2 y si es menor de 30 mg/L buscar el valor en el eje (X) en la figura 6.

Figura 6

Valoración de la calidad de agua en función de la DBO_5



Nota. Fuente: (Bonilla, y otros, 2010).

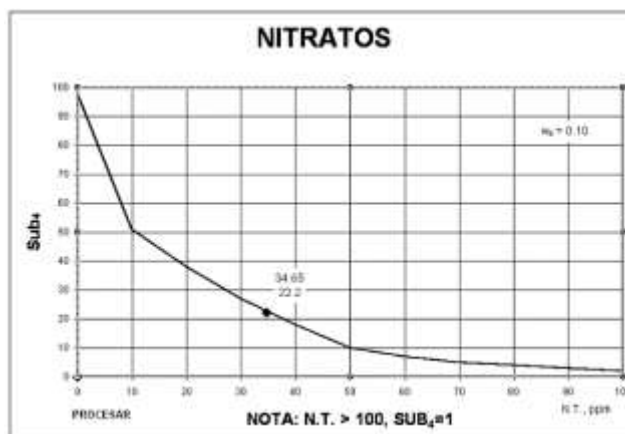
➤ Nitratos

Según Bonilla y otros (2010), respecto al subíndice nitratos, señala que:

Si el valor de los nitratos es mayor de 100 mg/L el (Sub_4) es igual a 2 y si es menor de 100 mg/L buscar el valor en el eje (X) en la figura 7.

Figura 7

Valoración de la calidad de agua en función del nitrógeno



Nota. Fuente: (Bonilla, y otros, 2010).

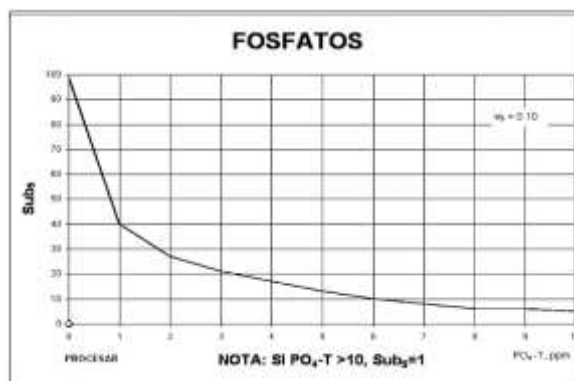
➤ Fosfatos

Según Bonilla y otros (2010), respecto al subíndice fosfatos, señala que:

Si el valor de los fosfatos es mayor de 10 mg/L el (Sub_5) es igual a 5. Si el fosfato es menor de 10 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la figura 8. El valor encontrado es el (Sub_5) y se procede a elevarlo al peso W_5 .

Figura 8

Valoración de la calidad de agua en función del fosforo.



Nota. Fuente: (Bonilla, y otros, 2010).

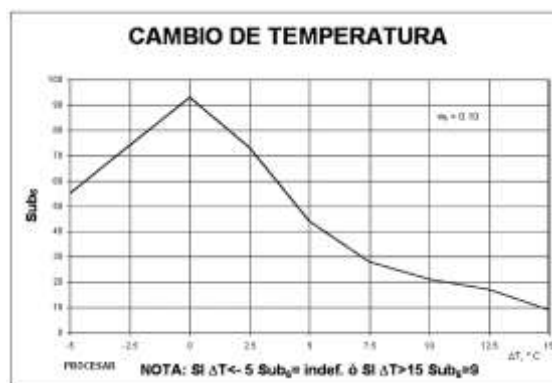
➤ Cambio de temperatura

Según Bonilla y otros (2010), respecto al subíndice cambio de temperatura, señala que:

Para el parámetro de temperatura (Sub_6) se calcula la diferencia entre la T ambiente y la T muestra y con el valor obtenido proceder. Si el valor es mayor de 15 °C el (Sub_6) es igual a 9 y si es menor de 15 °C, buscar el valor en el eje de (X) en la figura 2.9. El valor encontrado es (Sub_6) de temperatura y se procede a elevarlo al peso W_6 .

Figura 9

Valoración de la calidad de agua en función de temperatura.



Nota. Fuente: (Bonilla, y otros, 2010).

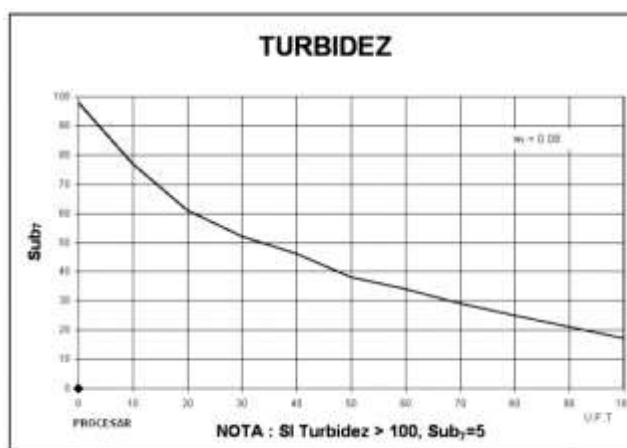
➤ Turbidez

Según Bonilla y otros (2010), respecto al subíndice turbidez, señala que:

Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el (Sub_7) es igual a 5 y si la es menor de 100 FAU, buscar el valor en el eje de (X).

Figura 10

Valoración de la calidad de agua en función de la turbidez.



Nota. Fuente: (Bonilla, y otros, 2010).

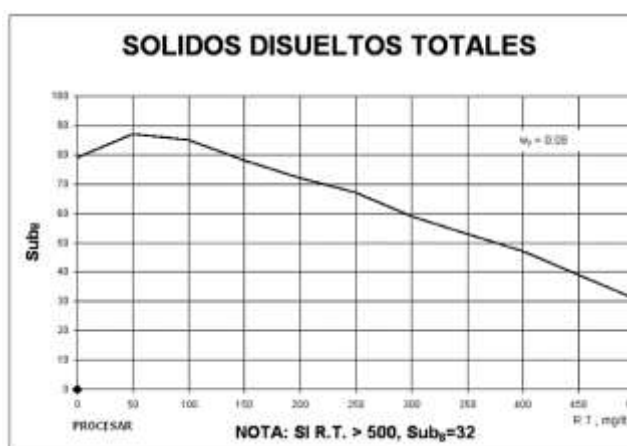
➤ Sólidos Totales Disueltos

Según Bonilla y otros (2010), respecto al subíndice sólidos totales disueltos, señala que:

Si los Sólidos Disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el (Sub_8) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 11.

Figura 11

Valoración de la calidad de agua en función de Sólidos Totales Disueltos.



Nota. Fuente: (Bonilla, y otros, 2010).

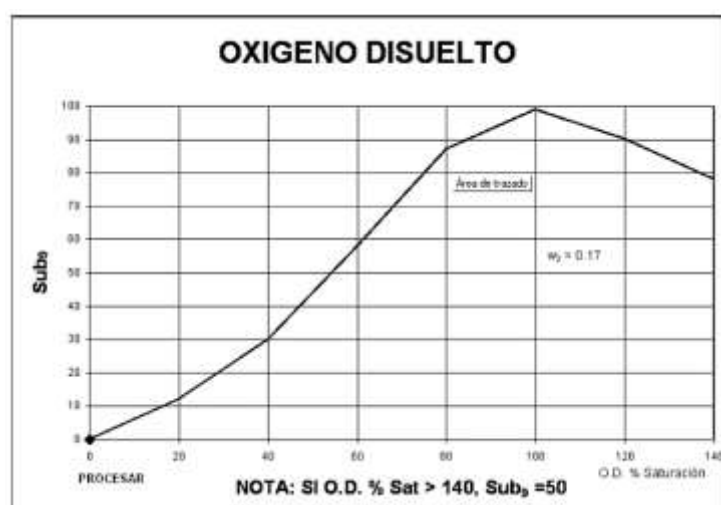
➤ Porcentaje de Saturación de Oxígeno

Según Bonilla y otros (2010), respecto al subíndice porcentaje de saturación de oxígeno, señala que:

Si el % de saturación de OD (Oxígeno disuelto) es mayor de 140 % el (Sub₉) es igual a 47. Si el valor obtenido es menor del 140 %, buscar el valor en el eje de (X) en la figura 12 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y).

Figura 12

Valoración de la calidad de agua en función de % de Saturación de Oxígeno.



Nota. Fuente: (Bonilla, y otros, 2010).

2.2.5. Marco legal

Según la SPDA (2017), respecto al Ministerio del Ambiente, señala:

Con la creación del Ministerio del Ambiente (MINAM), en mayo del 2008, se modificó el marco institucional ambiental que se había establecido en el Perú desde 1991. Hasta entonces, se había caracterizado por la sectorialización de la gestión ambiental, lo que intentó modificarse en 1994 con la creación del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) como el ente rector de la política nacional ambiental. Actualmente, tenemos al MINAM como la autoridad ambiental nacional, a las autoridades ambientales sectoriales, a las autoridades ambientales regionales y locales, así como a otras autoridades con competencias ambientales. No obstante, todavía es un reto para el país lograr que la actuación del Estado en materia ambiental se articule

coherentemente, al amparo de una política integrada y de un sistema nacional de gestión ambiental.

Según la ANA (2017), respecto a los recursos hídricos, señala:

El 12 de marzo del 2009 se aprobó en el congreso peruano la Ley de Recursos Hídricos. La promulgación de la LRH se hizo el 30 de marzo del 2009. En el país se contaba, hasta antes de la Ley de Recursos Hídricos, con una Ley General de Aguas desde el año 1969, Decreto Ley N° 17752. Desde ese entonces esta ley fue complementada mediante varios reglamentos y dispositivos legales que complementaban el reglamento complementario. Esta situación había derivado en un frondoso sistema legal de los recursos hídricos en nuestro país totalmente sectorizado y de escaso cumplimiento y desconocimiento de los usuarios del agua. Durante más de 10 años se trabajó en la formulación de una nueva ley de las aguas, con el fin de modernizar la gestión de los recursos hídricos y crear un sistema que integre a todos los sectores y pasar de un manejo sectorial a uno multisectorial con visión de cuenca. Esta Ley recoge ese sentir y trata de Institucionalizarlo a través de la Autoridad Nacional del Agua - ANA, y acordes con los momentos de cambios y de nuevos conceptos se menciona ahora no una ley de aguas, sino una Ley de Recursos Hídricos.

Según la SPDA (2017), respecto a los estándares nacionales, señala:

En julio del 2008 se aprobaron los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los ECA son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural. (SPDA, 2017)

Según SPDA (2017) los ECA para agua son referentes obligatorios:

- a) En el diseño de las normas legales y las políticas públicas.
- b) En el diseño y la aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, a partir de la vigencia del decreto supremo 023-2009-MINAM que

aprueba las disposiciones para la implementación de los ECA para agua.

- c) Para el otorgamiento de las autorizaciones de vertimientos, a partir del 1 de abril del 2010.¹⁷

Posteriormente, el MINAM ha dictado las normas para la implementación de los ECA para agua, teniendo en cuenta las categorías. (SPDA, 2017)

Los usos que se le da a las aguas del río Chacahuayco, Centro Poblado Raccaya, Canaria, son principalmente en la categoría 1 (Poblacional y recreacional) y 3 (Riego de vegetales y bebida de animales).

Categoría 1. Poblacional y recreacional

- i. Subcategoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:
 - A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con desinfección, de conformidad con la normativa vigente.
 - A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con tratamiento convencional, que puede estar conformado para los siguientes procesos: decantación, coagulación, floculación, sedimentación, y/o filtración, o métodos equivalentes; además de la desinfección de conformidad con lo señalado en la normativa vigente.
 - A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado. Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano que incluya tratamiento físico y químico avanzado, como precloración, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o método equivalente; que sea establecido por el sector competente.
- ii. Subcategoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación:
 - B1. Contacto primario: aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto primario por la autoridad de salud; incluyen actividades como natación, esquí acuático, buceo libre, surf, canotaje, navegación en tabla a vela, mota acuática, pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario: aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la autoridad de salud, como deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales

- Vegetales de tallo bajo: Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo, que usualmente tienen un sistema radicular difuso o fibroso y poco profundo. Ejemplos: ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas y similares.
- Vegetales de tallo alto: Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, de porte arbustivo o arbóreo, que tienen una mayor longitud de tallo. Ejemplos: árboles forestales y árboles frutales, entre otros.
- Bebida de animales: Entiéndase como aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, ovino, porcino, equino o camélido, y para animales menores, como ganado caprino, cuyes, aves y conejos.

A efectos de asignar la categoría a los cuerpos de agua respecto de su calidad, la ANA deberá considerar lo siguiente (SPDA, 2017):

- Utilizar las categorías establecidas en los ECA para agua vigentes.
- En el caso de identificarse dos o más categorías que coexistan en una zona determinada de un mismo cuerpo de agua, la ANA definirá la categoría, priorizando la protección de la salud humana.
- A aquellos cuerpos de agua a los que no se les ha asignado categoría de acuerdo a su calidad, se les dará transitoriamente la categoría del recurso hídrico al que tributan.

Para la revisión de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, el MINAM establece los procesos, metodologías, lineamientos y planes necesarios, según corresponda, considerando las evidencias técnicas, los resultados de vigilancia, control y monitoreo de la calidad ambiental del agua, entre otros. Dicha acción se realizará de manera permanente y cuando el caso lo amerite (SPDA, 2017).

III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación y nivel de investigación

El tipo de investigación es básica y el nivel descriptivo.

El método es deductivo y analítico.

3.2. Diseño de la investigación

La presente investigación ha sido no experimental longitudinal, porque se ha observado en el tiempo la variable de caracterización de los parámetros de calidad del agua del río Chacahuayco y la variable de Interés, subíndice de calidad del agua (ICAs). El enfoque es cuantitativo, ya que se realizó la caracterización de las aguas del río Chacahuayco para evaluar la calidad de agua.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Agua del río Chacahuayco, distrito Ayacucho, Centro Poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho, 2022.

3.3.2. Muestras

Alícuotas de agua.

3.3.3. Muestreo

No probabilístico intencional de acuerdo a protocolo.

3.4. Variables e indicadores

3.4.1. Variable de caracterización

Parámetros de calidad del agua.

Indicadores

- Coliformes Fecales (NMP/100mL)
- pH (en unidad de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅, mg/L)
- Nitratos (NO₃⁻ mg/L)
- Fosfatos (PO₄⁻³ mg/L)
- Cambio de la Temperatura (°C)
- Turbidez (NTU)
- Sólidos disueltos totales (mg/L)
- Oxígeno Disuelto (OD en % saturación)
- Metales pesados: plomo y zinc (mg/L)

3.4.2. Variable de interés

Subíndice de calidad del agua (ICAs).

Indicadores

- Coliformes Fecales (NMP/100mL)
- pH (en unidad de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅ mg/L)
- Nitratos (NO₃⁻ mg/L)
- Fosfatos (PO₄⁻³ mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (NTU)
- Sólidos disueltos totales (mg/L)
- Oxígeno Disuelto (OD en % saturación)
- Metales pesados: plomo y zinc (mg/L)

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas

- Observación
- Ensayos
- Diseño

3.5.2. Instrumentos

- Ficha de recolección de datos
- Ensayos
- Normas técnicas

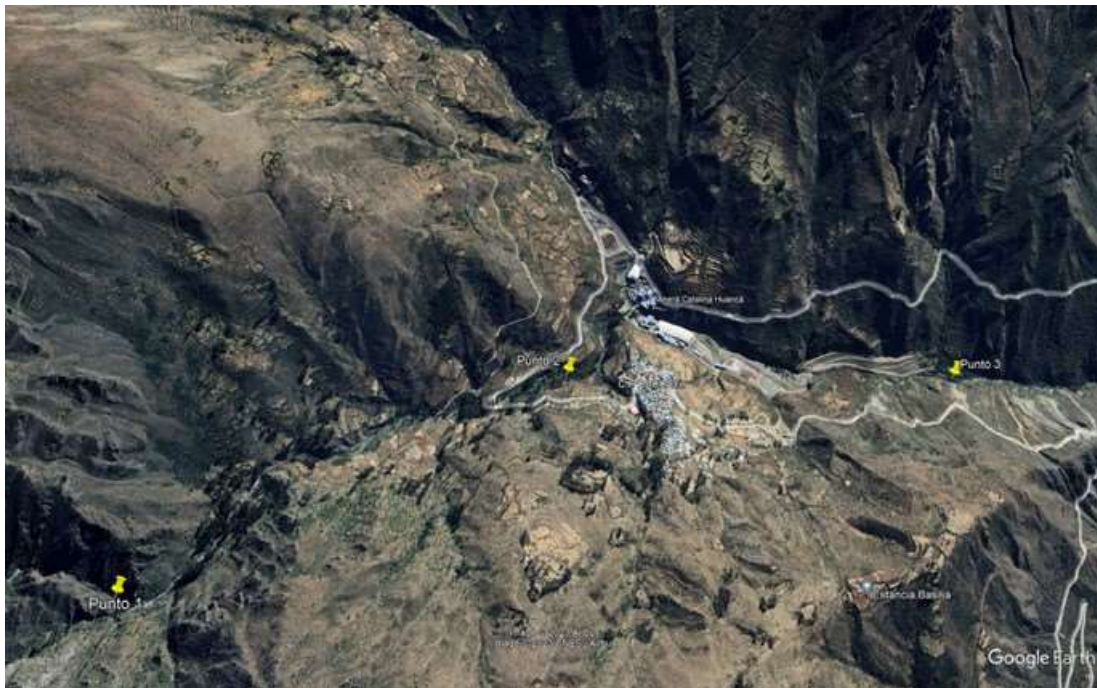
3.6. Procedimientos y métodos

3.6.1. Estaciones de muestreo

Se ha establecido tres puntos de muestreo, la ubicación se estableció siguiendo las recomendaciones del protocolo de toma de muestras para recursos hídricos, el punto 1 ubicado en la zona alta accesible respecto al Centro Poblado, el punto 2 ubicado en la zona accesible el nivel del centro Poblado y el punto 3 ubicado en la zona baja accesible respecto al centro Poblado y la Minera Catalina Huanca. En la figura 14, se encuentran los puntos de muestreo.

Figura 13

Puntos de muestreo.



3.6.2. Parámetros de campo

3.6.2.1 Tomas de muestra para parámetros de campo

Se realizó la toma de muestras de acuerdo a protocolo (ANA) de cada analito, los

parámetros a medir son la Conductividad eléctrica, pH, T, STD y turbidez.

i. Materiales y reactivos

- 4 vasos de precipitado de 100 mL
- 2 vasos de precipitado de 250 mL
- Píseta
- 1 L de muestra
- Agua destilada
- Soluciones buffer para calibrar pH metro
- Soluciones de KCl para calibrar conductímetro
- Soluciones de formazina para calibrar turbidímetro
- Turbidímetro
- Papel de toalla
- Multiparámetro con electrodos de T, pH, C.E, STD
- Kooler
- Insumos de preservación de muestras

ii. Equipos de protección

- Casco de seguridad
- Zapato punta acero
- Guantes de nitrilo
- Guardapolvo

3.6.2.2 Medición de parámetros de campo

iii. Medición de la temperatura

Utilizando el equipo multiparámetro con electrodo de temperatura, se procede a trabajar de la siguiente manera:

- a) Verificar el estado del multiparámetro encender y luego calibrar con las soluciones buffer
- b) En un vaso de 250 mL tomar muestra e inmediatamente colocar el electrodo de T hasta la parte media del vaso.
- c) Esperar hasta que termómetro se estabilice (aproximadamente de 30 s a 1

min).

- d) Tomar lectura y anotar. Este valor será la Temperatura de la muestra.
- e) Repetir los mismos pasos para otra muestra y anotar la temperatura obtenida.

iv. Medición de pH

Utilizando el equipo multiparámetro con electrodo de pH, se procede a trabajar de la siguiente manera:

- a) Lavar el electrodo con agua destilada y secar con papel toalla muy suavemente.
- b) En vasos de precipitado de 100 mL colocar la solución amortiguadora estándar de calibración de 1, 2 y 3 de pH conocido.
- c) Con la solución amortiguadora de pH conocida calibrar el equipo, enjuagando el electrodo con agua destilada para cada pH conocido y secando cuidadosamente con papel toalla.
- d) Una vez calibrado el pH metro, enjuagar nuevamente electrodo con agua destilada y secar cuidadosamente con papel toalla.
- e) Introducir el electrodo en la muestra más o menos 3 cm.
- f) Tomar nota del valor de pH obtenido.
- g) Lavar y enjuagar con agua destilada, secar con papel toalla cuidadosamente para leer siguiente muestra.

v. Medición de conductividad eléctrica

- a) Encender el equipo.
- b) Esperar de 5 min para encienda y estabilice.
- c) Lavar el electrodo con agua destilada y secar con papel toalla suavemente.
- d) En un vaso de precipitado colocar solución de calibración de conductividad eléctrica conocida e introducir el electrodo del conductímetro agitando suavemente en vaso.
- e) Pulsar el botón para que el conductímetro se calibre con la solución estándar.
- f) Una vez calibrado el equipo, enjuagar el electrodo con agua destilada, secar suavemente con papel toalla.
- g) En un vaso de precipitado de 250 mL recolectar la muestra e introducir el electrodo hasta la zona media del vaso, agitando suavemente en forma circular, espera que estabilice y tomar la lectura. Este valor es la

Conductividad Eléctrica de la muestra.

- h) Enjuagar con abundante agua destilada el electrodo y secar suavemente para posterior lectura.

vi. Medición de Sólidos Totales Disueltos

- a) Encender el equipo.
- b) Lavar el electrodo con agua destilada y secar suavemente con papel toalla
- c) En un vaso de 250 mL tomar la muestra, luego introducir el electrodo hasta la mitad del vaso.
- d) Agitar suavemente en forma circular y esperar a que se estabilice la lectura para anotar. Este es el valor de Sólidos Totales Disueltos.
- e) Enjuagar con bastante agua el electrodo y secar suavemente con papel toalla para posterior lectura.

vii. Medición de la Turbidez

- a) Encender el equipo.
- b) Esperar de 10 a 15 min para que se encienda y estabilice.
- c) Lavar la celda del turbidímetro con agua destilada y secar con papel toalla muy suavemente.
- d) Previamente recolectada la muestra. Agite el recipiente vigorosamente para uniformizar las partículas en suspensión y dejar reposar por espacio de 10 seg para dar tiempo a que las partículas grandes se sedimenten rápidamente. Inmediatamente trasvasar a la celda del turbidímetro y realizar la lectura. Este valor es la lectura de la muestra en NTU.
- e) Repetir los mismos pasos para las muestras posteriores y anotar la turbidez obtenida

3.6.3. Determinaciones analíticas

viii. Toma de muestras para parámetros químicos

Procedimiento

- a) Organizar las botellas rotuladas, los reactivos, formatos e insumos.
- b) En el punto de muestreo identificar un lugar donde sacar la muestra representativa con una jarra para toma de muestra.

- c) Homogenizar la muestra de la jarra y proceder a llenado a los recipientes para muestra de 620 mL.
- d) Escribir con letras legibles el nombre del responsable de muestreo.
- e) Repetir las veces necesarias hasta lograr una muestra representativa para su posterior análisis.
- f) Enjuagar con agua destilada el balde y todos los elementos utilizados en el muestreo
- g) Colocar las botellas de un mismo sitio de muestreo dentro del cooler en posición vertical y agregar hielo suficiente para refrigerar.
- h) Enviar las muestras en cooler en mismo día de muestreo para su análisis al laboratorio DIRESA Ayacucho.

Los parámetros físico químicos fueron determinados en el laboratorio de la Dirección Regional de Salud de Ayacucho. La metodología empleada se indica en la tabla 3.

Tabla 3

Metodología para parámetros químicos.

Método	
Colorimétrico Spectroquant	
Parámetro	Intervalo del Método
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	...
Nitritos (mg/L NO ₂ ⁻)	0,4 – 110,7
Nitratos (mg/L NO ₃ ⁻)	0,007 – 3,28
Arsénico (mg/L As)	0,02 – 0,5
Fosfatos (mg/L PO ₄ ⁻³)	0,03 – 15,3
Sulfatos (mg/L SO ₄ ⁻²)	25 – 300
Hierro (mg/L Fe)	0,005 – 5,00
Aluminio (mg/L Al)	0,02 – 50,0
Fluoruros (mg/L F)	0,10 – 20,0
Cromo Total (mg/L Cr)	0,02 – 6,69
Cobre (mg/L Cu)	0,02 – 6,00
Plomo (mg/L Pb)	...
Cadmio (mg/L Cd)	...
DBO ₅ (mg/L DBO)	...

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Ubicación de la estación de muestreo

En la figura 14 se presenta la ubicación de las estaciones de muestreo.

Figura 14

Red estaciones de muestreo



4.1.2. Resultados analíticos

4.1.2.1 Resultados analíticos por fechas de muestreo

Las fechas de muestreo en cada una de las estaciones en el río Chacahuayco,

fueron: 1er muestreo, 25 de enero; 2do muestreo, 23 de marzo; 3er muestreo, 24 de mayo; 4to muestreo, 24 de julio.

En la tabla 4 se muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en las estaciones de muestreo establecidas en la primera fecha.

Tabla 4

Resultados de los parámetros de la primera fecha por estaciones de muestreo

PARÁMETRO	ESTACIÓN DE MUESTREO		
	RChac1	RChac2	RChac3
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	17,0	110,0	20000
pH	7,30	7,50	7,60
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	1,15	1,08	11,00
Nitratos (mg/L)	11,460	8,770	12,330
Fosfatos (mg/L)	0,160	0,000	1,200
Temperatura del ambiente (°C)	14,8	18,3	18,0
Temperatura de agua (°C)	11,8	13,8	13,0
Turbidez (NTU)	3,98	3,99	3,19
Sólidos disueltos totales (mg/L)	212,01	168,30	170,70
Oxígeno disuelto (% saturación)	59,10	43,20	38,60

En la tabla 5 se muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en las estaciones de muestreo establecidas en la segunda fecha.

Tabla 5

Resultados de los parámetros de la segunda fecha por estaciones de muestreo.

PARÁMETRO	ESTACIÓN DE MUESTREO		
	RChac1	RChac2	RChac3
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	2,0	2,0	10000
pH	5,90	5,80	5,90
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	1,48	1,33	14,00
Nitratos (mg/L)	9,890	5,380	4,600
Fosfatos (mg/L)	0,140	0,090	0,910
Temperatura del ambiente (°C)	14,1	15,9	17,6
Temperatura de agua (°C)	10,5	10,6	11,1
Turbidez (NTU)	1,60	0,14	2,39
Sólidos disueltos totales (mg/L)	223,40	179,20	157,18
Oxígeno disuelto (% saturación)	45,90	40,00	38,90

En la tabla 6 se muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en las estaciones de muestreo establecidas en la tercera fecha del río Chacahuayco.

Tabla 6

Resultados de los parámetros de la tercera fecha por estaciones de muestreo.

PARÁMETRO	ESTACIÓN DE MUESTREO		
	RChac1	RChac2	RChac3
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	40,0	70,0	13000
pH	7,40	7,70	7,80
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	5,80	4,70	18,00
Nitratos (mg/L)	9,640	10,570	11,240
Fosfatos (mg/L)	0,024	0,107	0,850
Temperatura del ambiente (°C)	16,4	19,4	19,8
Temperatura de agua (°C)	11,8	13,6	13,3
Turbidez (NTU)	4,45	4,86	5,24
Sólidos disueltos totales (mg/L)	170,50	160,20	158,40
Oxígeno disuelto (% saturación)	78,90	67,00	39,20

En la tabla 7 se muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en las estaciones de muestreo establecidas en la cuarta fecha del río Chacahuayco.

Tabla 7

Resultados de los parámetros de la cuarta fecha por estaciones de muestreo.

PARÁMETRO	ESTACIÓN DE MUESTREO		
	RChac1	RChac2	RChac3
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	25,0	75,0	18000
pH	7,20	6,80	6,50
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	2,50	2,20	16,00
Nitratos (mg/L)	8,650	10,180	12,510
Fosfatos (mg/L)	0,046	0,134	0,750
Temperatura del ambiente (°C)	14,4	17,1	18,1
Temperatura de agua (°C)	11,2	12,6	12,4
Turbidez (NTU)	4,25	5,63	6,71
Sólidos disueltos totales (mg/L)	193,50	183,40	168,80
Oxígeno disuelto (% saturación)	73,90	64,90	58,30

4.1.2.2 Resultados analíticos comparativos de los parámetros por muestreo

En la tabla 8 se muestra los resultados de coliformes fecales en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Tabla 8

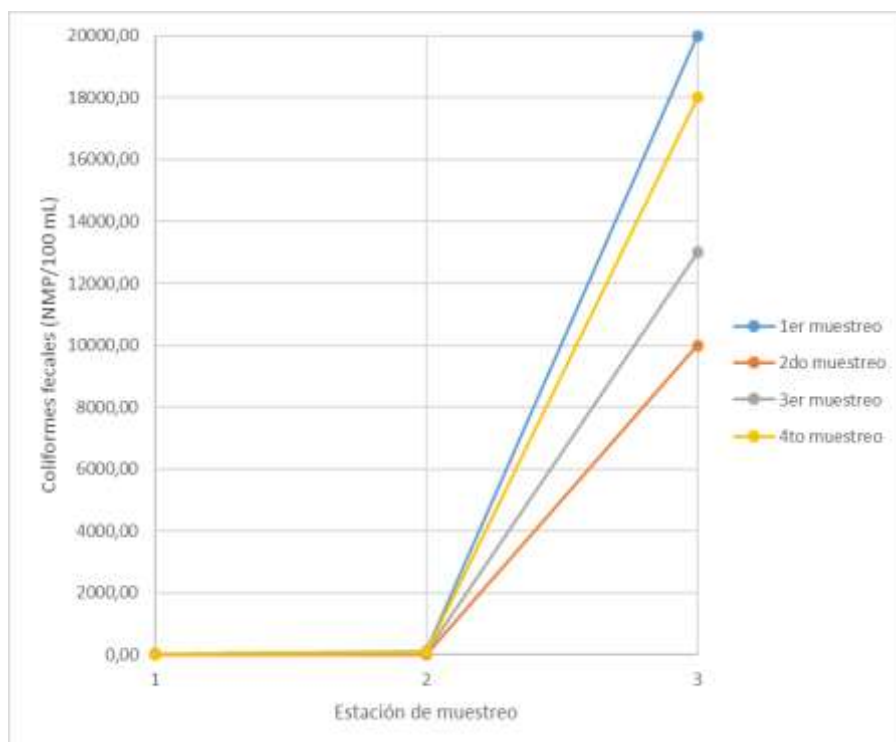
Resultados de coliformes fecales (NMP/100 mL) por estaciones de muestreo.

Coliformes fecales (NMP/100 mL)					
Estación	Nº Estación	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	4to muestreo
RChac1	1	17,00	2,00	40,00	25,00
RChac2	2	110,00	2,00	70,00	75,00
RChac3	3	20000,00	10000,00	13000,00	18000,00

En la figura 15 se muestra los resultados de coliformes fecales en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 15

Coliformes fecales (NMP/100 mL) por estaciones de muestreo.

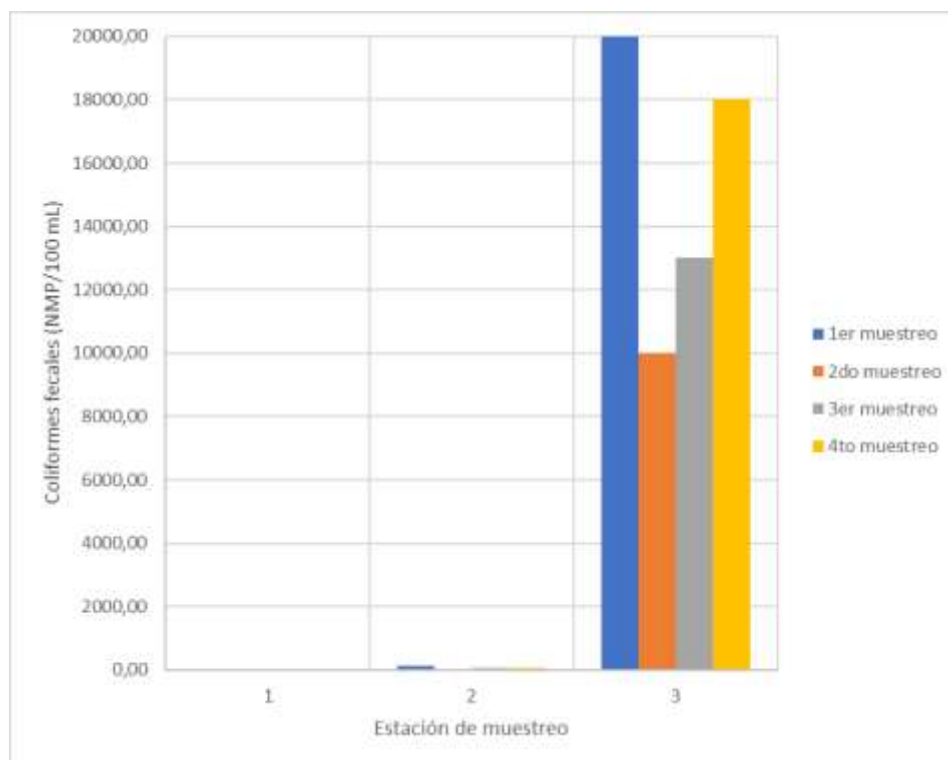


Nota. Se observa la evolución de los resultados de coliformes fecales, NMP/mL por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la figura 16 se muestra la variación de los resultados de coliformes fecales en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 16

Variación de Coliformes fecales (NMP/100 mL) por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa la comparación de los resultados de coliformes fecales, NMP/mL por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la tabla 9 se muestra los resultados de pH en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

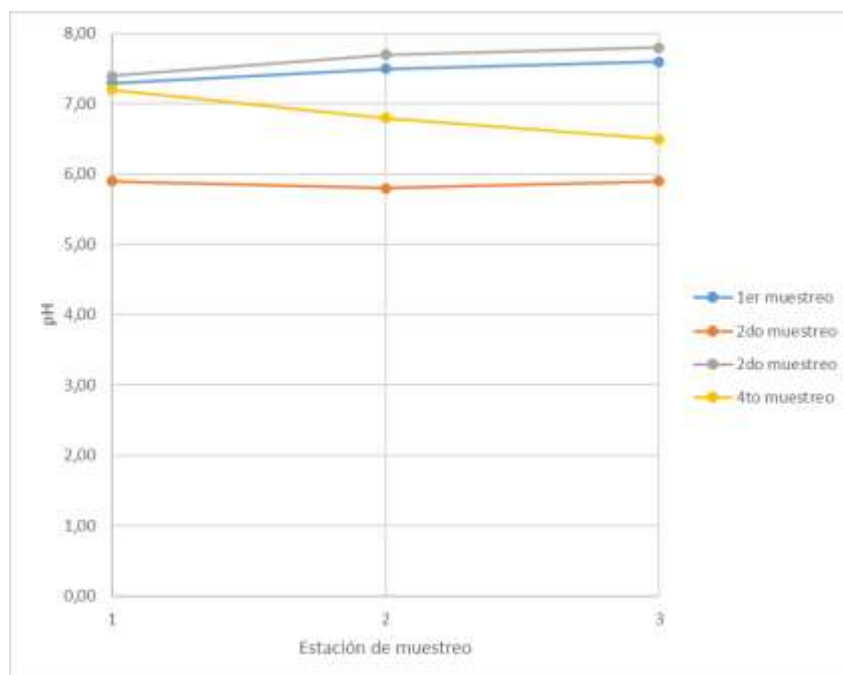
Tabla 9

Resultados del pH por estaciones de muestreo.

pH					
Estación	Nº Estación	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	4to muestreo
RChac1	1	7,30	5,90	7,40	7,20
RChac2	2	7,50	5,80	7,70	6,80
RChac3	3	7,60	5,90	7,80	6,50

En la figura 17 se muestra los resultados de pH en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

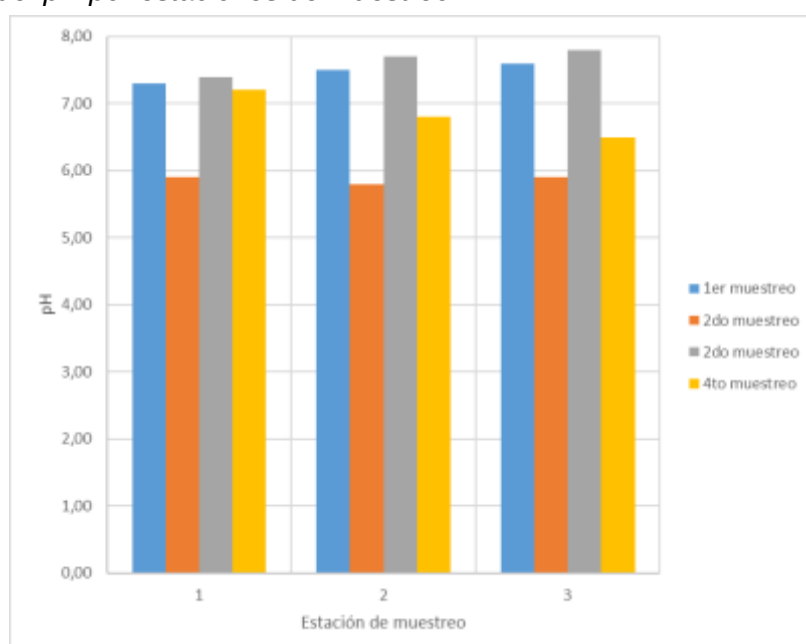
Figura 17
pH por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa la evolución de los resultados de pH por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la figura 18 se muestra la variación de los resultados de pH en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 18
Variación del pH por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa la comparación de los resultados de pH por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la tabla 10 se muestra los resultados de DBO₅ (mg O₂/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Tabla 10

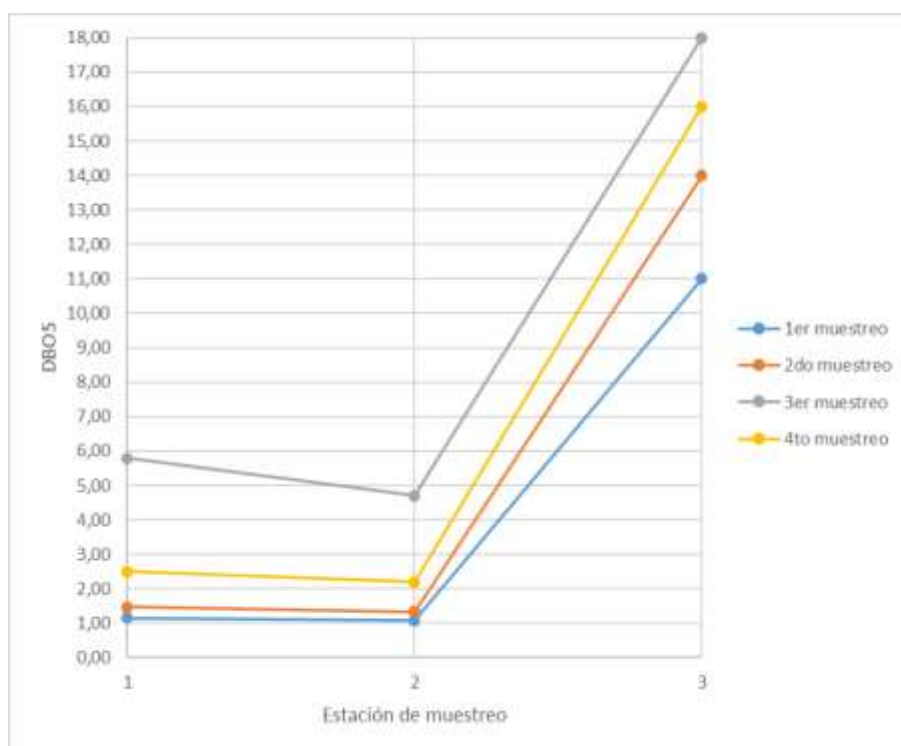
Resultados del DBO₅ (mg O₂/L) por estaciones de muestreo.

		DBO ₅ (mg O ₂ /L)			
Estación	Nº Estación	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	4to muestreo
RChac1	1	1,15	1,48	5,80	2,50
RChac2	2	1,08	1,33	4,70	2,20
RChac3	3	11,00	14,00	18,00	16,00

En la figura 19 se muestra los resultados de DBO₅ (mg O₂/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 19

DBO₅ (mg O₂/L) por estaciones de muestreo.

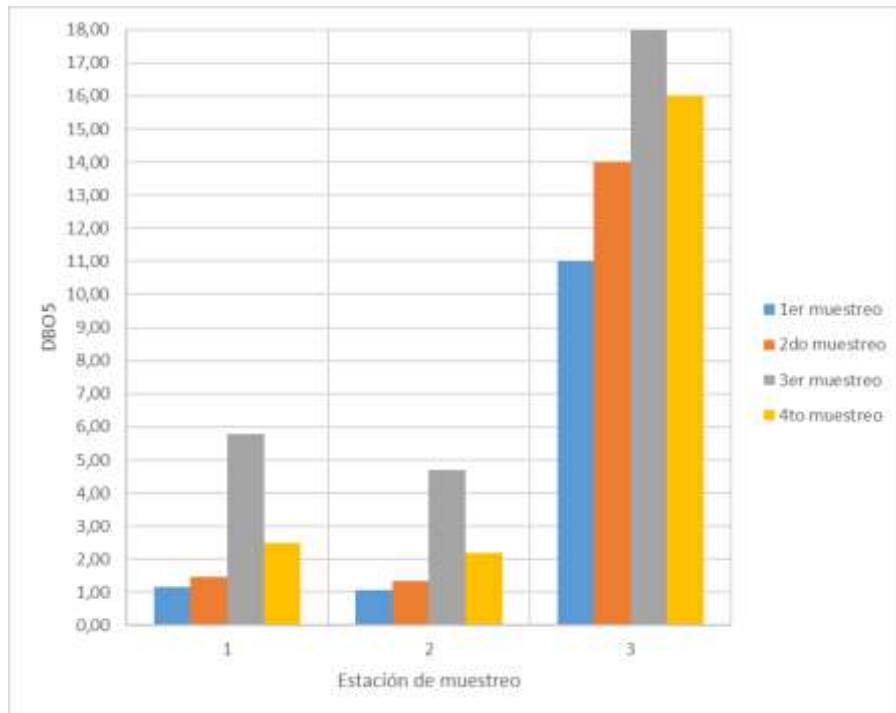


Nota. Se observa la evolución de los resultados de DBO₅ (mg O₂/L) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la figura 20 se muestra la variación de los resultados de DBO₅ (mg O₂/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 20

Variación del DBO₅ (mg O₂/L) por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa la comparación de los resultados de DBO₅ (mg O₂/L) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la tabla 11 se muestra los resultados de DBO₅ (mg O₂/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Tabla 11

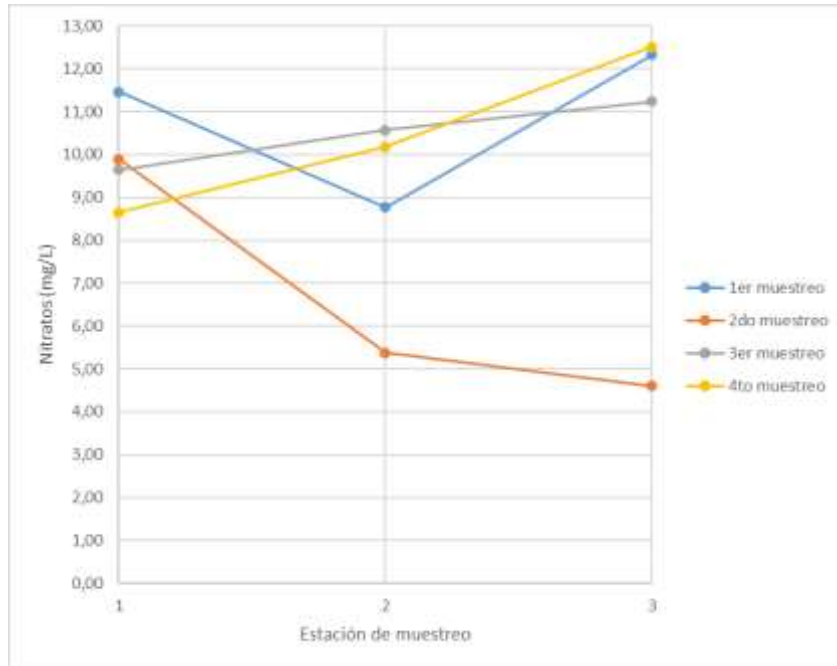
Resultados de nitratos (mg/L) por estaciones de muestreo.

Nitratos (mg/L)					
Estación	Nº Estación	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	4to muestreo
RChac1	1	11,46	9,89	9,64	8,65
RChac2	2	8,77	5,38	10,57	10,18
RChac3	3	12,33	4,60	11,24	12,51

En la figura 21 se muestra los resultados de nitratos (mg/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 21

Nitratos (mg/L) por estaciones de muestreo.

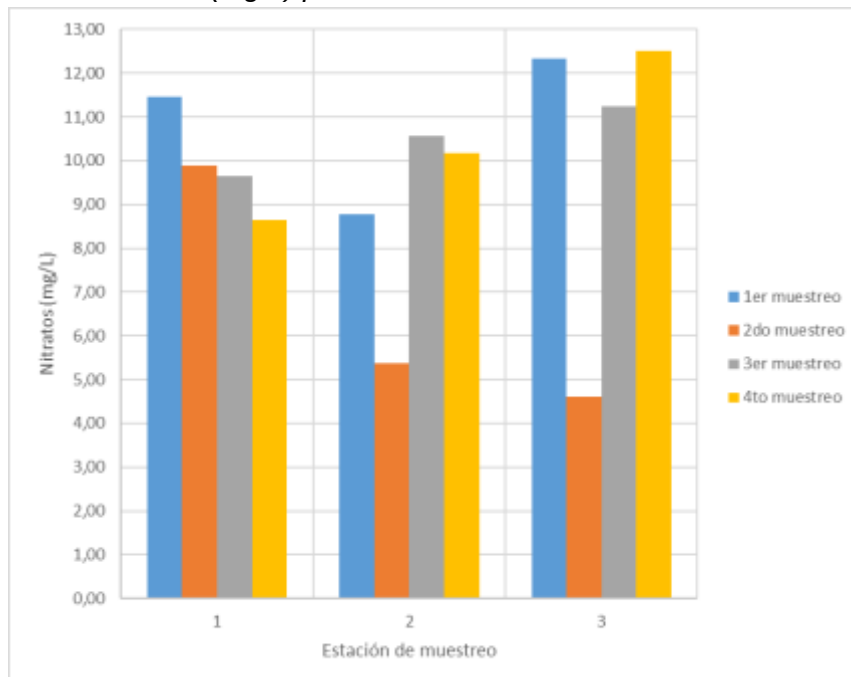


Nota. Se observa la evolución de los resultados de nitratos (mg/L) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la figura 22 se muestra la variación de los resultados de nitratos (mg/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 22

Variación de los nitratos (mg/L) por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa la comparación de los resultados de nitratos (mg/L) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la tabla 12 se muestra los resultados de fosfatos (mg/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Tabla 12

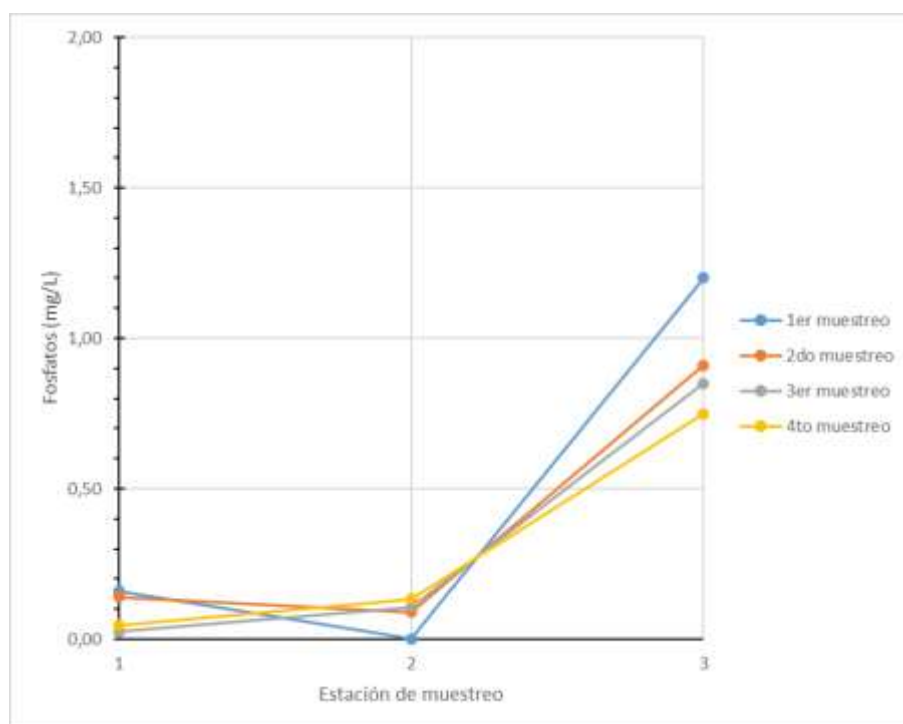
Resultados de fosfatos (mg/L) por estaciones de muestreo.

Fosfatos (mg/L)					
Estación	Nº Estación	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	4to muestreo
RChac1	1	0,16	0,14	0,02	0,05
RChac2	2	0,00	0,09	0,11	0,13
RChac3	3	1,20	0,91	0,85	0,75

En la figura 23 se muestra los resultados de fosfatos (mg/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 23

Fosfatos (mg/L) por estaciones de muestreo.

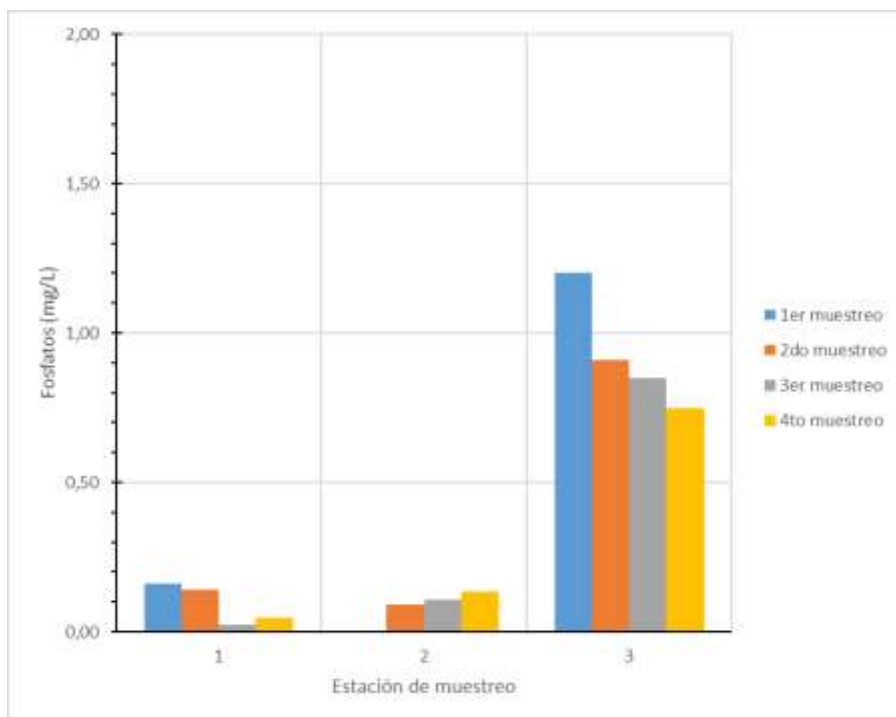


Nota. Se observa la evolución de los resultados de fosfatos (mg/L) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la figura 24 se muestra la variación de los resultados de fosfatos (mg/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 24

Variación de los fosfatos (mg/L) por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa la comparación de los resultados de fosfatos (mg/L) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la tabla 13 se muestra los resultados de fosfatos (mg/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Tabla 13

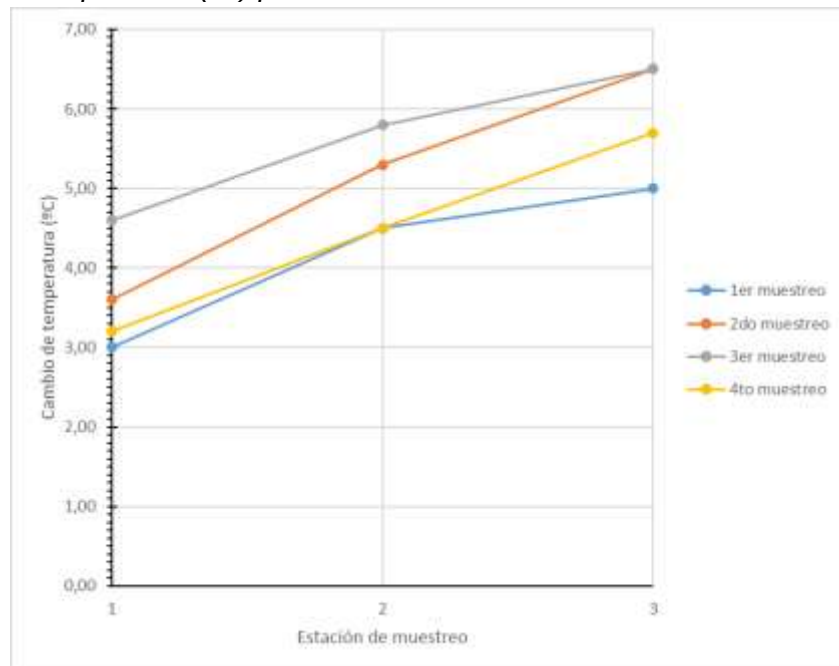
Resultados de cambio de temperatura (°C) por estaciones de muestreo.

Cambio de temperatura (°C)					
Estación	Nº Estación	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	4to muestreo
RChac1	1	3,00	3,60	4,60	3,20
RChac2	2	4,50	5,30	5,80	4,50
RChac3	3	5,00	6,50	6,50	5,70

En la figura 25 se muestra los resultados de cambio de temperatura (°C) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 25

Cambio de temperatura (°C) por estaciones de muestreo.

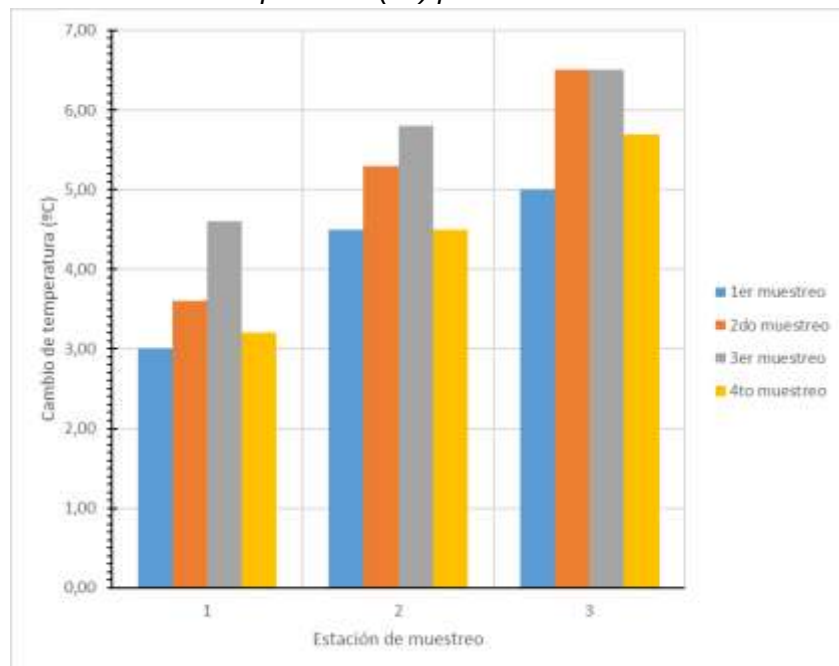


Nota. Se observa la evolución de los resultados de cambio de temperatura (°C) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la figura 25 se muestra la variación de los resultados de cambios de temperatura (°C) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 26

Variación de cambios de temperatura (°C) por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa la comparación de los resultados de cambio de temperatura (°C) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la tabla 14 se muestra los resultados de Turbidez (NTU) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Tabla 14

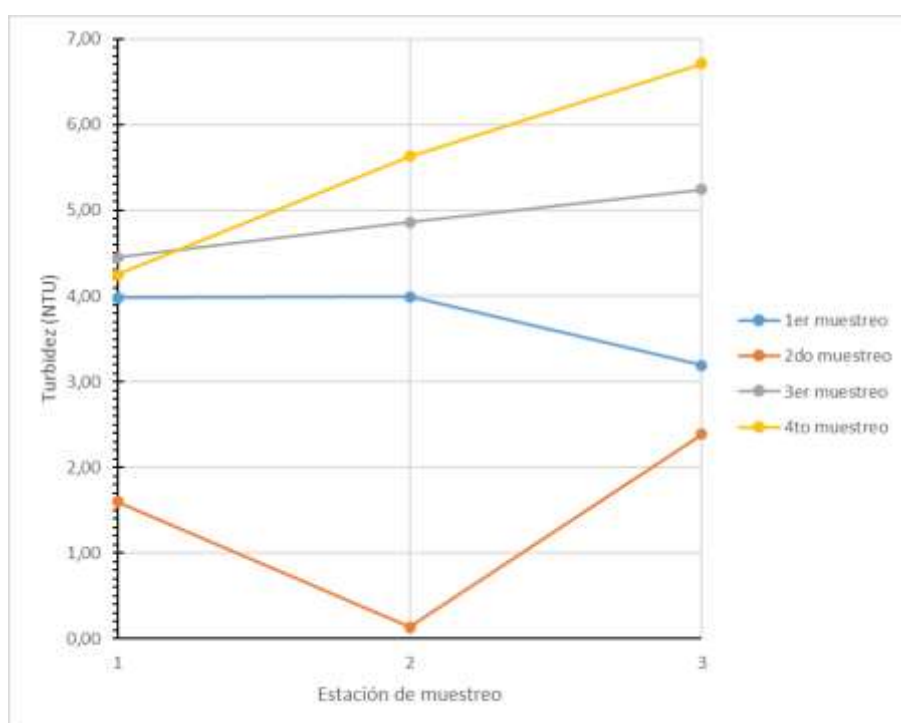
Resultados de cambio de turbidez (NTU) por estaciones de muestreo.

Turbidez (NTU)					
Estación	Nº Estación	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	4to muestreo
RChac1	1	3,98	1,60	4,45	4,25
RChac2	2	3,99	0,14	4,86	5,63
RChac3	3	3,19	2,39	5,24	6,71

En la figura 27 se muestra los resultados de cambio de Turbidez (NTU) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 27

Turbidez (NTU) por estaciones de muestreo.

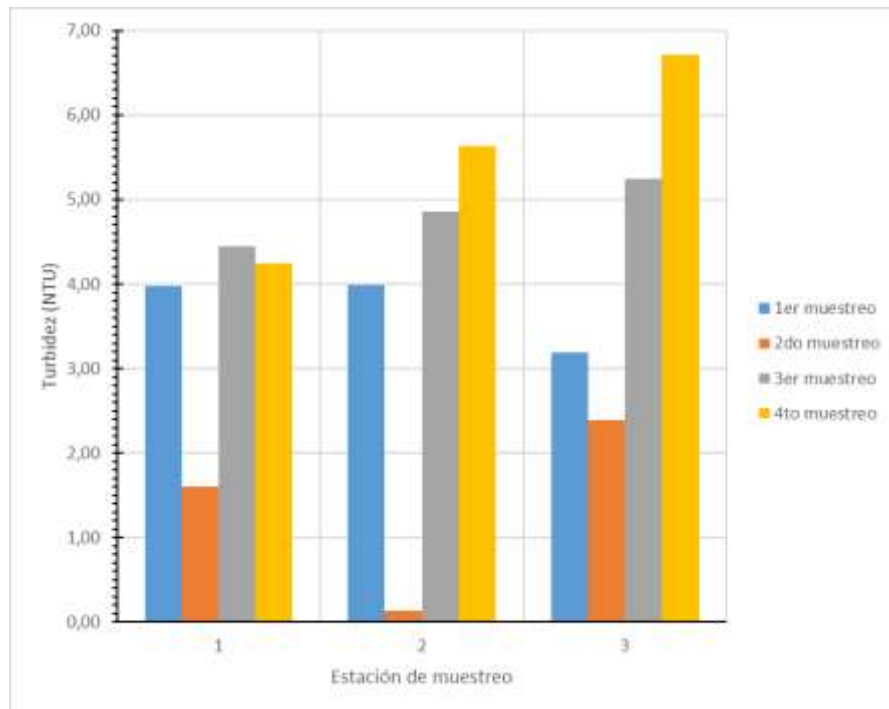


Nota. Se observa la evolución de los resultados de cambio de turbidez (NTU) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la figura 28 se muestra la variación de los resultados de turbidez (NTU) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 28

Variación de turbidez (NTU) por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa la comparación de los resultados de cambio de turbidez (NTU) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la tabla 15 se muestra los resultados de sólidos disueltos totales (mg/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Tabla 15

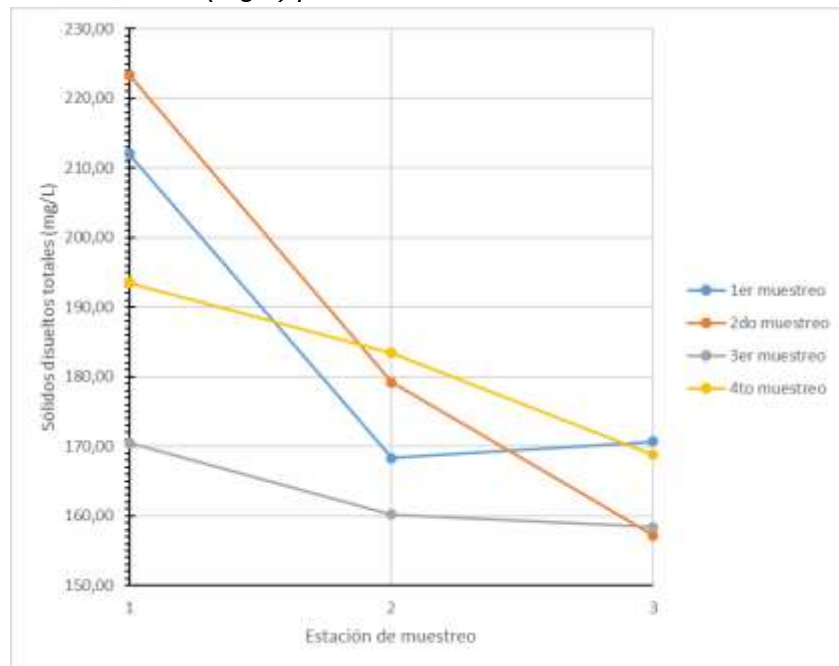
Resultados de sólidos disueltos totales (mg/L) por estaciones de muestreo.

Sólidos disueltos totales (mg/L)					
Estación	Nº Estación	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	4to muestreo
RChac1	1	212,01	223,40	170,50	193,50
RChac2	2	168,30	179,20	160,20	183,40
RChac3	3	170,70	157,18	158,40	168,80

En la figura 29 se muestra los resultados de disueltos totales (mg/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 29

Sólidos disueltos totales (mg/L) por estaciones de muestreo.

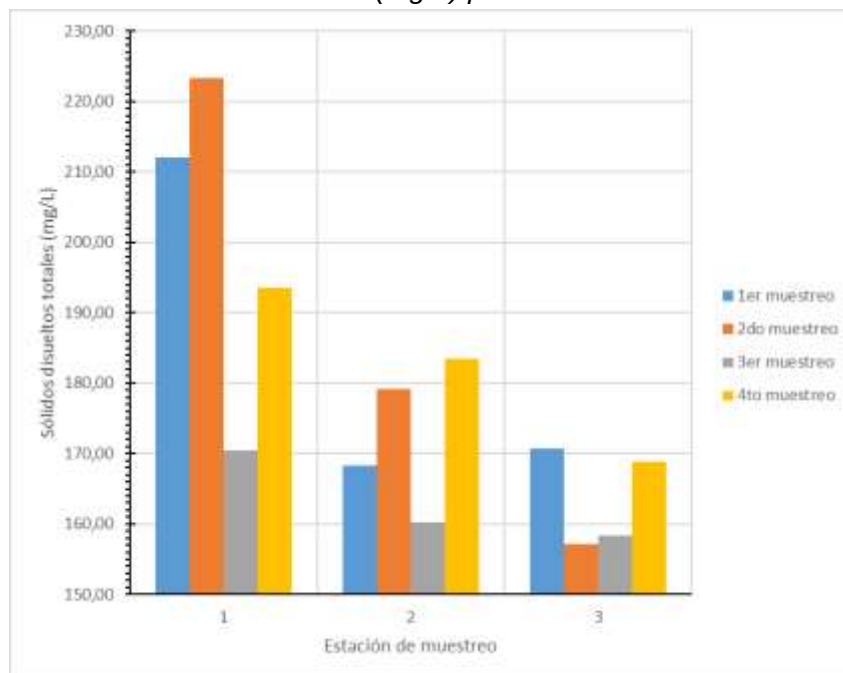


Nota. Se observa la evolución de los resultados de cambio de sólidos disueltos totales (mg/L) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la figura 30 se muestra la variación de los resultados de disueltos totales (mg/L) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 30

Variación de sólidos disueltos totales (mg/L) por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa la comparación de los resultados de cambio de sólidos disueltos totales (mg/L) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la tabla 16 se muestra los resultados de (% saturación) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Tabla 16

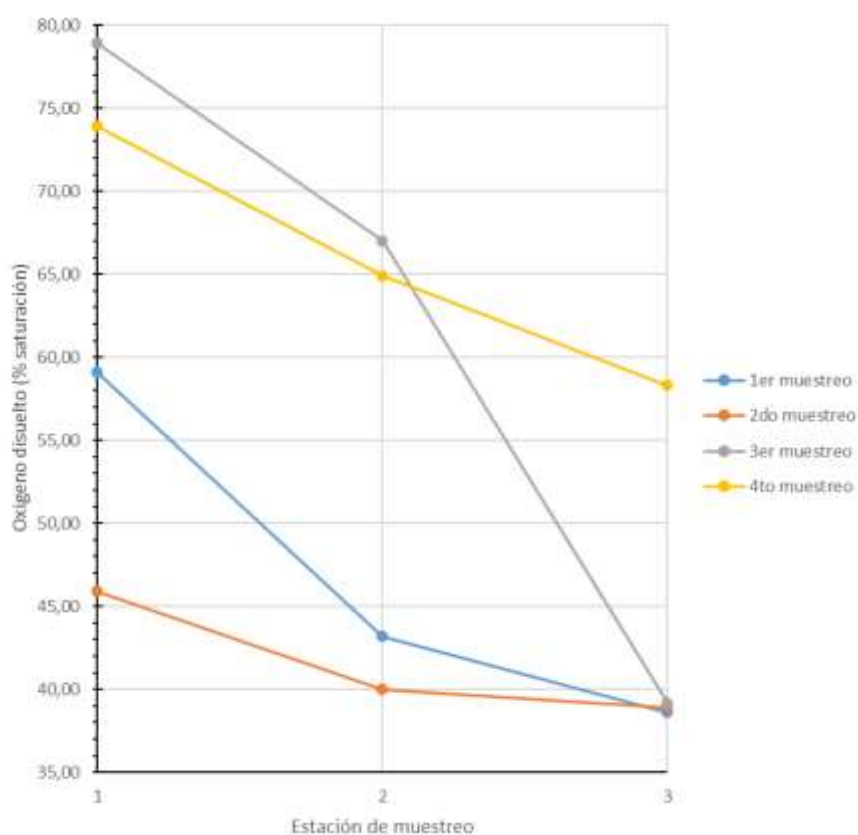
Resultados de oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo.

Oxígeno disuelto (% saturación)					
Estación	Nº Estación	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	4to muestreo
RChac1	1	59,10	45,90	78,90	73,90
RChac2	2	43,20	40,00	67,00	64,90
RChac3	3	38,60	38,90	39,20	58,30

En la figura 31 se muestra los resultados de oxígeno disuelto (% saturación) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 31

Oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo.

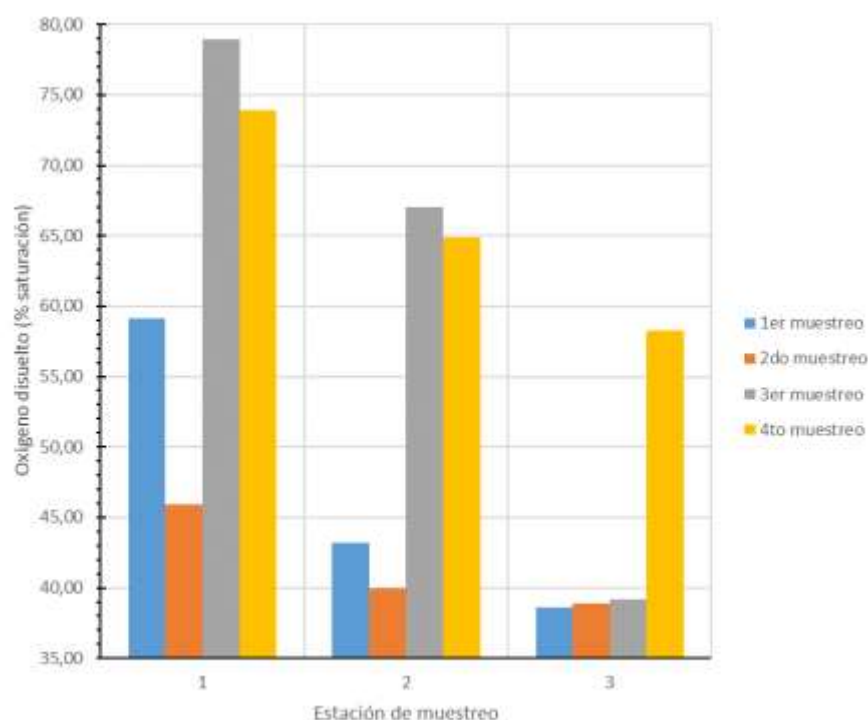


Nota. Se observa la evolución de los resultados de cambio de oxígenos disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la figura 32 se muestra la variación de los resultados de oxígeno disuelto (% saturación) en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 32

Variación de oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa la comparación de los resultados de cambio de oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

4.1.2.3 Resultados del análisis estadístico comparativo estaciones de muestreo

Se realizó la comparación respectiva de los parámetros utilizados para calcular el ICA, con respecto al estándar de calidad del Agua establecido en el DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM; categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable: A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

En la tabla 17 se muestra el resumen de las determinaciones de parámetros de calidad del agua en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la tabla 18 se muestra el resumen estadístico del parámetro coliformes fecales por estaciones de muestreo en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la figura 33 se presenta la variación de coliformes fecales por estaciones de muestreo respecto a A1 en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la figura 34 se presenta la variación de log de coliformes fecales por estaciones de muestreo respecto a A1 en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Tabla 17

Resumen de las determinaciones de parámetros de calidad del agua.

Ubicación	Fecha	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	pH	DBO ₅ (mg O ₂ /L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Cambio de temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Sólidos disueltos totales (mg/L)	Oxígeno disuelto (% saturación)
RChac1	T1	17,0	7,30	1,15	11,460	0,160	3,00	3,98	212,01	59,10
RChac1	T2	2,0	5,90	1,48	9,890	0,140	3,60	1,60	223,40	45,90
RChac1	T3	40,0	7,40	5,80	9,640	0,024	4,60	4,45	170,50	78,90
RChac1	T4	25,0	2,50	2,50	8,650	0,046	3,20	4,25	193,50	73,90
RChac2	T1	110,0	7,50	1,08	8,770	0,000	4,50	3,99	168,30	43,20
RChac2	T2	2,0	5,80	1,33	5,380	0,090	5,30	0,14	179,20	40,00
RChac2	T3	70,0	7,70	4,70	10,570	0,107	5,80	4,86	160,20	67,00
RChac2	T4	75,0	2,20	2,20	10,180	0,134	4,50	5,63	183,40	64,90
RChac3	T1	20,000	7,60	11,00	12,330	1,200	5,00	3,19	170,70	38,60
RChac3	T2	10,000	5,90	14,00	4,600	0,910	6,50	2,39	157,18	38,90
RChac3	T3	13,000	7,80	18,00	11,240	0,850	6,50	5,24	158,40	39,20
RChac3	T4	18,000	16,00	16,00	12,510	0,750	5,70	6,71	168,80	58,30

Tabla 18

Resumen estadístico del parámetro coliformes fecales por estaciones de muestreo.

	mean	sd	IQR	CV	0%	25%	50%	75%	100%	Coliformes fecales NMP 100 mL: n
A1	50,00	0,00000	0,00	0,0000000	50	50,00	50,0	50,00	50	4
RChac1	21,00	15,85350	15,50	0,7549284	2	13,25	21,0	28,75	40	4
RChac2	64,25	45,15436	30,75	0,7027917	2	53,00	72,5	83,75	110	4
RChac3	15250,00	4573,47424	6250,00	0,2999000	10000	12250,00	15500,0	18500,00	20000	4

Nota. Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección: 50,00 NMP/100 mL

mean: media

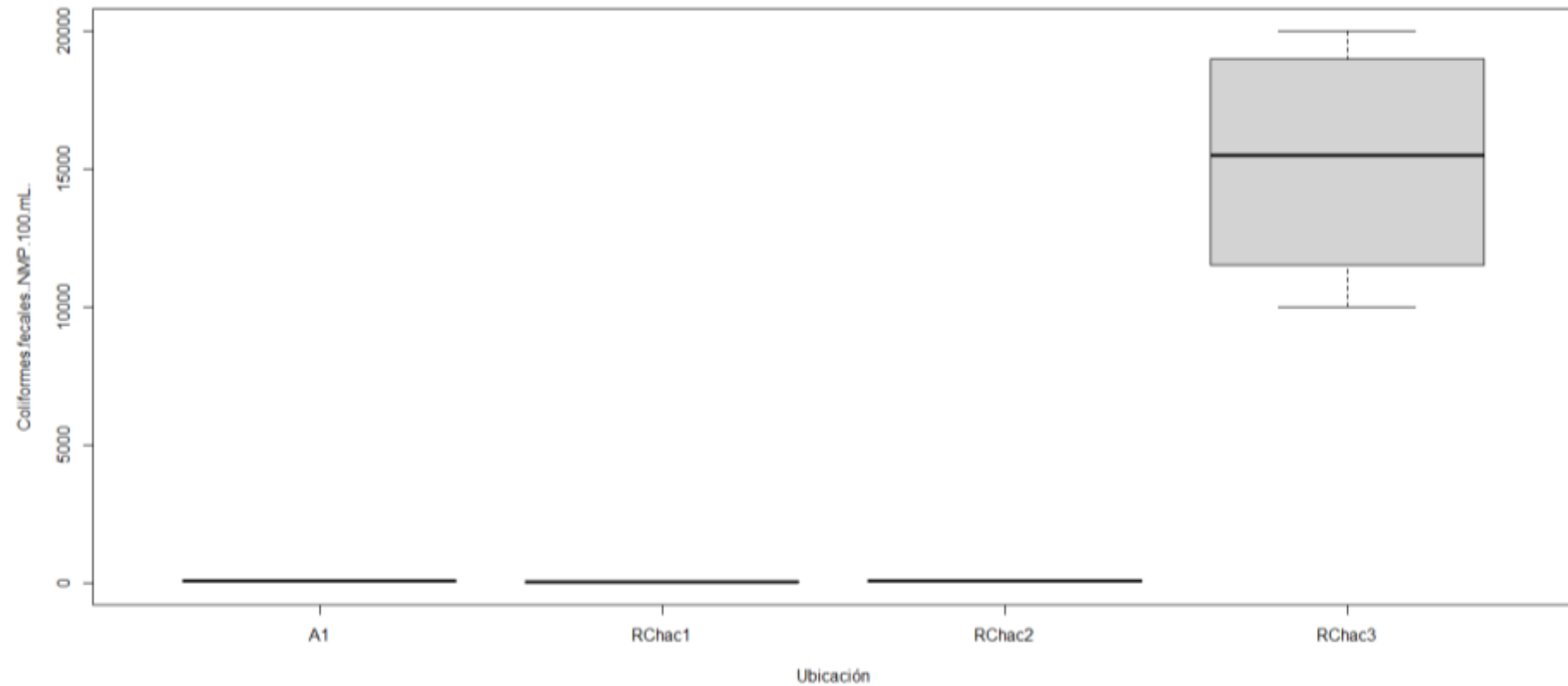
sd: desviación estándar

IQR: rango intercuartil

CV: coeficiente de variación

Figura 33

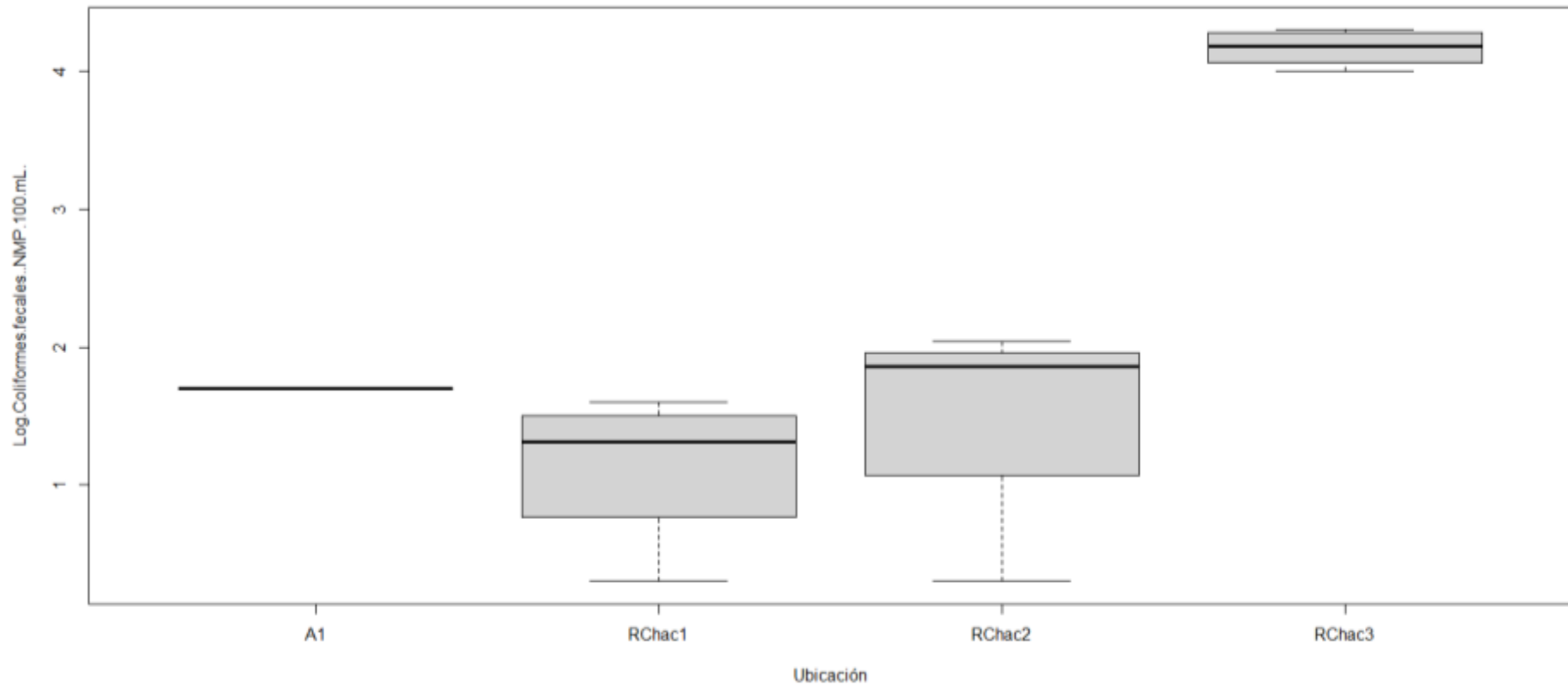
Variación de coliformes fecales por estaciones de muestreo respecto a A1.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de coliformes fecales, NMP/100 mL por estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3) respecto a A1, a través de la distribución, dispersión y simetría.

Figura 34

Variación de log de coliformes fecales por estaciones de muestreo respecto a A1.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de log coliformes fecales, NMP/100 mL por estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3) respecto a A1, a través de la distribución, dispersión y simetría.

En la tabla 19 se muestra el resumen estadístico del parámetro pH por estaciones de muestreo en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la figura 35 se presenta la variación de pH por estaciones de muestreo respecto a A1 en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la tabla 20 se muestra el resumen estadístico del parámetro DBO₅ mg O₂/L por estaciones de muestreo en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la figura 36 se presenta la variación de DBO₅ mg O₂/L por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3 en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la tabla 21 se muestra el resumen estadístico del parámetro nitratos mg/L por estaciones de muestreo en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la figura 37 se presenta la variación de nitratos mg/L por estaciones de muestreo respecto a A1 y A2 en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la tabla 22 se muestra el resumen estadístico del parámetro fosfatos mg/L por estaciones de muestreo en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la figura 38 se presenta la variación de fosfatos mg/L por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3 en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la tabla 23 se muestra el resumen estadístico del parámetro cambio de temperatura °C por estaciones de muestreo en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la figura 39 se presenta la variación de cambio de temperatura °C por estaciones de muestreo en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Tabla 19

Resumen estadístico del pH por estaciones de muestreo.

	mean	sd	IQR	CV	0%	25%	50%	75%	100%	pH:n
RChac1	5,775	2,288194	2,275	0,3962241	2,5	5,050	6,60	7,325	7,4	4
RChac2	5,800	2,546894	2,650	0,4391196	2,2	4,900	6,65	7,550	7,7	4
RChac3	9,325	4,530912	2,675	0,4858887	5,9	7,175	7,70	9,850	16,0	4

Nota. Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección: pH 6,5 – 8,5

mean: media

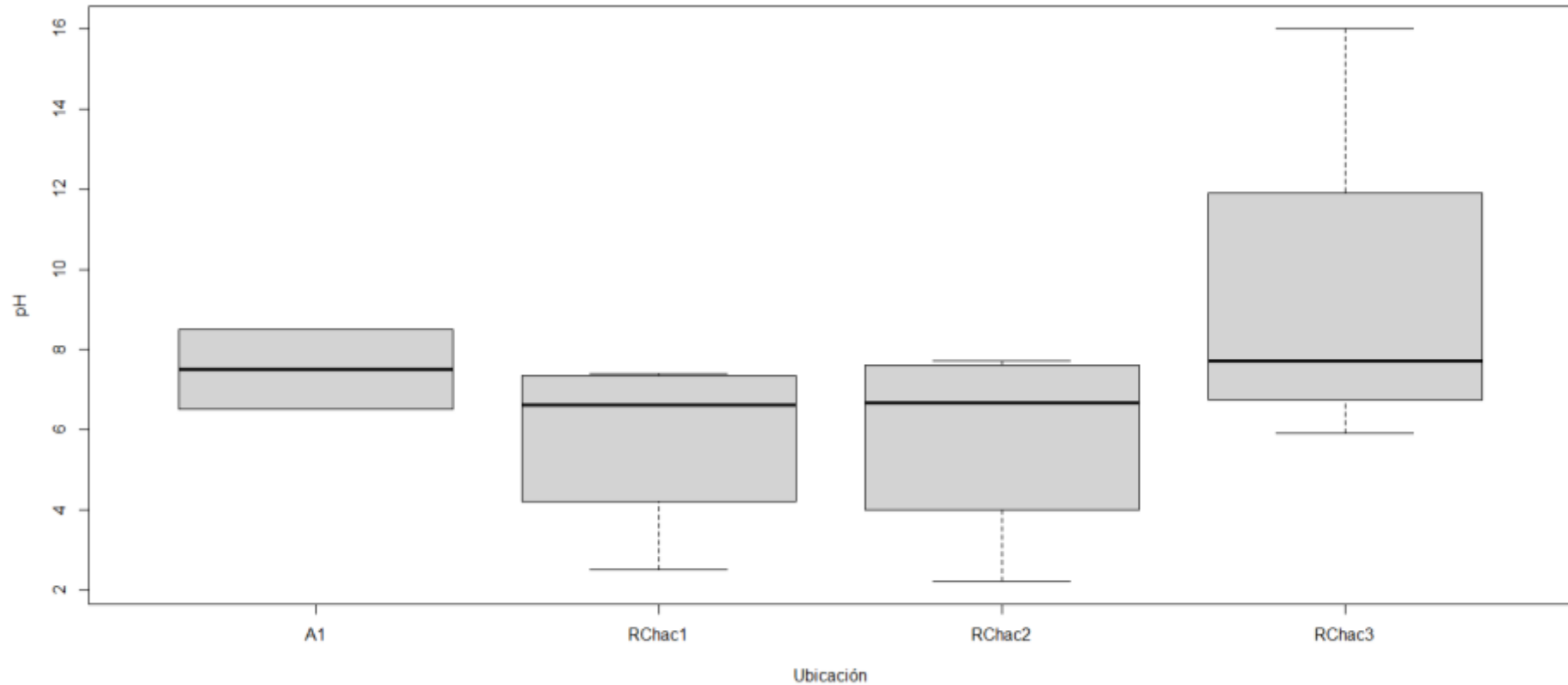
sd: desviación estándar

IQR: rango intercuartil

CV: coeficiente de variación

Figura 35

Variación de pH por estaciones de muestreo respecto a A1.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de pH por estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3) respecto a A1, a través de la distribución, dispersión y simetría.

Tabla 20

Resumen estadístico de DBO₅ mg O₂/L por estaciones de muestreo.

	mean	sd	IQR	CV	0%	25%	50%	75%	100%	DBO ₅ mg O ₂ /L:n
A1	3,0000	0,000000	0,0000	0,0000000	3,00	3,0000	3,000	3,000	3,0	4
A2	5,0000	0,000000	0,0000	0,0000000	5,00	5,0000	5,000	5,000	5,0	4
A3	10,0000	0,000000	0,0000	0,0000000	10,00	10,0000	10,000	10,000	10,0	4
RChac1	2,7325	2,124200	1,9275	0,7773833	1,15	1,3975	1,990	3,325	5,8	4
RChac2	2,3275	1,652904	1,5575	0,7101628	1,08	1,2675	1,765	2,825	4,7	4
RChac3	14,7500	2,986079	3,2500	0,2024460	11,00	13,2500	15,000	16,500	18,0	4

Nota: Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

mean: media

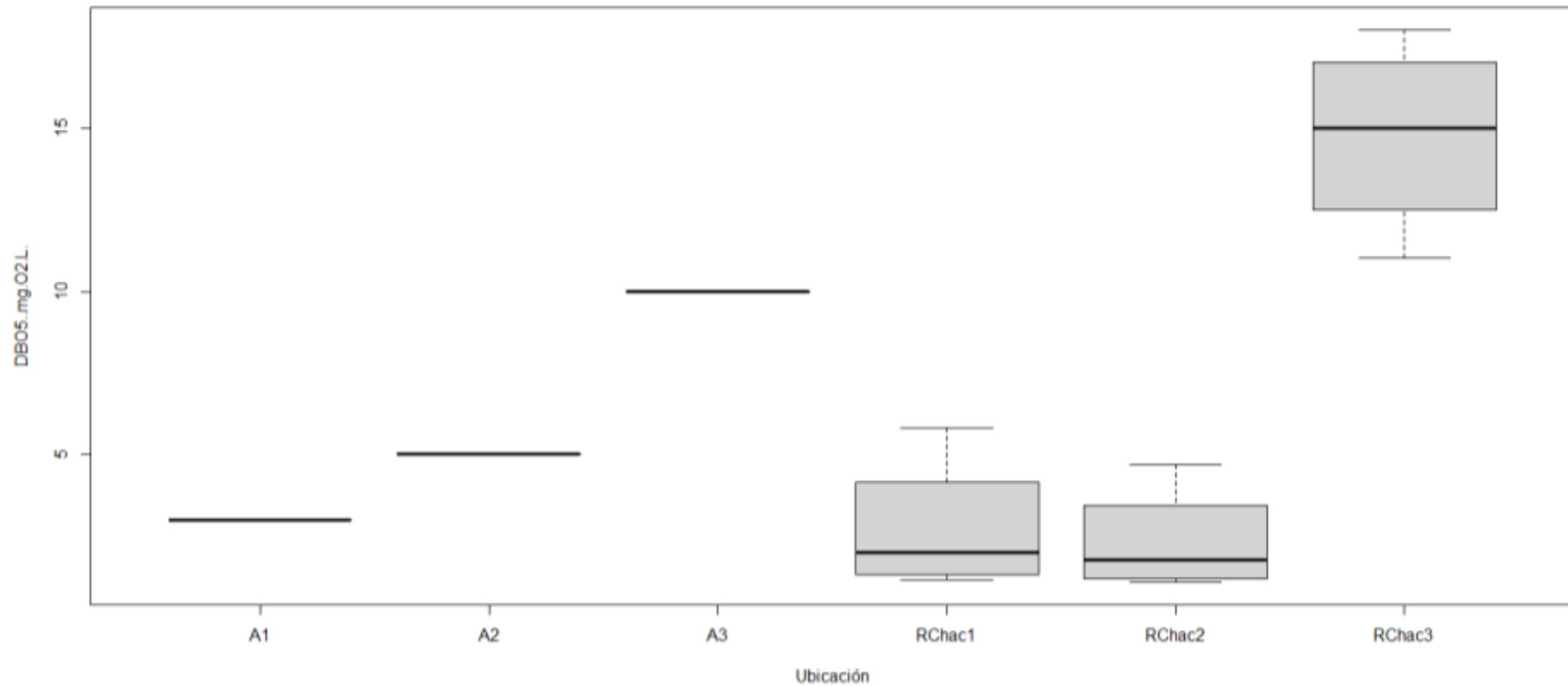
sd: desviación estándar

IQR: rango intercuartil

CV: coeficiente de variación

Figura 36

Variación de DBO_5 mg O_2 /L por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de DBO_5 mg O_2 /L por estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3) respecto a A1, A2 y A3; a través de la distribución, dispersión y simetría.

Tabla 21

Resumen estadístico de nitratos mg/L por estaciones de muestreo.

	mean	sd	IQR	CV	0%	25%	50%	75%	100%	Nitratos mg/L: n
A1	50,000	0,000000	0,000	0,0000000	50,00	50,0000	50,0000	50,0000	50,0000	4
A2	50,000	0,000000	0,000	0,0000000	50,00	50,0000	50,0000	50,0000	50,0000	4
A3	50,000	0,000000	0,000	0,0000000	50,00	50,0000	50,0000	50,0000	50,0000	4
RChac1	9,910	1,163816	0,890	0,1174385	8,65	9,3925	9,765	10,2825	11,46	4
RChac2	8,725	2,360233	2,355	0,2705138	5,38	7,9225	9,475	10,2775	10,57	4
RChac3	10,170	3,755485	2,795	0,3692709	4,60	9,5800	11,785	12,3750	12,51	4

Nota: Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección = 50 mg/L

A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional = 50 mg/L

A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado = 50 mg/L

mean: media

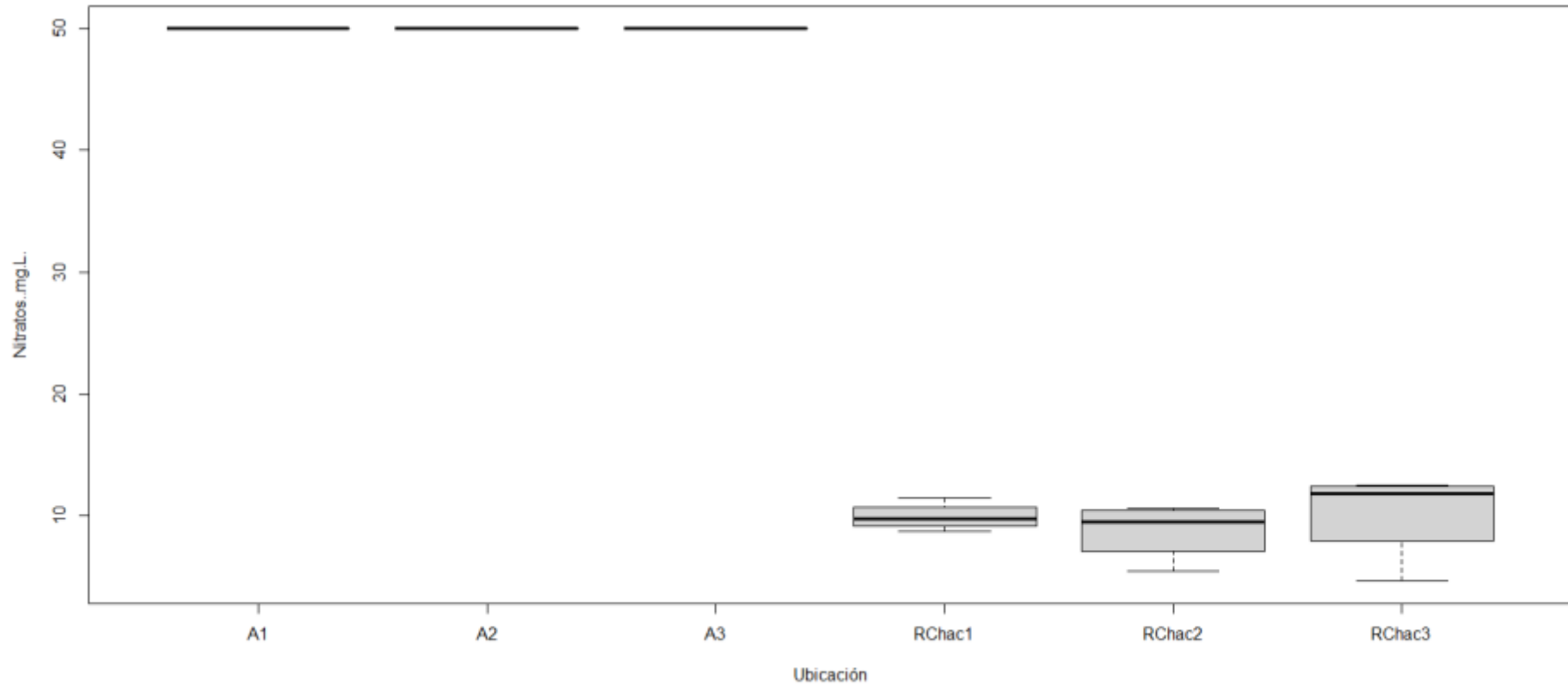
sd: desviación estándar

IQR: rango intercuartil

CV: coeficiente de variación

Figura 37

Variación de nitratos mg/L por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de nitratos mg/L por estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3) respecto a A1, A2 y A3; a través de la distribución, dispersión y simetría.

Tabla 22

Resumen estadístico de fosfatos mg/L por estaciones de muestreo.

	mean	sd	IQR	CV	0%	25%	50%	75%	100%	Fosfatos mg/L :n
A1	0,10000	0,00000000	0,00000	0,0000000	0,100	0,1000	0,1000	0,10000	0,100	4
A2	0,15000	0,00000000	0,00000	0,0000000	0,150	0,1500	0,1500	0,15000	0,150	4
A3	0,15000	0,00000000	0,00000	0,0000000	0,150	0,1500	0,1500	0,15000	0,150	4
RChac1	0,09250	0,06749568	0,10450	0,7296830	0,024	0,0405	0,0930	0,14500	0,160	4
RChac2	0,08275	0,05806534	0,04625	0,7016959	0,000	0,0675	0,0985	0,11375	0,134	4
RChac3	0,92750	0,19328304	0,15750	0,2083914	0,750	0,8250	0,8800	0,98250	1,200	4

Nota: Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

mean: media

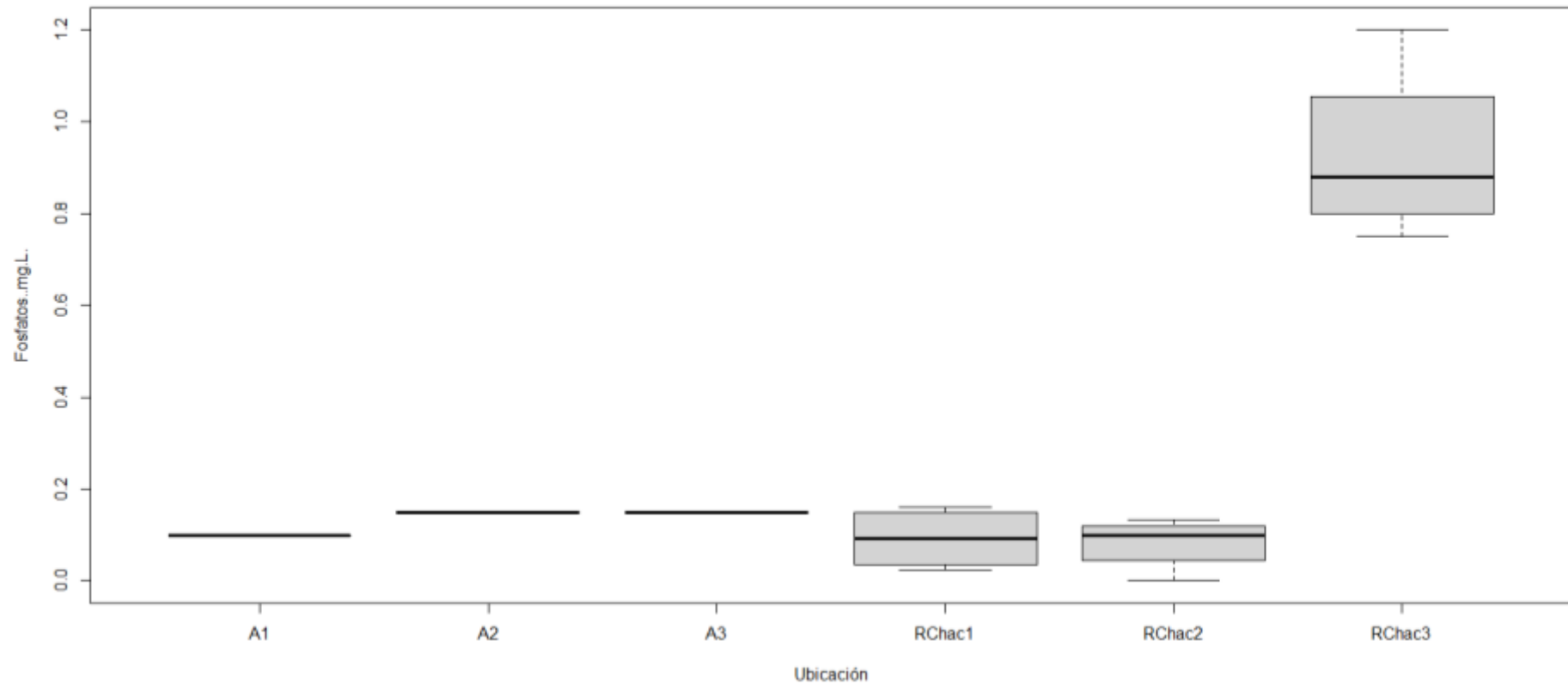
sd: desviación estándar

IQR: rango intercuartil

CV: coeficiente de variación

Figura 38

Variación de fosfatos mg/L por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de fosfatos mg/L por estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3) respecto a A1, A2 y A3; a través de la distribución, dispersión y simetría.

Tabla 23

Resumen estadístico de cambio de temperatura por estaciones de muestreo.

	mean	sd	IQR	CV	0%	25%	50%	75%	100%	Cambio de temperatura °C : n
RChac1	3,600	0,7118052	0,700	0,1977237	3,0	3,150	3,4	3,850	4,6	4
RChac2	5,025	0,6396614	0,925	0,1272958	4,5	4,500	4,9	5,425	5,8	4
RChac3	5,925	0,7228416	0,975	0,1219986	5,0	5,525	6,1	6,500	6,5	4

Nota: Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

mean: media

sd: desviación estándar

IQR: rango intercuartil

CV: coeficiente de variación

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

A1R1: A1 en RChac1, Δ 3

A1R2: A1 en RChac2, Δ 3

A1R3: A1 en RChac3, Δ 3

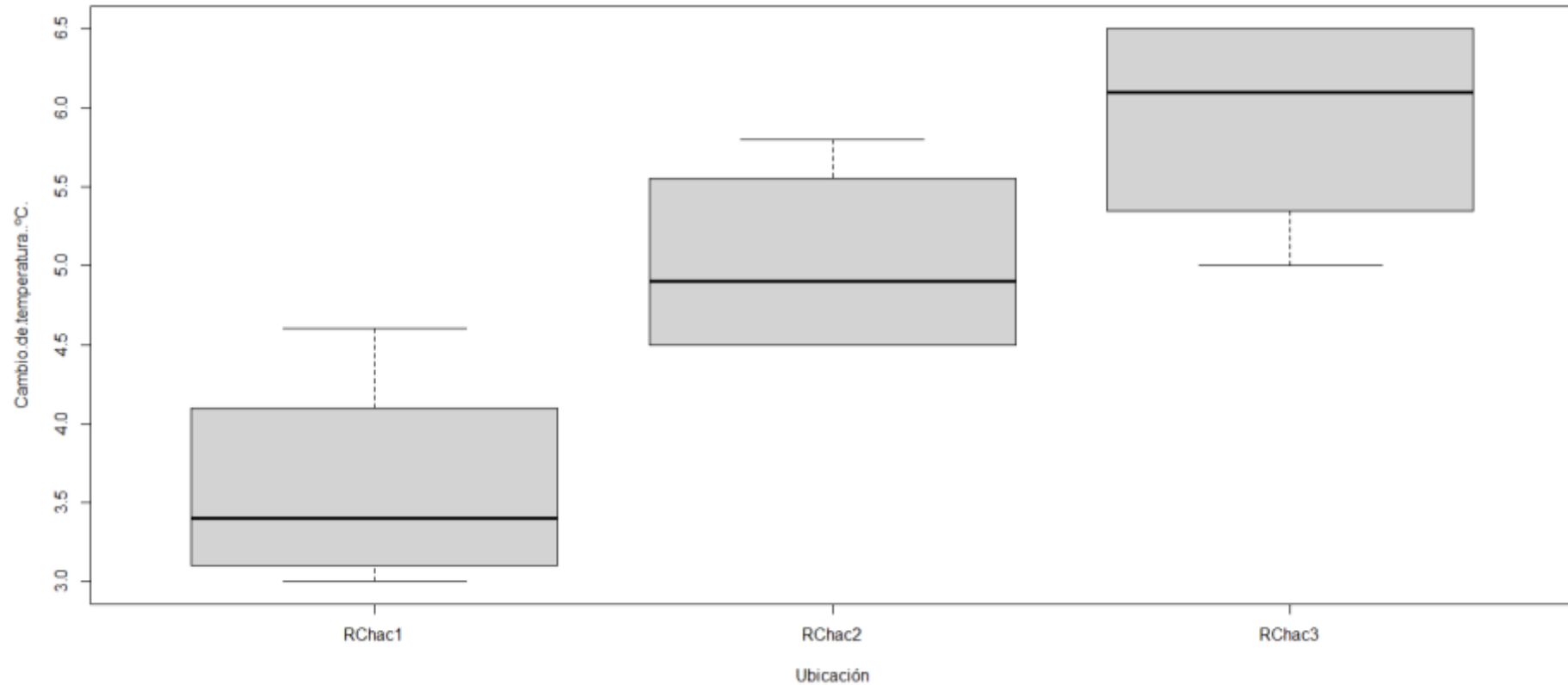
A2R1: A2 en RChac1, Δ 3

A2R2: A2 en RChac2, Δ 3

A2R3: A2 en RChac3, Δ 3

Figura 39

Variación de cambio de temperatura °C por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de cambios de temperatura °C por estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3) a través de la distribución, dispersión y simetría.

En la figura 40 se presenta la variación de cambio de temperatura °C por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3 en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la tabla 24 se muestra el resumen estadístico del parámetro turbidez NTU por estaciones de muestreo en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la figura 41 se presenta la variación de NTU por estaciones de muestreo respecto a A1 y A2 en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la tabla 25 se muestra el resumen estadístico del parámetro nitratos mg/L por estaciones de muestreo en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la figura 42 se presenta la variación de sólidos disueltos totales mg/L por estaciones de muestreo en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la figura 43 se presenta la variación de sólidos disueltos totales mg/L por estaciones de muestreo respecto a A1 y A2 en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

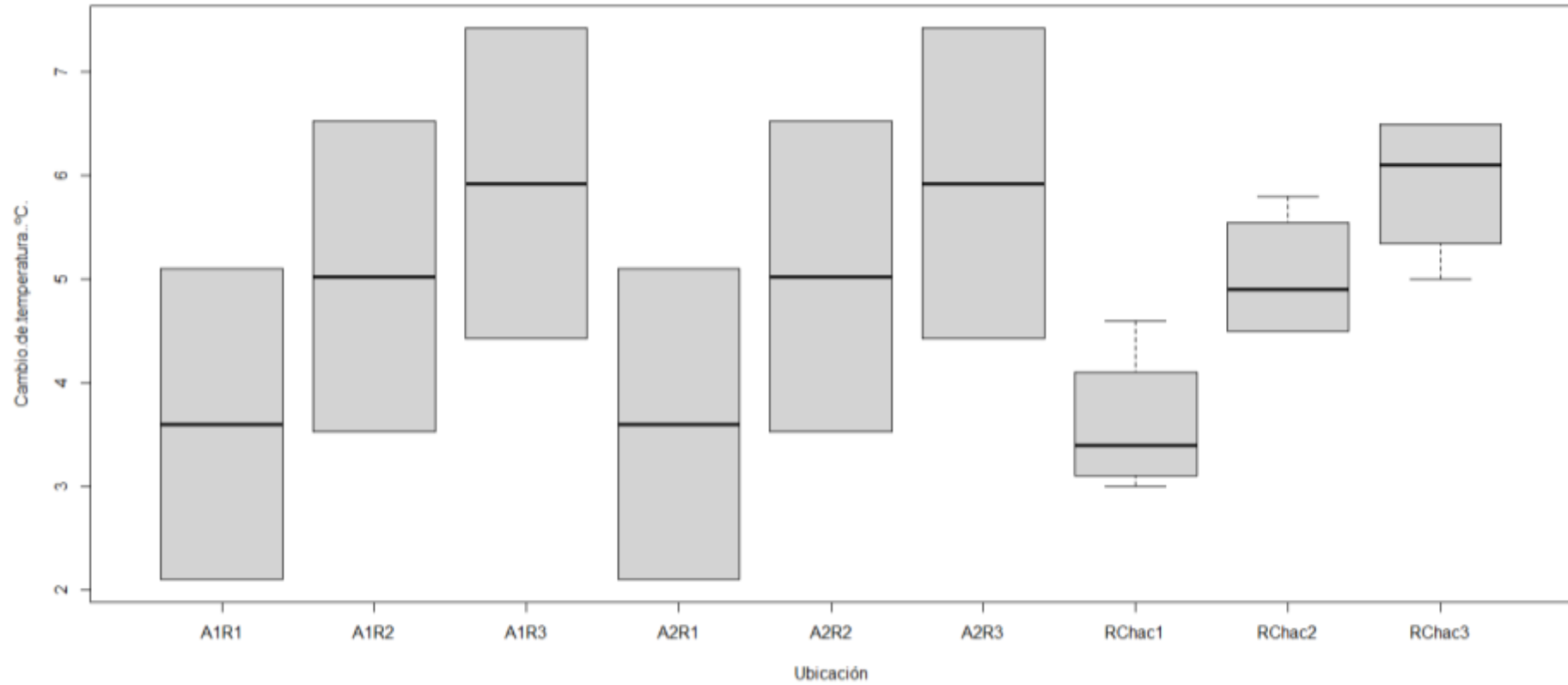
En la tabla 26 se muestra el resumen estadístico del parámetro oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la figura 44 se presenta la variación de oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

En la figura 45 se presenta la variación de oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3 en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco.

Figura 40

Variación de cambio de temperatura °C por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de coliformes fecales, NMP/100 mL por estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3) respecto a A1, a través de la distribución, dispersión y simetría.

Tabla 24

Resumen estadístico de turbidez NTU por estaciones de muestreo.

	mean	sd	IQR	CV	0%	25%	50%	75%	100%	Turbidez NTU: n
A1	5,0000	0,000000	0,0000	0,0000000	5,00	5,0000	5,000	5,0000	5,00	4
A2	100,0000	0,000000	0,0000	0,0000000	100,00	100,0000	100,000	100,0000	100,00	4
RChac1	3,5700	1,327378	0,9150	0,3718147	1,60	3,3850	4,115	4,3000	4,45	4
RChac2	3,6550	2,437218	2,0250	0,6668176	0,14	3,0275	4,425	5,0525	5,63	4
RChac3	4,3825	1,961689	2,6175	0,4476188	2,39	2,9900	4,215	5,6075	6,71	4

Nota: Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

mean: media

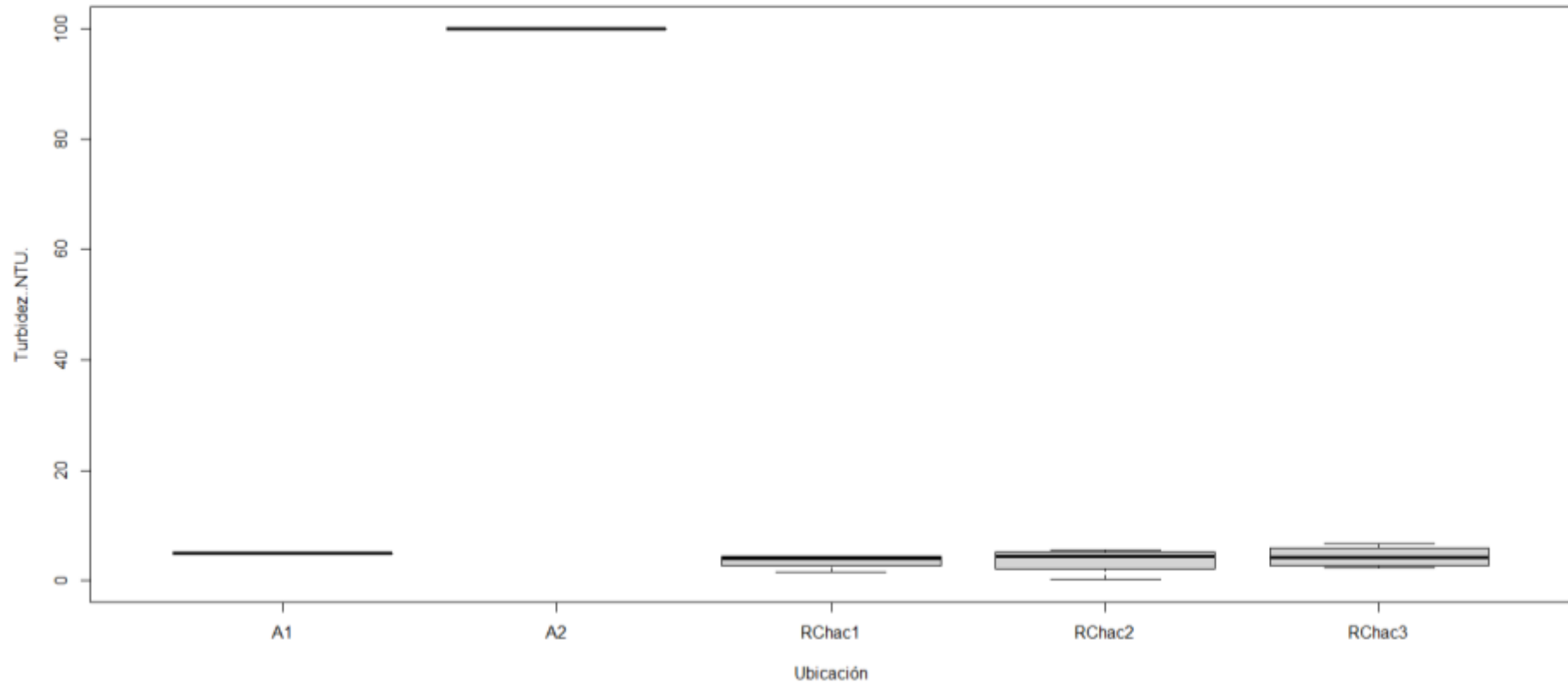
sd: desviación estándar

IQR: rango intercuartil

CV: coeficiente de variación

Figura 41

Variación de turbidez NTU por estaciones de muestreo respecto a A1 y A2.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de turbidez, NTU por estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3) respecto a A1 y A2, a través de la distribución, dispersión y simetría.

Tabla 25

Resumen estadístico de sólidos disueltos totales mg/L por estaciones de muestreo.

	mean	sd	IQR	CV	0%	25%	50%	75%	100%	Sólidos disueltos totales, mg/L: n
RChac1	199,8525	23,124396	27,1075	0,11570731	170,50	187,750	202,755	214,8575	223,4	4
RChac2	172,7750	10,525010	13,9750	0,06091744	160,20	166,275	173,750	180,2500	183,4	4
RChac3	163,7700	6,966367	11,1800	0,04253750	157,18	158,095	163,600	169,2750	170,7	4

Nota: Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

mean: media

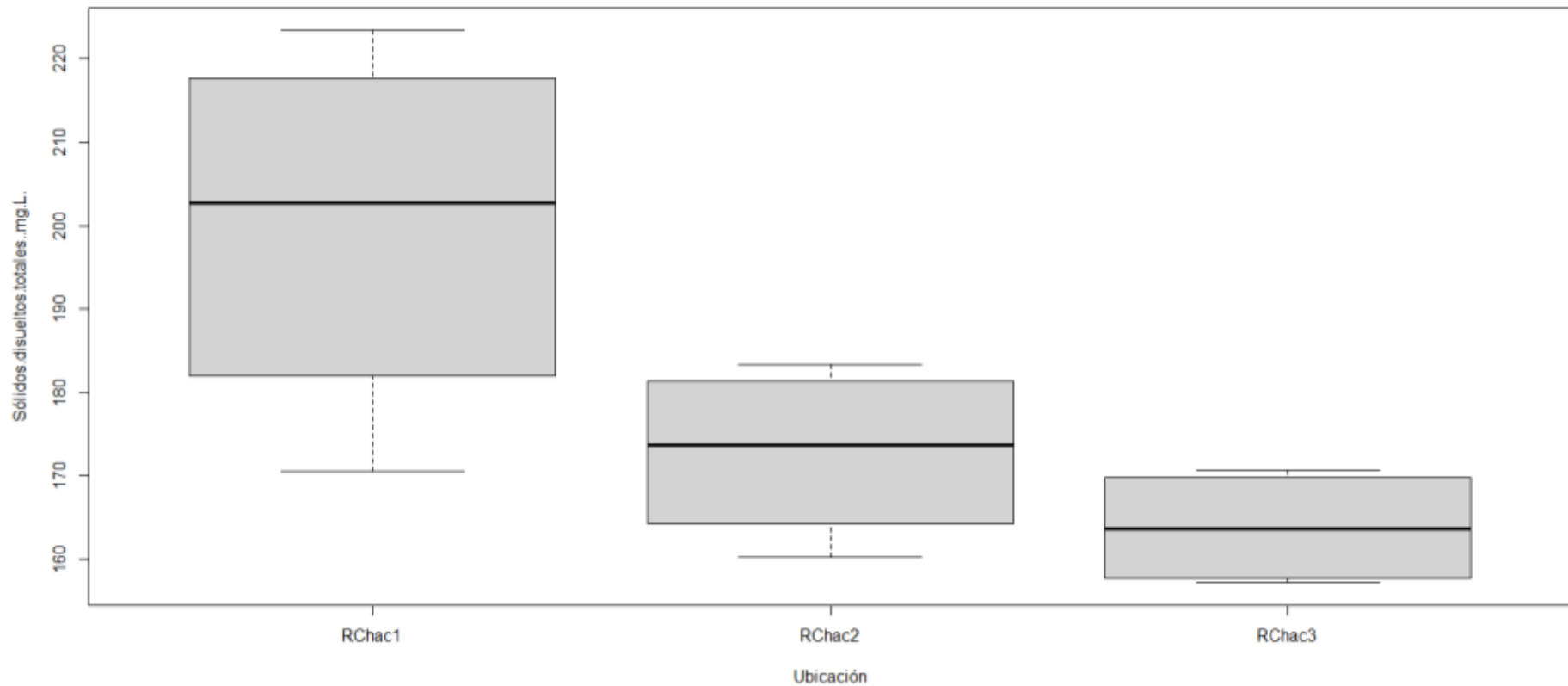
sd: desviación estándar

IQR: rango intercuartil

CV: coeficiente de variación

Figura 42

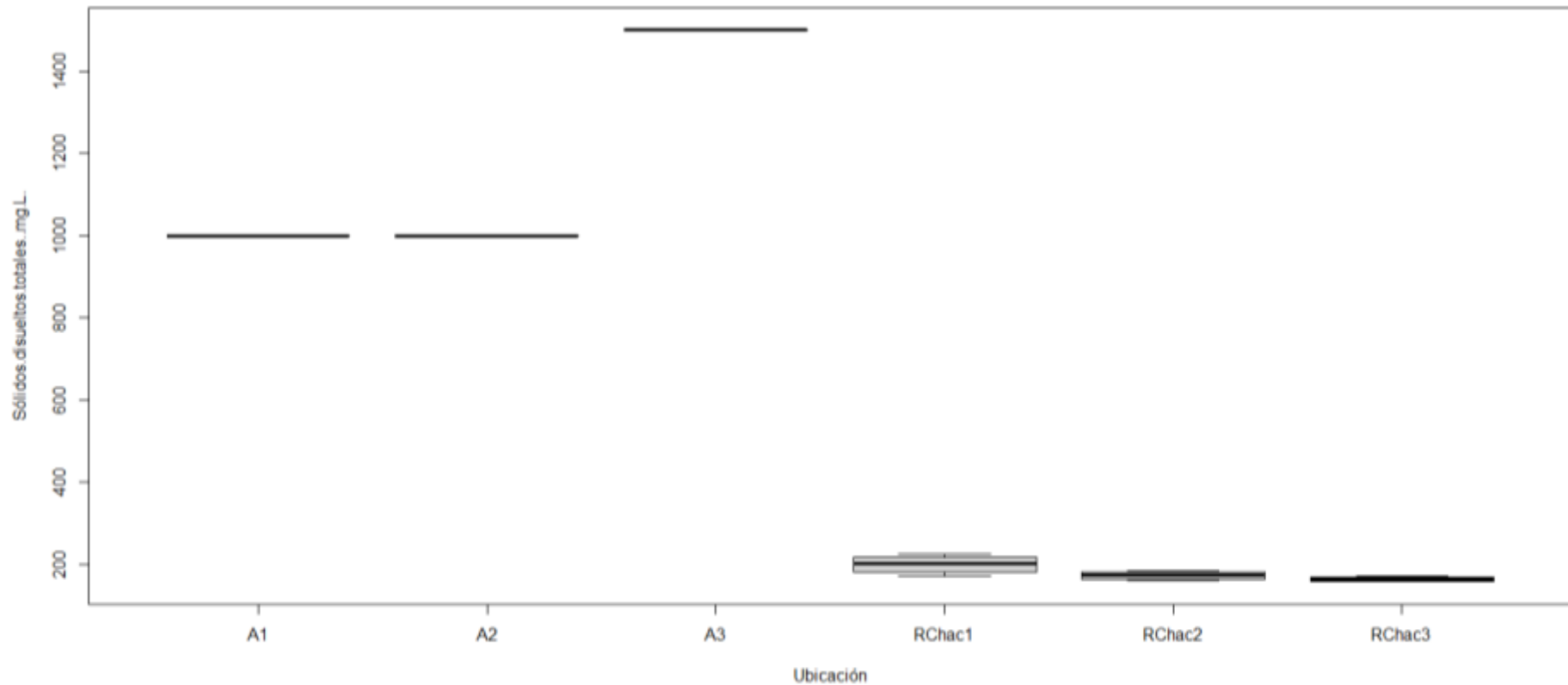
Variación de sólidos disueltos totales mg/L por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de sólidos disueltos totales, mg/L por estaciones de muestreo RChac1, RChac2 y RChac3, a través de la distribución, dispersión y simetría.

Figura 43

Variación de sólidos disueltos totales mg/L por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de sólidos totales disueltos, mg/L por estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3) respecto a A1, A2 y A3, a través de la distribución, dispersión y simetría.

Tabla 26

Resumen estadístico de oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo.

	mean	sd	IQR	CV	0%	25%	50%	75%	100%	Oxígeno disuelto (% saturación): n
RChac1	64,450	14,953595	19,350	0,2320185	45,9	55,800	66,50	75,150	78,9	4
RChac2	53,775	14,145052	23,025	0,2630414	40,0	42,400	54,05	65,425	67,0	4
RChac3	43,750	9,703092	5,150	0,2217850	38,6	38,825	39,05	43,975	58,3	4

Nota: Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

mean: media

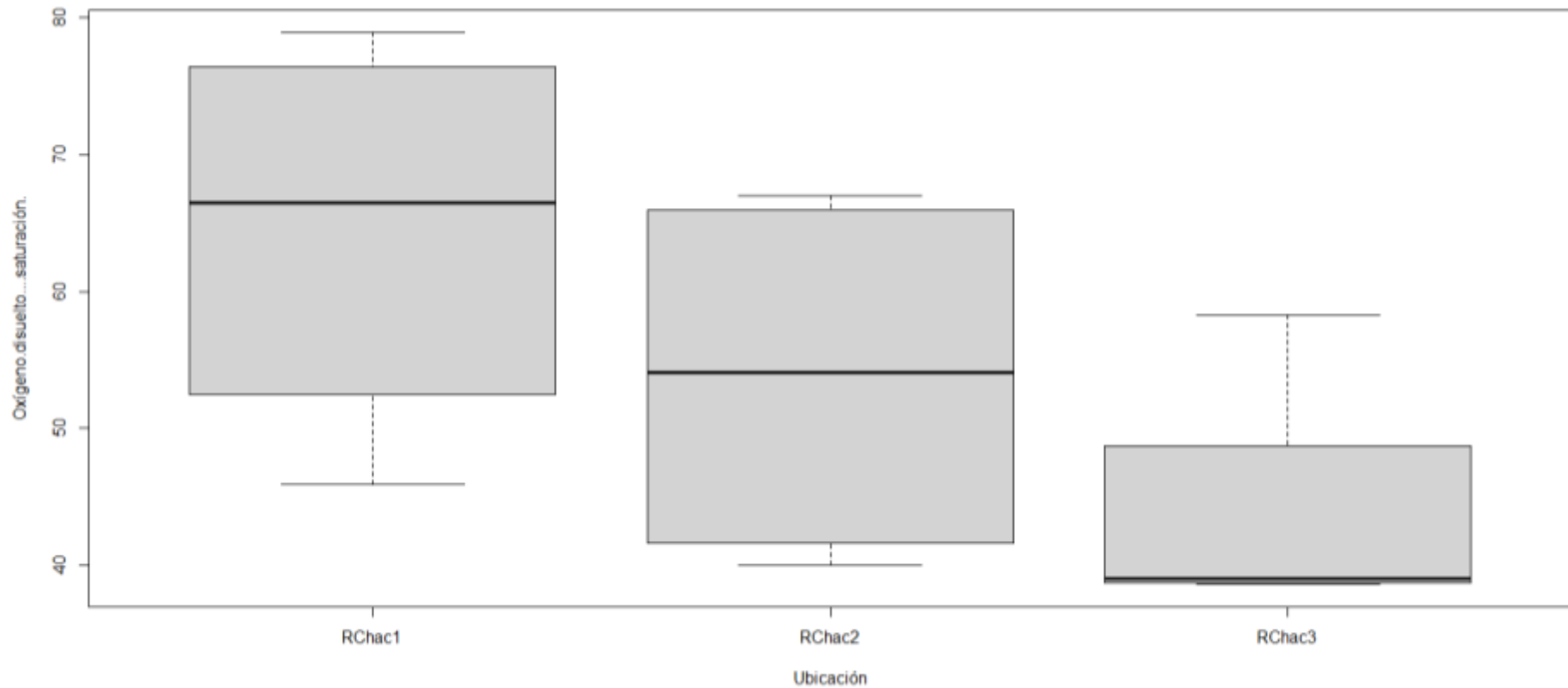
sd: desviación estándar

IQR: rango intercuartil

CV: coeficiente de variación

Figura 44

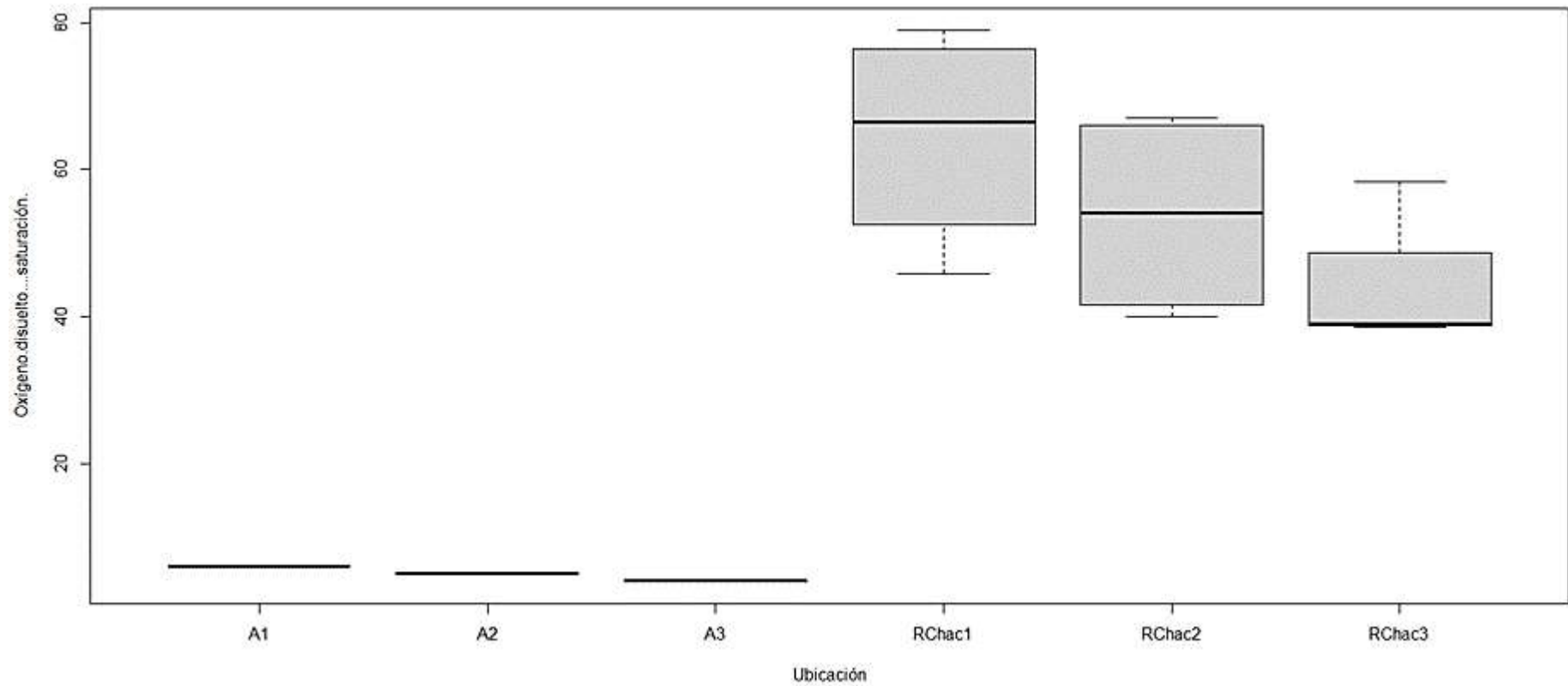
Variación de oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de oxígeno disuelto, % saturación por estaciones de muestreo RChac1, RChac2 y RChac3, a través de la distribución, dispersión y simetría.

Figura 45

Variación de oxígeno disuelto por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3.



Nota. Se observa los diagramas de caja-bigotes (boxplots o box and whiskers) y son una presentación visual que describe la comparación de los valores de oxígeno disuelto, % saturación por estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3) respecto a A1, A2 y A3, a través de la distribución, dispersión y simetría.

4.1.3. Resultados del ICA

4.1.3.1 *Índice de calidad del agua respecto a las fechas de muestreo*

En la tabla 27 se muestra los resultados del cálculo del ICA para las estaciones de muestreo (RChac1, RChac2, RChac3) en la primera fecha del río Chacahuayco.

En la tabla 28 se muestra los resultados del cálculo del ICA para las estaciones de muestreo (RChac1, RChac2, RChac3) en la segunda fecha del río Chacahuayco.

En la tabla 29 se muestra los resultados del cálculo del ICA para las estaciones de muestreo (RChac1, RChac2, RChac3) en la tercera fecha del río Chacahuayco.

En la tabla 30 se muestra los resultados del cálculo del ICA para las estaciones de muestreo (RChac1, RChac2, RChac3) en la cuarta fecha del río Chacahuayco.

Tabla 27

Resultados del cálculo del ICA para las estaciones de muestreo en la primera fecha.

Parámetro	w_i	Estación de muestreo					
		RChac1		RChac2		RChac3	
		Sub_i	$Sub_i * w_i$	Sub_i	$Sub_i * w_i$	Sub_i	$Sub_i * w_i$
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	0,15	59,68	8,95	39,19	5,88	5,87	0,88
pH	0,12	92,50	11,10	92,98	11,16	92,38	11,09
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	0,10	89,29	8,93	89,97	9,00	29,69	2,97
Nitratos (mg/L)	0,10	45,44	4,54	55,44	5,54	43,77	4,38
Fosfatos (mg/L)	0,10	81,48	8,15	100,00	10,00	35,49	3,55
Cambio de temperatura (°C)	0,10	70,00	7,00	55,00	5,50	50,00	5,00
Turbidez (NTU)	0,08	86,77	6,94	86,75	6,94	88,81	7,10
Sólidos disueltos totales (mg/L)	0,08	72,35	5,79	77,78	6,22	77,50	6,20
Oxígeno disuelto (% saturación)	0,17	59,43	10,10	34,94	5,94	29,31	4,98
Índice de Calidad de Agua		ICA₁ =	71,50	ICA₂ =	66,18	ICA₃ =	46,15

Tabla 28

Resultados del cálculo del ICA para las estaciones de muestreo en la segunda fecha.

Parámetro	w_i	Estación de muestreo					
		RChac1		RChac2		RChac3	
		Sub_i	$Sub_i * w_i$	Sub_i	$Sub_i * w_i$	Sub_i	$Sub_i * w_i$
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	0,15	88,03	13,20	88,03	13,20	8,11	1,22
pH	0,12	49,44	5,93	46,11	5,53	49,44	5,93
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	0,10	86,17	8,62	87,58	8,76	21,31	2,13
Nitratos (mg/L)	0,10	49,73	4,97	72,73	7,27	76,71	7,67
Fosfatos (mg/L)	0,10	83,43	8,34	88,72	8,87	42,40	4,24
Cambio de temperatura (°C)	0,10	64,00	6,40	46,93	4,69	37,62	3,76
Turbidez (NTU)	0,08	93,65	7,49	99,37	7,95	91,10	7,29
Sólidos disueltos totales (mg/L)	0,08	70,84	5,67	76,48	6,12	79,07	6,33
Oxígeno disuelto (% saturación)	0,17	38,55	6,55	30,96	5,26	29,66	5,04
Índice de Calidad de Agua		ICA₁ =	67,17	ICA₂ =	67,65	ICA₃ =	43,61

Tabla 29

Resultados del cálculo del ICA para las estaciones de muestreo en la tercera fecha.

Parámetro	w_i	Estación de muestreo					
		RChac1		RChac2		RChac3	
		Sub _i	Sub _i *w _i	Sub _i	Sub _i *w _i	Sub _i	Sub _i *w _i
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	0,15	49,78	7,47	43,77	6,57	7,18	1,08
pH	0,12	93,04	11,16	91,30	10,96	89,77	10,77
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	0,10	53,45	5,35	60,46	6,05	14,05	1,41
Nitratos (mg/L)	0,10	51,01	5,10	47,29	4,73	45,89	4,59
Fosfatos (mg/L)	0,10	96,73	9,67	86,85	8,69	44,16	4,42
Cambio de temperatura (°C)	0,10	54,00	5,40	42,80	4,28	37,62	3,76
Turbidez (NTU)	0,08	85,65	6,85	84,73	6,78	83,90	6,71
Sólidos disueltos totales (mg/L)	0,08	77,52	6,20	78,73	6,30	78,93	6,31
Oxígeno disuelto (% saturación)	0,17	84,69	14,40	71,58	12,17	30,01	5,10
Índice de Calidad de Agua		ICA₁ =	71,60	ICA₂ =	66,53	ICA₃ =	44,15

Tabla 30

Resultados del cálculo del ICA para las estaciones de muestreo en la cuarta fecha.

Parámetro	w_i	Estación de muestreo					
		RChac1		RChac2		RChac3	
		Sub _i	Sub _i * w_i	Sub _i	Sub _i * w_i	Sub _i	Sub _i * w_i
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	0,15	55,12	8,27	43,05	6,46	6,17	0,93
pH	0,12	91,31	10,96	86,76	10,41	72,83	8,74
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	0,10	77,12	7,71	79,69	7,97	17,23	1,72
Nitratos (mg/L)	0,10	56,06	5,61	48,15	4,82	43,44	4,34
Fosfatos (mg/L)	0,10	93,92	9,39	84,03	8,40	47,41	4,74
Cambio de temperatura (°C)	0,10	68,00	6,80	55,00	5,50	43,59	4,36
Turbidez (NTU)	0,08	86,12	6,89	83,09	6,65	80,97	6,48
Sólidos disueltos totales (mg/L)	0,08	74,72	5,98	75,97	6,08	77,72	6,22
Oxígeno disuelto (% saturación)	0,17	79,60	13,53	68,67	11,67	58,08	9,87
Índice de Calidad de Agua		ICA₁ =	75,14	ICA₂ =	67,96	ICA₃ =	47,40

En la tabla 31 se muestra los resultados de la variación del ICA en cada fecha de muestreo y en las estaciones de muestreo establecidas del río Chacahuayco.

Tabla 31

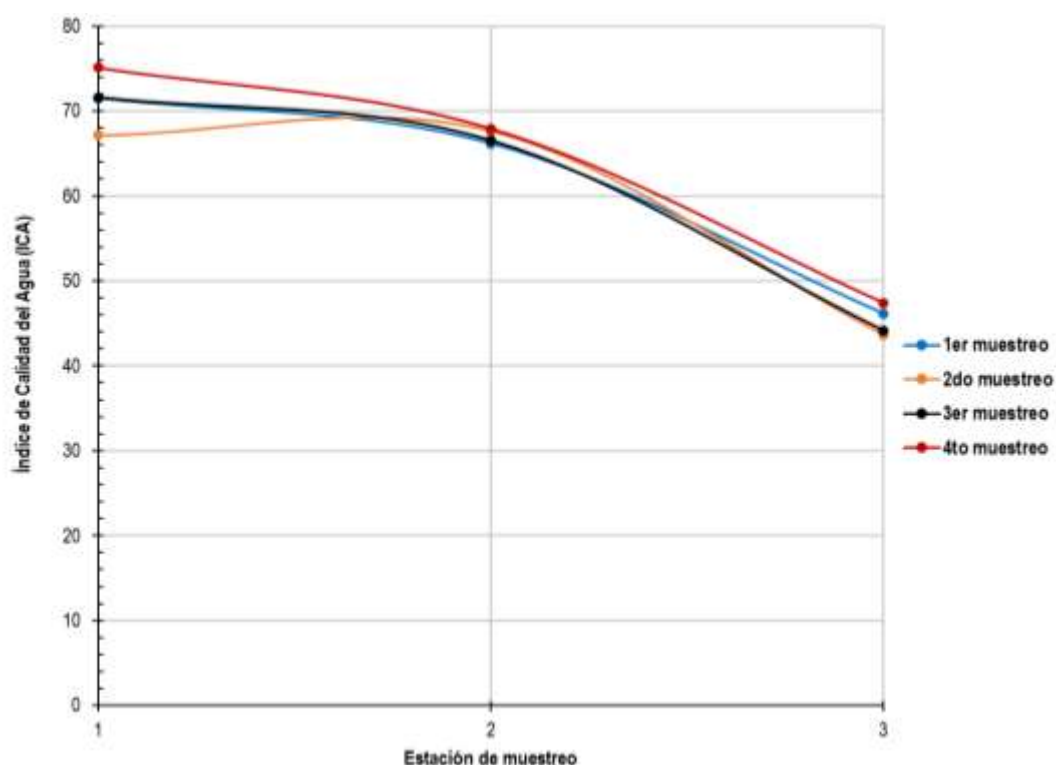
Variación del Índice de Calidad del Agua (ICA) en las estaciones de muestreo.

Estación de muestreo	Nº Estación	ICA			
		1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	4to muestreo
RChac1	1	71,50	67,17	71,60	75,14
RChac2	2	66,18	67,65	66,53	67,96
RChac3	3	46,15	43,61	44,15	47,40

En la figura 46 se presenta la variación del Índice de calidad del agua respecto a las fechas de muestreo y en las estaciones de muestreo establecidas del río Chacahuayco.

Figura 46

Índice de calidad del agua respecto a las fechas de muestreo.



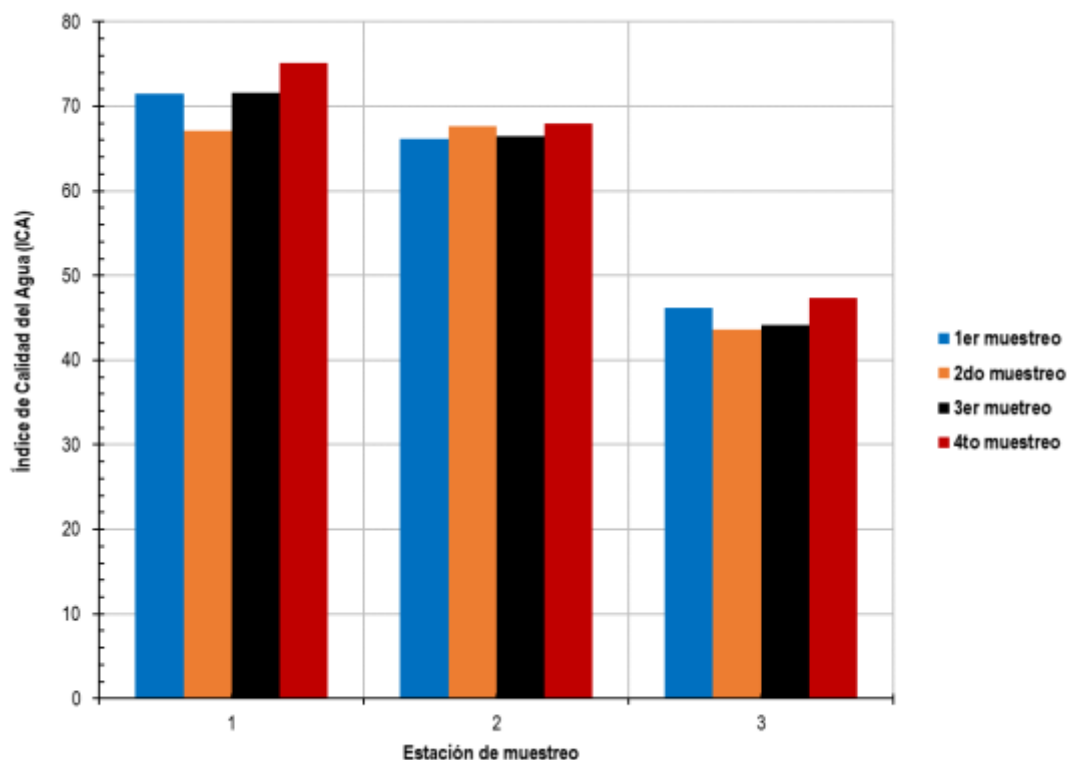
Nota. Se observa la evolución de los índices de calidad del agua (ICA) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

En la figura 47 se presenta la variación del índice de calidad del agua respecto a las

fechas de muestreo y en las estaciones de muestreo establecidas del río Chacahuayco.

Figura 47

Variación del índice de calidad del agua respecto a las fechas de muestreo.



Nota. Se observa la comparación de los resultados de índice de calidad del agua (ICA) por estaciones de muestreo y en cada fecha de muestreo.

4.1.3.2 Índice de calidad del agua respecto a las estaciones de muestreo

En la tabla 32 se muestra los resultados de la variación del Índice de Calidad del Agua (ICA) en las estaciones de muestreo establecidas del río Chacahuayco.

Tabla 32

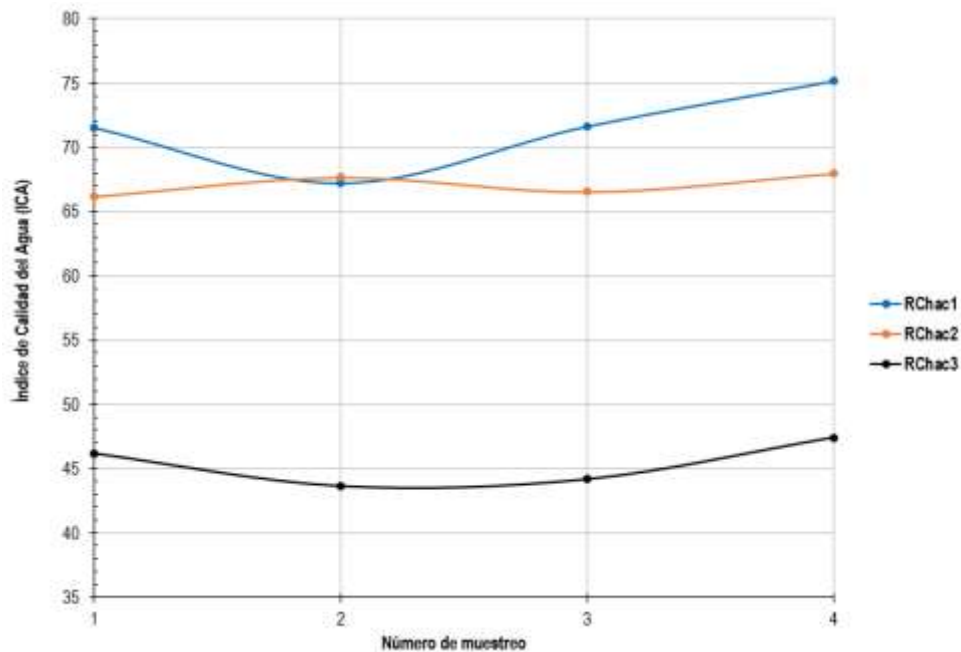
Variación del ICA en cada fecha de muestreo.

Número de muestreo	Estación de muestreo		
	RChac1	RChac2	RChac3
1	71,50	66,18	46,15
2	67,17	67,65	43,61
3	71,60	66,53	44,15
4	75,14	67,96	47,40

En la figura 48 se presenta la variación del ICA en cada fecha de muestreo y en las estaciones de muestreo establecidas del río Chacahuayco.

Figura 48

Variación del ICA en cada fecha de muestreo.

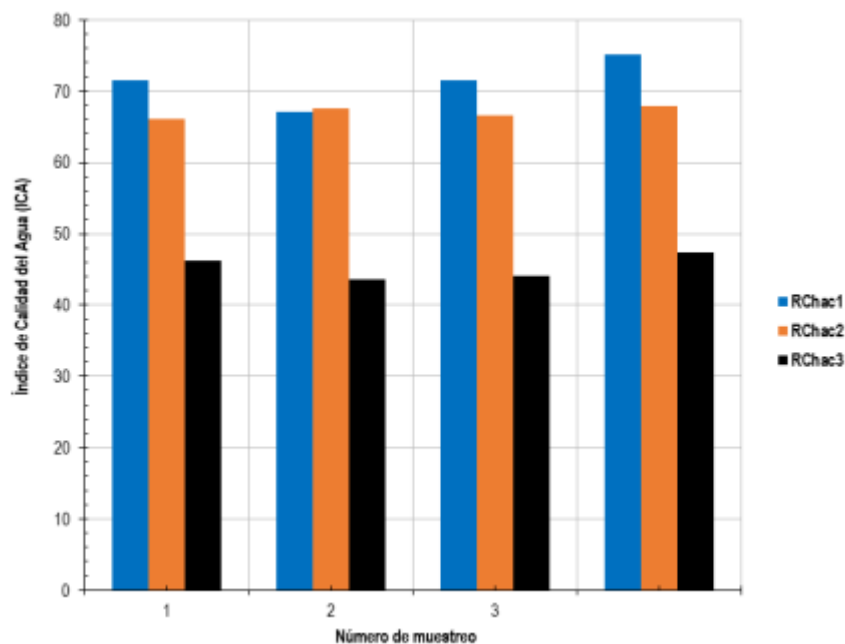


Nota. Se observa la evolución de los índices de calidad del agua (ICA) por fecha de muestreo y en cada estación de muestreo.

En la figura 49 se presenta la variación del ICA en cada fecha de muestreo y en las estaciones de muestreo establecidas del río Chacahuayco.

Figura 49

Variación del ICA en cada estación de muestreo.



Nota. Se observa la comparación de los resultados de índice de calidad del agua (ICA) por fecha de muestreo y en cada estación de muestreo.

4.1.3.3 Correlación del ICA en relación a las estaciones de muestreo

En la tabla 33 se presenta la correlación del ICA respecto a las estaciones de muestreo establecidas del río Chacahuayco.

En la tabla 34 se muestra la correlación lineal del ICA respecto a las estaciones de muestreo establecidas del río Chacahuayco.

Tabla 33*Metales pesados respecto a las estaciones de muestreo*

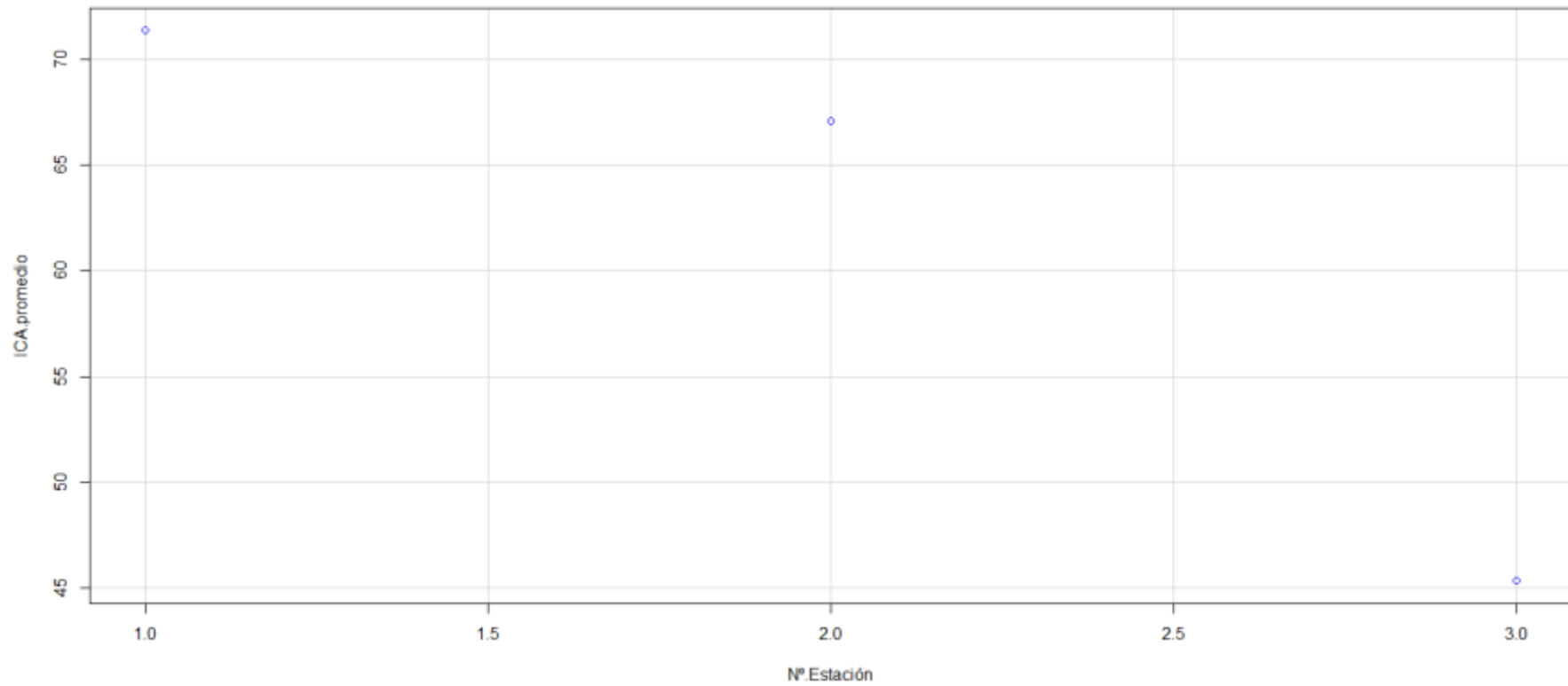
Parámetros	Primera fecha			Segunda fecha			Tercera fecha			Cuarta fecha			ECA		
	RChac1	RChac2	RChac3	RChac1	RChac2	RChac3	RChac1	RChac2	RChac3	RChac1	RChac2	RChac3	A1	A2	A3
Arsénico (mg/L As)	0,00630	0,00154	0,00446	0,00231	0,00144	0,00346	0,00225	0,00132	0,00143	0,00125	0,00182	0,00129	0,01000	0,01000	0,15000
Hierro (mg/L Fe)	0,05082	0,06069	0,00235	0,04072	0,03168	0,00185	0,00000	0,00097	0,00153	0,00050	0,00082	0,00148	0,30000	100,000	500,000
Aluminio (mg/L Al)	0,00569	0,00053	0,00360	0,50348	0,42955	0,47851	0,05038	0,12933	0,31851	0,02012	0,16334	0,29544	0,90000	500,000	500,000
Cromo total (mg/L Cr)	0,00000	0,00000	0,00000	0,00047	0,00249	0,00277	0,00017	0,00025	0,00172	0,00050	0,00044	0,00174	0,05000	0,05000	0,05000
Cobre (mg/L Cu)	1,29580	0,64532	0,25039	0,00584	0,00963	0,00000	0,00814	0,00665	0,00378	0,00323	0,00399	0,00400	200,000	200,000	200,000
Plomo (mg/L Pb)	0,00688	0,01483	0,04542	0,00726	0,01893	0,04018	0,00526	0,00993	0,03182	0,00167	0,00894	0,03523	0,01000	0,0500	0,0500
Cadmio (mg/L Cd)	0,00167	0,00035	0,00035	0,00030	0,00098	0,00000	0,00021	0,00076	0,00006	0,00066	0,00093	0,00010	0,00300	0,0050	0,01000
Zinc (mg/L)	0,00962	0,02496	0,06103	0,00000	0,00500	0,01900	0,00010	0,00475	0,02000	0,00023	0,00299	0,02230	300,000	500,000	500,000

Tabla 34*Promedio de metales pesados respecto a las estaciones de muestreo*

Parámetros	Promedio			ECA		
	RChac1	RChac2	RChac3	A1	A2	A3
Arsénico (mg/L As)	0,00303	0,00153	0,002660	0,01000	0,01000	0,15000
Hierro (mg/L Fe)	0,02301	0,02354	0,0018025	0,30000	100,000	500,000
Aluminio (mg/L Al)	0,14492	0,18069	0,274015	0,90000	500,000	500,000
Cromo total (mg/L Cr)	0,00029	0,00080	0,0015575	0,05000	0,05000	0,05000
Cobre (mg/L Cu)	0,32825	0,16640	0,0645425	200,000	200,000	200,000
Plomo (mg/L Pb)	0,00527	0,01316	0,0381625	0,01000	0,05000	0,05000
Cadmio (mg/L Cd)	0,00071	0,00076	0,0001275	0,00300	0,00500	0,01000
Zinc (mg/L)	0,00249	0,00943	0,0305825	300,000	500,000	500,000

Figura 50

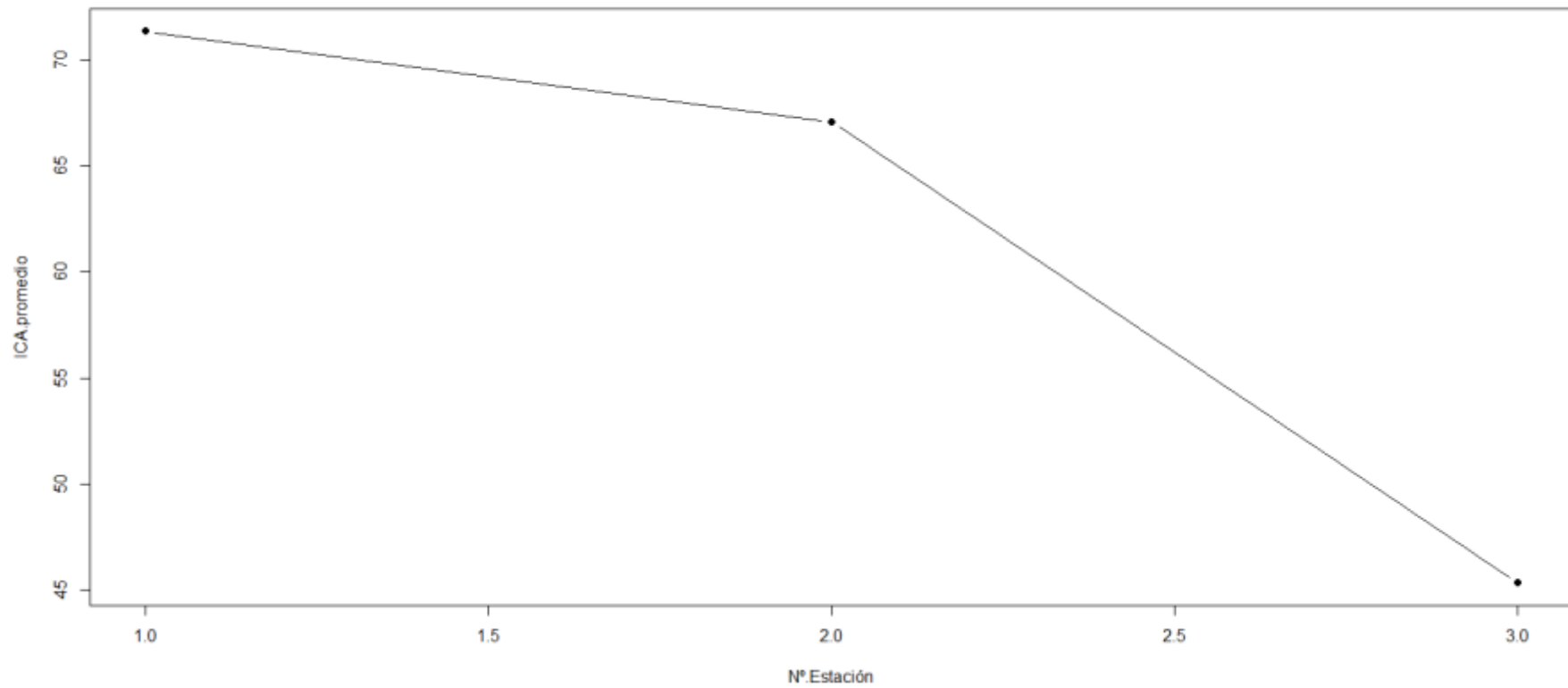
Correlación del ICA respecto a las estaciones de muestreo



Nota. Se observa la correlación puntual de los índices de calidad del agua promedio (ICA promedio) por estación de muestreo.

Figura 51

Correlación lineal del ICA respecto a las estaciones de muestreo

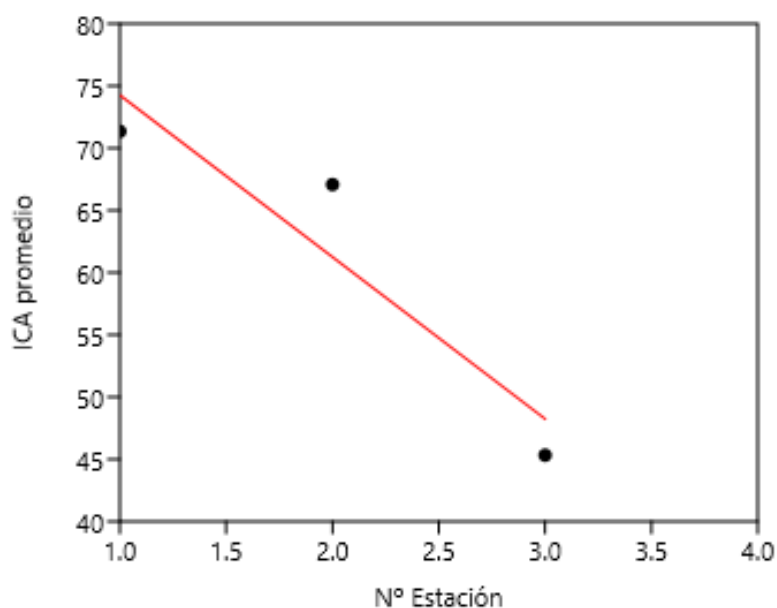


Nota. Se observa la correlación lineal de los índices de calidad del agua promedio (ICA promedio) por estación de muestreo.

En la figura 52 se presenta la correlación linealizada del ICA respecto a las estaciones de muestreo establecidas del río Chacahuayco,

Figura 52

Correlación linealizada del ICA respecto a las estaciones de muestreo



Nota. Se observa la correlación linealizada de los índices de calidad del agua promedio (ICA promedio) por estación de muestreo.

En la tabla 35 se muestra la regresión lineal de la correlación del ICA en relación a las estaciones de muestreo establecidas del río Chacahuayco,

Tabla 35

Regresión lineal de la correlación del ICA en relación a las estaciones de muestreo,

Ordinary Least Squares Regression: Nº Estación-ICA promedio	
Slope a: -13,01	Std, error a: 5,046
t: 2,5783	p (slope): 0,23555
Intercept b: 87,273	Std, error b: 10,901
Slope a: (-21,75, -4,27)	Intercept b: (63,967, 98,927)
Correlation:	
r: -0,93233	r2: 0,86924
t: -2,5783	p (uncorr.): 0,23555
Permutation p: 0,3362	

Spearman's rank correlation rho

Data: ICA,promedio and N°,Estación

S = 8, p-value = 0,3333

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates: rho = -1

Pearson's product-moment correlation

Data: ICA,promedio and N°,Estación

t = - 2,5788, df = 1, p-value = 0,2355

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

sample estimates: cor = - 0,9323522

Kendall's rank correlation tau

Data: ICA,promedio and N°,Estación

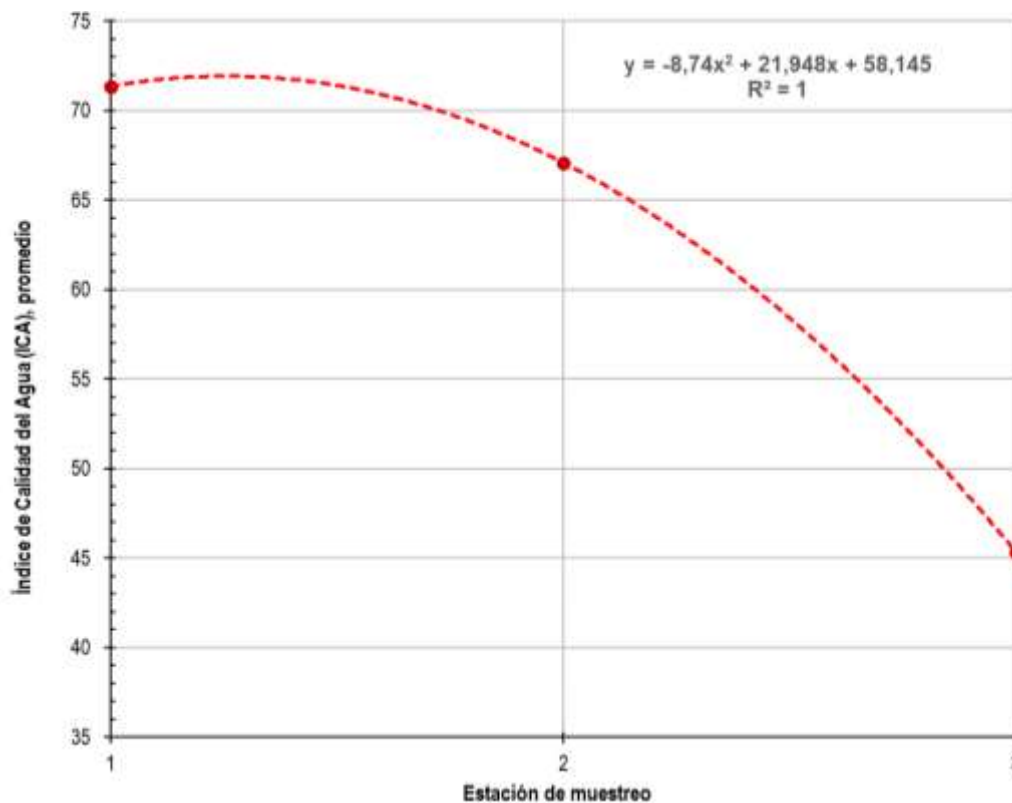
T = 0, p-value = 0,3333

alternative hypothesis: true tau is not equal to 0

sample estimates: tau = - 1

Figura 53

Correlación polinómica del ICA respecto a las estaciones de muestreo



Nota. Se observa la correlación polinómica de los índices de calidad del agua promedio (ICA promedio) por estación de muestreo.

4.2. Discusión de los Resultados

4.2.1.1 *Análisis estadístico comparativo estaciones de muestreo*

Se realizó el análisis estadístico comparativo en las estaciones de muestreo para ello se usó como base los resultados presentados en la tabla 15, ordenamiento en resumen de las determinaciones de parámetros de calidad del agua en las estaciones de muestreo establecidas por muestreo del río Chacahuayco, en el procesador de datos programa estadístico The R Foundation for Statistical Computing Platform (R-4,3,2 for Windows), Los resultados estadísticos del parámetro Coliformes Fecales, tabla 16, indican la media (mean) en cada punto de muestreo RChac1, 21,00; RChac2, 64,25; RChac3, 15250,00 y la subcategoría A1, 50,00, La desviación estándar (sd), indica que tan dispersos están los datos y su comparación en las estaciones de muestreo, presenta la mayor dispersión en la estación RChac3, 4573,47424; seguida en RChac2, 45,15436 y menor dispersión en RChac1, 1,85350, El rango intercuartil (IQR) indica las medidas de posición en el orden de menor agrupación de datos para la estación RChac1, seguida de RChac2 y RChac 3, así como en los porcentajes de 0, 25, 50, 75 y 100%, El coeficiente de variación (CV) indica la comparación de los datos en cada estación de muestreo, en todas las estaciones de muestreo presentan CV valores menores a 30, lo cual indica menores dispersiones de datos, En la figura 33 se observa la variación de Coliformes Fecales por estaciones de muestreo respecto a A1, presentando para RChac1 y RChac2 no existen diferencias significativas respecto a A1; mientras que para la estación RChac3 si existe diferencias significativas; en la figura 34 se observa esta comparación respecto a la variación de log de coliformes fecales por estaciones de muestreo respecto a A1, en el caso de RChac1 los valores se encuentran por debajo de lo establecido para A1, Por lo tanto, según (Ministerio del Ambiente, 2017) en la estación RChac1 respecto a este parámetro el valor promedio se encuentra debajo del A1, es agua que corresponde a la categoría, subcategoría A, aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano, A1, aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente; seguida de la estación RChac2, el valor promedio supera a la subcategoría A1, requiere desinfección para ser potabilizada y en la estación RChac3 el valor promedio de supera muy altamente a lo establecido y no califica a la subcategoría A1,

Los resultados estadísticos del parámetro pH, tabla 17, resumen estadístico del parámetro pH por estaciones de muestreo establecidas del río Chacahuayco, indican la media en cada punto de muestreo RChac1, 5,775; RChac2, 5,800; RChac3, 9,325 y A1 (6,5 a 8,5), La desviación estándar presenta la mayor dispersión en la estación de muestreo RChac3, 2,986079; seguida de la estación RChac1, 2,124200 y menor dispersión en RChac2, 1,652904, El IQR presenta el orden de menor agrupación de datos para la estación RChac2, seguida de RChac1 y RChac 3, así como en los porcentajes de 0, 25, 50, 75 y 100%, El CV en todas las estaciones de muestreo presentan valores menores a 30, lo cual indica menores dispersiones de datos, En la figura 35 se observa la variación de pH por estaciones de muestreo respecto a A1 para los promedios de las estaciones RChac1, RChac2 y RChac3; no existen diferencias significativas respecto a A1; sin embargo, en RChac3 se puede observar un mayor número de datos superan el rango dispuesto para A1, Por lo tanto, según (Ministerio del Ambiente, 2017) en las estaciones RChac1, RChac2 RChac3, según los promedios en cada estación, respecto a esta parámetro es agua que califica a la subcategoría A1, aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente; pero existe fluctuación en los datos registrados lo cual sugiere un control de este parámetro,

Los resultados estadísticos del parámetro DBO₅ mg O₂/L, tabla 18, presenta la media en cada estación, RChac1, 2,7325; RChac2, 2,3275; RChac3, 14,7500 y la subcategoría A1, 3,0, subcategoría A2, 5,0 y A3, 10,00, La desviación estándar (sd), presenta mayor dispersión en la estación de muestreo RChac3, 4,530912; seguida de la estación RChac2, 2,546894 y menor dispersión en RChac1, 2,288194, El IQR presenta el orden de menor agrupación de datos para la estación RChac1, seguida de RChac2 y RChac 3, así como en los porcentajes de 0, 25, 50, 75 y 100%, El CV en todas las estaciones de muestreo presentan valores menores a 30, lo cual indica menores dispersiones de datos, En la figura 35 se observa la variación de DBO₅ mg O₂/L por estaciones de muestreo respecto a las subcategorías A1 y A2 para los promedios de las estaciones RChac1 RChac2 no existen diferencias significativas respecto a las subcategorías A1 y A2, con valores promedios se encuentran por debajo de lo establecido; sin embargo, en la estación RChac3 si existe diferencias significativas y también se puede observar que el valor promedio está muy por encima a lo establecido en A1, A2 y A3, Por lo tanto, según (Ministerio del Ambiente, 2017) en las estaciones RChac1, RChac2 RChac3, según los promedios en cada

estación, respecto a este parámetro es agua que califica a la subcategoría A1, aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente; pero existe fluctuación en los datos registrados lo cual sugiere un control de este parámetro; en el caso de la estación RChac 3 no califica para las subcategorías A1, A2 y A3,

Los resultados estadísticos del parámetro nitratos mg/L, tabla 19, indican la media en cada punto de muestreo RChac1, 9,910; RChac2, 8,725; RChac3, 10,170 y A1, A2 y A3 50,0, La desviación estándar (sd), indica mayor dispersión en la estación de muestreo RChac3, 3,755485; seguida de la estación RChac2, 2,360233 y menor dispersión en RChac1, 1,163816, El IQR presenta el orden de menor para la estación RChac1, seguida de RChac2 y RChac 3, así como en los porcentajes de 0, 25, 50, 75 y 100%, El CV en todas las estaciones de muestreo presentan valores menores a 30, lo cual indica menores dispersiones de datos, En la figura 37 se observa la variación de nitratos mg/L por estaciones de muestreo respecto a A1, A2 y A3 para los promedios de las estaciones RChac1, RChac2 y RChac3 existen diferencias significativas respecto a A1, A2 y A3 con valores promedios por muy debajo de lo establecido, Por lo tanto, según (Ministerio del Ambiente, 2017) en las estaciones RChac1, RChac2 RChac3, los promedios en cada estación no califica a la subcategoría A1, ni a A2 y A3, considerándose que este parámetro no sería determinante para su potabilización,

Los resultados estadísticos del parámetro fosfatos mg/L, tabla 20, indican la media en RChac1, 0,09250; RChac2, 0,08275; RChac3, 0,92750 y A1 0,1, A2 0,15 y A3 0,15, La desviación estándar (sd), indica mayor dispersión en la estación de muestreo RChac3, 0,19328304; seguida de la estación RChac1, 0,06749568 y menor dispersión en RChac2, 0,05806534, El IQR presenta el orden de menor para la estación RChac2, seguida de RChac1 y RChac3, así como en los porcentajes de 0, 25, 50, 75 y 100%, El CV en todas las estaciones de muestreo presentan valores menores a 30, lo cual indica menores dispersiones de datos, En la figura 38 se observa la variación de fosfatos mg/L, para los promedios de las estaciones RChac1, RChac2 no existen diferencias significativas con valores promedios por debajo de lo establecido; para la estación RChac3 existe diferencias significativas con valor promedio muy encima de lo establecido en A1, A2 y A3, Por lo tanto, según (Ministerio del Ambiente, 2017) en las estaciones RChac1, RChac2, según los promedios en

cada estación, no califican a la subcategoría A1, A2 y A3, este parámetro no es determinante en la potabilización, es decir posee condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección; sin embargo en RChac3, el valor medio indica que no califica para A1, A2 y A3 este parámetro si es determinante y requiere tratamiento,

Los resultados estadísticos del parámetro cambio de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) por estaciones de muestreo, tabla 21, indican que la media en cada punto de muestreo RChac1, 3,600; RChac2, 5,025; RChac3, 5,925 y A1, $\Delta 3$ (variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada) aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, A2, $\Delta 3$ aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y A3, $\Delta 3$ aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado correspondientes a la categoría 1, poblacional y recreacional, subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, La desviación estándar (sd), la mayor dispersión en la estación de muestreo RChac3, 0,7228416; seguida de la estación RChac1, 0,7118052 y menor dispersión en RChac2, 0,6396614, El IQR presenta el orden de menor para la estación RChac1, seguida de RChac2 y RChac3, así como en los porcentajes de 0, 25, 50, 75 y 100%, El CV en todas las estaciones de muestreo presentan valores menores a 30, lo cual indica menores dispersiones de datos, En las figuras 39 y 40 se observa la variación de cambio de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) por estaciones de muestreo y respecto a A1, A2 y A3 para los promedios de las estaciones RChac1, RChac2 y RChac3 no existen diferencias significativas con valores promedios dentro de $\Delta 3$ establecido en A1, A2 y A3,

Los resultados estadísticos del parámetro turbidez NTU por estaciones de muestreo, tabla 22, indica la media en cada punto de muestreo RChac1, 3,5700; RChac2, 3,6550; RChac3, 4,3825; A1, 5,0 aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, A2, 100,00 aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional correspondientes a la categoría 1, poblacional y recreacional, subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, La desviación estándar (sd), la mayor dispersión en la estación de muestreo RChac2, 2,437218; seguida de la estación RChac3, 1,961689 y menor dispersión en RChac1, 1,327378, El IQR presenta el orden de menor para la estación RChac1, seguida de RChac2 y RChac3, así como en los porcentajes de 0, 25, 50, 75 y 100%, El CV en todas las estaciones de muestreo presentan valores menores a 30, lo cual indica

menores dispersiones de datos, En la figura 41 se observa la variación de turbidez NTU por estaciones de muestreo y respecto a A1 y A2 para los promedios de las estaciones RChac1, RChac2 y RChac3 no existen diferencias significativas con valores promedios de lo establecido en A1, mientras que respecto a A2 si existe diferencias significativas con respecto a las estaciones RChac1 RChac2 y RChac3 con valores promedios por debajo de lo establecido en A2,

Los resultados estadísticos del parámetro sólidos disueltos totales mg/L por estaciones de muestreo, tabla 23, indica la media en cada punto de muestreo RChac1, 199,8525; RChac2, 172,7750; RChac3, 163,7700; A1, 1000 aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, A2, 1000 aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y A3 1500 aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado correspondientes a la categoría 1, poblacional y recreacional, subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, La desviación estándar (sd), la mayor dispersión en la estación de muestreo RChac1, 23,124396; seguida de la estación RChac2, 10,525010 y menor dispersión en RChac3, 6,966367, El IQR presenta el orden de menor para la estación RChac3, seguida de RChac2 y RChac1, así como en los porcentajes de 0, 25, 50, 75 y 100%, El CV en todas las estaciones de muestreo presentan valores menores a 30, lo cual indica menores dispersiones de datos, En las figuras 42 y 43 se observa la variación de sólidos disueltos totales mg/L por estaciones de muestreo y respecto a A1, A2 y A3 para los promedios de las estaciones RChac1, RChac2 y RChac3 existen diferencias significativas con valores promedios de lo establecido en A1, A2 y A3 con valores promedios por debajo de lo establecido en A1, A2; mientras con A3 la diferencia significativa es mucho mayor,

Los resultados estadísticos del parámetro oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo, tabla 24, indica la media en cada punto de muestreo RChac1, 64,450; RChac2, 53,775; RChac3, 43,750; A1, 6,0 aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, A2, 5,0 aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y A3 4,0 aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado correspondientes a la categoría 1, poblacional y recreacional, subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, La desviación estándar (sd), la mayor dispersión en la estación de muestreo RChac1, 14,953595; seguida de la estación RChac2, 14,145052 y menor dispersión en RChac3, 9,703092, El IQR presenta el orden de menor para la estación RChac3,

seguida de RChac2 y RChac1, así como en los porcentajes de 0, 25, 50, 75 y 100%, El CV en todas las estaciones de muestreo presentan valores menores a 30, lo cual indica menores dispersiones de datos, En las figuras 44 y 45 se observa la variación de oxígeno disuelto (% saturación) por estaciones de muestreo y respecto a A1, A2 y A3 para los promedios de las estaciones RChac1, RChac2 y RCHac3 existen diferencias significativas con valores promedios de lo establecido en A1, A2 y A3 con valores promedios por encima de lo establecido,

Para el cálculo del índice de Calidad de Agua (ICA) se consideran los parámetros fisicoquímicos y biológicos que se indican en la tabla 2, que son coliformes fecales, pH, DBO₅, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto,

Para la determinación del “ICA” intervienen 9 parámetros, observando que tiene mayor peso específico el porcentaje de saturación de oxígeno (17 %) y coliformes fecales (15 %), representando ambos el 32 % del total; y los de menor peso específico la turbidez (8 %) y sólidos disueltos totales (8 %), representado el 16 % del total (Bonilla, y otros, 2010),

Para calcular el ICA se asigna el peso específico (w_i) de acuerdo con la tabla 2 para cada uno de los parámetros, Luego se determinan los valores de los subíndices (Sub_i) para cada parámetro, utilizando las figuras del 4 al 12, Se calcula el ICA con la siguiente ecuación (Bonilla, y otros, 2010):

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

En las tablas 25 al 28 se presentan los valores del peso específico y de los subíndices para cada uno de los parámetros y el resultado del valor del ICA respectivo, para cada una de las estaciones de muestreo,

A partir de las tablas 25 al 28, se establece un consolidado de los resultados del ICA, para observar la variación del Índice de Calidad del Agua del río Chacahuayco en función a las fechas de muestreo y las estaciones de muestreo, los mismos que se presentan en las tablas 29 y 30, y en las figuras 47 al 49,

Los resultados determinados del ICA en la tabla 29 y en las figuras 46 y 47, se observa que en la estación de muestreo RChac1 en todas las fechas determinadas

es mayor a las demás estaciones de muestreo, También se puede apreciar que en la estación de muestreo RChac3, ubicado después de la laguna de oxidación de las aguas residuales del centro poblado Raccaya son los que tienen menores valores de ICA en todos los casos evaluados, esto es debido a la contaminación río arriba,

Según estableció Bonilla et al, (2010), podemos observar en la tabla 29, el ICA de la estación de muestreo RChac1, el agua del río Chacahuayco es de buena calidad correspondiente a todas las fechas muestreadas, En la estación de muestreo RChac2 muestran como resultado en todas las fechas de muestreo de calidad regular, En la estación de muestreo RChac3 en todas las fechas de muestreadas son de mala calidad,

En todas las fechas de muestreo, se presentó calidad mala en la estación RChac3, los parámetros que afectaron la calidad del agua del río Chacahuayco fueron: Coliformes fecales (Sub_i desde 5,87 hasta 8,11), DBO_5 (Sub_i desde 14,05 hasta 29,69), fosfatos (Sub_i desde 42,40 hasta 47,41) y oxígeno disuelto (Sub_i desde 29,31 hasta 58,08),

Los resultados obtenidos que se presentan en las tablas 29 y 30, las figuras 46 al 49, indicaron que la calidad del agua en el río Chacahuayco, en base al método del índice de Calidad del Agua (ICA) varía desde calidad buena a mala, siendo en la parte alta de buena calidad (Estación RChac1) y en la parte baja mala (Estación RChac3),

Los resultados que se presentan en la tabla 50 respecto a la presencia de metales pesados del río Chacahuayco, comparados con el ECA de la categoría A2 y A3, en ningún caso de las estaciones en las fechas muestreadas superan los valores establecidos, Con referencia a la categoría A1, los metales analizados no superan los valores establecidos en el ECA, a excepción del plomo en las estaciones RChac2 y RChac3, que superan ligeramente en las tres fechas de muestreo,

En la tabla 51, se muestra los promedios de las concentraciones en ppm de los metales pesados analizados, observándose en ningún caso supera a los valores establecidos en las categorías A1, A2 y A3,

Comparando la correlación linealizada en las figuras 52 al 55 respecto a la correlación polinómica, el R^2 igual a 1, indica que la variación del índice de calidad ICA, tiene un modelo de comportamiento polinómico, en el periodo de estudio,

CONCLUSIONES

1. El índice de calidad del agua del río Chacahuayco, Centro Poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo, se determinó para las tres estaciones de muestreo en el año 2022, teniendo en cuenta los nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que establece el método del ICA. La evaluación realizada refleja el deterioro de la calidad del agua desde la estación RChac1 de calidad buena (71,35); la estación RChac2 de calidad regular (67,08); hasta la estación RChac3 de calidad mala (45,33).
2. Los valores promedio de los parámetros que determinan el Índice de Calidad del agua del río Chacahuayco, en el año 2022, son los siguientes:
 - Coliformes fecales (NMP/100 mL): RChac1, 21,00; RChac2, 64,25; RChac3, 15250,00,
 - pH: RChac1, 5,775; RChac2, 5,800; RChac3, 9,325,
 - DBO₅ mg O₂/L: RChac1, 2,7325; RChac2, 2,3275; RChac3, 14,7500,
 - Nitratos mg/L: RChac1, 9,910; RChac2, 8,725; RChac3, 10,170,
 - Fosfatos mg/L: RChac1, 0,09250; RChac2, 0,08275; RChac3, 0,92750,
 - Cambio de temperatura °C: RChac1, 3,600; RChac2, 5,025; RChac3, 5,925,
 - Turbidez NTU: RChac1, 3,5700; RChac2, 3,6550; RChac3, 4,3825,
 - Sólidos disueltos totales mg/L: RChac1, 199, 8525; RChac2, 172,7750; RChac3, 163,7700,
 - Oxígeno disuelto (% saturación): RChac1, 64,450; RChac2, 53,775; RChac3, 43,750.
3. La escala del índice de calidad (ICA) del agua del río Chacahuayco, en el año 2022, cuyos promedios en cada estación de muestreo son los siguientes: RChac1 = 71,35 (calidad buena); RChac2 = 67,08 (calidad regular) y RChac3 = 45,33 (calidad mala).
4. Los metales pesados que tienen concentración (ppm) significativa son: arsénico, hierro, aluminio, cromo, cobre, plomo, cadmio y zinc, Comparado la concentración promedio con los valores establecidos en los estándares de calidad del agua en las tres estaciones de muestreo (RChac1, RChac2 y RChac3), en ningún caso supera los niveles establecidos en cada uno de las categorías (A1, A2 y A3), denominadas agua con posibilidades de potabilización.

RECOMENDACIONES

- Monitorear y evaluar el tratamiento de las aguas residuales de manera que se garantice la descarga a los cuerpos de agua en la cuenca río abajo sin contaminarlo,
- De acuerdo a los resultados obtenidos en el periodo de estudio, la estación de muestreo RChac1, agua de calidad buena, es el mejor lugar para considerar como fuente de captación en el proceso de potabilización para el centro poblado de Racchaya,
- Se recomienda el cumplimiento de los reglamentos y normas de calidad del agua ECA y los límites máximos permisibles LMP con fines de potabilización del agua y agua para consumo humano correspondiente,

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcarraz, T. B. (2013). *Características físico-químicas y determinación de la calidad del agua del río Yucaes Ayacucho - 2013*. Ayacucho - Perú: UNSCH.
- Alvarez, A. P. (2006). *Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción*. Buenos aires - Argentina: Phytón.
- ANA. (2017). *Recursos Hídricos y Reglamento de Delimitación de Fajas Marginales*. Lima - Perú: Dirección de Conservación de Recursos Hídricos.
- Arellano, J., & Guzman, J. (2011). *Ingeniería Ambiental* (Primera ed.). México: Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. Mexico: Pearson Cuarta Edición .
- Bonilla, B., Carranza, F., Flores, J., Gonzáles, C., Arias, A., & Chávez, J. (2010). *Metodología analítica para la determinación del índice de calidad del agua (ICA)* (Primera ed.). El Salvador: Universitaria (UES).
- Chang, R., & Goldsby, K. (2017). *Química* (Duodécima ed.). México: McGraw-Hill/interamericana editores, S.A. de C.V.
- Chávez Martínez, L. N. (2015). *Evaluación espacial y temporal del índice de calidad del agua del río Cazones en Coatzintla*. México: Universidad Veracruzana.
- Enciclopedia Medioambiental. (06 de Marzo de 2017). *Ambientum.com*. Recuperado el 06 de Marzo de 2017, de Ambientum.com: http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Rios.asp
- Gómez, S., & Velosa, A. (9 de Noviembre de 2009). Cálculo de cargas e índices de contaminación en la cuenca principal del río Pamplonita. *Informe*. Bucaramanga, Colombia.
- Gonzalez, J. (07 de Febrero de 2018). *El agua: joseg.blogspot.pe*. Obtenido de joseg.blogspot.pe: <http://bioquimica-205joseg.blogspot.pe/2016/04/>
- Manahan, S. E. (2006). *Introducción a la química ambiental*. Mexico: Reverté.
- Manahan, S. E. (2007). *Química Ambiental*. México: Reverté.

- Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para Agua. DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM*.
- Pérez Alvarado, J. K. (2017). *Determinación del índice de calidad del agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales–Omo, durante el periodo 2014–2015*. Moquegua - Perú: Universidad José Carlos Mariátegui.
- Ramírez, A. R. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación. *Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1 (3):135 - 153.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua evaluación y diagnóstico*. Bogota - Colombia: Ediciones de la U conocimientos y su alcance.
- SPDA. (2017). *Implementación de la Comisión Nacional de Gestión Ambiental*. Lima - Perú: Comisión Nacional de Gestión Ambiental del Poder Judicial.
- Teves Aguirre, B. M. (2016). *Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Caca, región Lima*. Lima - Perú: PUCP.
- Tomaylla, N. (2016). *Diseño, construcción y evaluación de un sistema de cloración por goteo en la desinfección de agua para consumo de la comunidad de Capillapata - Los Morochucos - Cangallo, Ayacucho - 2016*. Ayacucho- Perú: Repositorio UNSCH.

ANEXOS

ANEXO 1 Panel imágenes Google Earth

ANEXO 1.1.

Vista general de los puntos de muestreo respecto a la Minera Catalina Huanca y C.P. Raccaya



18 L 609709,66 m E 8450839,41 m S



ANEXO 1.2.

Punto de muestreo 1



ANEXO 1.3.

Punto de muestreo 2



ANEXO 1.4.

Punto de muestreo 3



ANEXO 1.5.

Punto de muestreo 1, 2, 3



ANEXO 1.6.

Punto de muestreo 1, 2, 3 respecto a la ciudad de Huamanga, Ayacucho



ANEXO 1.7.

Punto de muestreo 1, 2, 3 respecto a Huancapi capital de provincia Víctor Fajardo



**ANEXO 2 Panel fotográfico del Río Chacahuayco, Centro Poblado Raccaya,
Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho**





ANEXO 3 Panel fotográfico equipos de análisis in situ

Anexo 3.1.

Turbidímetro



Turbidímetro portátil EZDO TUB-430. tecnología de punta con microprocesador integrado. Características: Microprocesador basado para mediciones rápidas y precisas. Método de medición ISO 7027. Gran pantalla LCD de 45 x 25 mm para una lectura cómoda. Las unidades NTU, FTU, EBC son modificables. La función de memoria almacena y recupera hasta 150 puntos. Alarma de batería baja y apagado automático después de 10 minutos de inactividad. Accesorios para kit completo: Conjunto de solución estándar: 0, 20, 100, 800NTU. Prueba de vidrio botella x 2. Agua destilada, Ropa limpia, Vaso, Batería, Estuche de transporte. Presupuesto: Rango: 0 ~ 19,99 NTU; 20,0 ~ 199,9 NTU; 200 ~ 1000 NTU. Resolución: 0,01 / 0,1 / 1 NTU. Exactitud: $\pm 3\%$ de lectura + 1 dígito a <500 NTU $\pm 5\%$ de lectura + 1 dígito a > 500 NTU.

Anexo 3.2.

Multiparámetro



Oakton™ Comprobador de pH/Cond/TDS/salinidad resistente al agua TestR PCTS 50. Exactitud (conductividad). ± 1 %. Exactitud (TDS) ± 1 %. Duración de la batería. +150 h. Calibración. 3 puntos. Canales. 1. Clasificación IP. IP 67. Intervalo (conductividad). 0 a 20,00 mS. Intervalo (salinidad). 0 a 10,00 ppt. Resolución (pH). 0,01. Teclado. Membrana. Memoria. Datos de retención. Tipo de sonda. sonda multiparamétrica integral. Resolución (conductividad). 0,1 μ S. 1 μ S; 0,01 mS. Estabilidad. Indicador de marca de verificación. Compensación de la temperatura. automático. Temperatura de funcionamiento. 5 °C a 45 °C. Resolución de temperatura. 0,1 °C. Exactitud (pH). $\pm 0,01$. Retroiluminación. sí. Batería. 4 AAA. Puntos de calibración. 3. Tipo de pantalla. gráficos. 80 x 100 píxeles. Measurement Modes. pH, conductividad, SDT, salinidad, temperatura. Intervalo (pH) -1 hasta 15. Intervalo (TDS). 0 a 10,00 ppt. Intervalo de temperatura (métrico) 0 °C a 60 °C.

Anexo 3.3.

GPS

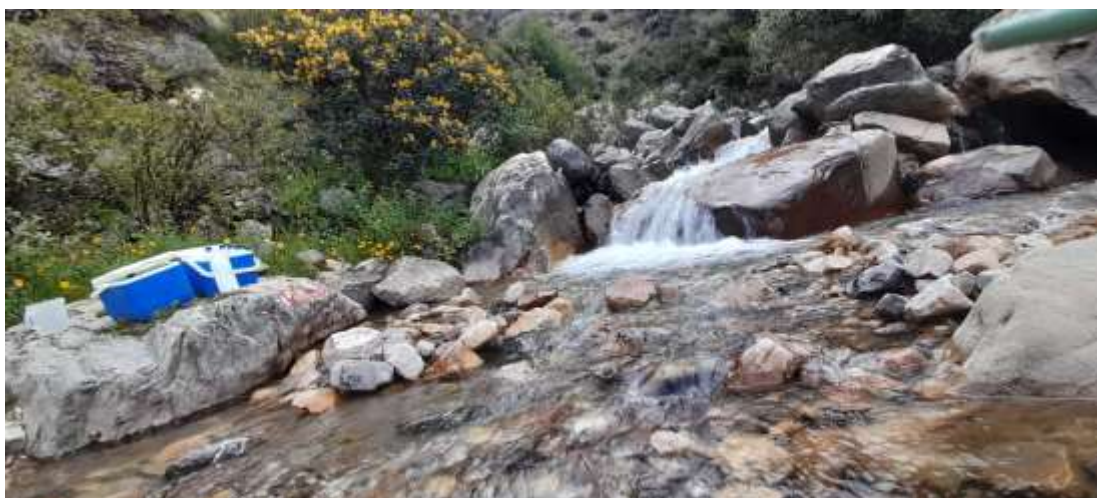


GPS marca Garmin modelo Oregon 450. Dimensiones de la unidad: 5,8 x 11,4 x 3,5 cm. Tamaño de la pantalla: 3,8 x 6,3 cm; 3" diagonal 7,6 cm. Resolución de pantalla: 240 x 400 píxeles. Tipo de pantalla táctil TFT a color transflectiva. Peso: 192,7 g con pilas. Batería: 2 pilas AA. NiMH o litio. Duración de la batería: 16 h. Resistencia al agua: IPX7. Receptor de alta sensibilidad. Interfaz del equipo: Compatible con USB de alta velocidad y NMEA 0183. Altimetro barométrico. Brújula electrónica tres ejes con inclinación compensada. Transferencia de unidad a unidad. Mapas y memoria. posibilidad de agregar mapas. Memoria interna: 850 MB. Admite tarjetas de datos: microSD. Puntos de interés personalizables: agrega puntos de interés adicionales) Sí. Waypoints: 2000. Rutas: 200. Track log: 10,000 puntos. 200 tracks guardados. Creación automática de rutas: giro a giro en carretera con mapas opcionales con información detallada de las carreteras. Modo geocaching: Sí (paperless). compatible con mapas personalizados. Calendario de caza y pesca. Información astronómica. Predicción de mareas. Cálculo de áreas. Visor de imágenes. Garmin Connect. comunidad online en la que puedes analizar. clasificar y compartir datos. La Base RAM-B-166-GA31 consiste en una base de 3,3 " con ventosa de cierre por torsión. brazo de doble zócalo con soporte de material compuesto a medida de alta resistencia.

ANEXO 4 Estaciones de muestreo

Anexo 4.1.

Punto de muestreo 1







Anexo 4.2.
Punto de muestreo 2





Anexo 4.3.

Punto de muestreo 3



ANEXO 4.4.

Medición de parámetros de campo





ANEXO 5
Matriz de consistencia

TITULO: Evaluación del Índice de Calidad del Agua del Río Chacahuayco. Centro Poblado Raccaya. Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho. 2022.				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
1) Problema General ¿Cuál es el índice de calidad del agua del río Chacahuayco. Centro Poblado Raccaya. Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022? 2) Problemas Secundarios a. ¿Cuáles son los valores de los parámetros que determinan el Índice de Calidad del agua del río Chacahuayco. Centro Poblado Raccaya. Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022? b. ¿Cuál es la escala del índice de calidad (ICA) del agua del río Chacahuayco. Centro Poblado Raccaya. Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022? c. ¿Qué metales pesados tienen concentración que superan a lo establecido en los estándares de calidad del agua?	1) Objetivo General Evaluar el índice de calidad del agua del río Chacahuayco. Centro Poblado Raccaya. Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022. 2) Objetivos Específicos a. Determinar los valores de los parámetros que determinan el Índice de Calidad del agua del río Chacahuayco. Centro Poblado Raccaya. Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022. b. Determinar la escala del índice de calidad (ICA) del agua del río Chacahuayco. Centro Poblado Raccaya. Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022. c. Determinar los metales pesados que tienen concentración que superan a lo establecido en los estándares de calidad del agua.	1) Hipótesis General El Índice de Calidad (ICA) del agua del río Chacahuayco. Centro Poblado Raccaya. Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022. presenta grado bueno. con posibilidades de ser potabilizada. Hipótesis específicas a. La concentración de parámetros que determinan el índice de calidad del agua del río Chacahuayco. Centro Poblado Raccaya. Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022 se encuentra en niveles que permitirán ser potabilizadas. b. La escala de los índices de calidad (ICA) del agua del río Chacahuayco. Centro Poblado Raccaya. Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022. como resultado de la sumatoria de los subíndices de calidad del agua de cada uno de los parámetros. se encuentran por encima de 0.71. c. Los metales pesados de plomo y zinc tienen concentración que superan a lo establecido en los estándares de calidad del agua.	1) Caracterización Parámetros de calidad del agua. Indicadores • Coliformes Fecales (NMP/100mL) • pH (en unidad de pH) • Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅. mg/L) • Nitratos (NO₃ mg/L) • Fosfatos (PO₄ mg/L) • Cambio de la Temperatura (°C) • Turbidez (NTU) • Sólidos disueltos totales (mg/L) • Oxígeno Disuelto (OD en % saturación) • Metales pesados: plomo y zinc (mg/L) 2) Variable de Interés Índice de calidad del agua (ICAs). Indicadores • Coliformes Fecales (NMP/100mL) • pH (en unidad de pH) • Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅ mg/L) • Nitratos (NO₃ mg/L) • Fosfatos (PO₄ mg/L) • Cambio de la Temperatura (en °C) • Turbidez (NTU) • Sólidos disueltos totales (mg/L) • Oxígeno Disuelto (OD en % saturación) • Metales pesados: plomo y zinc (mg/L)	1) Tipo de Investigación ▪ Básica 2) Nivel de Investigación ▪ Descriptivo. 3) Método ▪ Deductivo. ▪ Analítico. 4) Diseño ▪ No experimental - longitudinal. 5) Población ▪ Agua de río Chacahuayco. 6) Muestra ▪ Alícuota de agua. 7) Técnicas ▪ Observación. ▪ Ensayos. ▪ Diseño. 8) Instrumentos ▪ Ficha de recolección de datos. ▪ Ensayos. ▪ Normas técnicas.

ANEXO 6

Técnicas Analíticas

Coliformes fecales (NMP/100 mL)

Método de fermentación de tubos múltiples. NMP APHA.AWWa.WEF.Part.9221 E-2.21th Ed.2005.

Es un método de enumeración indirecto, que se basa en la interpretación estadística del crecimiento, o no crecimiento, observado en varias series de tubos, inoculados con volúmenes decrecientes de agua a analizar. Se debe lograr una serie de tubos en los que no haya crecimiento de las bacterias.

Método de placa fluida. APHA.AWWA.EWP.Part 9215 B.21th Ed 2005

El recuento de heterótrofos en placa (HPC), antes conocido como el recuento de placa estándar, es un procedimiento para estimar el número de las bacterias heterotróficas en el agua y la medición de los cambios durante el tratamiento y distribución de agua o en piscinas. Las colonias pueden surgir a partir de pares, cadenas, grupos o células individuales, todos los cuales están incluidos en el término "Unidades Formadoras De Colonias" (UFC). El recuento final también depende de la interacción entre el desarrollo de las colonias; elegir esa combinación de procedimiento y medio. Elegir el procedimiento y medio que cumpla con la aplicación de la información. Para comparar los datos, utilice el mismo procedimiento y medio que produce el mayor número de colonias dentro del tiempo de incubación designado. Cuatro métodos diferentes y cinco se describen diferentes medios de comunicación.

pH

La potenciometría se basa en medir la diferencia de potencial entre dos electrodos en una celda: uno de referencia y otro indicador sensible y selectivo al analito. El más clásico ejemplo de este método es la medición de pH utilizando un electrodo de membrana de vidrio.

DBO₅ (mg O₂/L)

Método colorimétrico spectroquant

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) se define como cualquier sustancia tanto orgánica como inorgánica susceptible de ser oxidada, mediante un oxidante fuerte. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno. DQO se expresa en mg/L O₂. Debido a sus propiedades químicas únicas, el ión dicromato (Cr₂O₇²⁻) es el oxidante especificado en la mayoría de los casos. En estos tests, el Cr₂O₇²⁻ se reduce a ión crómico (Cr³⁺). Como se ha comentado, tanto los constituyentes orgánicos como inorgánicos de la muestra están sujetos a oxidación. Sin embargo, el componente orgánico predomina y es de mayor interés. El DQO es un test definido, tanto el tiempo de digestión como la fuerza del reactivo y la concentración DQO de la muestra afectan al grado de oxidación de la misma. El método DQO se usa a menudo para medir los contaminantes en las aguas naturales y residuales y para evaluar la fuerza de desechos tales como aguas residuales municipales e industriales. El método DQO se usa también en aplicaciones en centrales eléctricas, industria química, industria papelera, lavanderías, estudios medioambientales y educación general. En las plantas potabilizadoras de agua, los valores DQO deberán ser inferiores a 10 mg/L O₂ al final del ciclo de tratamiento. La DQO puede medirse mediante el método titramétrico de reflujo cerrado y el método colorimétrico de reflujo colorimétrico. Cuando una muestra es digerida, el material DQO en esa muestra se oxida por el ión dicromato. Como resultado, el Cromo pasa de estado hexavalente (VI) a trivalente (III). Ambas especies de Cromo exhiben un color y absorben luz en la región visible del espectro. En la región 400 nm el ión dicromato (Cr₂O₇²⁻) absorbe mucha luz mientras que el ión crómico (Cr³⁺) absorbe mucho menos. En la región 600 nm es el ión crómico el que absorbe mucho y el ión dicromato tiene una absorción prácticamente nula.

Nitratos (mg/L)

Esta técnica es aplicable sólo a aguas que presenten un bajo contenido en materia orgánica (aguas potables y aguas naturales no contaminadas). Medidas de absorción UV a 220 nm permiten una rápida determinación de nitratos presente en el agua. A 220 nm se sigue Lambert Beer hasta una concentración de, aproximadamente, 30 - 40 mg/L de NO₃⁻. Puesto que la materia orgánica puede también absorber a 220 nm

y el NO_3^- no absorbe a 275 nm, una segunda lectura a 275 nm se realiza para corregir su presencia (si la corrección en el valor de la absorbancia debida a la materia orgánica es superior al 10% del valor obtenido a 220 nm, este método de análisis no es recomendado).

Fosfatos (mg/L)

El método propuesto para determinar fosfatos se basa en la formación de un heteropoliácido con el reactivo vanado - molibdato (de color amarillo y soluble en agua) cuya absorción de luz se mide a 420 nm. Para el ortofosfato, la formación de este complejo tiene lugar según la reacción: $(\text{PO}_4)^{3-} + (\text{VO}_3)^- + 11(\text{MoO}_4)^{2-} + 22 \text{H}^+ \leftrightarrow \text{P}(\text{VMo}_{11}\text{O}_{40})^{3-} + 11 \text{H}_2\text{O}$. En esta identificación interfieren concentraciones apreciables de Fe(III), silicato y arseniato, entre otras especies. Es decir, estas especies absorben luz a la longitud de onda utilizada (420 nm, absorción del $\text{P}(\text{VMo}_{11}\text{O}_{40})^{3-}$). Para eliminar dicha interferencia se preparará un blanco (sin fosfato) cuya absorbancia se restará de la del resto de las muestras. Adicionalmente, es posible que la absorbancia del complejo se vea afectada por efectos de matriz. La matriz puede potenciar o atenuar la absorbancia de luz por el complejo, lo cual puede conducir a resultados erróneos. Para minimizar este efecto, aplicaremos el método de adiciones estándar, que consiste en la adición de cantidades crecientes del analito de interés (fosfato en nuestro caso) a una cantidad fija de muestra. Éste procedimiento resulta más efectivo que un calibrado externo (recta de calibrado con disoluciones patrón) cuando la matriz interfiere en la detección. En esta práctica estudiaremos la importancia de los efectos de matriz, determinando la concentración de fosfato mediante ambos métodos y comparando los resultados.

Cambio de temperatura (°C)

Multiparámetro

La sonda multi-sensor basada en un microprocesador permite la medición de parámetros clave incluyendo pH, ORP, oxígeno disuelto y temperatura. La sonda de inmersión transmite lecturas digitalmente al medidor, donde los puntos de datos se pueden mostrar y registrar, mide insitu temperatura del agua y del ambiente.

Turbidez (NTU)

La turbidez se mide mediante instrumentos llamados turbidímetros. Los turbidímetros convencionales atraviesan con luz una sección de agua y detectan la cantidad de luz dispersada por las partículas del agua en un ángulo de 90 grados con respecto a la fuente de luz.

Sólidos disueltos totales (mg/L)

Los sólidos disueltos totales (SDT, o TDS por sus siglas en inglés) son el residuo que queda después de evaporar una muestra de agua previamente filtrada a través de un elemento de fibra de vidrio con abertura de 1,5 micras. El agua se evapora y el residuo se lleva hasta 180 °C. El resultado se reporta en mg/L. El SDT en el agua se mide también con el multiparámetro.

Oxígeno disuelto (% saturación)

El sistema convencional de medición de O.D. consiste en un medidor multiparámetro. La sonda es la parte más importante del sistema y la más delicada. La sonda consta de un ánodo de plata (Ag) revestido con un alambre de platino (Pt), que funciona como cátodo. Esto es insertado en una cubierta protectora llena de una solución electrolítica de cloruro potásico (KCl). La cubierta tiene en su extremo una membrana de Teflon, un material permeable al gas que permite el paso del oxígeno presente en la solución, pero no el paso de la solución en si. Mediante la aplicación de un potencial de 790 mV, el oxígeno presente en la célula se reduce a iones de hidróxido (OH-) en el cátodo, y se deposita cloruro de plata (AgCl) en el ánodo. Esta reacción provoca un flujo de corriente con intensidad proporcional a la cantidad de oxígeno presente en la muestra. El medidor convierte la medición del flujo de corriente en la concentración correspondiente de oxígeno disuelto. Debe advertirse que la solubilidad del oxígeno depende de muchos factores, incluyendo la temperatura, presión atmosférica y salinidad de la solución. La duración del proceso de polarización varía desde unos minutos a varias horas, dependiendo de los instrumentos, y es uno de los factores que diferencian este tipo de instrumentos.

ICA

Para calcular el índice de Brown se utiliza una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAs) o una función ponderada multiplicativa (ICAm). Matemáticamente se expresa del siguiente modo:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

Donde:

ICA_a : Índice de Calidad de Agua.

w_i : Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), ponderados de 0 a 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Sub_i : Subíndice del parámetro i.

Los pesos de los diversos parámetros son. Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”

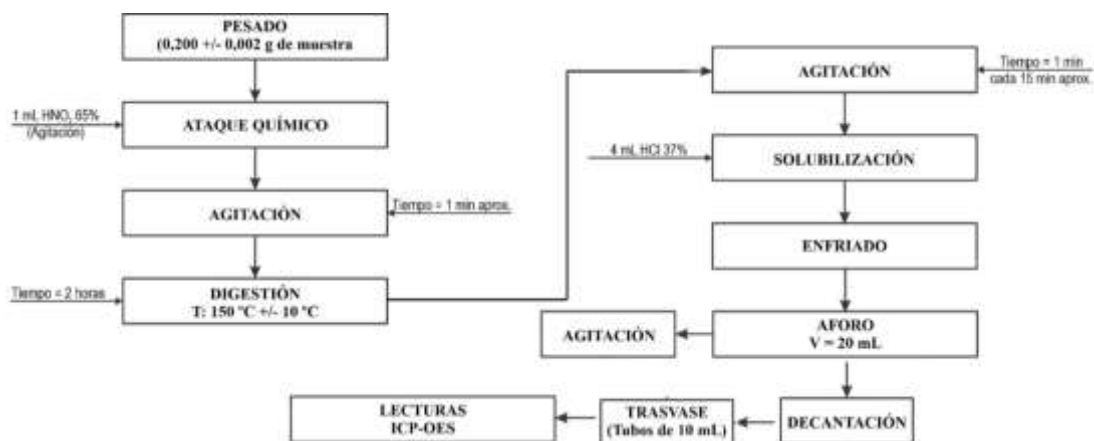
i	Sub_i	w_i
1	Coliformes Fecales	0,15
2	pH	0,12
3	DBO ₅	0,10
4	Nitratos	0,10
5	Fosfatos	0,10
6	Temperatura	0,10
7	Turbidez	0,08
8	Sólidos Disueltos Totales	0,08
9	Oxígeno Disuelto	0,17

ANEXO 7

Metodología y equipos en el análisis de metales pesados

El plasma de acoplamiento inductivo (ICP) es una fuente de ionización que junto a un espectrofotómetro de emisión óptico (OES) constituye el equipo de ICP-OES

ICP-OES como se muestra en la figura, es decir la espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente, el cual se basa en un plasma altamente energético y eléctricamente neutro que está compuesto por iones, electrones y partículas neutras, comúnmente de argón, el cual recibe la energía de un campo electromagnético de alta frecuencia o de una corriente continua. El análisis fue realizado por el laboratorio acreditado Actlabs Skyline Perú S.A.C. cuyo procedimiento se puede apreciar en el diagrama de bloques. En esta técnica, la introducción continua de la muestra líquida y un sistema de nebulización forma un aerosol que es transportado por el Argón a la antorcha del plasma, acoplado inductivamente por radio frecuencia. En el plasma, debido las altas temperaturas generadas, los analitos son atomizados e ionizados generándose los espectros de Emisión atómicos de líneas características. Los espectros son dispersados por la red de difracción y el detector sensible a la luz se encarga de medir las intensidades de las líneas. La información es procesada por el sistema informático. Equipo: Espectrofotómetro de emisión atómica ICP-OES Radial Simultáneo Agilent 725-ES



**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:****Evaluación de los índices de calidad del agua en la microcuenca del río chacahuayco, centro poblado Raccaya, Canaria-Víctor Fajardo-Ayacucho 2022****Expositor: Yusi Rubi Arones Durand**
Bachiller en Ingeniería Química**Expediente N° 2422341 Resolución Decanal N° 120-2024-UNSCH-FIQM/D Fecha: 20-06-2024**

En la Sala de Conferencia "Pedro Villena Hidalgo" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las dos de la tarde con cinco minutos del día lunes uno de julio del año dos mil veinticuatro, se reunieron la Bachiller en Ingeniería Química **Yusi Rubi Arones Durand**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Ybar Gustavo PALOMINO MALPARTIDA, Mg. Gloria Inés BARBOZA PALOMINO y Mg. Aníbal Pablo GARCIA BENDEZU, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la Facultad), Mg. Abraham Fernando TREJO ESPINOZA (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Evaluación de los índices de calidad del agua en la microcuenca del río chacahuayco, centro poblado Raccaya, Canaria-Víctor Fajardo-Ayacucho 2022**, presentado por la Bachiller Yusi Rubi Arones Durand. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 120-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Yusi Rubi Arones Durand**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treinta y cinco minutos.

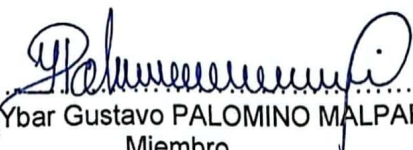
Finalizado la exposición del Bachiller, el presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Aníbal Pablo GARCIA BENDEZU, Mg. Gloria Inés BARBOZA PALOMINO y Dr. Ybar Gustavo PALOMINO MALPARTIDA. Luego el Presidente invitó al Mg. Abraham Fernando TREJO ESPINOZA para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

A continuación, el presidente del jurado invito al sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO DIECISEIS (16).**

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:****Evaluación de los índices de calidad del agua en la microcuenca del río chacahuayco, centro poblado Raccaya, Canaria-Víctor Fajardo-Ayacucho 2022****Expositor: Yusi Rubi Arones Durand**
Bachiller en Ingeniería Química**Expediente Nº 2422341 Resolución Decanal Nº 120-2024-UNSCH-FIQM/D Fecha: 20-06-2024**

Finalmente, el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, la Bachiller **Yusi Rubi Arones Durand**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA QUÍMICA** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las cuatro de la tarde con diez minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente
.....
Dr. Ybar Gustavo PALOMINO MALPARTIDA
Miembro
.....
Mg. Gloria Inés BARBOZA PALOMINO
Miembro
.....
Mg. Anibal Pablo GARCIA BENDEZU
Miembro
.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)

**UNSCH****FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA Y
METALURGIA****ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA QUÍMICA****CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 032-2024-UNSCH-FIQM/EPIQ**

El que suscribe, Director de la **Escuela Profesional de Ingeniería Química** de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, habiendo recibido el requerimiento de Constancia de Originalidad por parte de la Bach.**Yusi Rubi ARONES DURAND**, se procedió a la evaluación y regularización de originalidad del archivo adjunto con el **TURNITIN - UNSCH**, de acuerdo a los criterios establecidos en el **Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH**, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU; cuyos resultados son:

TESIS : Evaluación de los índices de calidad del agua en la microcuenca del río Chacahuayco, centro poblado Raccaya, Canaria – Víctor Fajardo - Ayacucho.

Autor Bach. : Yusi Rubi ARONES DURAND
Identificado : 2429615513
Fecha : 09 de agosto de 2024
Archivo : Tesis

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del **25 (veinticinco) % de ÍNDICE DE SIMILITUD** realizado con **Depósito de trabajos estándar**, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que, los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 09 de agosto de 2024


Mtro. Abrahán Fernando TREJO ESPINOZA
DIRECTOR

Adjunto **Reporte de Índice de Similitud**
cc. archivo

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
QUÍMICA** Av. Independencia S/N –
Ayacucho Telf. 066-312510 Anexo. 152 Correo:
ep.quimica@unsch.edu.pe

Evaluación de los índices de calidad del agua en la microcuenca del río Chacahuayco, centro poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022

por Yusi Rubi Arones Durand

Fecha de entrega: 09-ago-2024 11:59a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2429615513

Nombre del archivo: ARON_S_RUBI_TESIS_FINAL_2024_TURNITIN.pdf (1.7M)

Total de palabras: 21343

Total de caracteres: 102563

Evaluación de los índices de calidad del agua en la microcuenca del río Chacahuayco, centro poblado Raccaya, Canaria - Víctor Fajardo - Ayacucho 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

16%

PUBLICACIONES

19%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

6%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

3

ri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

2%

4

kupdf.net

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad TecMilenio

Trabajo del estudiante

1%

7

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y
CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA del
Proyecto Reinyección de Cortes de
Perforación en el Yacimiento Chambira - Lote

1%

8-IGA0004833", R.D. N° 353-2013-MEM/AAE,
2020

Publicación

8

1library.co

Fuente de Internet

1 %

9

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y
CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA de la
Central Termoeléctrica Ilo 1, de acuerdo al
Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM-
IGA0002878", R.D. N° 349-2013-MEM/AAE,
2020

Publicación

1 %

10

senace.blob.core.windows.net

Fuente de Internet

1 %

11

portal.unas.edu.pe

Fuente de Internet

1 %

12

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y
CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA del
Proyecto Reubicación de la Plataforma
Piloteada Corrientes Norte y del Pozo de
Desarrollo CN-A, para la Construcción de la
Plataforma CORR-130 y del Pozo de
Desarrollo CORR-1030D en el Yacimiento
Corrientes - Lote 8-IGA0004831", R.D. N° 368-
2013-MEM/AAE, 2020

Publicación

1 %

13

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

14

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

15

cunori.edu.gt

Fuente de Internet

<1 %

16

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

17

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

18

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

19

IM Hernández-Reyes, JL Palazón-Fernández, JA Bolaños-Curvelo, JE Hernández.

"Reproductive biology of Mithrax forceps (A. Milne-Edwards, 1875) (Crustacea: Decapoda: Majidae)", Ciencias Marinas, 2001

Publicación

<1 %

20

de.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

21

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

22

Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion

Trabajo del estudiante

<1 %

23	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	docplayer.hu Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	Mendoza Fuentes, Miguel Augusto. "Evaluacion fisicoquimica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, region Ayacucho, Peru.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2020 Publicación	<1 %
27	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	nanopdf.com Fuente de Internet	<1 %
31	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

33

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

34

biblio3.url.edu.gt

Fuente de Internet

<1 %

35

www.innova.uniovi.es

Fuente de Internet

<1 %

36

repositorio.ujcm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo