

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental



TESIS

**Evaluación de la Calidad de Agua mediante Técnicas de
Análisis Multivariante y el Índice ICARHS en el río Cañete
(Tramo Yauyos-San Vicente de Cañete)**

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Elaborado por

Ana María Brañez Condorena

 [0000-0003-4983-0921](https://orcid.org/0000-0003-4983-0921)

Asesor

Ing. Manuel Ricardo Baca Rueda

 [0009-0007-5042-1857](https://orcid.org/0009-0007-5042-1857)

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

A mis padres Gloria y Abdiel, por su apoyo incondicional.

Agradecimientos

A la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, por la oportunidad de formarme en ella y permitirme convertirme en una profesional.

A mis padres, quienes me apoyaron en toda mi formación profesional y me brindaron el aliento para seguir adelante.

Al Ing. Ricardo Baca, por brindarme su asesoría y sus recomendaciones para la elaboración de este trabajo de investigación, gracias por su paciencia y disposición desde el inicio, también por su aliento para poder culminar e investigar más sobre este tema.

A la Mg. Sara Arana y a Elías Lovón, por recomendarme bibliografía sobre el análisis multivariante.

A la Autoridad Nacional del Agua, por brindarme la información solicitada.

Resumen

En los últimos años, se han registrado algunos parámetros de calidad del agua que exceden los estándares de calidad ambiental de agua en el río Cañete debido a la existencia de fuentes contaminantes de origen antrópico.

El principal objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la calidad del agua a través de técnicas de análisis multivariante y del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en el río Cañete (tramo Yauyos-San Vicente de Cañete). Para ello se analizaron los parámetros físicos-químicos, inorgánicos y microbiológicos en siete estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial en el periodo 2013 al 2021. En primer lugar, se determinó el índice ICARHS, cuya escala de valoración varía de 0 a 100, siendo pésimo el nivel más bajo (0-44) y excelente el más alto (95-100). Se obtuvo que la calidad del agua es mala en la estación QYauy1, es decir, no cumple los objetivos de calidad; es regular en la estación RCañe6 y RCañe7, es decir, ocasionalmente es amenazada o dañada; y es buena en las estaciones RCañe5, RCañe8, RCañe9 y RCañe10, es decir, se aleja un poco de la calidad natural del agua.

En segundo lugar, se aplicaron las técnicas de análisis multivariante análisis factorial exploratorio y el análisis clúster jerárquico mediante el programa SPSS. Se aplicó el análisis factorial exploratorio con el objetivo de obtener los fuentes de contaminación (factores) que expliquen la variación de la calidad del agua y determinar los parámetros de calidad de agua de mayor importancia, para lo cual se aplicó el método de componentes principales para la extracción de factores y el método de rotación de factores Varimax; luego se aplicó el análisis clúster jerárquico con el objetivo de agrupar las estaciones de monitoreo de acuerdo con su similitud e identificar las menos relevantes, donde se aplicó el método de agrupación Ward y la medida de similitud distancia euclídea al cuadrado.

Mediante el análisis factorial exploratorio, se obtuvieron cinco factores que explicaron el 79,06% de la varianza total de los datos de calidad del agua. Los factores obtenidos indican que las variaciones de la calidad del agua se pueden deber a fuentes antropogénicas y naturales. El primer factor representa a la mineralización del agua, por rocas y suelos, y a la contaminación por vertimientos de aguas residuales sin tratar; el segundo factor representa a los metales pesados provenientes de minerales y rocas; el tercer factor representa a la mineralización del agua por rocas y suelos; el cuarto factor representa a la actividad agrícola, la disposición de aguas residuales y la oxidación de desechos nitrogenados de excretas humanas y animales; y el quinto factor representa la presencia de oxígeno en el agua. Se identificaron 14 parámetros como los más significativos, lo cual representa el 82,4% de los 17 parámetros de calidad del agua analizados. Además, se obtuvo que el pH es el parámetro menos relevante.

Mediante el análisis clúster jerárquico, se agruparon las estaciones de monitoreo en cuatro grupos y se obtuvo que la estación QYaúy1 es la estación menos representativa del tramo evaluado.

Palabras clave — Calidad del agua, análisis multivariante, ICARHS, Cañete.

Abstract

In recent years, some water quality parameters have been registered that exceed the environmental water quality standards in the Cañete River due to the existence of polluting sources of anthropic origin.

The main objective of this study was to assess the water quality through multivariate analysis techniques and the ICARHS index in the Cañete river (Yauyos-San Vicente de Cañete stretch). To do this, the physical-chemical, inorganic and microbiological parameters were analyzed in seven monitoring stations of surface water quality, during 2013-2021 period. First, the water quality in the monitoring stations was evaluated by the ICARHS index, whose assessment scale varies from 0 to 100, with the lowest level being terrible and the highest being excellent. It was obtained that the quality of the water is bad in the QYauy1 station, which means, it does not meet the quality objectives; it is regular at the RCañe6 and RCañe7 station, which means, it is occasionally threatened or damaged; it is good at the RCañe5, RCañe8, RCañe9 and RCañe10 stations, which means, it is a little removed from the natural quality of the water.

Secondly, the techniques of multivariate analysis, exploratory factor analysis and hierarchical cluster analysis were applied using the SPSS program. The exploratory factorial analysis was applied with the aim of obtaining the factors that explain the variation of the water quality and determine the most important water quality parameters, for which the method of principal components was applied for the extraction of factors and the method of rotation of Varimax factors; then the hierarchical cluster analysis was applied with the aim of grouping the stations according to their similarity and identify the least relevant, where the Ward grouping method and the squared Euclidean distance similarity measure were applied.

Through the exploratory factor analysis, five factors were obtained that explained 79,06% of the total variance of the water quality data. The factors obtained indicate that variations in water quality may be due to anthropogenic and natural sources. The first factor

represents the mineralization of the water, by rocks and soils, and the contamination by discharges of untreated wastewater; the second factor represents heavy metals from minerals and rocks; the third factor represents the mineralization of water by rocks and soils; the fourth factor represents agricultural activity, the disposal of wastewater and the oxidation of nitrogenous waste from human and animal excreta; and the fifth factor represents the presence of oxygen in the water. 14 parameters were identified as the most significant, which represents 82,4% of the 17 water quality parameters analyzed. In addition, it was found that pH is the least relevant parameter.

Through the hierarchical cluster analysis, the monitoring stations were grouped into four groups and it was found that the QYauy1 station is the least representative station of the evaluated section.

Keywords: water quality, multivariate analysis, ICARHS, Cañete.

Tabla de Contenido

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen	iv
Abstract	vi
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1. Descripción del problema de investigación	1
1.1.1. Problema General	1
1.1.2. Problemas específicos	1
1.2. Antecedentes Investigativos	2
1.2.1. Antecedentes Internacionales.....	2
1.2.2. Antecedentes Nacionales	4
1.3. Justificación e Importancia	6
1.4. Objetivos.....	8
1.4.1. Objetivo General	8
1.4.2. Objetivos Específicos.....	8
1.5. Hipótesis	9
1.5.1. Hipótesis General.....	9
1.5.2. Hipótesis Específicas	9
1.6. Descripción del área de estudio	9
1.6.1. Vertimientos Autorizados en el río Cañete.....	10
1.6.2. Fuentes Contaminantes en la cuenca del río Cañete	10
Capítulo II. Marco Teórico	16
2.1. Marco Teórico.....	16
2.1.1. Calidad del agua	16
2.1.2. Contaminación del agua	21
2.1.3. Análisis multivariante	24
2.2. Marco Legal	32
2.2.1. Constitución Política del Perú de 1993.....	32

2.2.2. Ley N° 28611 “Ley General del Ambiente”	32
2.2.3. Ley de Recursos Hídricos N°29338.....	33
2.2.4. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias”.....	33
2.2.5. Resolución Jefatural N° 056-2018- ANA “Aprobar la Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales, conforme al Anexo que forma parte integrante de la presente resolución.”	35
2.2.6. Resolución Jefatural N° 084-2020- ANA “Aprobar la metodología Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS).”	36
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación	37
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	37
3.2. Diseño Muestral.....	37
3.2.1. Población.....	37
3.2.2. Muestra	37
3.3. Instrumentos y Materiales	38
3.4. Técnicas y procedimiento de recolección de datos.....	39
3.4.1. Trabajo de Campo	39
3.4.2. Trabajo de Gabinete	40
3.5. Procesamiento y Análisis de Datos	41
3.5.1. Índice de Calidad de Agua ICARHS	41
3.5.2. Parámetros seleccionados.....	41
3.5.3. Cálculo del ICARHS.....	42
3.5.4. Análisis estadístico multivariante	46
3.6. Cálculos y/o aplicaciones y obtención de resultados	52
3.6.1. Evaluación de la Calidad del Agua mediante el índice ICARHS	52
3.6.2. Evaluación de la Calidad del Agua mediante Análisis Multivariante	69
Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados.....	79
4.1. Evaluación de la Calidad del Agua mediante el índice ICARHS.....	79
4.2. Evaluación de la Calidad del Agua mediante Análisis Multivariante	79
4.2.1. Análisis Factorial Exploratorio (AFE)	79

4.2.2. Análisis Clúster Jerárquico (ACJ)	82
Conclusiones	86
Recomendaciones.....	88
Referencias bibliográficas	89
Anexos	1

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Provincias y Distritos	10
Tabla 2: Vertimientos Autorizados – río Cañete.....	10
Tabla 3: Vertimientos de aguas residuales domésticas	12
Tabla 4: Botaderos.....	14
Tabla 5: Fuentes Difusas	14
Tabla 6: Descripción de agentes contaminantes.....	22
Tabla 7:Estándares de Calidad Ambiental de Agua para la Categoría 1-A2 y Categoría 3	33
Tabla 8: Cuerpos de agua lóticos identificados.....	35
Tabla 9: Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua del presente estudio.....	38
Tabla 10: Parámetros de calidad de agua utilizados en el análisis multivariante	47
Tabla 11:Datos considerados para la sustitución de datos menores al límite de cuantificación ..	48
Tabla 12: Cálculo de Datos para S1 – Categoría 3.....	65
Tabla 13: Cálculo de Datos para S2 – Categoría 3.....	66
Tabla 14: Cálculo de Factores para S1 y S2 – Categoría 3.....	66
Tabla 15: Resultados del ICARHS - Categoría 3	67
Tabla 16: Cálculo de Datos para S1 – Categoría 1-A2	67
Tabla 17: Cálculo de Datos para S2 – Categoría 1-A2	68
Tabla 18: Cálculo de Factores para S1 y S2 – Categoría 1-A2	68
Tabla 19: Resultados del ICARHS – Categoría 1-A2.....	69
Tabla 20: Resultados del KMO y Bartlett	70
Tabla 21: Porcentajes de varianza explicada.....	71
Tabla 22: Matriz de factores no rotados	72
Tabla 23: Matriz de factores rotados	73
Tabla 24: Perfiles de los grupos formados por ACJ	78

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Representación de la Distancia Euclídea.....	29
Figura 2: Visita Inicial.....	39
Figura 3: Toma de muestras.....	40
Figura 4: Parámetros considerados en el cálculo del ICARHS	42
Figura 5: Escala de Valoración del ICARHS	44
Figura 6: Diagrama de metodología del ICARHS.....	45
Figura 7: Diagrama de metodología del análisis multivariante en SPSS	51
Figura 8: Resultados de Oxígeno Disuelto del 2013 al 2021, Categoría 3	53
Figura 9: Resultados de pH del 2013 al 2021, Categoría 3	53
Figura 10: Resultados de Arsénico (As) del 2013 al 2021, Categoría 3	54
Figura 11: Resultados de Coliformes Termotolerantes del 2013 al 2021, Categoría 3	56
Figura 12: Resultados de Oxígeno Disuelto del 2013 al 2021, Categoría 1-A2	58
Figura 13: Resultados de pH del 2013 al 2021, Categoría 1-A2.....	60
Figura 14: Resultados de Arsénico (As) del 2013 al 2021, Categoría 1-A2.....	62
Figura 15: Gráfico de factores VF1 y VF2 en espacio rotado.	74
Figura 16: Gráfico de factores VF3 y VF4 en espacio rotado.	75
Figura 17: Gráfico de factores VF1 y VF5 en espacio rotado.	76
Figura 18: Dendograma de las estaciones de monitoreo.....	77

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1. Descripción del problema de investigación

1.1.1. *Problema General*

¿Cómo la base de datos incompleta, con diferentes parámetros y monitoreos de calidad de agua en distintas estaciones del año, afecta los resultados de la evaluación de la calidad del agua mediante técnicas de análisis multivariante e ICARHS en el río Cañete (tramo Yauyos-San Vicente de Cañete)?

El presente trabajo de investigación toma como referencia al río Cañete, en los distritos San Vicente de Cañete, Nuevo Imperial, Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga de la provincia de Cañete y en los distritos de Chocos, Allauca, Cakra, Catahuasi, Putinza, Colonia, Yauyos de la provincia de Yauyos, ubicados en el departamento de Lima, debido a que en la zona de estudio existen fuentes contaminantes que alteran la calidad del agua. Los datos utilizados son anuales, del periodo 2013 al 2021, debido a la disponibilidad de información de resultados del monitoreo de calidad del agua. Se utilizaron los métodos multivariantes (análisis factorial y análisis clúster) y el índice ICARHS, con el fin de interpretar los resultados de los monitoreos de calidad del agua en el río Cañete (tramo Yauyos-San Vicente de Cañete) y evaluar su estado situacional.

1.1.2. *Problemas específicos*

- ¿Cuál es la calidad del agua en las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete), mediante el índice ICARHS?
- ¿Cuáles son los parámetros de calidad del agua más representativos y que contribuyen a la variación de la calidad del agua en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete)?
- ¿Cuáles son las fuentes contaminantes que influyen en la variación de la calidad del agua en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete)?

- ¿Cuántos grupos formarán las estaciones de monitoreo de calidad del agua ubicadas en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete) que presentan similitud de acuerdo con los parámetros de calidad del agua?

1.2. Antecedentes Investigativos

1.2.1. Antecedentes Internacionales

En la red de monitoreo de la cuenca del río Sergipe (Brasil), se analizaron 23 parámetros de calidad del agua en 12 estaciones de monitoreo, desde junio del 2013 a noviembre del 2015; a través del análisis clúster jerárquico, las estaciones de monitoreo se agruparon en cuatro grupos tanto para el análisis en época seca como en época húmeda, de acuerdo con las características de calidad del agua. Además, se identificaron a las fuentes de contaminación en el agua, las cuales fueron: fuentes naturales (mineralización) y fuentes antropogénicas asociadas a aguas residuales domésticas e industriales, y escorrentía en zonas agrícolas (Hora et al., 2018).

En la cuenca del embalse Fei Tsui – Taiwan, se analizó información de calidad de agua para determinar similitudes y diferencias entre estaciones de muestreo, identificar las variables que influyen en la variación espacial y temporal de la calidad del agua e identificar la influencia de las fuentes naturales y antropogénicas en los parámetros de calidad del agua. En dicha investigación se utilizaron las técnicas estadísticas análisis clúster, el análisis factorial y el análisis discriminante para analizar los datos de calidad del agua de 19 parámetros y 14 estaciones de muestreo de seis años (2005-2010) de un programa de monitoreo. Mediante el análisis clúster jerárquico, se evaluó la variación espacial de la calidad de agua y las 14 estaciones de muestreo se agruparon en tres clases, determinándose alta contaminación, moderada y baja contaminación. Asimismo, a través del análisis factorial, se redujeron las variables a 13 parámetros, los cuales explicaron el 72.8% de la variación total de calidad del agua y se identificaron los factores o las fuentes de contaminación que influyen en la variación de la calidad agua en las estaciones de muestreo. Por lo tanto, los parámetros responsables de la variación de la calidad del agua

principalmente fueron los parámetros relacionados con minerales (fuentes naturales), nutrientes (contaminación no puntual), parámetros físicos (fuentes naturales) y los contaminantes orgánicos de origen antropogénico (Chow et al., 2016).

En el río Huaihe – China, se evaluó la calidad del agua mediante los métodos de análisis factorial y el análisis clúster jerárquico para interpretar datos de parámetros de calidad del agua de dos años (2011-2012) en siete estaciones de muestreo. Los objetivos de la investigación fueron identificar la utilidad de las técnicas estadísticas multivariadas en la evaluación de la calidad del agua para identificar factores o fuentes de contaminación en la sección de Bengbu en el río Huaihe y determinar la variación espacial de los parámetros de calidad de agua para una efectiva gestión de la calidad del agua en el río Huaihe. Se aplicó el análisis factorial exploratorio utilizando el método de análisis de componentes principales y se generaron cuatro factores que explican el 94,33% de la varianza de los datos. Se obtuvo que el deterioro del río Huaihe se debe principalmente a la descarga de desechos industriales y agrícolas. Mediante el análisis clúster se categorizaron las siete estaciones de monitoreo de acuerdo con su similitud en tres grupos. Se obtuvo que los métodos utilizados son herramientas útiles para la evaluación de la calidad del agua y la gestión de los recursos hídricos (Xiao et al., 2016).

En el río Oum Er-Rbia – Marruecos, se analizaron los datos de 12 parámetros de calidad del agua en 14 estaciones de monitoreo en un periodo de 12 años (2000-2012). Los objetivos del estudio fueron determinar las similitudes y las diferencias entre estaciones de muestreo, evaluar la contribución de parámetros a la variación temporal de la calidad de agua e identificar las posibles fuentes de contaminación que afectan a la calidad del agua. Los métodos utilizados fueron el análisis factorial (mediante el análisis de componentes principales) y el análisis clúster. Para el análisis factorial se utilizó la rotación Varimax y el criterio de Kaiser para determinar el número de factores. Se obtuvieron en total cuatro factores que indican que la variación de la calidad del agua se debe por la contaminación difusa debido a la meteorización de minerales y de suelos, y

por la descarga de aguas residuales domésticas. Para el análisis clúster, se utilizó el método de Ward y la distancia euclidiana al cuadrado como distancia de similaridad. Las 14 estaciones de monitoreo fueron clasificadas en tres clústers, tanto en verano como en invierno. Se demostró que el uso de técnicas estadísticas multivariantes en base de datos grandes aporta en obtener una mayor información acerca de la calidad del agua (Barakat et al., 2016).

1.2.2. Antecedentes Nacionales

En el río Chillón, se evaluó la calidad del agua aplicando el índice ICARHS, obteniéndose como resultado, en todas las estaciones de monitoreo la condición de pésimo a excepción de la estación uno, donde se obtuvo la condición de malo; en base a estos resultados, recomiendan a las autoridades e instituciones gubernamentales seguir con el monitoreo de calidad de aguas de manera permanente, para la protección de la calidad de los recursos hídricos, evitar la contaminación y afectación a la salud humana (Sánchez et al., 2022).

En la evaluación de la influencia de la quebrada Millune sobre la calidad del agua del río Asana, se aplicó el índice de calidad del agua ICARHS, índice metálico (IM) e índice de contaminación (PI), en cuatro estaciones de monitoreo de calidad de agua, durante época húmeda y seca en el periodo 2011 al 2015. Para determinar el ICARHS utilizó los parámetros para ECA Agua, Categoría 3-D1 según el D.S. N° 004-2017-MINAM y el programa CCME Water Quality Index Calculator. En época húmeda se obtuvo como resultado que la calidad del agua es excelente en las estaciones ALT-4 y P-11 y que es buena en AS-1 y P-1; en época seca se obtuvo que la calidad del agua es excelente en ALT-4, AS-1 y P-11, y que es buena en la estación P-1. Concluye que el uso del ICARHS permitió obtener una visión integral del estado de la calidad del agua, pero no determina los riesgos asociados a la alta concentración de parámetros relacionados con la minería (Visitación, 2020).

En la determinación de variables con mayor impacto en la calidad del agua de la cuenca baja del río Chillón, se utilizó los resultados de seis estaciones de monitoreo de calidad del agua ubicadas en la cuenca baja del río Chillón del periodo 2012-2016, obtenidos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Se determinó el índice de calidad ambiental ICA – PE en cada estación de monitoreo y se procesaron los datos a través del programa RapidMiner. Finalmente se obtuvo que los coliformes termotolerantes y la conductividad eléctrica son los parámetros más resaltantes para evaluar la calidad del agua (Díaz, 2019).

En la cuenca del río Jequetepeque, se analizó la eficacia de la ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de agua a través del uso de técnicas de análisis multivariante. Para ello utilizó los datos de 20 parámetros de calidad del agua en 17 estaciones de monitoreo durante dos años (2015-2016) obtenidos de la ANA. De acuerdo con el análisis clúster, las estaciones de monitoreo formaron tres grupos en el periodo anual, en época de avenida y en época de estiaje. Se obtuvo que la estación Qmina es la que menos similitud presentó con las demás estaciones y es la estación menos relevante. Se aplicó el análisis factorial a los datos por época de estiaje, avenida y periodo anual, y se obtuvo que el parámetro nitratos es el menos relevante. Se concluyó que la aplicación de las técnicas estadísticas multivariadas resultó eficaz en la agrupación y clasificación del número de estaciones y los parámetros de calidad de agua pero no resultaron eficaces para discriminar el número de estaciones o parámetros de calidad de agua en la red Jequetepeque (J. Flores, 2017)

En la bocatoma de la Atarjea (2009-2015) del río Rímac, se utilizaron datos mensuales de 24 parámetros de calidad de agua del periodo 2009-2015 obtenidos de SEDAPAL; donde se aplicó el análisis clúster para agrupar los meses en tres épocas: estiaje, transición y avenida. Mediante el análisis de componentes principales, se obtuvieron dos componentes principales y se determinaron las variables que presentaron mayor variabilidad en sus resultados, las cuales fueron conductividad eléctrica, hierro,

sólidos disueltos, caudal y dureza total. Además, se obtuvieron las variables más importantes por épocas, las cuales fueron la conductividad eléctrica (estiaje), el cobre, el zinc y el manganeso (transición); y el aluminio, el hierro y manganeso (avenida) (R. Flores, 2017).

1.3. Justificación e Importancia

Las cuencas hidrográficas albergan recursos hídricos, los cuales proveen de beneficios o servicios ecosistémicos hidrológicos, como la provisión de agua para el desarrollo de nuestras actividades. No obstante, el deterioro de la calidad del agua constituye una preocupación global debido a factores como el crecimiento de la población, actividades industriales, actividades agrícolas y al cambio climático (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2014).

En el contexto nacional, de acuerdo con una evaluación realizada en el periodo de abril del 2010 a diciembre del 2012, se menciona que 35 de 159 unidades hidrográficas evaluadas presentaron resultados de calidad del agua que incumplieron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua aprobados según Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, en los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno, arsénico, mercurio, cadmio, plomo y hierro; lo cual se relaciona a pasivos ambientales, al vertimiento de aguas residuales no tratadas, al manejo inadecuado de los residuos sólidos y a factores naturales (Aquino, 2017).

En el Perú, ANA es la entidad encargada de la vigilancia de la calidad del agua en cuerpos naturales de agua continental y marino-costeros. Desde el año 2012, ha realizado trabajos de monitoreo de calidad del agua superficial en la cuenca del río Cañete. En esta cuenca se realizan actividades de agricultura, ganadería, industriales y turísticas. En la parte alta de la cuenca, dentro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cocha, se realizan actividades mineras y energéticas, donde se ha registrado incumplimiento en los límites máximos permisibles (LMP) para efluentes minero-metalúrgicos y desencuentros con la

población debido a la construcción del embalse Paucarcocha. En la parte alta y media de la cuenca existe una baja provisión del servicio de alcantarillado y saneamiento por lo que el tratamiento de los residuos y aguas residuales es escaso, ello produce una afectación a la calidad del del agua debido a efluentes domésticos y residuos sólidos (ANA et al., 2019; Ortiz & Miranda, 2019).

En el año 2014, la ANA identificó un total de 46 fuentes contaminantes directas e indirectas distribuidas en la cuenca Cañete (entre ellas 13 vertimientos de aguas residuales domésticas, 17 tuberías conectadas al cauce receptor Cañete y tributarios, 6 botaderos de residuos sólidos y 10 descargas de aguas residuales domésticas) (ANA et al., 2014).

En el año 2017, la ANA identificó un total de 11 nuevas fuentes contaminantes directas e indirectas en la cuenca del río Cañete (entre ellas seis vertimientos de aguas residuales domésticas a cuerpo natural de agua, tres descargas de agua residual a un canal de regadío y dos descargas de aguas residuales indirectas a terrenos (infiltración) (ANA & Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza, 2017).

La evaluación de la calidad del agua involucra diversos parámetros, los cuales varían de manera espacial y temporal, y pueden relacionarse por la presencia de diversas fuentes de contaminación en el agua. En diversos estudios desarrollados en sistemas acuáticos alrededor del mundo, se han utilizado las técnicas estadísticas multivariantes con el fin de evaluar las relaciones entre parámetros y su variación espacial y temporal. Entre estas técnicas, se cuenta con el análisis clúster (AC) y análisis factorial (AF), los cuales han sido usados para mejorar la interpretación de grandes matrices de datos calidad del agua y permiten identificar posibles fuentes o factores que influyen en la calidad de los cuerpos de agua (Gómez & Peñuela, 2016). También, estas técnicas estadísticas se han utilizado para optimizar el número de estaciones de monitoreo de acuerdo con datos históricos (Jiang et al., 2020 & Bakarar et al., 2016).

Por lo antes expuesto, el presente estudio busca aplicar técnicas estadísticas multivariantes, análisis factorial (AF) y análisis clúster (AC), en la evaluación de la calidad del agua en el tramo: Yauyos-San Vicente del río Cañete, río localizado en la costa central del Perú, cuya calidad del agua es monitoreada anualmente, con el fin de, por un lado identificar los parámetros de calidad del agua más representativos del río Cañete (tramo; Yauyos-San Vicente de Cañete); por otro lado, determinar aquellos fuentes contaminantes que influyen en la variación de la calidad del agua en el río Cañete (tramo Yauyos-San Vicente de Cañete), y además, identificar las estaciones de monitoreo de calidad de agua que presentan similitudes en el río Cañete (tramo Yauyos-San Vicente de Cañete). Además, se aplicó la metodología ICARHS desarrollado por la ANA, con el fin de evaluar la calidad del agua en las estaciones de monitoreo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la calidad del agua mediante técnicas de análisis multivariante y del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) del río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la calidad del agua en las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete), mediante el índice de calidad del agua ICARHS.
- Determinar los parámetros de calidad de agua más representativos y que contribuyen a la variación de la calidad de agua en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete).
- Determinar las fuentes contaminantes que influyen en la variación de la calidad del agua en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete).
- Identificar las estaciones de monitoreo de calidad del agua ubicadas en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete) que se encuentran

relacionadas de acuerdo con su similitud con los parámetros de calidad de agua.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La calidad del agua en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete) mediante las técnicas de análisis multivariante obtiene resultados óptimos a través de los cuales se interpreta la variación de la calidad del agua y se determinó el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), el cual es regular.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- La calidad del agua en las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete) se puede determinar mediante el índice ICARHS.
- Los parámetros de calidad del agua más representativos el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete) son aquellos que incumplen los ECA-Agua.
- Las fuentes contaminantes que influyen a la variación de la calidad del agua en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete) son de tipo antropogénicas.
- La cantidad de grupos de similitud que forman las estaciones de monitoreo de calidad del agua ubicadas en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete) son dos.

1.6. Descripción del área de estudio

El área de estudio abarca el río Cañete, específicamente el tramo desde el distrito de Yauyos (en la parte alta) al distrito de San Vicente de Cañete (en la parte baja). Este tramo abarca aproximadamente una distancia de 122,7 km del río Cañete.

Políticamente, el área de estudio abarca seis distritos de Cañete y siete distritos de Yauyos, y se describe en la Tabla 1.

Tabla 1*Provincias y Distritos*

Provincia	Distrito
Cañete	Lunahuaná, Nuevo Imperial, Pacarán, San Vicente de Cañete y Zúñiga
Yauyos	Allauca Caca, Catahuasi, Chocos, Colonia, Putinza y Yauyos

Nota: Adaptada de “Estudio Hidrológico de la Unidad Hidrográfica Cañete” (<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4713>) por ANA, 2019. Derechos de autor 2019 por ANA.

1.6.1. Vertimientos Autorizados en el río Cañete

En la Tabla 2 se presentan los vertimientos autorizados en el área de estudio, los cuales son aguas residuales domésticas tratadas de los campamentos Capicullas y San Juanito por la empresa CELEPSA.

Tabla 2*Vertimientos Autorizados – río Cañete*

Código	M-4	VSJN
Descripción	Aguas residuales domésticas tratadas descargadas por una tubería de PVC de 4 pulgadas a una caja de registro y de allí descargada al embalse	Aguas residuales domésticas tratadas descargadas por una tubería PVC de 4 pulgadas al río Cañete.
Tipo de Agua Residual	Agua residual doméstica	Agua residual doméstica
Volumen (m ³ /año)	1 314,0	5 675,75
Caudal (l/s)	0,0417	0,18
Régimen	Intermitente	Intermitente
Este (m)	395 490	393 618
Norte (m)	8 594 072	8 580 588
Empresa	CELEPSA – Campamento Capicullas	CELEPSA – Campamento San Juanito

Nota: Adaptada de “Resultados de la actualización de fuentes contaminantes en la cuenca del río Cañete-2017” por ANA, 2017. Derechos de autor 2017 por ANA.

1.6.2. Fuentes Contaminantes en la cuenca del río Cañete

La ANA, a través la Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza y la Administración Local de Agua Mala-Omas Cañete, realizó la identificación de fuentes contaminantes en la cuenca del río Cañete en los años 2010, 2014 y su actualización en el año 2017.

De acuerdo con la actualización de fuentes contaminantes directas e indirectas en la provincia de Cañete del año 2017, en el área de estudio se ha identificado lo siguiente:

- Seis (06) vertimientos de aguas residuales domésticas descargadas a cuerpo receptor en las siguientes localidades: Zúñiga (FCVD19), Romani (FCVD20), Catapalla (FCVD21), Condoray (FCVD22) y dos (02) en Lunahuaná (FCVD23 y FCVD24) (Ver Tabla 3).
- Cuatro (04) fuentes de vertimiento indirecta por infiltración en las siguientes localidades: San Juanito (FCD12), Romani (FCD13), Condoray (FCD14) y Catapalla (FCD15) (Ver Tabla 5).

De acuerdo con la actualización de fuentes contaminantes directas e indirectas del año 2017, en la provincia de Yauyos del año 2017, en el área de estudio se han identificado:

- Cinco (05) vertimientos de aguas residuales domésticas descargadas a cuerpo receptor en las siguientes localidades: Yauyos (FCVD11), Calachota (FCVD13), dos (02) en Catahuasi (FCVD15 y FCVD17) y en San Jerónimo (FCVD18) (Ver Tabla 3).
- Un (01) botadero de residuos sólidos en la localidad de Magdalena (FCB04) (Ver Tabla 4).
- Dos (02) fuentes de vertimiento indirectos por infiltración en las siguientes localidades: Putinza (FCD10) y Capillucas (FCD11) (Ver Tabla 5).

Tabla 3

Vertimientos de aguas residuales domésticas

Código	Descripción	Coordenadas UTM		Naturaleza/ Origen	Infraestruc- tura de Descarga	Localidad/ Distrito/ Provincia	Cuerpo receptor
		WGS 84 Este	Norte				
FCVD11	Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas de la Localidad de Yauyos compuesta por cuatro lagunas de oxidación de concreto conectadas en serie, al final se observa una tubería de 6 pulgadas a la Quebrada Yauyos.	400 721	8 622 439	Viviendas	Tubería de PVC de 6 pulgadas	Yauyos, Yauyos	Quebrada Yauyos
FCVD13	Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas de la Localidad de Clachota, compuesta por: 1 cámara de rejillas y 2 pozas de concreto de sedimentación, lo cual se encuentra colapsado y dispuestas al río Cañete a través de un canal de tierra al río Cañete.	393 688	8 603 363	Viviendas	Canal de Tierra	Calachota, Ayauca, Yauyos	Río Cañete
FCVD15	Descarga de aguas residuales de la red de alcantarillado, dispuestas a través de una tubería PVC.	403 044	8 584 860	Viviendas	Tubería de PVC de 6 pulgadas	Catahuasi, Catahuasi, Yauyos	Río Cañete
FCVD17	Sistema de red de aguas residuales procedentes de la localidad de Catahuasi, son dispuestas en una Planta de Tratamiento, que se encuentra colapsada y descarga al río Cañete.	403 046	8 584 750	Viviendas	Canal de Tierra	Catahuasi, Catahuasi, Yauyos	Río Cañete
FCVD18	Sistema de red de aguas residuales procedentes de la localidad de San Jerónimo, son dispuestas en tres (03) pozas de percolación de concreto cerrado, los cuales una de ellas descarga al río Cañete.	399 534	8 581 005	Viviendas	Cerca al río	San Jerónimo, Catahuasi, Yauyos	Río Cañete

Código	Descripción	Coordenadas UTM		Naturaleza/ Origen	Infraestruc- tura de Descarga	Localidad/ Distrito/ Provincia	Cuerpo receptor
		WGS 84					
		Este	Norte				
FCVD19	Planta de Tratamiento de aguas residuales compuestas por: Cámara de Rejas, Lecho de Secado, pozas de sedimentación, lo cual se encuentra conectado al río Cañete mediante una tubería de 4 pulgadas.	387 896	8 578 020	Viviendas	Tubería de PVC de 4 pulgadas	Zúñiga, Zúñiga, Cañete	Río Cañete
FCVD20	Planta de Tratamiento de aguas residuales compuestas por: Cámara de Rejas, Lecho de Secado, pozas de sedimentación, lo cual se encuentra conectado al río Cañete mediante una tubería de concreto de 4 pulgadas.	383 238	8 575 800	Viviendas	Tubería de Concreto de 4 pulgadas	Romani, Pacarán, Cañete	Río Cañete
FCVD21	Planta de Tratamiento de aguas residuales compuestas por: Cámara de Rejas, Lecho de Secado, pozas de sedimentación, lo cual se encuentra conectado al río Cañete mediante un canal de tierra.	379 359	8 570 687	Viviendas	Canal de Tierra	Catapalla, Lunahuaná, Cañete	Río Cañete
FCVD22	Planta de Tratamiento de aguas residuales compuestas por: Cámara de Rejas, pozas de sedimentación, Lecho de Secados, cámara de inyección de cloro, lo cual se encuentra colapsado, descarga al río Cañete mediante un canal de tierra.	375 914	8 567 867	Viviendas	Canal de Tierra	Condoray, Lunahuaná, Cañete	Río Cañete
FCVD23	Descarga de aguas residuales de la red de alcantarillado de la Localidad de Lunahuaná, sin tratamiento al río Cañete,	375 782	8 566 757	Viviendas y Centros Vinícolas	Tubería de PVC de 6 pulgadas	Lunahuaná/ Lunahuaná/ Cañete	Río Cañete

Código	Descripción	Coordenadas UTM		Naturaleza/ Origen	Infraestructura de Descarga	Localidad/ Distrito/ Provincia	Cuerpo receptor
		WGS 84					
		Este	Norte				
	administrado por EMAPA Cañete.						
FCVD24	Planta de Tratamiento de aguas residuales compuesto por: Cámara de Rejas, pozas de sedimentación, Lecho de Secados, Camara de inyección de cloro, lo cual tiene conectada una tubería de 4 pulgadas al río Cañete.	374 464	8 565 771	Viviendas	Tubería de PVC de 6 pulgadas	Lunahuaná/ Lunahuaná/ Cañete	Río Cañete

Nota, De "Resultados de la actualización de fuentes contaminantes en la cuenta del río Cañete-2017" por ANA & Autoridad Administrativa del Agua, 2017, pp.32-34. Derechos de autor 2017 por ANA & Autoridad Administrativa del Agua.

Tabla 4

Botaderos

Código	Descripción	Coordenadas		Naturaleza/ Origen	Localidad/ Distrito /Provincia	Cuerpo Receptor
		WGS 84				
		Este	Norte			
FCB04	Botadero de Residuos Sólidos en la Localidad de Magdalena.	400 931	8 618 814	Residuos Sólidos Domésticos	Magdalena/ Yauyos/ Yauyos	Río Cañete

Nota, De "Resultados de la actualización de fuentes contaminantes en la cuenta del río Cañete-2017" por ANA Autoridad Administrativa del Agua, 2017, p. 36. Derechos de autor 2017 por ANA & Autoridad Administrativa del Agua.

Tabla 5

Fuentes Difusas

Código	Descripción/Tratamiento	Coordenadas		Naturaleza a/Origen	Infraestructura de Descarga	Localidad/ Distrito/ Provincia	Cuerpo receptor cercano
		WGS 84					
		Este	Norte				
FCD10	Una cámara de rejas, dos pozas de sedimentación, un lecho desecado, una laguna de oxidación	3 963 78	8 599 197	Vivienda	Red de alcantarillado	Putinza /Putinza/ Yauyos	Río Cañete
FCD11	Una cámara de rejas, dos pozas de sedimentación; un lecho de secado, un tanque de percolación	3 947 75	8 594 834	Vivienda	Red de alcantarillado	Capillucas/ Ayauca/ Yauyos	Río Cañete

Código	Descripción/Tratamiento	Coordenadas WGS 84		Naturaleza/Origen	Infraestructura de Descarga	Localidad/ Distrito/ Provincia	Cuerpo receptor cercano
		Este	Norte				
FCD12	Una cámara de rejillas, un lecho de secado, un tanque de percolación	3 949 62	8 580 022	Vivienda	Red de alcantarillado	San Juanito/ Zúñiga/ Cañete	Río Cañete
FCD13	Dos buzones colectores, una cámara de rejillas, dos pozas de sedimentación; y un lecho de secado.	3 832 44	8 575 789	Vivienda	Red de alcantarillado	Romani/ Pacarán/ Cañete	Río Cañete
FCD14	Una cámara de rejillas de retención de sólidos, un sistema compuesto de una poza de sedimentación.	3 759 47	8 567 903	Vivienda	Red de alcantarillado	Condoray/ Lunahuaná/ Cañete	Río Cañete
FCD15	Un buzón colector de allí a tres pozas de percolación de concreto cerrado (tanque inhoff) y un lecho de secado	3 793 13	8 570 713	Vivienda	Red de alcantarillado y cámara de bombeo	Catapalla/ Lunahuaná/ Cañete	Río Cañete

Nota, De "Resultados de la actualización de fuentes contaminantes en la cuenta del río Cañete-2017" por ANA & Autoridad Administrativa del Agua, 2017, p. 37. Derechos de autor 2017 por ANA & Autoridad Administrativa del Agua.

En el Anexo D, se encuentra el Mapa de Identificación de Fuentes Contaminantes.

Capítulo II. Marco Teórico

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Calidad del agua

La calidad del agua es un “término usado para describir las características físicas, químicas y biológicas del agua” (Li & Migliaccio, 2011, p. 1).

2.1.1.1. Parámetros físicos, químicos y biológicos.

Temperatura (T). La temperatura es un parámetro físico que sí repercute sobre la vida acuática. Es importante debido a que influye en otras propiedades del agua como el aumento en la velocidad de las reacciones químicas y la disminución de la solubilidad de gases en el agua (Roberts, 2007, p. 3.8 & Tebbut, 1998, p. 14).

Conductividad eléctrica (CE). La conductividad eléctrica es la capacidad del agua de conducir la electricidad, se ve afectada por la presencia de sales disueltas en el agua y tiene una relación directa con la concentración de iones presentes en el agua cuyas fuentes pueden ser la deposición natural, residuos industriales, fertilizantes y otras (Díaz, 2018, p. 22; Li & Migliaccio, 2011, p. 195).

Potencial de hidrógeno (pH). En el agua, el pH indica la concentración de iones hidrógeno presente. Mediante la escala de pH, se puede representar la intensidad de alcalinidad o acidez de una muestra de agua. La escala de pH varía de 0 a 14, donde de siete representa la neutralidad, los valores por encima de siete representan alcalinidad y por debajo de siete, acidez (Tebbutt, 1998, p. 15).

La mayoría de los cuerpos de agua superficial posee un valor de pH entre 6 y 8,5 (Díaz, 2018, p. 24). Además, aquellas aguas naturales que poseen alta concentración de sustancias húmicas tienden a tener un pH bajo (Boyd, 2020, p. 181). También se indica que a concentraciones altas de iones hidrógeno, aumenta la solubilidad de metales pesados en el agua como cadmio, arsénico, mercurio, entre otros (Claramunt et al., 2013, p. 83).

Oxígeno disuelto (OD). El oxígeno disuelto es un parámetro importante en la calidad del agua y su presencia en el agua se debe principalmente al aporte de oxígeno de la atmósfera; además, la fuente más importante de oxígeno, en los lagos, es la fotosíntesis (Roldán, 2003).

Nitratos (NO_3^-). Los nitratos se encuentran de manera natural en el ambiente. Pueden llegar a las aguas superficiales y a las aguas subterráneas por la actividad agrícola, la disposición de aguas residuales y la oxidación de desechos nitrogenados en excretas humanas y animales (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018, p. 466).

Sulfatos (SO_4^{2-}). Los sulfatos se encuentran de manera natural en varios minerales y son utilizados en la industria química. Son vertidos al agua mediante efluentes industriales y por deposición atmosférica. Las concentraciones más altas de sulfatos se encuentran en las aguas subterráneas provenientes de fuentes naturales (OMS, 2018, p. 489).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5). La DBO_5 se refiere a la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para oxidar la materia orgánica mediante procesos aeróbicos, cuya medida se obtiene mediante la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y final, luego de la incubación de la muestra a los 5 días a 20 °C (Ramos et al., 2003, p. 196).

Demanda Química de Oxígeno (DQO). La Demanda Química de Oxígeno determina la cantidad de oxígeno que se necesita para la oxidación química de la materia orgánica. (Ramos et al., 2003, p. 119). Por lo general la DQO es mayor que el DBO y se incrementa al presentarse oxidación biológica (Tebbut, 1998, p. 18).

Aluminio (Al). El aluminio es el elemento más abundante de la corteza terrestre (alrededor del 8%). Las sales de aluminio son utilizadas en el tratamiento de agua como coagulantes para la reducción del color, turbiedad, materia orgánica y nivel de microorganismos. Dicho uso puede incrementar la concentración de aluminio en el agua

residual tratada y una concentración residual alta puede conferir al agua un color y turbiedad no deseables (OMS, 2018, p. 367).

La presencia de aluminio en aguas naturales es baja, a excepción de aguas muy ácidas y está presente en rocas de silicato y en depósitos de óxido de aluminio e hidróxidos (Boyd, 2020, p. 362).

Arsénico (As). El arsénico se encuentra distribuido en la corteza terrestre en los estados de oxidación -3 , 0 , $+3$ y $+5$. En el agua, el arsénico se encuentra principalmente como arseniato ($+5$) y en condiciones anaeróbicas como arsenito ($+3$), y usualmente se presenta en aguas naturales a concentraciones menores a $1-2$ g/L. En las aguas subterráneas, las concentraciones de arsénico pueden ser elevadas debido a la presencia de depósitos de minerales de sulfuro y depósitos sedimentarios que derivan de rocas volcánicas (OMS, 2018, p. 371). La contaminación del agua por arsénico usualmente se da por fuentes naturales que, por las fuentes antropogénicas, como vertimientos industriales o el uso de pesticidas (Pradana et al., 2019, p. 48).

Bario (Ba). En la naturaleza, los compuestos de bario se encuentran en depósitos de mineral y, en rocas ígneas y sedimentarias. En el agua, el bario principalmente proviene de fuentes naturales, pero también puede ingresar al ambiente a través de emisiones industriales y usos antropogénicos (OMS, 2018, p. 377). En la corteza terrestre, el bario se encuentra como barita (BaSO_4) o whiterita (BaCO_3) (Boyd, 2020, p. 365).

Boro (B). Un aumento en la concentración de boro en cuerpos de aguas superficial se puede deber a los vertidos de aguas residuales. En las aguas subterráneas, el contenido de boro se encuentra de manera natural por la lixiviación de rocas y suelos con presencia de boratos y borosilicatos (OMS, 2018, p. 381).

Cadmio (Cd). El cadmio se presenta en forma de carbonatos e hidróxidos junto a metales traza, su abundancia es baja en la corteza terrestre y comúnmente no es detectable en las aguas naturales (Boyd, 2020, p. 355).

Cobre (Cu). El cobre es un elemento que se encuentra distribuido en las cuencas hidrográficas, pero existe en bajas concentraciones en las aguas naturales, debido a que gran parte de los minerales de cobre no son solubles. Una mayor concentración de cobre en aguas naturales se puede deber a actividades mineras y/o a desechos industriales (ANA, 2018, p. 28).

Hierro (Fe). El hierro es uno de los metales que más abundan en la corteza terrestre (OMS, 2018) y presenta concentraciones bajas en las aguas naturales. La solubilidad del hierro depende del pH y del potencial redox del agua (ANA, 2018, p. 28).

Litio (Li). El litio no se encuentra presente en su forma elemental en la naturaleza, pero está presente en muchos minerales como el spodumene, lepidolita, pelatita. En el agua, el litio está presente a concentraciones bajas (British Geological Survey, 2016).

Magnesio (Mg). El magnesio es abundante en la corteza terrestre y uno de los mayores cationes en el agua. Comúnmente se puede encontrar en aguas superficiales y subterráneas. Se asocia con la dureza del agua. Se precisa que la dureza se produce por una variedad de iones metálicos polivalentes disueltos, donde predominan los cationes de calcio y magnesio (OMS, 2018, p. 428; Roberts, 2007, p. 3.14; Li & Migliaccio, 2011, p. 186).

Manganeso (Mn). El manganeso es uno de los metales que más abundan en la corteza terrestre, su presencia se asocia al hierro y principalmente se encuentra en la naturaleza en forma de dióxido de manganeso, aunque también se puede encontrar formando otros óxidos e hidróxidos en la naturaleza; su concentración en el agua usualmente es baja (Boyd, 2020, p. 352). Está presente de manera natural en muchas fuentes de agua superficial y subterránea. El manganeso se utiliza en la fabricación de aleaciones de hierro y acero, como oxidante para limpieza, el blanqueado y la desinfección (OMS, 2018, p. 453). En el agua, el manganeso puede provenir de sedimentos, rocas, minería, y residuos industriales (Li & Migliaccio, 2011, p. 186). El manganeso raramente

causa toxicidad, pero concentraciones elevadas puede ser tóxico para invertebrados bentónicos (Pinsino et al., 2012 citado por Boyd, 2020, p. 352).

Plomo (Pb). El plomo es utilizado principalmente en la producción de baterías de plomo ácido, soldadura y aleaciones (OMS, 2018, p.480). La contaminación de plomo en el agua puede provenir de procesos naturales erosivos, minería, la corrosión de tuberías, fábricas de pintura, cerámica y de vidrio; y de productos que contengan plomo (Li & Migliaccio, 2011, p. 184 & Pradana et al., 2019, p. 48).

Zinc (Zn). El zinc está presente en rocas y minerales, en las aguas naturales su concentración es baja debido a su baja solubilidad en el agua. En aguas alcalinas, el zinc se encuentra en cantidades trazas, pero en aguas ácidas, su concentración se eleva (ANA, 2018, p.28). El zinc está presente en sulfatos, óxidos, silicatos y carbonatos; el mineral más común de zinc es la esmithsonita (Boyd, 2020, p. 354).

Coliformes Termotolerantes (Fecales). La presencia de coliformes termotolerantes es un indicador contaminación fecal (Ramos et al, 2003, p. 142). Su presencia se puede deber a vertimientos de aguas residuales domésticas no tratados y la inadecuada disposición de residuos sólidos (ANA, 2018, p. 26).

2.1.1.2. Condiciones naturales que influyen en la calidad del agua.

La geología, el clima, la vegetación, la morfología y la ubicación son algunas de las condiciones naturales más importantes que influyen en la calidad del agua (Vigil, 2003, p. 9).

Geología. Influye, en gran parte, en la composición mineral del agua. Por ejemplo, el calcio y el magnesio pueden disolverse en el agua al pasar sobre suelos o formaciones rocosas que contienen caliza. Además, los metales pueden formar parte del agua al pasar sobre suelos o rocas que los contengan, como por ejemplo cobre, plomo y zinc (Vigil, 2003, p. 9).

Clima. El clima influye en la calidad del agua debido a que las características físicas, químicas y biológicas del agua pueden variar de acuerdo con la precipitación, la temperatura y los vientos. La temperatura influye en la composición de gases disueltos en el agua como el oxígeno debido a que temperaturas más frías, la presencia de oxígeno en el agua es mayor que a temperaturas más cálidas. También, en aguas cálidas, las reacciones químicas y biológicas ocurren con mayor rapidez, a comparación de aguas a temperaturas más frías. La precipitación en el área influye en la calidad del agua debido a que el ingreso de un contaminante en cuerpos de agua pequeños donde la precipitación es baja produce más afectación en comparación de su ingreso en un cuerpo de agua más grande. Al poseer menor cantidad de agua, no podrá diluir el contaminante de la misma manera si tuviera mayor cantidad de agua. El viento influye en la composición de gases como oxígeno y dióxido de carbono en el agua, además, influye en la tasa de evaporación de la superficie del agua (Vigil, 2003, p. 10).

Vegetación. Puede influir en el color del agua debido a su descomposición en la misma, puede ayudar a mantener las condiciones deseables de gases disueltos en lugares donde la vegetación provee sombra al cuerpo de agua y puede actuar como un filtro de partículas sólidas suspendidas en el agua (Vigil, 2003, p. 10).

Morfología. La forma y las dimensiones del cuerpo de agua influyen en la calidad del agua (Vigil, 2003, p. 11).

Ubicación. La ubicación del cuerpo de agua influye en las condiciones naturales del agua, así como en la calidad del agua (Vigil, 2003, p. 12).

2.1.2. Contaminación del agua

La contaminación del agua es la alteración de sus características físicas, químicas y biológicas, lo cual puede afectar la salud de las personas y los ecosistemas acuáticos. La contaminación del agua se debe a procesos naturales y antropogénicos (Sharma, 1994, p. 34).

2.1.2.1. Descripción de los agentes contaminantes. Los agentes contaminantes son aquellas sustancias que pueden provocar algún daño a las personas, plantas o animales, al estar presentes en determinadas concentraciones o exceden un estándar de calidad ambiental (ANA, 2018, p. 7). En la Tabla 6 se describe la importancia de los agentes contaminantes, los cuales incluyen a sólidos en suspensión, materia orgánica biodegradable, patógenos, nutrientes, compuestos xenobióticos, materia orgánica refractaria, metales pesados, hidrocarburos y derivados, productos químicos y desechos industriales, sólidos orgánicos disueltos, sólidos sedimentables, energía radiactiva y la energía térmica.

Tabla 6

Descripción de agentes contaminantes

Agentes o fuentes contaminantes	Descripción
Sólidos en suspensión	Al verter agua residual sin tratar a los cuerpos de agua, los sólidos en suspensión pueden generar el desarrollo de depósitos de fango (ANA, 2018, p. 7).
Materia orgánica biodegradable	Por lo general se miden a través de la DQO y la DBO y puede generar la disminución de oxígeno en el agua (ANA, 2018, 7).
Patógenos (bacterias, virus, protozoarios, gusanos)	Son causantes de enfermedades y pueden causar altas tasas de mortalidad y morbilidad (ANA, 2018, p. 7).
Nutrientes	Cuando los nutrientes (fósforo, nitrógeno y/o carbono) se vierten al entorno acuático, puede favorecer el crecimiento de algas y como resultado la aparición de floraciones algales (ANA, 2018, p. 7).
Compuestos xenobióticos	Los xenobióticos incluyen a fármacos, carcinogénicos químicos, bifenilos policlorados (PCB) e insecticidas. Algunos xenobióticos pueden permanecer mucho tiempo en la biósfera sin alterarse y llegan a ser contaminantes (ANA, 2018, p. 8).
Materia orgánica refractaria	Es aquella materia orgánica que puede resistir a los tratamientos convencionales de agua. Algunos ejemplos son los pesticidas agrícolas, los fenoles y los agentes tensoactivos (ANA, 2018, p. 8).
Metales pesados	Comúnmente ingresan al agua en los cursos donde se realizan actividades industriales (ANA, 2018, p. 8).
Hidrocarburos y derivados	Por lo general, es causado por derrames (ANA, 2018, p. 8).

Agentes o fuentes contaminantes	Descripción
Productos químicos y desechos industriales	Comprende la disposición de aceites, ácidos, sodas, abonos, entre otros de acuerdo con las actividades productivas o debido a derrames (ANA, 2018, p. 8).
Sólidos inorgánicos disueltos	El calcio, sodio y los sulfatos son añadidos en la cadena de suministro (ANA, 2018, p. 8).
Sólidos sedimentables	Las partículas de suelo y los residuos que se acumulan en el cauce del río pueden perjudicar a la biota. Las partículas que flotan en el agua obstaculizan el paso de la luz y la fotosíntesis (ANA, 2018, p. 8).
Energía radiactiva	Puede ocasionar la muerte de especies de flora y fauna, además de problemas en la salud humana (ANA, 2018, p. 8).
Energía térmica	El agua producida a elevadas temperaturas cuando llega a cuerpos de agua puede ocasionar varios efectos químicos, físicos y biológicos (ANA, 2018, p. 8).

Nota, Adaptado de “Lineamientos para la Identificación y Seguimiento de Fuentes Contaminantes relacionadas con los Recursos Hídricos” Resolución Jefatural N° 136-2018-ANA. (25 de abril del 2018). Derechos de autor 2018 por ANA

2.1.2.2. Fuentes de contaminación del agua.

Según su origen. Las fuentes de agua se clasifican en fuentes de agua natural y antropogénica. Las fuentes naturales se clasifican como líquidas y no líquidas, donde las fuentes naturales líquidas incluyen a las aguas mineromedicinales cuya procedencia es la desglaciación, volcánica o el drenaje pluvial; y las fuentes naturales no líquidas se refieren a depósitos naturales mineralizados (ANA, 2018, pp. 8-9).

Por otro lado, las fuentes de agua antropogénica agrupan a las aguas residuales, que incluye a aguas residuales agropecuarias, agroindustriales, domésticas, municipales, industriales, minero metalúrgico; los residuos sólidos, que incluye a los residuos sólidos municipales y no municipales; y las sustancias descargadas in situ, por las actividades que se realizan cercanas a cuerpos de agua (ANA, 2018, p. 9).

Según la localización de su origen. Las fuentes de contaminación del agua pueden ser puntuales y no puntuales (difusa). En la contaminación puntual, los vertimientos ingresan a los cuerpos de agua a través de tuberías, canales u otros conductos, y se puede identificar claramente la fuente de contaminación. Algunos ejemplos de contaminación puntual son las industrias y las plantas de tratamiento de agua residuales municipales. Por otro lado, la contaminación difusa se debe a un grupo de actividades antropogénicas en las que no se puede identificar claramente un punto exacto de origen de la contaminación. La contaminación por escorrentía superficial y la deposición atmosférica son ejemplos de contaminación difusa (Pradana et al., 2019, p.154 & Boyd, 2020, p. 381).

2.1.3. Análisis multivariante

Hair et al. (2019) mencionan que “el análisis multivariante se refiere a todos los métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples de cada individuo u objeto sometido a investigación”. También se considera como análisis multivariante al análisis simultáneo de dos o más variables. Por otro lado, se define al análisis multivariante a aquel conjunto de técnicas estadísticas que tienen como finalidad el análisis de datos, donde se cuentan dos o más variables medidas (Guisande et al., 2013, p. 667).

2.1.3.1. Pretratamiento de datos. Previo a la aplicación de las técnicas estadísticas multivariantes, es necesario realizar un pretratamiento de los datos a utilizar. En esta sección se describen los datos no detectados y datos faltantes.

Datos no detectados. En el análisis de la calidad del agua, a menudo se obtienen resultados de parámetros que se encuentran por debajo de un límite de detección (L.D.) o de cuantificación (L.C.). Estos se denominan valores no detectados o también llamados datos censurados (Rangeti et al., 2015) y se pueden reemplazar por el límite dividido entre dos, la cual es una alternativa viable en comparación del reemplazo por cero o el límite, debido a que se reduce la incertidumbre a la mitad (Ofungwu, 2014 & Grima et. al, 2019).

Datos faltantes. Los datos faltantes se pueden tratar mediante la eliminación de casos que los contienen o mediante la imputación (Aldás & Uriel, 2017, p.37).

La imputación es aquel proceso donde se estiman los datos faltantes de acuerdo con los datos de otras variables (Hair et al., 2019, p. 47).

Antes de elegir la técnica a utilizar para tratar los datos faltantes, se debe verificar el “mecanismo de datos faltantes”, los cuales se dividen en tres (Shafer & Graham, 2002):

- *Missing Completely at Random* o Datos faltantes completamente al azar (MCAR): se refiere a que su ocurrencia no depende ninguna de las variables (Collazos, 2021, p. 8).
- *Missing at Random* o Datos faltantes al azar (MAR): se refiere a que su ocurrencia solo depende de las variables que poseen datos completos (Collazos, 2021, p. 8).
- *Missing not at Random* o Datos faltantes no al azar (MNAR): Se refiere a cuando el mecanismo de datos faltantes no es MCAR ni MAR. Se refiere a que su ocurrencia solo depende de las variables que poseen datos faltantes y no de las variables que poseen datos completos (Collazos, 2021, p. 8).

La prueba de Little's MCAR permite verificar si los datos faltantes siguen un mecanismo de datos faltantes MCAR, donde la hipótesis nula (H_0) indica que los datos faltantes son completamente aleatorios. Esta prueba confirma que los datos faltantes siguen un proceso MCAR (Galarza, 2013).

La elección de las técnicas para el tratamiento de datos faltantes se basa principalmente en su clasificación de acuerdo con el mecanismo de datos. La imputación múltiple (IM) es una técnica donde los valores faltantes son reemplazados por una cantidad m de valores (m es un número pequeño que varía de 3 a 10). Al final, estos m valores se combinan para obtener un único resultado el cual generalmente es la media de los valores calculados (Schafer, 1999 & Hair et al, 2019, p. 65) Para el caso de la técnica de la imputación múltiple, se recomienda su uso para datos faltantes que sigan un proceso MAR

(Hair et al, 2019, p. 71) pero también se puede utilizar en caso de que los datos faltantes sigan un proceso MCAR y MNAR (Pedersen et al., 2017).

2.1.3.2. Clasificación. El análisis multivariante abarca un conjunto de técnicas las cuales se clasifican en técnicas de dependencia y técnicas de interdependencia (Hair et al., 2019, p. 21, Aldás & Uriel, 2017, pp. 23, 26).

Técnicas de Dependencia. En un análisis de dependencia se pueden identificar dos grupos de variables: las variables dependientes y las variables independientes. El objetivo de estas técnicas es determinar si las variables independientes afectan a las variables dependientes. Los métodos que conforman un análisis de dependencia se clasifican de acuerdo con el número de variables dependientes y tipo de escala de las variables (métricas o no métricas) (Hair et al., 2019, p. 21, Aldás & Uriel, 2017, p. 24).

Técnicas de Interdependencia. En un análisis de interdependencia no se clasifica a las variables como dependiente o independiente, las variables se analizan simultáneamente. El objetivo de estas técnicas es determinar cómo y por qué se correlacionan las variables. Las técnicas de análisis factorial exploratorio (AFE) y análisis de conglomerados o clúster (AC) son técnicas de interdependencia (Aldás & Uriel, 2017, p. 26-27; Hair et al., 2019, p. 25).

2.1.3.3. Análisis Factorial Exploratorio (AFE). El análisis factorial exploratorio es una técnica de reducción de datos cuyo objetivo es determinar cuáles son los factores o las causas latentes que provocan la correlación entre las variables (Aldás & Uriel, 2017, p. 28), según la ecuación 1:

$$\begin{aligned} X_1 &= \lambda_{11}F_1 + \lambda_{12}F_2 + \dots + \lambda_{1m}F_m + e_1 \\ X_2 &= \lambda_{21}F_1 + \lambda_{22}F_2 + \dots + \lambda_{2m}F_m + e_2 \\ &\dots \\ X_p &= \lambda_{p1}F_1 + \lambda_{p2}F_2 + \dots + \lambda_{pm}F_m + e_p \end{aligned} \quad (1)$$

Donde X es la variable, p el número de variables, F es el factor común, m es el número de factores comunes, e es el factor específico, λ es el peso o carga del factor.

Contrastes del análisis factorial. Mediante la aplicación de contrastes, se analiza la pertinencia de aplicar el análisis factorial a un conjunto de variables.

Previo a realizar un análisis factorial exploratorio, se suele utilizar el contraste de esfericidad de Bartlett, la cual es una prueba estadística mediante la cual se verifica si las variables están correlacionadas. La hipótesis nula (H_0) de la prueba indica que las variables no están correlacionadas (Hair et al., 2019, p. 136; Aldás & Uriel, 2017, p. 464).

También se utiliza la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), la cual indica cuán grande es la correlación entre las variables medidas. El valor de KMO varía en un rango de 0 a 1, donde valores cercanos a 1 indican que la aplicación del análisis factorial es adecuada y medidas menores a 0,5 indica que es inaceptable. Además, se indica que la adecuación de los datos es suficiente cuando el valor de KMO varía de 0,70-0,79 y satisfactoria cuando el valor es mayor a 0,80. (Aldás & Uriel, 2017, p. 465; Lloret et al., 2014).

Métodos para extracción de factores. Entre los métodos para la extracción de factores se tiene a: Método de componentes principales, método de los ejes principales, método de máxima verosimilitud (Aldás & Uriel, 2017, pp. 439-447). Cabe precisar que la diferencia entre los resultados de los métodos es mínima (Sharma, 1996 citado por Aldás & Uriel, 2017, p. 449).

El método de componentes principales (ACP) analiza la varianza total. Su objetivo es resumir la mayor parte de la información original (la varianza) en una cantidad mínima de factores (Hair et al, 2019, p. 140). En el método de componentes principales no se exige que las variables cumplan algún requisito (Guisande et al, 2013, p. 315), entre ellos el cumplimiento de la normalidad multivariante (Fabrigar et al, 1999).

Antes de aplicar el método de ACP, se suele estandarizar los datos, para evitar alguna influencia de las variables debido a que las variables tienen unidades de medida diferentes. (Khalil & Ouarda, 2009; Xiao et al, 2016; Chow et al, 2016)

Cabe indicar que el método de análisis de componentes principales se puede aplicar a la matriz de covarianzas o a la matriz de correlaciones. En este método, el usar la matriz de correlaciones equivale a usar la matriz de covarianzas con los datos estandarizados (Khalil & Ouarda, 2009).

Determinación del número de factores a retener. Mediante el criterio de Kaiser se retiene aquellos factores cuyo autovalor sea superior a la unidad. Es un criterio recomendado para variables menores a 40 y muestras pequeñas. (Aldás & Uriel, 2017, p. 450).

Rotación de factores. La rotación de factores se realiza con la finalidad de obtener unos factores que sean fácilmente interpretables, a partir de la solución inicial. Al rotar los factores, se trata de que las variables tengan una correlación más próxima a 1, es decir alta, con un factor y más próxima a 0, es decir baja, con el resto de los factores; de esta manera cada factor tendrá una correlación alta con algunas variables y baja con las demás variables. Hay dos maneras de rotar los factores: rotación ortogonal y rotación oblicua (Aldás & Uriel, 2017, p. 452, 454).

En la rotación ortogonal se preserva la incorrelación entre factores. La rotación varimax es la rotación ortogonal más conocida y es la más usada. Luego de la rotación, la varianza total explicada por los factores no se altera (Hair et al., 2019 & Aldás & Uriel, 2017, p. 454, 456).

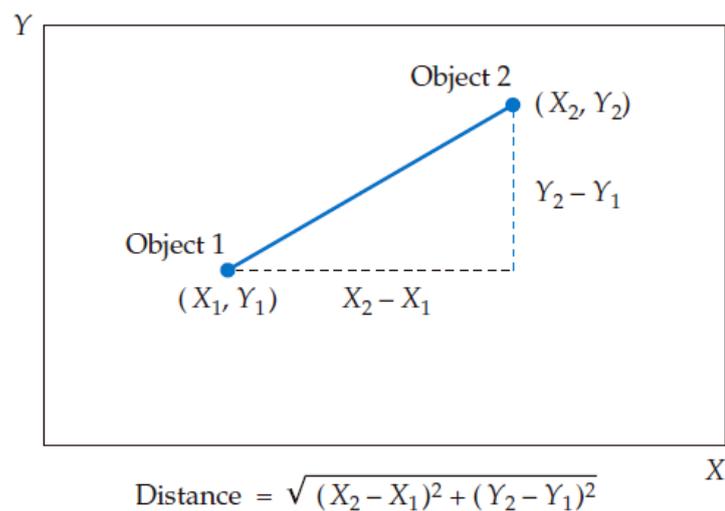
Cargas factoriales. Las cargas factoriales se clasifican en fuerte (>0.75), moderado ($0,75-0,50$) y débil ($0,50-0,30$) (Liu et al., 2003, citado por Barakat et al., 2016 & Xiao et al., 2016 & Chow et al., 2016).

2.1.3.4. Análisis clúster o de conglomerados. El análisis clúster o de conglomerados es una técnica de clasificación cuyo objetivo es agrupar observaciones u objetos de acuerdo con sus características de tal manera que, de acuerdo con las variables que se utilizaron para caracterizarlos, cada grupo sea homogéneo y que los grupos sean lo más diferentes entre sí (Aldás & Uriel, 2017, p. 28).

Medida de similitud para variables métricas. Las medidas de distancia son las medidas de similitud comúnmente utilizadas en el análisis de conglomerados, donde valores más grandes indican menor similitud (Hair et al., 2019, p. 206). Existen diferentes medidas de distancia que pueden ser utilizadas, entre ellas se encuentran la distancia euclídea y la distancia euclídea al cuadrado. La distancia euclídea es la medida de distancia más conocida y utilizada. Gráficamente se representa en la Figura 1. La distancia euclídea se considera una opción por defecto en la mayoría de los programas estadísticos (Guisande et al., 2013 & Hair et al., 2019, p. 207).

Figura 1

Representación de la Distancia Euclídea



Nota, La figura representa la distancia euclidiana entre dos objetos. Tomado de "Multivariate Data Analysis" (p.207), por Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B. J.& Anderson R.E, 2019, Cengage Learning EMEA.

Por otro lado, la distancia euclídea al cuadrado toma como medida de similaridad al cuadrado de la distancia euclídea. Esta distancia es recomendada para el método de Ward y el método del centroide en el análisis clúster (Hair et al., 2019, p. 207 & Aldás & Uriel, 2017, p. 81).

Estandarización de datos. La mayoría de los análisis de conglomerados que utilizan medidas de similaridad de distancia son sensibles a la escala de sus variables por lo que el proceso de estandarización de datos de variables permite corregir alguna influencia de la unidad de medida de algunas de sus variables (Hair et al., 2019, p. 208).

La forma de estandarización de datos más común es Puntuaciones Z, donde a cada valor de la observación de una variable se le resta la media de esa variable del conjunto de observaciones y luego se divide por su desviación estándar, por lo que la variable que se estandariza posee una media de 0 y una desviación estándar de 1 (Hair et al., 2019, p. 208 & Aldás & Uriel, 2017, p. 86).

Tipos de análisis de conglomerado. Luego de obtener la matriz de distancias, se debe seleccionar el algoritmo de agrupación que se va a seguir y determinar el número de grupos. Los algoritmos de agrupación se clasifican en métodos jerárquicos y métodos no jerárquicos (Aldás & Uriel, 2017, p. 88).

- **Método de agrupamiento jerárquico**

En los métodos jerárquicos hay dos enfoques: los métodos jerárquicos aglomerativos y los métodos jerárquicos desagregativos (Aldás & Uriel, 2017, p. 88).

- En los métodos jerárquicos aglomerativos, cada objeto se agrupa en su propio grupo y sucesivamente se va uniendo a otros grupos cercanos entre sí hasta formar un único grupo (Aldás & Uriel, 2017, p. 88).
- En los métodos jerárquicos desagregativos inicialmente los objetos se agrupan en un único grupo y sucesivamente se van desagrupando en grupos hasta que cada objeto forma un único grupo. Generalmente los

programas estadísticos usan el enfoque aglomerativo. (Aldás & Uriel, 2017, p. 88).

Selección del algoritmo de agrupamiento

Los cinco algoritmos de agrupamiento jerárquico más importantes son: Método del vecino más cercano (*single linkage*), método del vecino más lejano (*complete linkage*), método de vinculación promedio (*average linkage*), método del centroide y el método de Ward (Hair et al., 2019, p. 215 & Aldás & Uriel, 2017, pp 88-97).

En el método del vecino más cercano, la distancia entre dos grupos se da entre los miembros más cercanos de ambos grupos. En el método del vecino más lejano, la distancia entre dos grupos se da entre los miembros más lejanos de ambos grupos. En el método de vinculación promedio, la distancia entre dos grupos se da calculando la distancia promedio de cada par de observaciones formados de un miembro de un grupo y otro grupo. En el método del centroide, la distancia entre dos grupos se da entre los centroides de cada clúster (Aldás & Uriel, 2017, p. 89, 93).

El método de Ward tiene el objetivo de maximizar la homogeneidad dentro de cada conglomerado. Para obtener los grupos más homogéneos entre sí, realiza el cálculo de los centroides de los grupos resultantes de las fusiones y luego obtiene la distancia euclídea al cuadrado al centroide de las observaciones del grupo. La solución que garantiza la máxima homogeneidad es la que tiene una menor suma de cuadrados y es la elegida, en este método se tiende a formar conglomerados de un tamaño similar (Aldás & Uriel, 2017, p. 96).

Selección del número de conglomerados

En el análisis de conglomerados se puede elegir entre muchas soluciones, las cuales se diferencian del número de grupos formados. Se debe detener el proceso de unión de grupos cuando los grupos que se unirán se encuentran a una distancia significativamente mayor de los grupos previamente unidos (Aldás & Uriel, 2017, p. 98).

El dendograma o árbol de clasificación, es un gráfico el cual es el principal resultado del análisis clúster jerárquico, mediante el cual, se puede observar el proceso de clasificación de cada elemento en una clase desde un inicio y hasta el final, donde todos los elementos se encuentran en una única clase (Guisande et al., 2013, p. 761).

2.1.3.5. Aplicación del análisis multivariante en la calidad de agua. La aplicación de diferentes métodos estadísticos multivariantes, como análisis clúster (AC) y el análisis factorial (AF), son de utilidad en la interpretación de matrices con gran cantidad de datos para un mejor entendimiento de la calidad del agua (Gómez & Peñuela, 2016). Los métodos estadísticos multivariantes se pueden utilizar en la optimización del diseño de redes de monitoreo y los más usados son el AF y AC. También los métodos estadísticos multivariados son principalmente utilizados para remover estaciones de monitoreo y parámetros que no son necesarios de acuerdo con su data histórica, lo cual no se utiliza cuando se tiene que diseñar una red de monitoreo de acuerdo con las características de la cuenca (Jiang. 2020).

2.2. Marco Legal

2.2.1. Constitución Política del Perú de 1993

En el artículo 2, inciso 22 se menciona que “toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida” (Constitución Política del Perú, Art 2, 1993).

2.2.2. Ley N° 28611 “Ley General del Ambiente”

En el artículo 31, se define al Estándar de Calidad Ambiental – ECA como “la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente” (Ley N° 28611, 2005). También se señala que, de acuerdo con el parámetro, la concentración se expresa en “máximos, mínimos o rangos” (Ley N° 28611, 2005).

2.2.3. Ley de Recursos Hídricos N°29338

De acuerdo con el artículo 1, la ley regula el uso y la gestión de los Recursos Hídricos, lo cual abarca el agua superficial, el agua subterránea, el agua continental y los bienes asociados (Ley N°29338, 2009).

2.2.4. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias”

En el año 2017, mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, se aprobaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua y se derogaron las anteriores normas referidas a ECA Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM, 2017).

Tabla 7

Estándares de Calidad Ambiental de Agua para la Categoría 1-A2 y Categoría 3

Parámetros	Unidad de medida	Categoría 1		Categoría 3	
		A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	que se con	D1: Riego de vegetales para riego restringido	D2: Bebida de animales para riego restringido
Físico-químicos					
Conductividad	µS/cm	1600		2500	5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5		15	15
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	50		**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5		≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	mg/L	6,5 – 9,0		5.5-9.0	
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	250		1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3	Δ 3
Inorgánicos					
Aluminio	mg/L	5		5	5

Parámetros	Unidad de medida	Categoría 1		Categoría 3		
		A2: Aguas pueden potabilizadas con tratamiento convencional	que ser con	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
				Agua para riego restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Antimonio	mg/L	0,02		**		**
Arsénico	mg/L	0,01		0,1		0,2
Boro	mg/L	2,4		1		5
Bario	mg/L	1		0,7		**
Boro	mg/L	2,4		1		5
Berilio	mg/L	0,4		0,1		0,1
Cadmio	mg/L	0,005		0,01		0,05
Cobre	mg/L	2		0,2		0,5
Cobalto	mg/L	**		0,05		1
Cromo	mg/L	0,05		0,1		1
Hierro	mg/L	1		5		**
Litio	mg/L	**		2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		**		250
Manganeso	mg/L	0,4		0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,002		0,001		0,01
Plomo	mg/L	0,05		0,05		0,05
Zinc	mg/L	5		2		24
Microbiológicos						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	2000		1000	2000	1000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	**		1000	**	**

Nota, ** significa que el parámetro no aplica para esa subcategoría. Adaptada de Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias" por Diario Oficial el Peruano. (7 de junio del 2017). Derechos de autor 2017 por Ministerio del Ambiente Peruano.

2.2.5. Resolución Jefatural N° 056-2018- ANA “Aprobar la Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales, conforme al Anexo que forma parte integrante de la presente resolución.”

En el año 2018, se aprueba la clasificación de los cuerpos de agua continental superficial. En el anexo N°1 de dicha norma se presenta su clasificación. De acuerdo con el Art. 4, se menciona que, si en caso no se haya asignado una categoría a algún cuerpo de agua superficial, la categoría que aplica es del recurso hídrico al cual tributa. Además, el art 6. dispone la derogación de la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA (R.J. N°056-2018-ANA, 2018).

Tabla 8

Cuerpos de agua lóticos identificados

Curso de Agua				Unidad Hidrográfica		
N°	Código Curso	Nombre	Categoría	Longitud (km)	Código UH	Nombre
422	137541	Río Cañete	Categoría 1A2	65,79	13754	Cuenca Cañete
423	137541	Río Cañete	Categoría 3	4,08	13754	Cuenca Cañete
425	137543	Río Cañete	Categoría 1A2	7,00	13754	Cuenca Cañete
427	137545	Río Cañete	Categoría 1A2	61,46	13754	Cuenca Cañete
429	137547	Río Cañete	Categoría 4	14,72	13754	Cuenca Cañete
430	137547	Río Cañete	Categoría 1A2	4,33	13754	Cuenca Cañete
432	137549	Río Cañete	Categoría 4	76,16	13754	Cuenca Cañete

Nota, Adaptada de “Aprobar la Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales, conforme al Anexo que forma parte integrante de la presente resolución”. Resolución Jefatural N° 056-2018- ANA. (13 de febrero del 2018), Derechos de autor 2018 por Autoridad Nacional del Agua.

2.2.6. Resolución Jefatural N° 084-2020- ANA “Aprobar la metodología Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS).”

En el año 2020 se aprobó la metodología del índice ICARHS, cuyo uso es obligatorio para la ANA y es referencial para otras entidades y público en general (R.J. N° 084-2020-ANA, 2020).

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

La presente metodología de investigación se basa en aplicar el ICARHS para determinar el estado de calidad del agua en siete estaciones de monitoreo de calidad del agua en el río Cañete (QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10, RCañe7 y RCañe8), el programa SPSS para realizar el análisis estadístico de muestras y el análisis multivariable.

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

El enfoque de la investigación fue cuantitativo y el diseño de investigación fue no experimental, debido a que no se han manipulado las variables del estudio; para el presente caso las variables fueron los parámetros de calidad de agua. De acuerdo con el número de momentos en los cuales se recolectaron los datos, el tipo de diseño no experimental fue longitudinal porque se han recolectado datos anuales parámetros de calidad de agua de un total de nueve (09) años (2013-2021).

3.2. Diseño Muestral

3.2.1. Población

La población está representada por 20 estaciones de monitoreo que conforman la red de monitoreo de calidad del agua superficial en la cuenca del río Cañete.

3.2.2. Muestra

La muestra está conformada por siete (07) estaciones de monitoreo, ubicadas en el tramo Yauyos-San Vicente de Cañete del río Cañete. Se eligieron seis (06) estaciones que se encuentran en la Categoría 1-A2 y una (01) estación se encuentra en la Categoría 3 en el periodo 2013-2021, debido a la cantidad de los resultados y de parámetros de calidad de agua analizados en dichas estaciones, lo cual permitiría realizar la presente investigación. No se tomaron en cuenta las demás estaciones debido a que están fuera de la zona de estudio y están clasificados en la Categoría 4.

Tabla 9*Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua del presente estudio*

Ítem	Código	Categoría	Coordenadas UTM WGS84 18S			Descripción
			Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)	
1	QYauy1		400 748	8 622 437	2854	Quebrada Yauyos, aguas abajo del distrito de Yauyos y de las lagunas de oxidación inoperativas.
2	RCañe5		400 937	8 618 506	2280	Río Cañete, aguas abajo del pueblo de Magdalena (Anexo de Yauyos).
3	RCañe9	Cat. 1-A2	396 103	8 594 112	1531	Río Cañete, aguas abajo de la localidad de Capillucas, después del embalse Capillucas (CELEPSA).
4	RCañe6		403 029	8 584 724	1168	Río Cañete, aguas abajo del distrito de Catahuasi,
5	RCañe10		392 720	8 580 148	889	Río Cañete, aguas abajo del embalse San Juanito (CELEPSA).
6	RCañe7		370 491	8 559 413	316	Río Cañete, puente Socsy, aguas abajo del distrito de Lunahuaná.
7	RCañe8	Cat.3	352 202	8 548 635	56	Río Cañete, 500 m aprox, Aguas abajo del puente Clarita – San Vicente de Cañete

Nota, Tomado de Informe Técnico de Resultados del Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial en la Cuenca del río Cañete – 2019 por ANA, 2019

3.3. Instrumentos y Materiales

Se utilizó una Cámara Digital Panasonic Lumix DMC – FS5 para realizar el registro fotográfico y un GPS Garmin Etrex 10 para ubicar las estaciones de muestreo.

Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics 26 para el procesamiento de los datos y el programa QGIS Desktop 3.16.1 para la elaboración de mapas temáticos.

3.4. Técnicas y procedimiento de recolección de datos

3.4.1. Trabajo de Campo

3.4.1.1. Visita Inicial. Primero, se realizó una visita al área de estudio para el reconocimiento de la ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de agua en la cuenca del río Cañete, las cuales están ubicadas en el tramo Yauyos-San Vicente de Cañete (ver Figura 2); con el objetivo de tomar las muestras de agua de forma óptima en las siete (07) estaciones de monitoreo de la presente investigación mostradas en la Tabla 9.

En esta visita, se tuvo restricciones de ingreso a las estaciones QYauy1 y RCañe10, debido a seguridad de la población por la pandemia COVID-19 y por falta de autorización para el ingreso a propiedad privada de CELEPSA.

Figura 2

Visita Inicial



(a)



(b)

Nota, (a) Presencia de Residuos Sólidos en la ribera del río Cañete, debajo del Puente Clarita, cercano a la estación RCañe8. (b) Estación RCañe10, ubicada en la propiedad privada de CELEPSA. Fuente propia.

3.4.1.2. Toma de muestras de agua. Se seleccionó al laboratorio RLAB S.A.C., que se encuentra certificado por INACAL y al IAS1, para realizar el muestreo y el análisis de calidad de agua en cinco estaciones: RCañe, RCañe9, RCañe6, RCañe7, RCañe8. El muestreo se realizó los días 13 y 14 de octubre del 2021 (ver Figura 3). Se analizaron los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura, sulfatos, nitratos, Coliformes Fecales por Número más probable (NMP) y Metales (ver Anexo A).

Figura 3

Toma de muestras



(a)



(b)

Nota, (a) Toma de muestras de agua en la estación RCañe8. (b) Toma de muestras de agua en la estación RCañe5. Fuente propia.

3.4.2. Trabajo de Gabinete

De acuerdo con el mecanismo de acceso a la información pública, se ha solicitado información a la Dirección de Gestión de Calidad de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y se ha obtenido información a través de la página web de la ANA. Se han revisado los resultados de análisis de laboratorio de los parámetros de calidad de agua, existentes en los informes de Monitoreo de Calidad del Agua Superficial del río Cañete realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y se utilizaron los

¹ INACAL-DA reconoce los informes de ensayo acreditado por IAS (International Accreditation Service), debido a que ambos organismos forman parte del reconocimiento mutuo con el ILAC – International Laboratory Accreditation Cooperation (<https://ilac.org/ilac-mra-and-signatories/>)

correspondientes al periodo 2013-2020. Además, se utilizaron los resultados de los informes de ensayo del monitoreo de RLAB y AGQ del año 2021 (ver Anexo A).

Se utilizó el programa Microsoft Excel 2016 para recolectar los datos de los parámetros de calidad del agua y el programa IBM SPSS Statistics versión 26 para el procesamiento de los datos. Por último, para la realización de Mapas, se utilizó el Software QGIS Desktop 3.16.1.

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

3.5.1. Índice de Calidad de Agua ICARHS

Se utilizó el índice de calidad de agua ICARHS, la cual es una herramienta que se aplica a los cuerpos de agua superficiales para determinar el estado de la calidad del agua y cuya metodología fue aprobada mediante R.J. N°084-2020-ANA por la ANA (ANA, 2020).

3.5.2. Parámetros seleccionados

Para la selección de los parámetros de calidad de agua para calcular el índice ICARHS, se consideró lo siguiente:

- Los parámetros considerados para el cálculo del ICARHS para la Categoría 1-A2 y la Categoría 3 de acuerdo con lo mencionado en la metodología (Ver Figura 4).
- La cantidad de resultados de los parámetros analizados en cada estación de monitoreo. La ANA (2020) recomienda al menos 04 monitoreos como mínimo para cada punto de monitoreo.

Figura 4

Parámetros considerados en el cálculo del ICARHS

	Categoría 1 Subcategoría A2 1/	Categoría 3 2/	Categoría 4 Subcategoría E2 3/
Materia orgánica	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	X	X
	Demanda química de oxígeno (DQO)	X	X
	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	X	X
	Coliformes termotolerantes	X	X
	Fósforo total	X	
	Amoniaco - N	X	
	Nitratos (NO ³⁻)		
	Hidrocarburos totales de petróleo 4/		
Físico-químico Metal	Potencial de hidrógeno (pH)	X	X
	Arsénico	X	X
	Aluminio	X	X
	Manganeso	X	X
	Hierro	X	X
	Cadmio	X	X
	Plomo	X	X
	Boro 5/	X	X
	Cobre		X
	Mercurio		
	Zinc		
	Sólidos suspendidos totales		

Nota: 1/ Poblacional y recreacional: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. 2/ Riego de vegetales y bebida de animales. 3/ Conservación del ambiente acuático (Ríos de la Costa, Sierra y Selva), 4/ Aplica para la vertiente del Amazonas con categoría E2 ríos de la selva. 5/ Aplica para la vertiente del Pacífico (zona sur).

Tomado de “Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)”, por Autoridad Nacional del Agua. (<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4479>) Derechos de autor 2020 por Autoridad Nacional del Agua.

3.5.3. Cálculo del ICARHS

Primero se debe aplicar la fórmula del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME WQI), a través de la cual se calculan los factores alcance (F1), frecuencia (F2) y amplitud (F3), y se obtiene un valor comprendido de 0 a 100. La fórmula CCME WQI se aplica sobre los parámetros de calidad de agua que conforman los dos subgrupos: Materia Orgánica y Físicoquímico Metal (ANA, 2020).

$$CCME\ WQI = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \quad (2)$$

3.5.3.1. F1-Alcance. El Alcance se refiere al número de parámetros que no cumplen los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) en relación con el número total de parámetros a evaluar (ANA, 2020).

$$F_1 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{Número total de parámetros a evaluar}} \times 100 \quad (3)$$

3.5.3.2. F2-Frecuencia. La Frecuencia se refiere al número de datos que no cumplen los ECA-Agua en relación con el total de datos a evaluar que corresponden a un mínimo de cuatro monitoreos (ANA, 2020).

$$F_2 = \frac{\text{Número de datos que no cumplen los ECA Agua}}{\text{Número total de datos a evaluar}} \times 100 \quad (4)$$

3.5.3.3. F3-Amplitud. La Amplitud representa la desviación de los datos y se obtiene mediante la suma normalizada de excedentes (ANA, 2020).

$$F_3 = \frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \times 100 \quad (5)$$

Donde la suma normalizada de excedentes se representa como:

$$\text{Suma normalizada de Excedentes} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Total de datos}} \quad (6)$$

El excedente representa la diferencia entre el valor ECA y el valor del dato respecto al ECA-agua para cada parámetro (ANA, 2020). Se presentan dos casos:

Caso 1. Se realiza el siguiente cálculo cuando el valor de la concentración del parámetro supera el valor establecido en el ECA-Agua (ANA, 2020).

$$\text{Excedente}_i = \frac{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en ECA Agua}} - 1 \quad (7)$$

Caso 2. Se realiza cuando el valor del parámetro es menor al establecido en el ECA-Agua e incumple el ECA-Agua, Por ejemplo, para el caso del Oxígeno disuelto y el pH (ANA, 2020).

$$Excedente_i = \frac{\text{Valor establecido del parámetro en ECA Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}} - 1 \quad (8)$$

La escala de valoración del ICARHS para la calidad del agua en el Perú, varía de 0 a 100, siendo pésimo el nivel más bajo y excelente el más alto, ver Figura 5.

Figura 5

Escala de Valoración del ICARHS

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

Nota: Para la visualización gráfica usar los colores RGB "Modelo Cromático establecido para rojo (Red), verde (Green) y azul (Blue)". **Fuente:** Metodología Canadiense (CCME WQI).

Tomado de "Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)", por Autoridad Nacional del Agua. (<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4479>) Derechos de autor 2020 por Autoridad Nacional del Agua

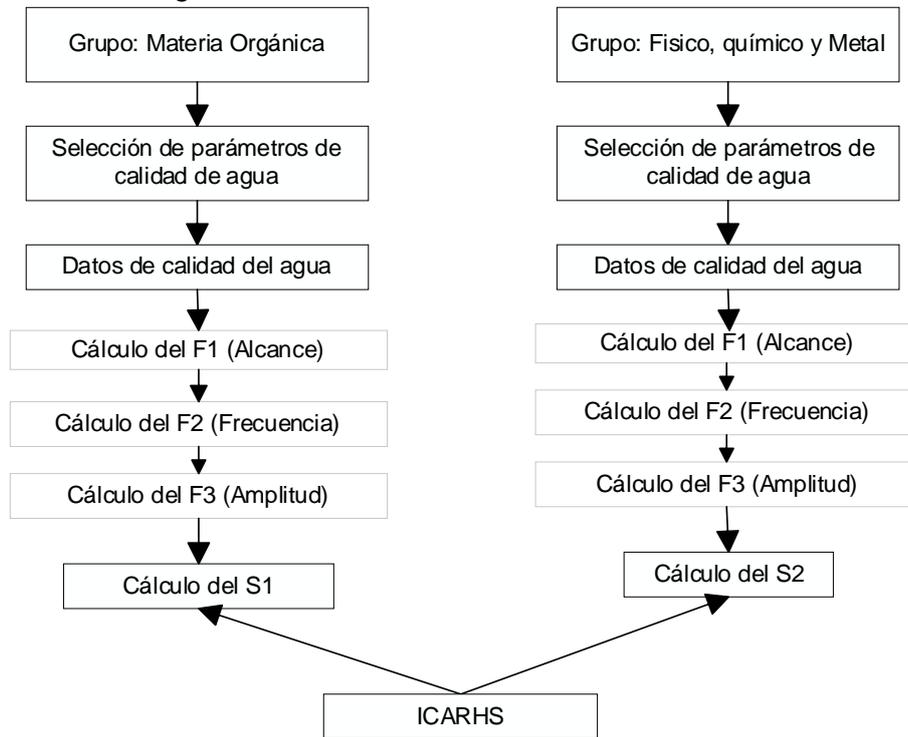
El ICARHS comprende el cálculo de los subíndices S_1 y S_2 . El subíndice S_1 es el resultado sobre los parámetros agrupados en materia orgánica y el S_2 es el resultado sobre los parámetros agrupados en físico, químico y metales.

$$ICARHS = \min(S_1, S_2) \quad (9)$$

En la Figura 6 se presenta un diagrama de la metodología seguida para la obtención del ICARHS, mediante el cálculo de subíndice S_1 (materia orgánica) y subíndice S_2 (físico, químico y metal).

Figura 6

Diagrama de metodología del ICARHS



Nota, Elaboración propia

3.5.4. Análisis estadístico multivariante

- Se aplicaron las técnicas multivariantes, análisis factorial exploratorio (AFE) y análisis clúster jerárquico (ACJ), a los resultados de 17 parámetros de calidad de agua y 7 estaciones de monitoreo de calidad de agua de la ANA y del muestreo realizado en el 2021. A pesar de no tener datos completos, se aplicó un pretratamiento de datos, mediante la imputación y sustitución de datos, lo cual permitió obtener la base de datos completa para poder aplicar las técnicas multivariantes.

3.5.4.1. Pretratamiento de datos.

- Se eligió trabajar solo con parámetros regulados por el ECA-Agua, tanto para Categoría 1-A2 y Categoría 3, según D.S. N° 004-2017-MINAM. Los resultados de calidad de agua se ordenaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel y se organizaron los datos en columnas indicando la estación de monitoreo, el año en el cual fueron monitoreados y los parámetros de calidad de agua medidos.
- Hubo variables (parámetros de calidad del agua) donde todos o casi todos los valores fueron valores no detectados, es decir, por debajo del límite de cuantificación (como el Antimonio, Berilio, Cadmio, Cobalto, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio) por cada estación de monitoreo, por lo que no fueron considerados en el análisis.
- Se eliminaron aquellas variables que tenían más del 50% de datos faltantes por estación de monitoreo, (Uranio) debido a que se considera que al imputar sus datos se tendrá un sesgo considerable y además restan variabilidad a la base de datos (Flores, 2017).

Por lo tanto, en la Tabla 10 se presentan los parámetros de calidad de agua utilizados en el análisis mutivariante.

Tabla 10*Parámetros de calidad de agua utilizados en el análisis multivariante*

Parámetro	Unidad de medida
Oxígeno disuelto	mg/L
Potencial de Hidrógeno	Unidad de pH
Temperatura	°C
Conductividad eléctrica	µS/cm
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml
Nitratos	mg/L
Sulfatos	mg/L
Aluminio	mg/L
Arsénico	mg/L
Boro	mg/L
Bario	mg/L
Cobre	mg/L
Hierro	mg/L
Litio	mg/L
Magnesio	mg/L
Manganeso	mg/L
Zinc	mg/L

Nota, Fuente: Elaboración propia en base al D.S. 04-2017-MINAM.

- Luego, se realizó la sustitución de los datos menores al límite de cuantificación por el límite de cuantificación dividido entre dos.

Tabla 11*Datos considerados para la sustitución de datos menores al límite de cuantificación*

Parámetro	Año	Límite de cuantificación divido entre 2 (L.C./2)
Nitratos	2014	0,06645
	2015	0,111
	2018	0,0045
Coliformes Termotolerantes	2014	0,9
Aluminio	2019	0,001
Arsénico	2014	0,001
	2015	0,007
	2016	0,007
Bario	2015	0,001
Hierro	2019	0,002
Zinc	2014	0,001
	2015	0,0015
	2017	0,05
	2018	0,05
	2019	0,05
	2020	0,004
	2021	0,001

Nota, Elaboración propia

- Mediante el uso del programa IBM SPSS Statistics 26, a través del módulo Análisis de Valores Perdidos y la estimación EM, se verificó el mecanismo de los datos faltantes con la prueba de Little's MCAR para cada subconjunto de datos agrupados por estación.
- Luego, mediante el módulo Imputación Múltiple del programa SPSS, se aplicó el método de la imputación múltiple para cada subconjunto de datos agrupados por estación.

- Finalmente, se obtuvo el promedio de los datos obtenidos por cada una de las estimaciones para obtener la data imputada por cada estación de monitoreo.

3.5.4.2. Análisis Factorial (AFE).

- Los cálculos se hicieron con el programa IBM SPSS Statistics 26, mediante el módulo análisis factorial.
- Se utilizó la matriz de datos imputada (Anexo C) y se seleccionaron como variables todos los parámetros de calidad de agua: Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Coliformes Termotolerantes, Nitratos, Sulfatos, Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Cobre, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso y Zinc.
- En el botón “Descriptivos”, en la sección “Matriz de correlaciones”, se seleccionó la opción “KMO y prueba de esfericidad de Barlett” con el objetivo de verificar la adecuación del análisis factorial.
- En el botón “Extracción”, se eligió el Método Componentes Principales.
 - En la sección Analizar se seleccionó “Matriz de correlaciones”
 - En la sección Mostrar se seleccionó “Solución factorial sin rotar”.
 - En la sección Extraer se seleccionó “Basado en el autovalor y Autovalores mayores que 1”.
- En el botón “Rotación” se eligió el método Varimax” y en la sección “Mostrar”, se seleccionó la Solución rotada y el gráfico de cargas.

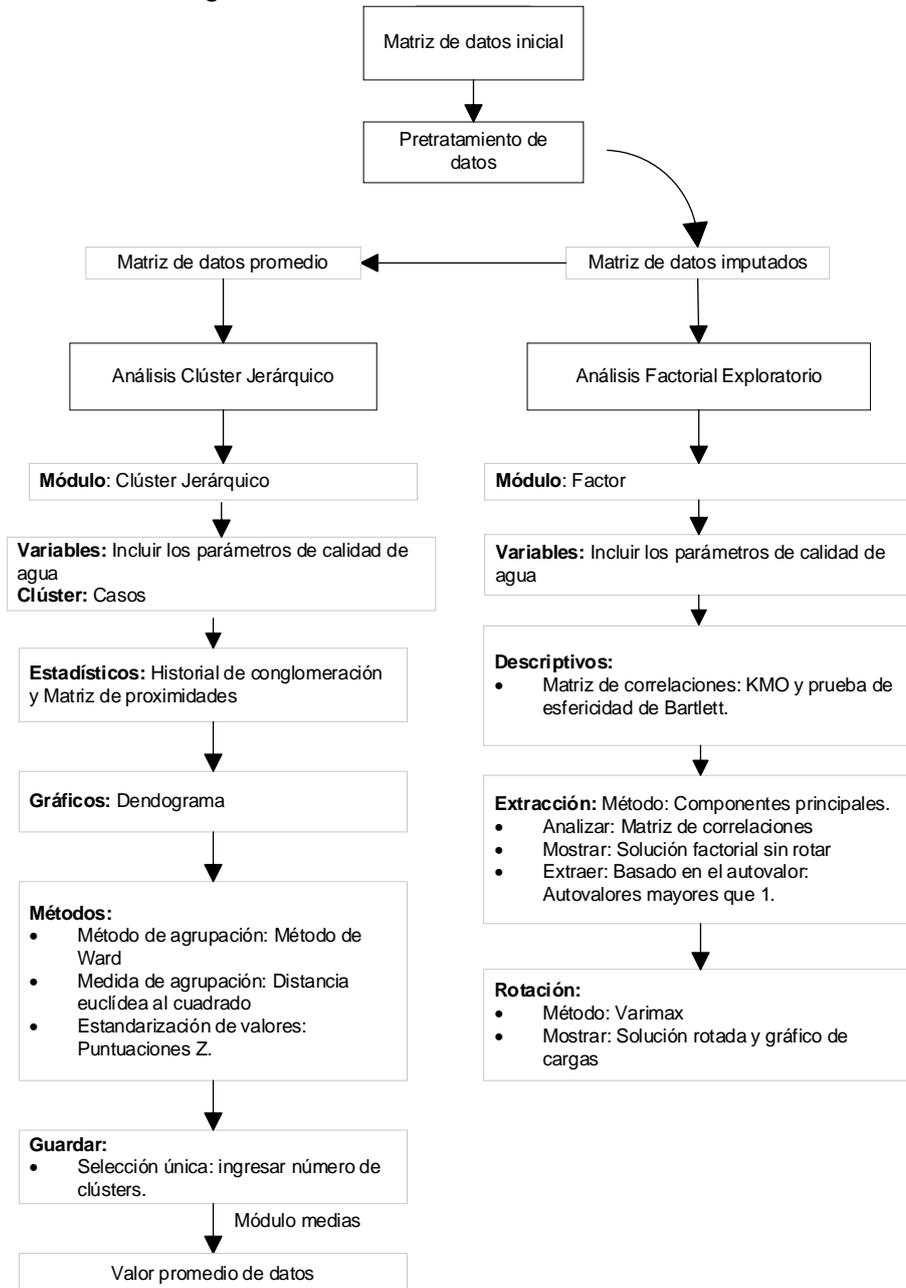
3.5.4.3. Análisis clúster jerárquico (ACJ).

- Los cálculos se hicieron con el programa IBM SPSS Statistics 26, mediante el módulo clúster jerárquico.
- Se utilizó la matriz con los datos promedio, y se seleccionaron como variables todos los parámetros de calidad de agua: Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Coliformes Termotolerantes, Nitratos, Sulfatos, Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Cobre, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso y Zinc.
- En el botón “Estadísticos” se seleccionó Historial de conglomeración y Matriz de proximidades.
- En el botón “Gráficos” se seleccionó el Dendograma.
- En el botón “Métodos”, se seleccionó como método de agrupación en clústeres al Método de Ward.
 - En la sección Medida se seleccionó como Intervalo la distancia euclídea al cuadrado.
 - En la sección Transformar valores se seleccionó la Estandarización Puntuaciones Z.
- Luego de obtenido el dendograma y seleccionado el número de clústers, en el módulo clúster jerárquico se selecciona el botón Guardar y en el apartado “selección única” incluir el número de clúster.
- Luego en el módulo Medias se obtiene el valor promedio de los datos por cada clúster formado.

En la Figura 7 se presenta un diagrama de la metodología del análisis multivariante seguida en SPSS.

Figura 7

Diagrama de metodología del análisis multivariante en SPSS



Nota, Elaboración propia

3.6. Cálculos y/o aplicaciones y obtención de resultados

3.6.1. Evaluación de la Calidad del Agua mediante el índice ICARHS

3.6.1.1. Comparación de datos con los Estándares de Calidad Ambiental de Agua (ECA Agua).

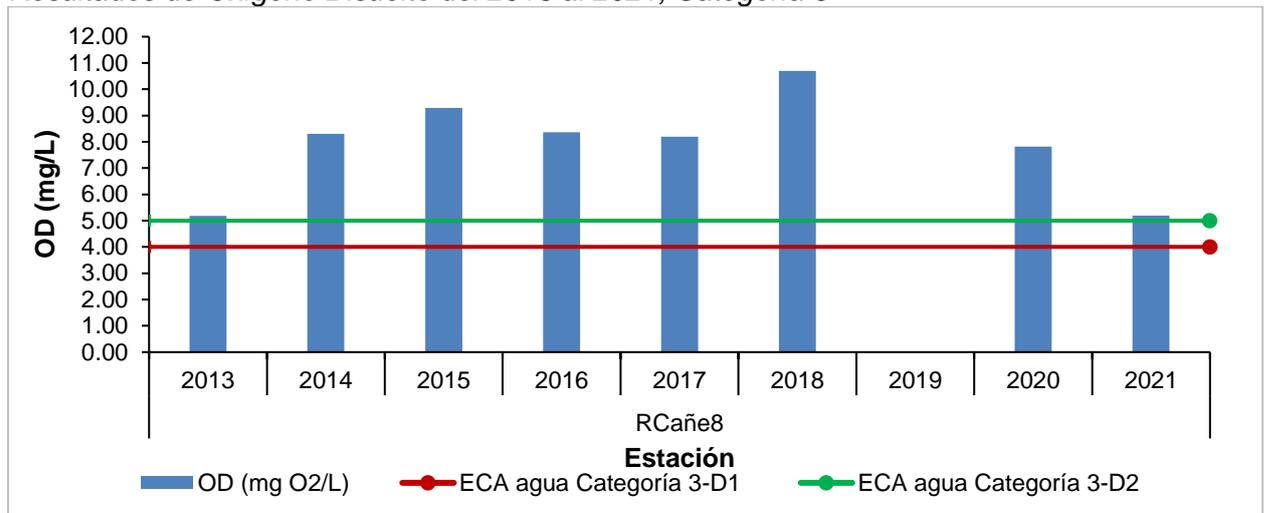
Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua Categoría 3. Para el cálculo del ICARHS, se consideraron como datos, los resultados de los parámetros indicados en la Figura 4, obtenidos en el 2013 al 2021 en la estación RCañe8, Categoría 3. Por lo tanto, se seleccionaron los siguientes parámetros para el cálculo del subíndice 1: Oxígeno Disuelto (O.D.), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Coliformes Termotolerantes; y se seleccionaron los siguientes parámetros para el cálculo del subíndice 2: pH, Arsénico, Aluminio, Boro, Cadmio, Cobre, Hierro, Manganeso y Plomo. A continuación, se realiza la comparación de los datos con el ECA-Agua vigente.

Parámetros Fisicoquímicos:

Oxígeno Disuelto. Los resultados de Oxígeno Disuelto en la estación RCañe8 cumplen con el ECA-Agua Categoría 3 D-1 (≥ 4 mg/L) y D-2 (≥ 5 mg/L), aprobado según D.S. 004-2017-MINAM, donde el valor más bajo fue registrado en el 2013 (5,18 mg/L). Los datos se encuentran en el Anexo B y en la Figura 8 se representan en un gráfico de barras.

Figura 8

Resultados de Oxígeno Disuelto del 2013 al 2021, Categoría 3

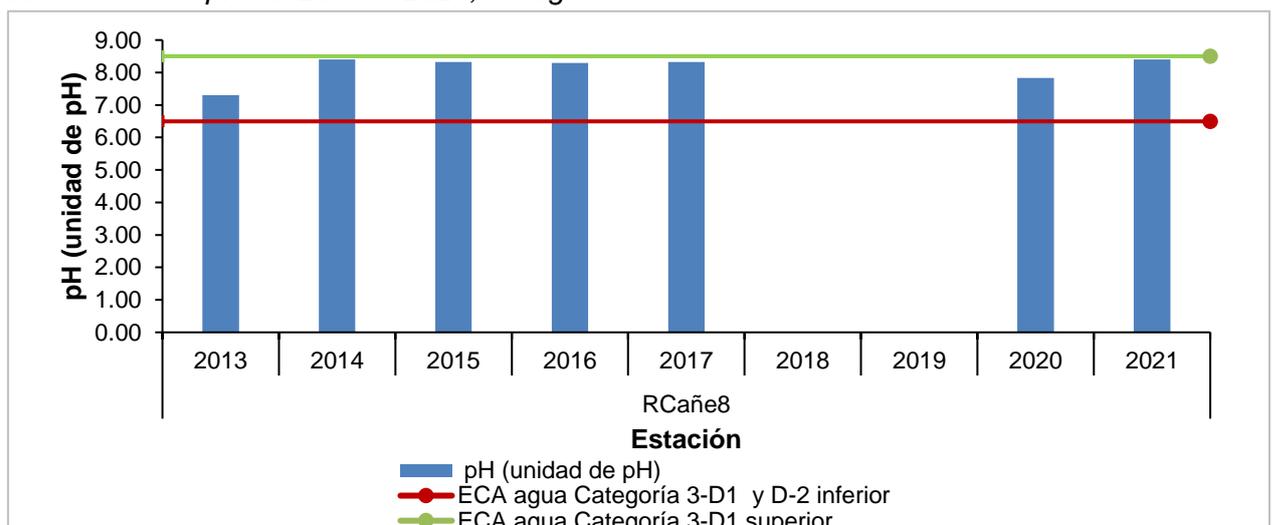


Nota, Tomado de Informes de Monitoreo de la Cuenca del río Cañete (ANA, 2013-2020) e Informe de Ensayo N° 2110089A

Potencial de Hidrógeno. Los resultados de pH en la estación RCañe8 cumplen con el ECA-Agua Categoría 3 D-1 (6,5 -8,5 mg/L) y D-2 (6,5 -8,4 mg/L), aprobado según D.S. 004-2017-MINAM (8,65 mg/L), donde el valor más alto fue registrado en el 2013 (7,30 mg/L). Los datos se encuentran en el Anexo B y en la Figura 9 se representan en un gráfico de barras.

Figura 9

Resultados de pH del 2013 al 2021, Categoría 3



Nota, Tomado de Informes de Monitoreo de la Cuenca del Río Cañete, ANA (2013-2020) e Informe de Ensayo N° 2110089A

Demanda Bioquímica de Oxígeno. Los resultados de DBO₅ en la estación RCañe8 cumplen con el ECA Agua Categoría 3 D-1 (2500 μS/cm) y D-2 (5000 μS/cm),

aprobado según D.S. 004-2017-MINAM, donde el valor más alto fue registrado en el 2013 (8 mg/L). Los datos se encuentran en el Anexo B.

Demanda Química de Oxígeno Los resultados de DBO₅ en la estación RCañe8 cumplen con el ECA Agua Categoría 3 D-1 (2500 µS/cm) y D-2 (5000 µS/cm), aprobado según D.S. 004-2017-MINAM, donde el valor más alto fue registrado en el 2015 (12,1mg/L). Los datos se encuentran en el Anexo B.

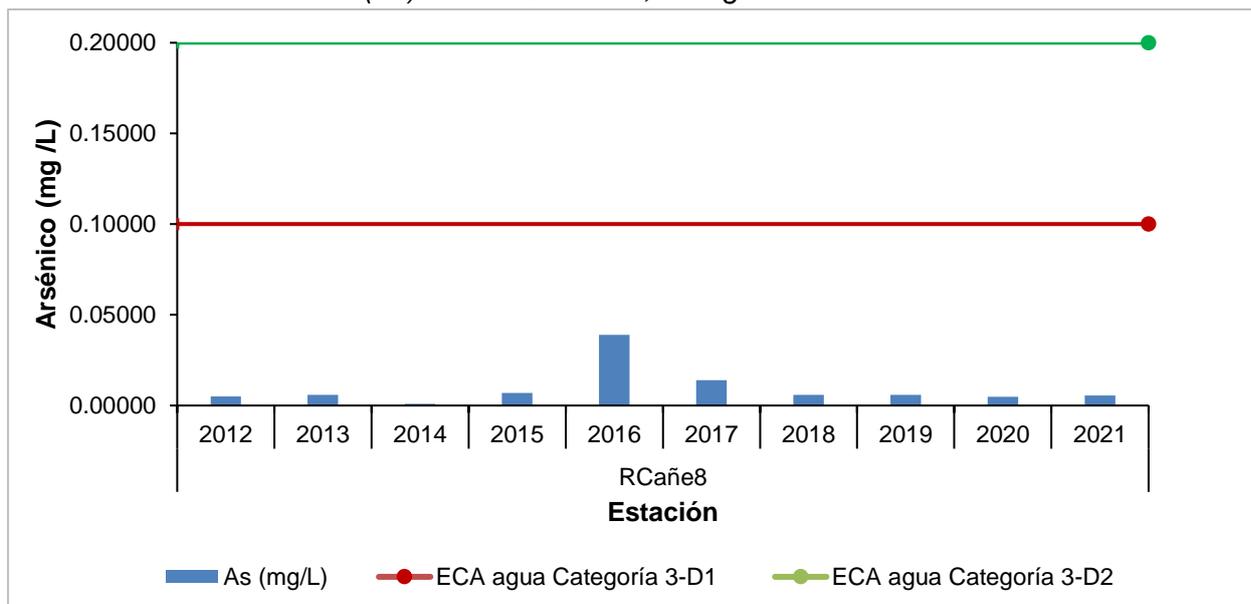
Parámetros inorgánicos

Aluminio. En la estación RCañe8, los resultados de Aluminio cumplen con el ECA Agua Categoría 3-D1 (5 mg/L) y D-2 (5 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM y el valor máximo registrado es de 0,390 mg/L (año 2014). Los datos se encuentran en el Anexo B.

Arsénico. En la estación RCañe8, los resultados de Arsénico cumplen con el ECA Agua Categoría 3-D1 (0,1 mg/L) y D-2 (0,2 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM y el valor máximo registrado es de 0,014 mg/L (año 2016). Los datos se encuentran en el Anexo B y en la Figura 10 se representan en un gráfico de barras.

Figura 10

Resultados de Arsénico (As) del 2013 al 2021, Categoría 3



Nota, Tomado de Informes de Monitoreo de la ANA (2013-2020) e Informes de Ensayo N° A-21/121557-M1

Boro. En la estación RCañe8, los resultados de Boro cumplen con el ECA Agua Categoría 3 D-1 y D-2 (1 y 3 mg/L respectivamente) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM y el valor más alto fue reportado en el año 2014 (0,2770 mg/L). Los datos se encuentran en el Anexo B.

Cadmio. En la estación RCañe8, los resultados de Cadmio cumplen con el ECA Agua Categoría 3 D-1 (0,01 mg/L) y D-2 (0,05 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM y todos fueron menores a los límites de cuantificación. Los datos se encuentran en el Anexo B.

Cobre. En la estación RCañe8, los resultados de Cobre cumplen con el ECA-Agua Categoría 3 D-1 (0,2 mg/L) y D-2 (0,5 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM y el valor máximo registrado fue de 0,021 mg/L (año 2016). Los datos se encuentran en el Anexo B.

Hierro. Los resultados de hierro en la estación RCañe8 cumplen con el ECA-Agua Categoría 3 D-1 (5 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM. El valor más alto registrado fue 0,407 mg/L (año 2014). Los datos se encuentran en el Anexo B.

Manganeso. Los resultados de manganeso en la estación RCañe8 cumplen con el ECA-Agua Categoría 3 D-1 (0,20 mg/L) y D-2 (0,20 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM. Los datos se encuentran en el Anexo B.

Plomo. En la estación RCañe8, todos los resultados de plomo cumplen con el ECA Agua Categoría 3 (0,05 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM. Los datos se encuentran en el Anexo B.

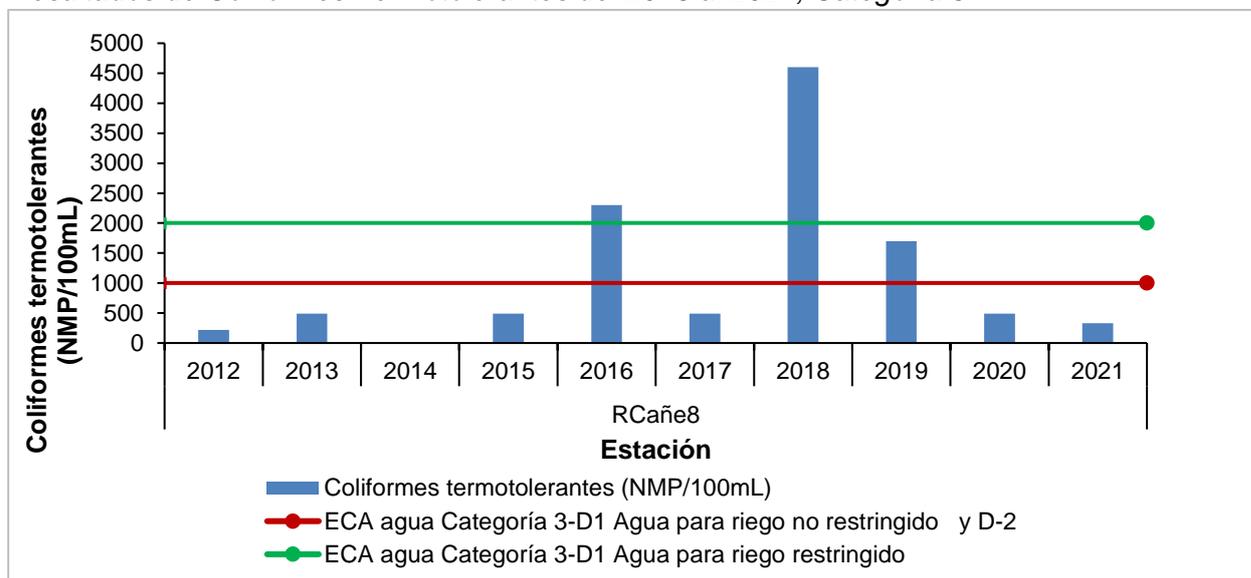
Parámetros microbiológicos

Coliformes Termotolerantes. Los resultados de coliformes termotolerantes registrados en la estación RCañe8 en los años 2016 (2 300 NMP/100 mL), 2018 (4 600 NMP/100 mL) y 2019 (1 700 NMP/100 mL) no cumplen el ECA Agua Categoría 3 D-1, Agua para riego no restringido (1 000 NMP/100mL), y ECA Agua Categoría 3 D-2 (1 000 NMP/100mL). Los resultados de Coliformes Termotolerantes en los años 2016 (2 300 NMP/100 mL) y 2018 (4 600 NMP/100 mL) no cumplen el ECA Agua Categoría 3 D-1, Agua

para riego restringido. Los datos se encuentran en el Anexo B y en la Figura 11 se representan en un gráfico de barras.

Figura 11

Resultados de Coliformes Termotolerantes del 2013 al 2021, Categoría 3



Nota, Tomado de Informes de Monitoreo de la ANA (2013-2020) e Informe de Ensayo N° 2110089A

Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua Categoría 1-A2. Para el cálculo del ICARHS, se consideraron como datos, los resultados de los parámetros indicados en la Figura 4, obtenidos en el año 2013 al 2021 en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7; a excepción del Amoniaco-N debido a la falta de resultados. Por lo tanto, se seleccionaron los siguientes parámetros para el cálculo del subíndice 1: Oxígeno Disuelto (O.D.), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Termotolerantes y Fósforo; y se seleccionaron los siguientes parámetros para el cálculo del subíndice 2: pH, Arsénico, Aluminio, Boro, Cadmio, Hierro, Manganeso y Plomo. A continuación, se realiza la comparación de los datos con el ECA-Agua vigente.

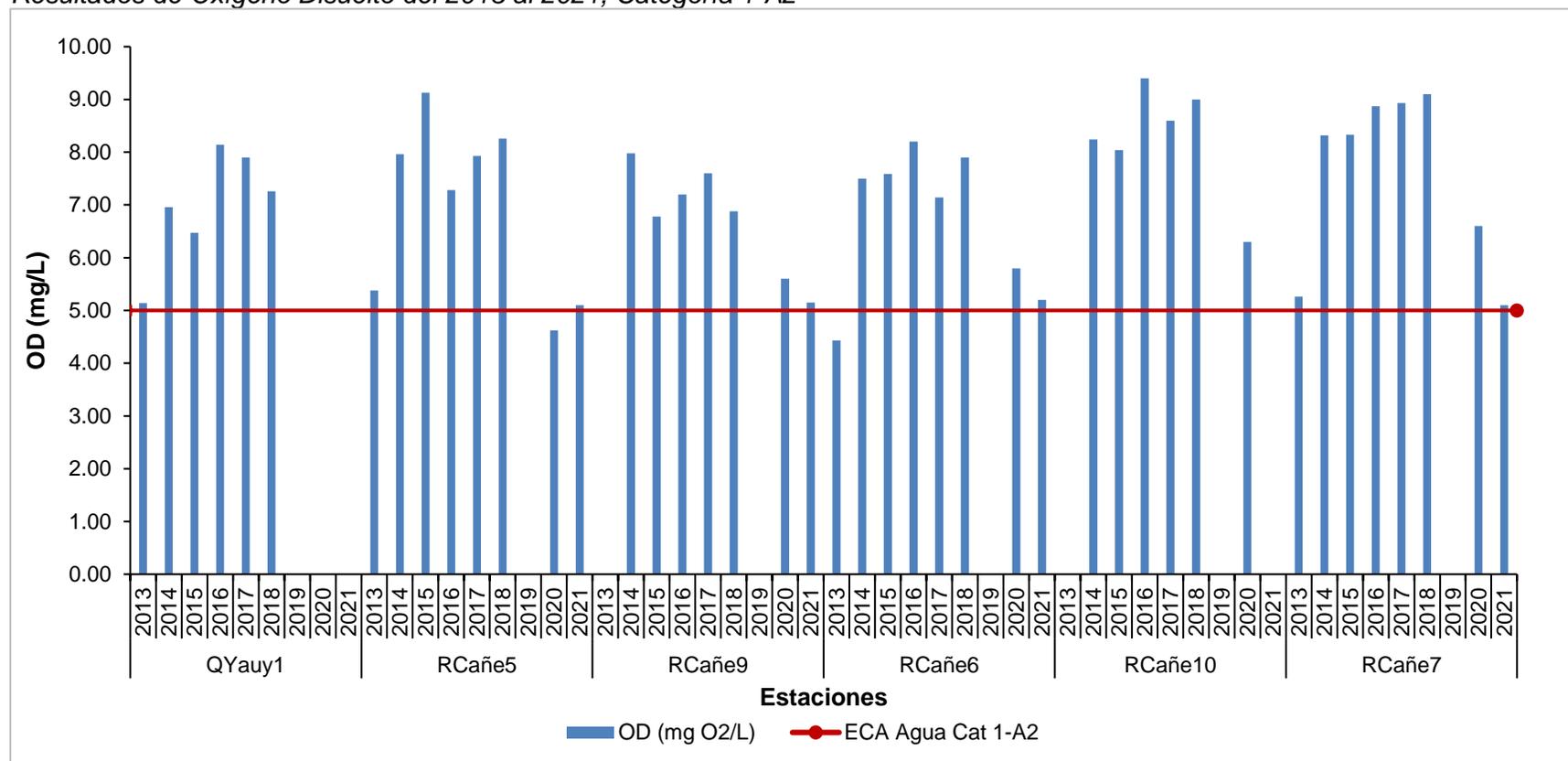
Parámetros fisicoquímicos

Oxígeno Disuelto. Los resultados de Oxígeno Disuelto en las estaciones QYauy1, RCañe10, y RCañe7 cumplen con el ECA Agua Categoría 1-A2 (≥ 5 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM. En la estación RCañe5 no se cumple el ECA Agua Categoría 1-A2

(≥ 5 mg/L) en el año 2020 (4,62 mg/L), tampoco se cumple el ECA Agua Categoría 1-A2 (≥ 5 mg/L) en el año 2013 (4,47 mg/L y 4,43 mg/L) en las estaciones RCañe9 ni RCañe6 respectivamente. Los datos se encuentran en el Anexo B y en la Figura 12 se representan en un gráfico de barras.

Figura 12

Resultados de Oxígeno Disuelto del 2013 al 2021, Categoría 1-A2



Nota, Tomado de Informes de Monitoreo de la Cuenca del Río Cañete, ANA, 2013-2020 e Informe de Ensayo N° 2110089A y N°2110092A.

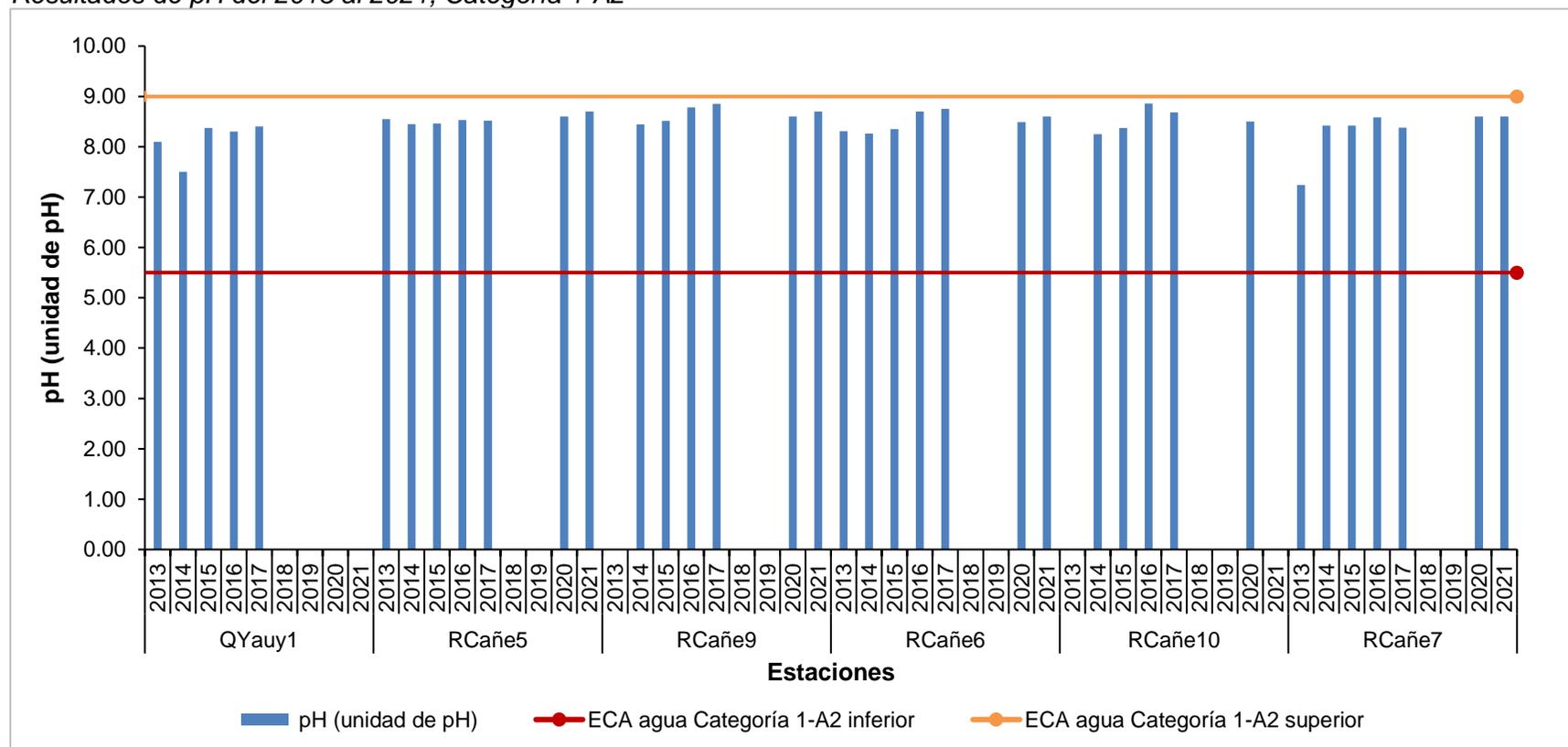
Demanda Bioquímica de Oxígeno. Los resultados de DBO_5 en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7 cumplen con el ECA Agua Categoría 1-A2 (5 mg/L). Los datos se encuentran en el Anexo B.

Demanda Química de Oxígeno. Los resultados de DQO en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7 cumplen con el ECA Agua Categoría 1-A2 (40 mg/L). Los datos se encuentran en el Anexo B.

Potencial de hidrógeno. Los resultados de pH en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7 cumplen con el ECA Agua Categoría 1-A2 (5,5 - 9,0 u. de pH) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM. En la Figura 13 se representa en un gráfico de barras y los datos se encuentran en el Anexo B.

Figura 13

Resultados de pH del 2013 al 2021, Categoría 1-A2



Nota, Tomado de Informes de Monitoreo de la ANA (2013-2020) e Informe de Ensayo N° 2110089A y N°2110092A.

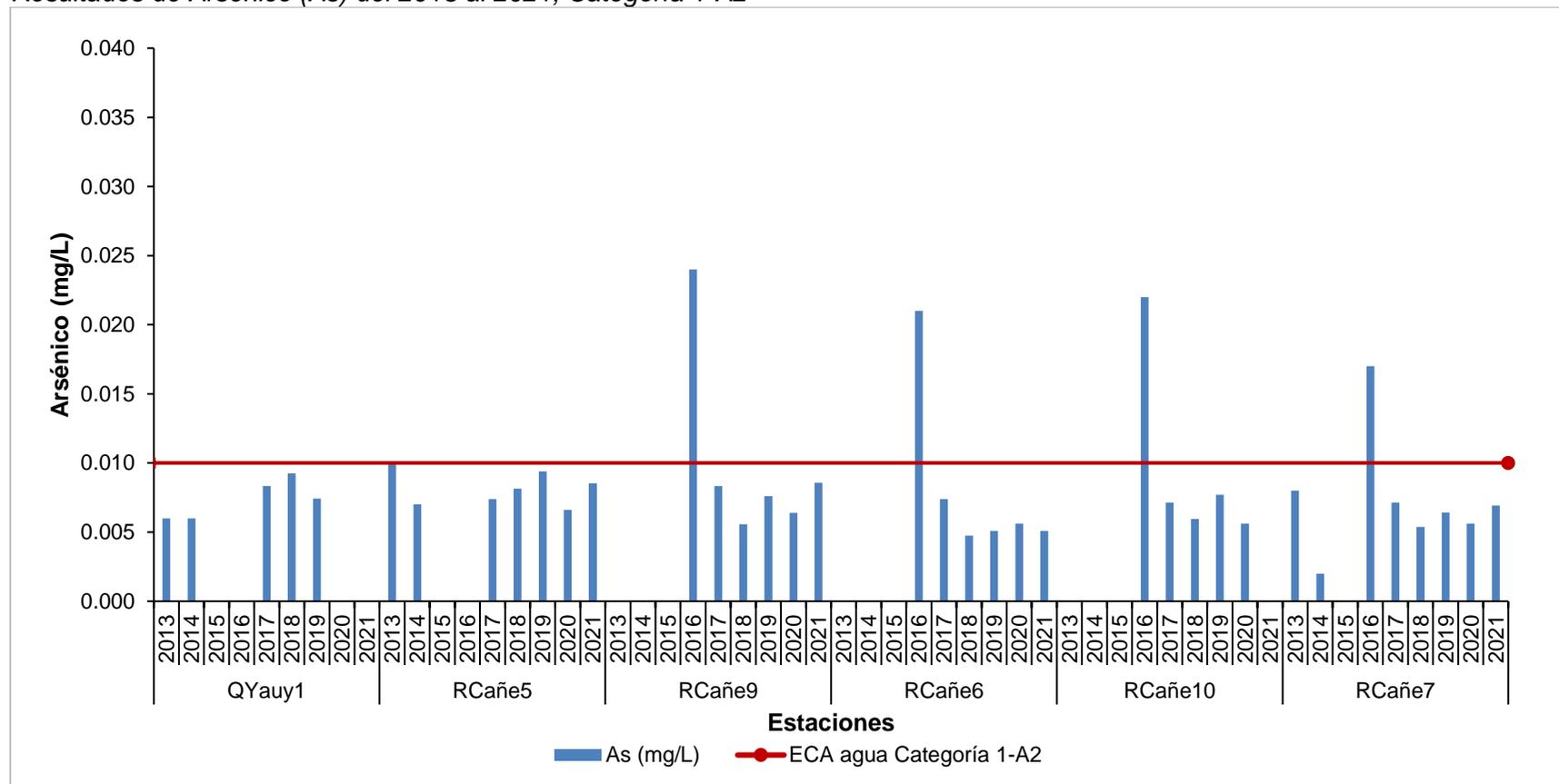
Fósforo Los resultados de Fósforo en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7 cumplen con el ECA Agua Categoría 1-A2 (0,15 mg/L). Los datos se encuentran en el Anexo B.

Arsénico. En la estación QYauy1 y RCañe5, los resultados de Arsénico cumplen con el ECA-Agua Categoría 1-A2 (0,01 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM. Los datos se encuentran en el Anexo B.

Los resultados de Arsénico del año 2016, en las estaciones RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7, no cumplen con el ECA-Agua Categoría 1-A2 (0,01 mg/L) y el valor más alto fue registrado en la estación RCañe9 (0,024 mg/L). Los datos se encuentran en el Anexo B y en la Figura 14, se representan en un gráfico de barras.

Figura 14

Resultados de Arsénico (As) del 2013 al 2021, Categoría 1-A2



Nota, Tomado de Informes de Monitoreo de la ANA (2013-2020) e Informes de Ensayo N° A-21/121558-M1, N° A-21/121559-M1, N° A-21/121560-M1, N° A-21/121561-M1

Aluminio. Los resultados de Aluminio en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7 cumplen con el ECA-Agua Categoría 1-A2 (5 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM. Los datos se encuentran en el Anexo B.

Boro. Los resultados de Boro en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7 cumplen con el ECA-Agua Categoría 1-A2 (2,4 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM. Los datos se encuentran en el Anexo B.

Cadmio. Los resultados de Cadmio en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7 cumplen con el ECA-Agua Categoría 1-A2 (0,005 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM. Todos los valores registrados fueron menores al límite de cuantificación. Los datos se encuentran en el Anexo B.

Hierro. Los resultados de Hierro registrados en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7 cumplen con el ECA Agua Categoría 1-A2 (1 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM. Los datos se encuentran en el Anexo B.

Manganeso. Los resultados de Manganeso en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7 cumplen con el ECA Agua Categoría 1-A2 (0,4 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM. Los datos se encuentran en el Anexo B.

Plomo. Los resultados de Plomo en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7, los resultados de Plomo cumplen con el ECA Agua Categoría 1-A2 (0,05 mg/L) aprobado según D.S. 004-2017-MINAM. Los datos se encuentran en el Anexo B.

Coliformes Termotolerantes. En las estaciones QYauy1, RCañe6 y RCañe7, las concentraciones superan el ECA-Agua Categoría 1-A2 (2 000 NMP/100 mL) incumpliendo la norma vigente (D.S. 004-2017-MINAM):

- En la estación QYauy1, los resultados de Coliformes Termotolerantes no cumplen el ECA-Agua Categoría 1-A2 (2000 NMP/100mL) en los años 2013 al 2016 y en el año 2018, donde el valor más alto fue registrado en el año 2015 (33 0000 NMP/100mL).

- Los resultados de Coliformes Termotolerantes en la estación RCañe6 no cumple el ECA-Agua Categoría 1-A2 (2000 NMP/100mL) en el año 2013 y en el año 2017 al 2021, donde el valor más alto fue registrado en el año 2018 (17 000 NMP/100mL).
- En la estación RCañe7, solo se presentó excedencia al ECA-Agua de Coliformes Termotolerantes Categoría 1-A2 en el año 2018 (46 000 NMP/100mL).

Todos los resultados registrados de Coliformes Termotolerantes en las estaciones RCañe5, RCañe9 y RCañe10 cumplen el ECA-Agua Categoría 1-A2 (2 000 NMP/100) aprobado D.S. 004-2017-MINAM. Los datos se encuentran en el Anexo B.

3.6.1.2. Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice ICARHS. A partir de los resultados de calidad de agua del periodo 2013 al 2021, se procedió a aplicar la metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICARHS. En el Anexo B se encuentran las hojas de cálculo Excel utilizadas para determinar el ICARHS.

Estación de Monitoreo de Calidad de Agua Categoría 3. En la Tabla 12 se presentan los datos que se utilizaron para obtener los factores alcance, frecuencia y amplitud para el cálculo del subíndice 1 (S1) en la estación RCañe8, para lo cual se determinó el número de parámetros que no cumplen el ECA, el número total de parámetros a evaluar, el número de datos que no cumplen el ECA y el número total de datos.

Tabla 12

Cálculo de Datos para S1 – Categoría 3

No.	Estación	Subcategoría	Número de Parámetros que cumplen ECA	de no el a Evaluar	Número Total de parámetros	Número de datos que no cumplen el ECA	Número Total de Datos
		Categoría 3 D-1 Agua para Riego No Restringido	1	4	4	3	33
1	RCañe8	Categoría 3 D-1 Agua para Riego Restringido	1	4	4	2	33
		Categoría 3 D-2 Bebida de animales	1	4	4	3	33

En la Tabla 13 se presentan los datos que se utilizaron para obtener los factores alcance, frecuencia y amplitud para el cálculo del subíndice 2 (S2) en la estación RCañe8, para lo cual se determinó el número de parámetros que no cumplen el ECA, el número

total de parámetros a evaluar, el número de datos que no cumplen el ECA y el número total de datos.

Tabla 13

Cálculo de Datos para S2 – Categoría 3

No.	Estación	Subcategoría	Número de Parámetros que no cumplen el ECA	Número Total de parámetros a Evaluar	Número de datos que no cumplen el ECA	Número Total de Datos
1	RCañe8	Categoría 3 D-1 Agua para Riego No Restringido	0	9	0	79
		Categoría 3 D-1 Agua para Riego Restringido	0	9	0	79
		Categoría 3 D-2 Bebida de animales	0	9	0	79

En la Tabla 14 se presentan los resultados de los factores: Alcance (F1), Frecuencia (F2) y Amplitud (F3) para S1 y S2.

Tabla 14

Cálculo de Factores para S1 y S2 – Categoría 3

No.	Estación	Subcategoría	S1 (Materia Orgánica)				S2 (Físico-químico Metal)			
			F1	F2	F3	Valor	F1	F2	F3	Valor
1	RCañe8	Categoría 3 D-1 Agua para Riego No Restringido	0,25	0,09	14,51	82,51	0	0	0	100,00
		Categoría 3 D-1 Agua para Riego Restringido	0,25	0,06	4,21	84,95	0	0	0	100,00

No.	Estación	Subcategoría	S1 (Materia Orgánica)				S2 (Físico-químico Metal)			
			F1	F2	F3	Valor	F1	F2	F3	Valor
		Categoría 3								
		D-2 Bebida de animales	0,25	14,51	14,51	82,51	0	0	0	100,00

En la Tabla 15 se presenta los resultados del ICARHS para el punto de monitoreo RCañe8, donde se obtiene una calificación de Bueno para las subcategorías D-1 y D-2.

Tabla 15

Resultados del ICARHS - Categoría 3

No.	Estación	Subcategoría	Resultado ICARHS: mín (S1, S2)	
1	RCañe8	Categoría 3 D-1 Agua para Riego No Restringido	82,51	Bueno
		Categoría 3 D-1 Agua para Riego Restringido	84,95	Bueno
		Categoría 3 D-2 Bebida de Animales	82,51	Bueno

Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua Categoría 1-A2. En la Tabla 16 se presentan los datos que se utilizaron para obtener los factores alcance, frecuencia y amplitud para el cálculo del subíndice 1 (S1) en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7 para lo cual se determinó el número de parámetros que no cumplen el ECA, el número total de parámetros a evaluar, el número de datos que no cumplen el ECA y el número total de datos.

Tabla 16

Cálculo de Datos para S1 – Categoría 1-A2

No.	Estación	Número de Parámetros que no cumplen el ECA	Número Total de parámetros a Evaluar	Número de datos que no cumplen el ECA	Número Total de Datos
1	QYauy1	1	5	5	32
2	RCañe5	1	5	1	38
3	RCañe9	0	5	0	32
4	RCañe6	2	5	7	37
5	RCañe10	0	5	0	29
6	RCañe7	1	5	1	36

En la Tabla 17 se presentan los datos que se utilizaron para obtener los factores alcance, frecuencia y amplitud para el cálculo del subíndice 2 (S2) en las estaciones QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7 para lo cual se determinó el número de parámetros que no cumplen el ECA, el número total de parámetros a evaluar, el número de datos que no cumplen el ECA y el número total de datos.

Tabla 17

Cálculo de Datos para S2 – Categoría 1-A2

No.	Estación	Número de Parámetros que no cumplen el ECA	Número Total de parámetros a Evaluar	Número de datos que no cumplen el ECA	Número Total de Datos
1	QYauy1	0	8	0	54
2	RCañe5	0	8	0	70
3	RCañe9	1	8	1	62
4	RCañe6	1	8	1	70
5	RCañe10	1	8	1	54
6	RCañe7	1	8	1	70

En la Tabla 18 se presenta los resultados de los factores: F1- Alcance, F2- Frecuencia y F3- Amplitud para S1y S2.

Tabla 18

Cálculo de Factores para S1 y S2 – Categoría 1-A2

No.	Estación	S1 (Materia Orgánica)				S2 (Físico-químico Metal)			
		F1	F2	F3	Valor	F1	F2	F3	Valor
1	QYauy1	20,00	15,63	89,87	46,09	0	0	0	100,00
2	RCañe5	20,00	2,63	0,22	88,35	0	0	0	100,00
3	RCañe9	0	0	0	100,00	12,50	1,61	2,21	92,61
4	RCañe6	40,00	18,92	33,25	68,05	12,50	1,43	1,55	92,68
5	RCañe10	0	0	0	100,00	12,50	1,85	2,17	92,60
6	RCañe7	20,00	2,78	37,53	75,19	12,50	1,43	0,99	92,71

El ICARHS para los puntos de monitoreo QYauy1, RCañe5, RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7, obtiene una calificación de Malo para la estación QYauy1, Regular

en la estación RCañe6 y RCañe7, Bueno en la estación RCañe5, RCañe9, RCañe10, según lo indicado en la Tabla 19. En el Anexo D se encuentra el Mapa 2 Índice de Calidad Ambiental De Los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS 2013-2021) - Río Cañete (Tramo Yauyos-San Vicente De Cañete).

Tabla 19

Resultados del ICARHS – Categoría 1-A2

No.	Estación		Resultado ICARHS
1	QYauy1	46,09	Malo
2	RCañe5	88,35	Bueno
3	RCañe9	92,61	Bueno
4	RCañe6	68,05	Regular
5	RCañe10	92,60	Bueno
6	RCañe7	75,19	Regular

3.6.2. Evaluación de la Calidad del Agua mediante Análisis Multivariante

3.6.2.1. Pretratamiento de datos

- Se verificó el mecanismo de los datos faltantes con la prueba de Little's MCAR para cada subconjunto de datos agrupados por estación y la prueba para cada subconjunto de datos resultó no significativa ($p > 0,05$) por lo tanto se asume que el mecanismo de datos faltantes es completamente aleatorio (MCAR) (ver Anexo C).
- Luego, mediante el módulo Imputación Múltiple del programa SPSS, se obtuvo la matriz de datos imputada por cada estación de monitoreo (ver Anexo C).

3.6.2.2. Análisis Factorial Exploratorio (AFE)

Contrastes del análisis factorial

Se calculó la prueba de esfericidad de Bartlett y la prueba resultó significativa ($p < 0,05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula, que indica que las variables no son correlacionadas, se asume que las variables están correlacionadas entre sí y se puede

aplicar el análisis factorial. En la Tabla 20, se observa que la prueba de KMO resultó un valor de 0,731, por lo que la formación de factores se considera regular (Aldas & Uriel, 2017) y también suficiente (Lloret, et al., 2014).

Tabla 20

Resultados del KMO y Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0,731
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	858,528
	gl	136
	Sig.	0,000

Nota, Elaboración propia a partir de SPSS

Con la aplicación de estas pruebas, se verificó la adecuación de realizar un análisis factorial exploratorio de datos.

Método de extracción de factores. Se utilizó el método denominado componentes principales para extraer los factores sobre la matriz de correlaciones, lo cual equivale a estandarizar los datos (Khalil & Ouarda, 2009).

Extracción del número de factores. Mediante el criterio de Kaiser, el número de factores a extraer fueron cinco. La información de la Tabla 21 nos permite obtener el número de factores a extraer, donde se muestra que hay cinco factores con autovalores mayores que uno, por lo que el procedimiento extrae cinco factores que expliquen el 79,056% de la varianza total de datos.

Tabla 21*Porcentajes de varianza explicada*

Factor	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% varianza	de % acumulado	Total	% varianza	de % acumulado
1	5,811	34,184	34,184	5,431	31,944	31,944
2	2,997	17,630	51,815	2,850	16,768	48,712
3	2,282	13,422	65,237	2,438	14,341	63,053
4	1,307	7,691	72,928	1,485	8,732	71,785
5	1,042	6,129	79,056	1,236	7,271	79,056
6	0,865	5,088	84,145			
7	0,649	3,816	87,961			
8	0,538	3,164	91,125			
9	0,359	2,110	93,235			
10	0,318	1,868	95,104			
11	0,229	1,346	96,450			
12	0,161	0,950	97,400			
13	0,136	0,801	98,200			
14	0,121	0,714	98,914			
15	0,098	0,577	99,492			
16	0,056	0,327	99,818			
17	0,031	0,182	100,000			

Nota, Elaboración propia a partir de SPSS

Rotación de factores. En la Tabla 22 se muestra la solución factorial antes de la rotación de factores, la cual contiene las cargas factoriales de los parámetros de calidad de agua (variables) con cada uno de los factores.

Tabla 22*Matriz de factores no rotados*

	F1	F2	F3	F4	F5
OD	0,254	0,352	0,283	0,154	-0,675
pH	0,403	0,183	-0,246	-0,496	0,246
Temp	0,481	-0,124	0,372	0,550	-0,034
CE	0,838	-0,171	0,179	0,129	-0,148
Coliformes T.	-0,530	0,322	0,016	0,142	0,303
Nitratos	0,199	-0,344	-0,020	0,635	0,428
Sulfatos	0,915	-0,096	-0,029	-0,188	0,209
Al	-0,087	0,551	0,720	-0,098	0,087
As	0,349	0,602	-0,558	0,131	-0,145
B	0,865	0,010	0,237	-0,039	0,139
Ba	0,909	-0,138	0,219	0,098	0,057
Cu	0,389	0,690	-0,471	0,160	-0,019
Fe	0,166	0,801	0,311	0,114	0,027
Li	0,836	-0,016	-0,126	-0,262	-0,121
Mg	0,921	-0,237	-0,035	-0,135	0,045
Mn	-0,027	0,524	0,683	-0,216	0,267
Zn	0,252	0,656	-0,483	0,223	0,211
Autovalor	5,811	2,997	2,282	1,307	1,042
% de varianza	34,184	17,630	13,422	7,691	6,129
% acumulado	34,184	51,815	65,237	72,928	79,056

Método de extracción: análisis de componentes principales

Nota, Elaboración propia a partir de SPSS

En la Tabla 23 se presenta la solución factorial rotada mediante el método Varimax, la cual nos facilita la interpretación de la solución factorial inicial (ver Tabla 22). A comparación de la Matriz de factores no rotados (ver Tabla 22), en la Matriz de factores rotados se puede identificar fácilmente qué variables se forman para cada factor a través de sus cargas factoriales, donde cada factor tendrá una correlación más alta con un grupo de variables que con el resto de las variables.

Tabla 23*Matriz de factores rotados*

	VF1	VF2	VF3	VF4	VF5
OD	0,155	0,153	0,216	-0,059	0,806
pH	0,439	0,282	0,062	-0,394	-0,363
Temp	0,393	-0,051	0,122	0,648	0,310
CE	0,814	0,017	-0,027	0,259	0,268
Coliformes T.	-0,588	0,133	0,273	0,084	-0,227
Nitratos	0,116	-0,007	-0,182	0,799	-0,245
Sulfatos	0,930	0,160	0,005	0,045	-0,181
Al	-0,086	-0,065	0,899	-0,042	0,159
As	0,122	0,880	-0,096	-0,117	0,150
B	0,856	0,099	0,226	0,178	0,006
Ba	0,891	0,042	0,083	0,308	0,096
Cu	0,149	0,917	0,052	-0,047	0,085
Fe	0,013	0,470	0,710	0,030	0,230
Li	0,839	0,217	-0,100	-0,175	0,075
Mg	0,947	0,067	-0,138	0,067	-0,041
Mn	0,003	-0,065	0,920	-0,084	-0,046
Zn	0,016	0,891	0,079	0,068	-0,126
Autovalor	5,431	2,850	2,438	1,485	1,236
% de varianza	31,944	16,768	14,341	8,732	7,271
% acumulado	31,944	48,712	63,053	71,785	79,056
Método de extracción: análisis de componentes principales					

Nota, Elaboración propia a partir de SPSS

Las cargas factoriales clasifican en fuerte ($>0,75$), moderado ($0,75-0,50$) y débil ($0,50-0,30$) (Liu et al., 2003 citado por Chow et al., 2016). En la Tabla 23, las cargas factoriales que son moderadas y fuertes se encuentran en negrita.

Para seleccionar los parámetros más importantes de calidad del agua, se eligen aquellos que poseen carga factorial mayor a 0,7 (Hora, 2018; Chow et al., 2016). En la Tabla 23, los parámetros con cargas factoriales mayores a 0,7 se encuentran sombreados en gris.

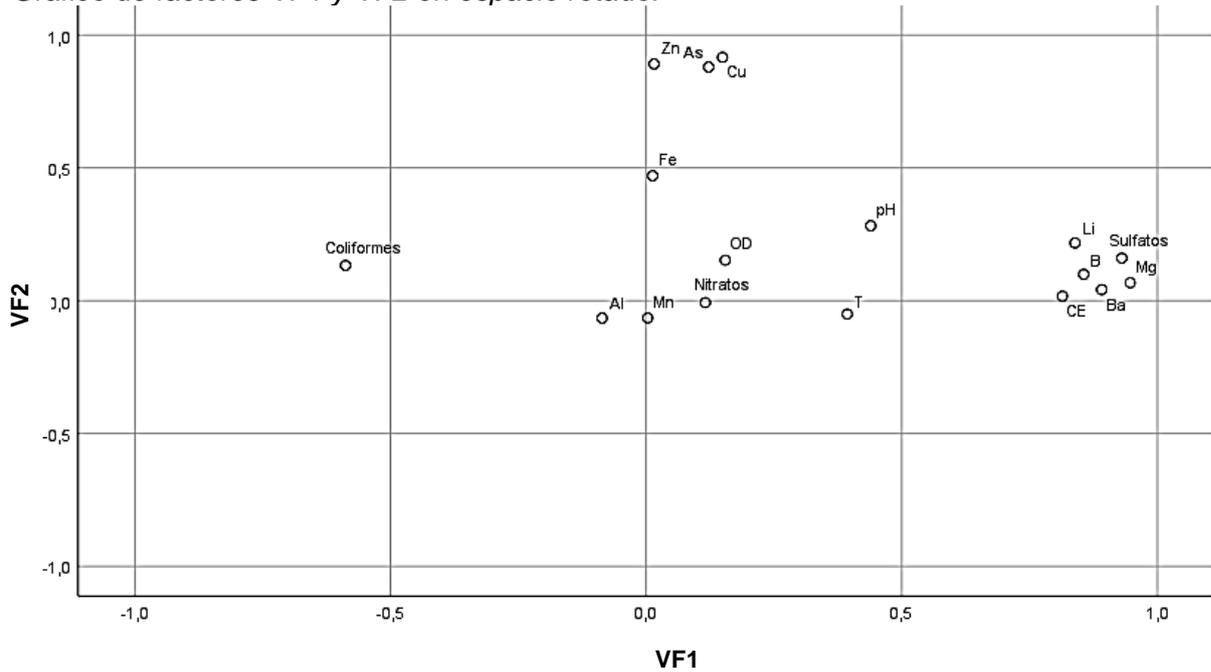
La matriz de factores rotados se puede representar visualmente mediante la gráfica de factores en espacio rotado, donde los ejes del gráfico están representados por los factores y los puntos del gráfico son las variables, es decir, los parámetros de calidad de

agua. Las coordenadas de las variables son las cargas factoriales que posee cada variable con cada factor.

Las cargas factoriales que poseen los parámetros de calidad de agua con los factores VF1 y VF2 son representados en la Figura 15.

Figura 15

Gráfico de factores VF1 y VF2 en espacio rotado.

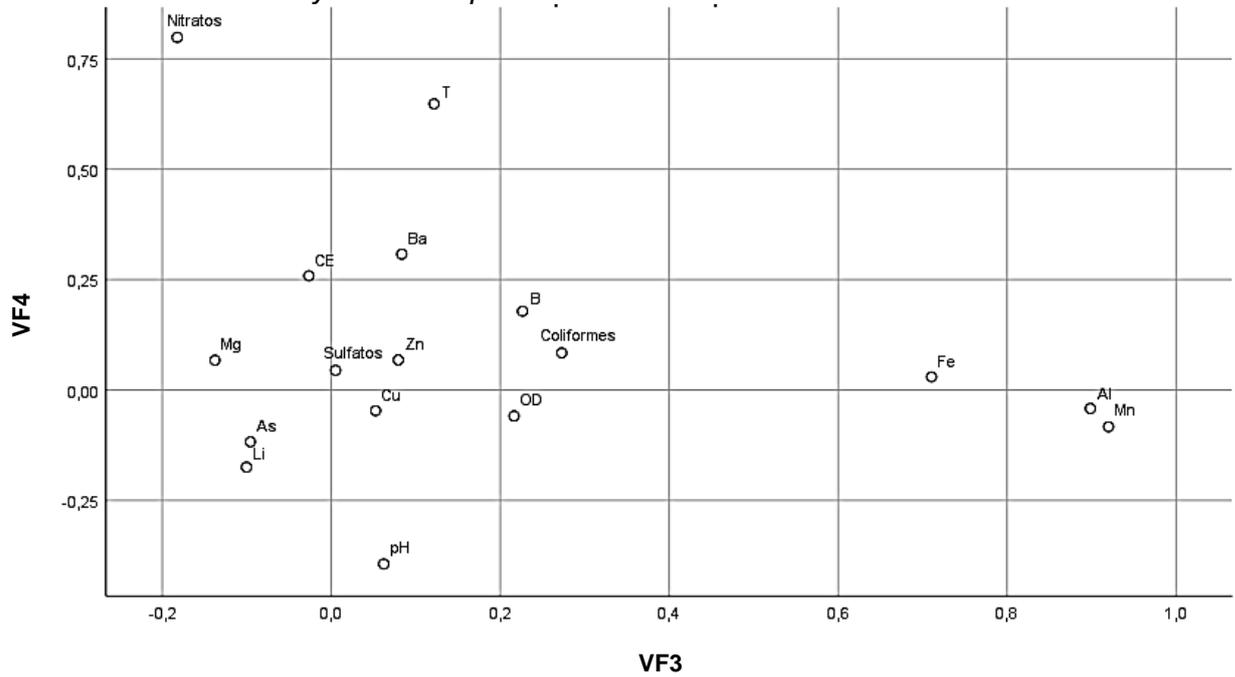


Nota, Elaboración propia a partir de SPSS

Las cargas factoriales que poseen los parámetros de calidad de agua con los factores VF3 y VF4 son representados en la Figura 16.

Figura 16

Gráfico de factores VF3 y VF4 en espacio rotado.

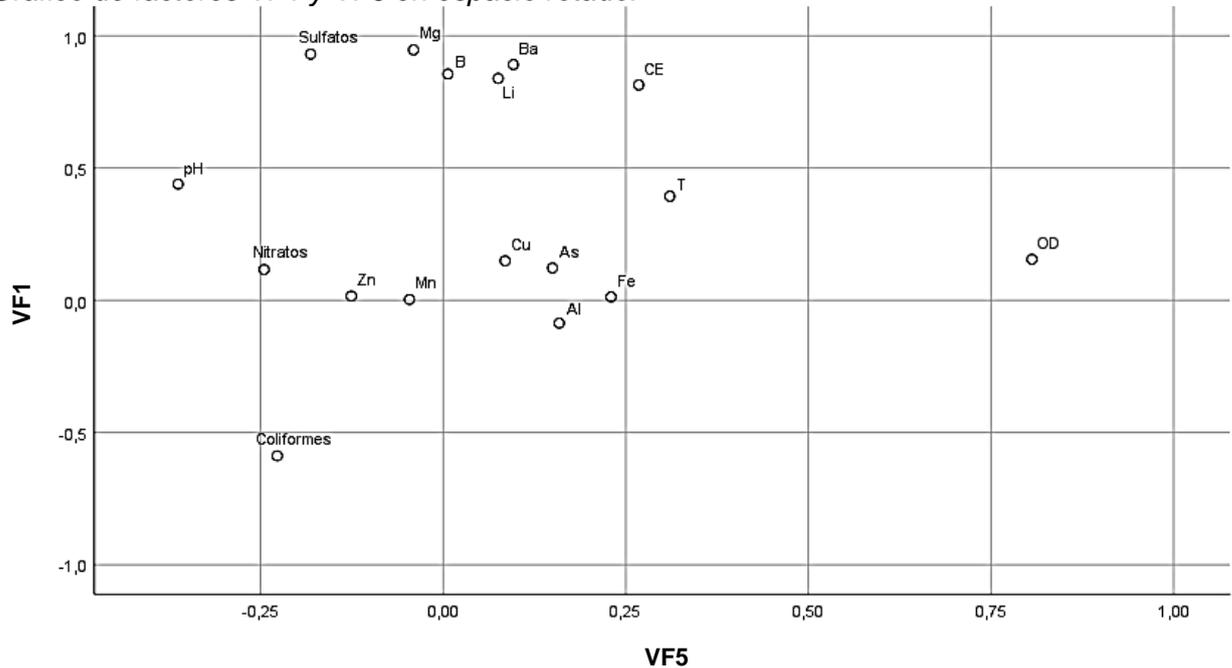


Nota, Elaboración propia a partir de SPSS

Las cargas factoriales que poseen los parámetros de calidad de agua con los factores VF1 y VF5 son representados en la Figura 17.

Figura 17

Gráfico de factores VF1 y VF5 en espacio rotado.



Nota, Elaboración propia a partir de SPSS

3.6.2.3. Análisis Clúster Jerárquico (ACJ). Se aplicó el análisis clúster jerárquico para agrupar las estaciones que presentan similitud de acuerdo con los 17 parámetros de calidad del agua. Se realizó el análisis clúster al promedio de los valores para cada parámetro sobre cada estación (J. Flores, 2017). Se estandarizaron los datos debido a que no todas las variables (parámetros de calidad de agua) poseen las mismas unidades de medida. La estandarización de los datos se realizó mediante el método de Puntuaciones Z, la cual es la forma de estandarización más común.

Para el análisis clúster jerárquico se usó el método de agrupación de Ward, el cual tiende a generar clústers que son homogéneos y de tamaños similares (Hair, 2019) y la razón por la cual se utilizó el método de Ward se debe a que es muy utilizada en estudios similares para poder agrupar las estaciones de monitoreo (Chow et al. (2016), J. Flores (2017) & Xiao et. al (2016)) y debido a que usa más información del contenido de los clústeres a comparación de otros métodos jerárquicos (Zhang et al, 2014). La medida de

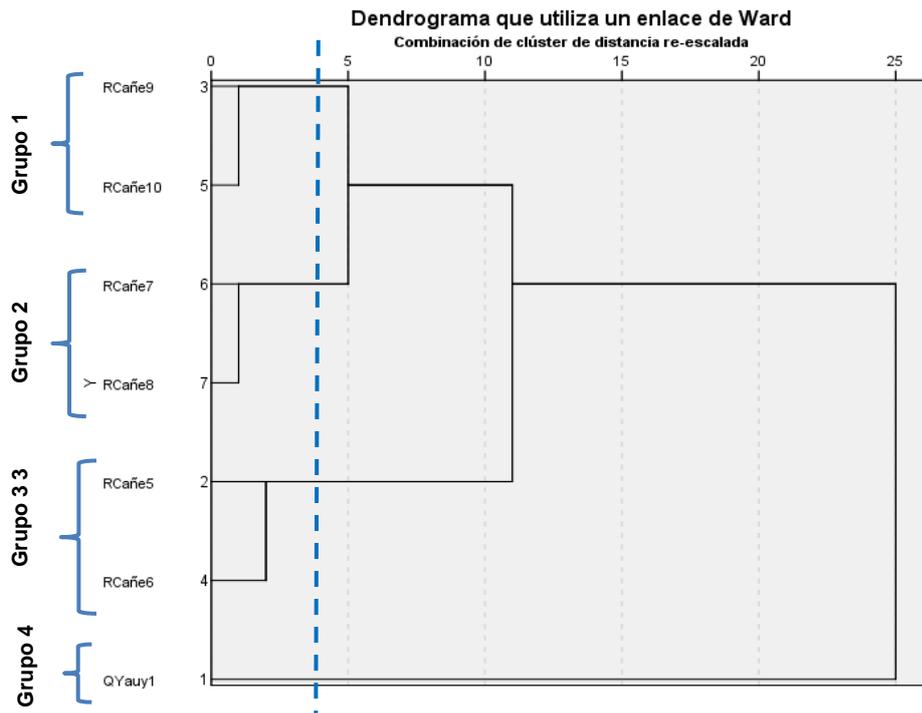
similaridad utilizada fue la distancia euclídea al cuadrado, la cual es recomendada para el método de Ward (Hair, 2019).

Se obtuvo un dendrograma que agrupa las estaciones de monitoreo. Se recomienda detener el proceso de fusión de grupos cuando las líneas horizontales del dendrograma son largas, a una menor distancia, los grupos son más homogéneos. (Vila et.al, 2014).

En la Figura 18, se observa se forma inicialmente un grupo por cada estación de monitoreo y que la línea de corte vertical agrupa a las estaciones en cuatro grupos de acuerdo con sus características similares de calidad de agua, en relación con los datos de los parámetros de calidad de agua.

Figura 18

Dendrograma de las estaciones de monitoreo



Nota, Elaboración propia a partir de SPSS

En la Tabla 24 se observan los perfiles de cada grupo formado por el ACJ, lo que representa el valor promedio de los resultados obtenidos por cada grupo (J. Flores, 2017). Mediante esta tabla se puede distinguir qué parámetros de calidad de agua tienen mayor influencia en cada grupo formado.

Tabla 24

Perfiles de los grupos formados por ACJ

Parámetro	Unidad	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
OD	mg/L	7,50	7,75	6,86	7,02
pH	unidad de pH	8,57	8,18	8,53	8,13
T	°C	18,36	21,37	19,11	15,81
C.E.	µS/cm	408,34	442,95	403,34	172,37
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	299,61	3761,37	3191,21	82859,98
Nitratos	mg/L	0,323	1,196	1,118	0,744
Sulfatos	mg/L	79,7270	79,2050	81,4072	5,5180
Al	mg/L	0,103	0,113	0,027	0,105
As	mg/L	0,0088	0,0091	0,0066	0,0066
B	mg/L	0,1910	0,2363	0,1860	0,0758
Ba	mg/L	0,0260	0,0328	0,0274	0,0042
Cu	mg/L	0,00516	0,00319	0,00242	0,00101
Fe	mg/L	0,1177	0,1803	0,0506	0,1400
Li	mg/L	0,0671	0,0669	0,0668	0,0100
Mg	mg/L	8,3470	8,6395	8,8915	1,3460
Mn	mg/L	0,00928	0,00846	0,00337	0,00784
Zn	mg/L	0,0110	0,0137	0,0114	0,0130

Nota, Elaboración propia a partir de SPSS

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

4.1. Evaluación de la Calidad del Agua mediante el índice ICARHS

Los resultados del cálculo del ICARHS, indican que en la estación QYauy1 la calidad es Mala, en las estaciones RCañe6 y RCañe7 la calidad es Regular, y en las estaciones RCañe5, RCañe8, RCañe9 y RCañe10 la calidad es Buena (ver Tabla 15 y Tabla 19).

4.2. Evaluación de la Calidad del Agua mediante Análisis Multivariante

4.2.1. Análisis Factorial Exploratorio (AFE)

De acuerdo con los resultados obtenidos, el primer factor (VF1) representa el 31,94% de la varianza total (ver Tabla 21) y posee cargas positivas fuertes con la conductividad eléctrica (0,814), sulfatos (0,930), boro (0,856), bario (0,891), litio (0,839), magnesio (0,947), cargas moderadas negativas con coliformes termotolerantes (-0,588). Gráficamente se representa en la Figura 15, donde se observan las variables con cargas positivas fuertes y moderadas que se relacionan con el factor VF1. El magnesio y sulfatos son parámetros que presentan el mismo comportamiento (cargas positivas fuertes), lo cual también influye en el comportamiento de la conductividad eléctrica debido a que su valor aumenta al haber mayor concentración de iones disueltos en el agua (Díaz, 2018). La presencia de boro, bario, litio y magnesio en el agua superficial está relacionada a la erosión de rocas y suelo. La presencia de coliformes termotolerantes en el agua se asocia a los vertimientos de aguas residuales domésticas no autorizados como los registrados previamente en la identificación de sitios contaminados en la cuenca del río Cañete (2017) (Ver sección 1.6.2). Por lo tanto, el factor VF1 representa a la mineralización (de rocas y/o minerales) del agua por erosión de rocas y suelos, y a la contaminación antropogénica en el río Cañete (tramo Yauyos-San Vicente de Cañete) por vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratar.

El segundo factor (VF2) representa el 16,77% de la varianza total (ver Tabla 21) y posee cargas positivas fuertes con arsénico (0,880), cobre (0,917) y zinc (0,891). Gráficamente se representa en la Figura 15, donde se observan las variables con cargas

positivas fuertes y moderadas que se relacionan con el factor VF2. Cabe mencionar que la cuenca Cañete presenta un potencial minero metálico principalmente en la parte media y alta de la misma (INGEMMET, 1985). Además, se precisa que solo se ha presentado una excedencia al ECA-agua vigente en el año 2016, del parámetro arsénico en las estaciones RCañe9, RCañe6, RCañe10 y RCañe7, y que en el tramo evaluado no se ha identificado la presencia de actividades industriales o mineras que pudieran estar contaminando el agua con metales pesados. Por lo tanto, el factor VF2 representa a los metales pesados que se encuentran en minerales y rocas, y que ingresan de manera natural al río Cañete (tramo Yauyos-San Vicente de Cañete).

El tercer factor (VF3) representa el 14,34% de la varianza total (ver Tabla 21) y posee cargas positivas fuertes con aluminio (0,899), manganeso (0,920) y carga positiva moderada con hierro (0,710). Gráficamente se representa en la Figura 16, donde se observan las variables con cargas positivas fuertes y moderadas que se relacionan con el factor VF3. La Formación Sacsacero y Formación Tantará son unidades geológicas presentes en la cuenca media y alta de la cuenca del río Cañete y se ha registrado la presencia de andesita, la cual es una roca de origen volcánico o ígneas (INGEMMET, 1985). Cabe indicar que la sílice es uno de los elementos más abundantes de las rocas ígneas y que además de dicho elemento, el aluminio, calcio, sodio, potasio, magnesio, hierro constituyen aproximadamente el 98% de los magmas, que determinan la composición mineral de las rocas ígneas (Tarbuck & Lutgens, 2005). Por otro lado, la presencia de manganeso se asocia a la del hierro (OMS, 2018) y su presencia en aguas superficiales se debe a la disolución de compuestos férricos en el suelo a hierro soluble por el CO₂ (Sierra, 2011). Por lo tanto, el factor VF3 representa a la mineralización (de rocas y/o minerales) del agua por erosión de rocas y suelos.

El cuarto factor (VF4) representa el 8,73% de la varianza total (ver Tabla 21) y posee cargas positivas fuertes nitratos (0,799) y moderada con la temperatura (0,648). Gráficamente se representa en la Figura 16, donde se observan las variables con cargas positivas fuertes y moderadas que se relacionan con el factor VF4. Este factor representa a

la actividad agrícola, la disposición de aguas residuales y a la oxidación de desechos nitrogenados de excretas humanas y animales en el río Cañete (tramo Yauyos-San Vicente de Cañete).

El quinto factor (VF5) representa el 7,27% de la varianza total (ver Tabla 21) y posee cargas positivas fuertes solo con oxígeno disuelto (0,806). Gráficamente se representa en la Figura 17, donde se observan las variables con cargas positivas fuertes y moderadas con el VF5. El VF5 no posee cargas moderadas con ninguna variable. El factor VF5 representa la presencia de oxígeno en el agua por aporte de la atmósfera.

De acuerdo con la Matriz de factores rotados (ver Tabla 23), durante el periodo 2013 al 2021, las variables de calidad de agua en el río Cañete (tramo Yauyos-San Vicente de Cañete) que tienen mayor influencia en la variación de la calidad del agua son 14. Estos parámetros se consideran los más representativos o importantes y son los que más contribuyen a los cambios en la calidad del agua (Liu et al., 2021). Estos parámetros representan el 82,4% de 17 parámetros analizados y son: Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica, Nitratos, Sulfatos, Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Cobre, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso y Zinc.

Del análisis factorial exploratorio se obtuvo que el parámetro pH posee la menor carga factorial (ver Tabla 23), por lo que sería el parámetro que posee menor relación con los demás parámetros. El pH representa el 5,88% de los parámetros evaluados. Este parámetro no ha presentado incumplimiento alguno al ECA agua según D.S. N°004-2017-MINAM (ver sección 4.1.1 y Anexo B), a pesar de ello, es un parámetro de mucha importancia en la evaluación de la calidad del agua debido a que influye en la evolución química, solubilidad del agua y la biodisponibilidad de muchos metales (ANA, 2018).

Los coliformes termotolerantes y la temperatura son parámetros que tampoco se seleccionaron como los más importantes (Tabla 21), debido a que, en el análisis estadístico-multivariados, tienen un comportamiento atípico y el valor de sus cargas factoriales es menor

a 0,7 (tal como se observa en la Tabla 22), requisito necesario para ser seleccionado como variable importante (Hora, 2018; Chow et al. 2016). Asimismo, los resultados de análisis de laboratorio de coliformes termotolerantes indican que sus concentraciones exceden al ECA Agua (ver Anexo B), por lo que es importante considerarlo en la evaluación de la calidad del agua; debido a que se ve influenciado por las fuentes contaminantes existentes, específicamente los vertimientos de aguas residuales domésticas, botaderos de residuos sólidos y fuente de contaminación difusa, como los fueron identificados (ver Anexo D). Por otra parte, la temperatura también es un parámetro importante en la calidad de agua debido a que influye en las reacciones químicas y bioquímicas en el agua y la solubilidad en el agua (Campos, 2003).

El análisis factorial ha permitido identificar aquellas variables que presentan comportamientos diferentes y atípicos, en este caso pH, coliformes termotolerantes y temperatura. (J. Flores, 2017).

4.2.2. Análisis Clúster Jerárquico (ACJ)

De acuerdo con la Figura 18, la línea de corte nos muestra la formación de cuatro grupos: Grupo 1: RCañe9, RCañe10; Grupo 2: RCañe7, RCañe8; Grupo 3: RCañe5, RCañe6 y Grupo 4: QYauy1.

El Grupo 1 incluye a la estación RCañe9 (Ver Figura 18), ubicada en la parte media superior del tramo evaluado (aguas abajo del embalse Capicullas) y también a la estación RCañe10, la cual está ubicada aproximadamente en la parte media del tramo (aguas abajo del embalse San Juanito). En este grupo se registraron concentraciones bajas de coliformes termotolerantes (promedio de aproximadamente 300 NMP/100mL) y nitratos (promedio de 0,323 mg/L) a comparación de los otros grupos. Además, se registraron los mayores valores promedio de pH (8,57), Cu (0,00516 mg/L), Li (0,0671 mg/L) y Mn (0,00928 mg/L), por lo que estaría mayormente influenciado por estos parámetros (J. Flores, 2017). Solo se registró una excedencia al ECA-Agua de arsénico, según D.S. N° 004-2017-MINAM (2016), para ambas

estaciones (ver sección 4.1.1 y Anexo B). Cabe mencionar que ambas estaciones presentan una calidad de agua Buena según el índice de calidad de agua ICARHS.

El Grupo 2 incluye a las estaciones RCañe7 y RCañe8 (Ver Figura 18), las cuales están ubicadas en la parte baja del tramo del río Cañete (Yauyos – San Vicente de Cañete), aguas debajo del distrito de Lunahuaná y en San Vicente de Cañete, respectivamente. A comparación de los otros grupos, en este grupo se presentó un mayor valor promedio de oxígeno disuelto (7,75 mg/L), conductividad eléctrica (de 3761,37 μ S/cm), nitratos (1,196 mg/L). Además, en este grupo se presentó excedencias al ECA-Agua Categoría 1-A2 del parámetro coliformes termotolerantes según D.S. N° 004-2017-MINAM en la estación RCañe7 (2018), lo cual se podría deber a la presencia de vertimientos de aguas residuales como los registrados aguas arriba de la estación en la localidad de Romani (FCVD20), Catapalla (FCVD21), Condoray (FCVD22) y Lunahuaná (FCVD23 y FCVD24). También se presentó excedencia al ECA-Agua Categoría 3, Subcategoría D-1 Agua de Riego No Restringido y Subcategoría D-2 Bebida de Animales, del parámetro coliformes termotolerantes, según D.S. N° 004-2017-MINAM en la estación RCañe8 (2016, 2018, 2019) y excedencia al ECA-Agua Categoría 3, Subcategoría D-1 Agua de Riego Restringido del parámetro coliformes termotolerantes (2016, 2018) , lo cual posiblemente se deba a vertimientos clandestinos de centros poblados ubicados en la cuenca baja del río Cañete (ANA, 2018). Se precisa que se registró un promedio de 3761 NMP/100mL en el Grupo 2. Cabe precisar que las estaciones RCañe7 y RCañe8 presentan una calidad de agua Regular y Buena, respectivamente, según el índice de calidad de agua ICARHS.

El Grupo 3 incluye a las estaciones RCañe5 y RCañe6 (Ver Figura 18), se ubican aguas abajo del anexo Magdalena y aguas debajo de la localidad Capillucas, respectivamente. A comparación de otros grupos, en este grupo se registró un mayor valor promedio de sulfatos (81,4 mg/L) y magnesio (8,89 mg/L). En RCañe5 se registró incumplimiento al ECA-Agua, según D.S. N°004-2017-MINAM del oxígeno disuelto (2020). El incumplimiento se podría deber al vertimiento de aguas residuales domésticas en la localidad

de Magdalena o también a la influencia del botadero de residuos sólidos identificado aguas arriba de la estación (ANA, 2017). Por otro lado, en la estación RCañe6 se observa incumplimiento en el oxígeno disuelto (2013), arsénico (2016) y coliformes termotolerantes (2013, 2017-2021), según D.S. N° 004-2017-MINAM. El incumplimiento de coliformes termotolerantes en RCañe6 se podría deber a la descarga de aguas residuales domésticas del sistema de tratamiento, como la registrada en la localidad de Catahuasi (FCVD17), que se encuentra colapsado y descarga en el margen izquierdo del río Cañete (ANA, 2019). Cabe mencionar que ambas estaciones presentan una calidad de agua Buena y Regular, respectivamente, según el índice de calidad de agua ICARHS.

El Grupo 4 está conformado únicamente por la estación QYauy1 (Ver Figura 18), la cual equivale al 14,3% de las estaciones, es la estación que posee mayor distancia en el análisis clúster jerárquico (ACJ). De acuerdo con la Tabla 24, se observa que la estación QYauy1 presenta algunos valores atípicos en comparación con los valores de las demás estaciones, lo cual se evidencia en los resultados de Coliformes Termotolerantes, Conductividad eléctrica, Sulfatos, Magnesio. En esta estación se presentaron excedencias al ECA-Agua Categoría 1-A2, según D.S. N° 004-2017-MINAM, para el parámetro coliformes termotolerantes (2013-2016, 2018) y su valor promedio es el más alto a comparación de los otros grupos (aprox. 82 860 NMP/100 mL). De acuerdo con la identificación de fuentes contaminantes por la ANA (2017), aguas arriba de la estación QYauy1, se identificó la descarga de aguas residuales del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Localidad de Yauyos (FCVD11) en el margen izquierdo de la Quebrada. Yauyos, lo que podría estar contribuyendo a las excedencias de coliformes termotolerantes en la estación QYauy1. Cabe precisar que esta estación presenta una calidad de agua Mala según el índice de calidad de agua ICARHS.

Del análisis clúster jerárquico (Figura 18), se obtuvo que la estación QYauy1 es la estación que posee mayor distancia, presenta poca similitud con el resto de las estaciones evaluadas y es la menos representativa del tramo evaluado (J. Flores, 2017). Se precisa que

esta estación está ubicada en la quebrada Yauyos, la cual es un afluente del río Cañete. Por lo tanto, el análisis clúster permite identificar aquellas estaciones que presentan perfiles diferentes, en este caso la estación QYauy1 (J. Flores, 2017). Tal como lo mencionado previamente, en esta estación se ha presentado excedencias el ECA-Agua Categoría 1-A2, según D.S. N° 004-2017-MINAM, del parámetro coliformes termotolerantes.

Conclusiones

- La aplicación de las técnicas multivariantes permitieron analizar estadísticamente la variabilidad espacial y temporal de los resultados de los parámetros de calidad del agua que participan en el monitoreo de calidad del agua en el río Cañete, donde se pudo seleccionar los parámetros de calidad del agua más relevantes, determinar las fuentes naturales y antropogénicas que influyen en la variación de la calidad del agua en las estaciones de monitoreo; agrupar las estaciones de monitoreo; así como determinar su estado de calidad mediante el índice ICARHS.
- Se determinó la calidad del agua en las siete (07) estaciones ubicadas en el río Cañete mediante el índice ICARHS, teniendo como resultado: mala calidad en la estación QYauy1, regular en las estaciones RCañe6 y RCañe7, y buena en las estaciones RCañe5, RCañe8, RCañe9 y RCañe10.
- El análisis factorial exploratorio (AFE) permitió identificar las fuentes de contaminación que influyen en la variación de la calidad del agua del río Cañete (tramo Yauyos-San Vicente de Cañete). Se obtuvieron cuatro factores que influyen la variación de la calidad de agua, los cuales están principalmente relacionados a: mineralización del agua por erosión de rocas y suelos, contaminación por aguas residuales sin tratar, actividades agrícolas, oxidación de desechos nitrogenados de excretas humanas y animales.
- El análisis factorial exploratorio (AFE) permitió identificar los parámetros más importantes de calidad de agua en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete), es decir, los que más influyen en la variación de la calidad del agua y son catorce: Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica, Nitratos, Sulfatos, Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Cobre, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso y Zinc. Los parámetros pH, Coliformes Termotolerantes y Temperatura tienen menor relación con los demás parámetros debido a su comportamiento diferente y atípico.
- El análisis clúster jerárquico (ACJ) permitió agrupar las siete estaciones de monitoreo de calidad de agua en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete). Se agruparon

las siete estaciones de monitoreo de calidad de agua en el río Cañete (tramo: Yauyos-San Vicente de Cañete), de acuerdo con su similitud, en cuatro grupos: Grupo 1, compuesto por RCañe9 y RCañe10; Grupo 2, compuesto por RCañe7 y RCañe8; Grupo 3, compuesto por RCañe5 y RCañe6; y Grupo 4, compuesto por QYauy1. Se obtuvo que la estación QYauy1 presenta poca similitud con el resto de las estaciones evaluadas y es la menos representativa del tramo evaluado.

Recomendaciones

- Aplicar el análisis multivariante a los parámetros de calidad de agua, con el fin de determinar el estado de su calidad en diferentes cuencas hidrográficas y zonas marinas costeras.
- Utilizar los resultados de los parámetros calidad del agua de varios años para obtener resultados consistentes.
- Realizar el análisis multivariante a los parámetros de calidad de agua con temporadas de avenida, transición y estiaje, para determinar con mayor precisión su calidad en cuerpos naturales de agua.
- Actualizar la identificación de fuentes contaminantes a lo largo del tramo Yauyos- San Vicente de Cañete, verificando su influencia en la calidad del agua.
- Verificar la aplicación de otros métodos de análisis multivariante en la evaluación de la calidad de agua, como el análisis discriminante y análisis regresión lineal múltiple, los cuales también han sido utilizados por otros investigadores.
- Complementar la aplicación del análisis multivariado en la evaluación de la calidad del agua, con otras herramientas como los sistemas de información geográfica y los sensores remotos, con el fin de realizar análisis más detallados con resultados de acuerdo con la realidad existente.
- Las instituciones competentes en realizar los monitoreos de calidad del agua en la cuenca del río Cañete, deben socializar la información obtenida con las autoridades y población en reuniones de trabajo, con el fin de mostrar las causas que afectan la calidad del agua para implementar estrategias de protección y conservación de calidad del agua, generando conciencia ambiental en los actores de la cuenca.

Referencias bibliográficas

- Aldás J. & Uriel E. (2017). *Análisis Multivariante aplicado con R* (2.^a ed.). Alfacentauro
- Aquino, P. (2017). *Calidad del Agua en el Perú, Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales. Derecho, Ambiente y Recursos Naturales.*
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31191>
- Autoridad Nacional del Agua, Dirección de Calidad & Evaluación de Recursos Hídricos & Proyecto de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Diez Cuencas (2022). *Diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos superficiales en la Unidad Hidrográfica Quilca-Vitor-Chili: Diciembre,2020.*
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/5226>
- Autoridad Nacional del Agua, Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos (2020). *Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS).*
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4479>
- Autoridad Nacional del Agua, Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza & Administración Local del Agua Mala Olmas Cañete. (2020). *Resultado del Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete (realizado los días 14 y 15 de mayo del 2020).*
- Autoridad Nacional del Agua, Pantoja-Tapia P., Choquepuma-Llave E., & Torres-Zagastizabal B. (2019). *Estudio hidrológico de la unidad hidrográfica Cañete.*
<https://hdl.handle.net/20.500.12543/4713>
- Autoridad Nacional del Agua, Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza & Administración Local del Agua Mala Olmas Cañete. (2019). *Resultado del Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete (realizado del 10 al 14 de junio del 2019).*

Autoridad Nacional del Agua, Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza & Administración Local del Agua Mala Olmas Cañete. (2018). *Resultado del Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua de la Cuenca del río Cañete (realizado del 14 al 18 de mayo del 2018)*.

Autoridad Nacional del Agua (2018). Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua ICA-PE aplicado a los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/2440>

Autoridad Nacional del Agua, Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza & Administración Local del Agua Mala Olmas Cañete. (2017). *Resultado del Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua de la Cuenca del río Cañete (realizado del 24 al 27 de octubre de 2017)*.

Autoridad Nacional del Agua & Autoridad Administrativa del Agua (2017). *Resultados de la actualización de fuentes contaminantes en la cuenca del río Cañete -2017*.

Autoridad Nacional del Agua, Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza & Administración Local del Agua Mala Olmas Cañete. (2016). *Resultado del Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua de la Cuenca del río Cañete (realizado del 08 al 12 de agosto de 2016)*.

Autoridad Nacional del Agua, Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza & Administración Local del Agua Mala Olmas Cañete. (2015). *Resultado del monitoreo participativo de la calidad del agua en la cuenca del río Cañete (realizado del 19 al 23 de octubre de 2015)*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2453>

Autoridad Nacional del Agua, Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos (2014). *Resultado del monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del río Cañete (realizado del 15 al 19 de diciembre de 2014)*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2574>

- Autoridad Nacional del Agua, Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza & Administración Local del Agua Mala Olmas Cañete (2014). *Resultados de la Identificación de Fuentes Contaminantes en la cuenca del río Cañete - 2014*
- Autoridad Nacional del Agua, Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (2013a). *Monitoreo participativo de la calidad del agua en la cuenca del río Cañete Junio 2013*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2573>
- Autoridad Nacional del Agua, Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (2013b), *Resultado del monitoreo de la calidad del agua superficial de la cuenca Cañete*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2946>
- Barakat, A., El Bahdadi, M., Rais, J., Aghezzaf, B, & Slassi, M. (2016), Assessment of spatial and seasonal water quality variation of Oum Er Rbia River (Morocco) using multivariate statistical techniques, [Evaluación de la evaluación espacial y estacional de la calidad del agua en el río Oum Er Rbia (Marruecos) utilizando técnicas estadísticas multivariantes]. *International Soil and Water Conservation Research*,4(4), 284-292. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.11.002>
- British Geological Survey (2016). Lithium. Consultado el 19 de agosto de 2022. <https://bit.ly/3wbOjvV>
- Boyd, C. (2020). *Water Quality An Introduction* (3ª ed.). Springer
- Campos, I. (2003). *Saneamiento Ambiental*. (1ª ed.). Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Chow, M., Shiah, F.K., Lai, C., Kuo H., Wang, K., Lin, C., Chen, T., Kobayashi, Y. & Ko, C. (2016). Evaluation of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of Fei-Tsui Reservoir basin, Taiwan [Evaluación de la calidad del agua superficial usando técnicas estadísticas multivariantes: un caso de estudio de la cuenca del reservorio Fet-Tsui, Taiwan]. *Environmental Earth Sciences*,75(6).<https://doi.org/10.1007/s12665-015-4922-5>

- Claramunt, T., Claramunt, R., Cabildo, M. & Escolástico, C. (2013). *Ecología I: Introducción, Organismos y Poblaciones*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Collazos, O. (2021). *Imputación de datos faltantes en los ingresos por hogar en la Enaho utilizando el método del K-vecino más cercano*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4851>
- Constitución Política del Perú. (29 de diciembre de 1993) <https://www.congreso.gob.pe/Docs/files/documentos/constitucionparte1993-12-09-2017.pdf>
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. (7 de junio del 2017). <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>
- Díaz, J. (2018). *Ecuaciones y cálculos para el tratamiento de aguas*. (1.^a ed.) Ediciones Parainfo S.A.
- Díaz, Y. (2019). *Determinación de variables con mayor impacto en la calidad del agua, de la cuenca baja del Río Chillón* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal], Repositorio Institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3807>
- Fabrigar, L., Wegener, D., MacCallum, R., & Strahan, E. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research [Evaluación del uso del análisis factorial exploratorio en la investigación psicológica]. *Psychological Methods*, 4(3), 272–299. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.4.3.272>
- Flores, J. (2017). *Análisis de una red de monitoreo de la calidad de agua en la cuenca del río Jequetepeque mediante análisis multivariado* [Tesis de maestría, Pontificia

Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9381>

Flores, R. (2017). *Variación temporal de la calidad de agua en la bocatoma “La Atarjea”, río Rímac (2009-2015)* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2892>

Jiang, J., Tang, S., Han, D., Fu, G., Solomatine D. & Zheng Y. (2020). A comprehensive review on the design and optimization of surface water quality monitoring networks [Una revisión integral sobre el diseño y optimización de las redes de monitoreo de la calidad de las aguas superficiales]. *Environmental Modelling & Software*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104792>

Galarza, L. (2013). *Comparación mediante simulación de los métodos EM e imputación múltiple para datos faltantes* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional de tesis y trabajos de Titulación de la UNMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3578>

Gómez, I. N., & Peñuela, G. A. (2016). Revisión de los métodos estadísticos multivariados usados en el análisis de calidad de aguas. *Revista Mutis*, 6(1), 54–63. <https://doi.org/10.21789/22561498.1112>

Grima, C., Grima, J., Luque, J., Pardo, E. & Ramirez, A. (2019). Análisis de Supervivencia a la Detección y Corrección de la Contaminación en series con valores por debajo del límite de detección. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(1), 165-178. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.01.12>

Guisande, C., Vamonde, A., Barreriro, A. (2013). *Tratamiento de datos con R. Estadística y SPSS*, Ediciones Díaz Santos. <https://blog.utp.edu.co/estadistica/files/2017/09/TRATAMIENTO-DE-DATOS-CON-R-ESTADISTICA-Y-SPSS.pdf>

- Hair, J., Black, W., Babin, B. & Anderson R. (2019). *Multivariate Data Analysis* (8.^a edición), Cengage Learning EMEA
- Hernández, R., Fernández C. & Baptista L. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Hora-Alves, J., Cruz-Fonseca, L., Alves-Chielle, S., Barreto-Macedo, L. & Barreto-Macedo, L. (2018). Monitoring water quality of the Sergipe River basin: an evaluation using multivariate data analysis [Monitoreo de la calidad del agua en la Cuenca del río Sergipe: una evaluación usando análisis de datos multivariantes]. *RBRH*, 23. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.231820170124>
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (1985). *Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Cañete (Departamento de Lima)*. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geología, 8.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (s.f.). Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
- Khalil B. & Ouarda T. (2009). Statistical approaches used to assess and redesign Surface water-quality-monitoring networks [Enfoques estadísticos utilizados para evaluar y rediseñar las redes de monitoreo de la calidad del agua superficial]. *Journal of Environmental Monitoring*. 11, 1915-1929. <https://doi.org/10.1039/B909521G>
- Ley N° 28611. Ley General del Ambiente. (15 de octubre del 2005). <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28611.pdf>
- Li Y. & Migliaccio K. (2011). *Water quality concepts, sampling, and analyses*. (1.^a edición). Taylor & Francis.

- Lloret, S., Ferreres, A., Hernández, A. & Tomás, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de Psicología*. 30(3) 1151-1169. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>
- Ofungwu, J. (2014), *Statistical Applications for Environmental Analysis and Risk Assessment*. (1.ª edición). Wiley
- Organización de las Naciones Unidas (2014, 22 de octubre). *Calidad del agua*. <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Organización Mundial de la Salud (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda, 4a ed + 1a adenda*. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272403>
- Ortiz, J. & Miranda, Y. (2019). *Comportamiento pro-social y acción colectiva para la gestión de cuencas hídricas en el Perú: una estrategia participativa basada en juegos y experimentos económicos en la cuenca del río Cañete, Informe final sobre las actividades y resultados de los talleres realizados*. https://www.minam.gob.pe/economia-y-financiamiento-ambiental/wp-content/uploads/sites/128/2019/08/ACAguaeCa%c3%b1ete_Informe-final.pdf
- Pedersen, A., Mikkelsen, E., Cronin-Fenton, D., Kristensen, N., Pham, T., Pedersen, L. & Petersen, I. (2017). Missing data and multiple imputation in clinical epidemiological research. *Clinical Epidemiology*. 9:157-166. <https://doi.org/10.2147/CLEP.S129785>
- Pradana, J., Gallego A., García J., Bravo J., García, M., Paniahua, Gema (2019). *Criterios de Calidad y Gestión del Agua Potable*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2003). *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis*. (1.ª ed.). Plaza y Valdés S.A. de C.V.

Rangeti, I., Dzwauro, B., Barratt, G. J., & Otieno, F. (2015). Validity and Errors in Water Quality Data — A Review. In. *Research and Practices in Water Quality*.
<https://doi.org/10.5772/59059>

Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA. Aprobar la Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales, conforme al Anexo que forma parte integrante de la presente resolución (13 de febrero del 2018). <http://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-056-2018-ana>

Resolución Jefatural N° 084-2020- ANA. Aprobar la metodología Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS). (13 de mayo del 2020)
<https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/609248-rj-084-2020-ana>

Resolución Jefatural N° 136-2018-ANA. Aprobar el documento técnico denominado "Lineamientos para la Identificación y Seguimiento de Fuentes Contaminantes Relacionadas con los Recursos Hídricos" (25 de abril del 2018).
<https://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-136-2018-ana>

Roberts, A. (2007). *Water Quality Control Handbook*. (2.^a ed.). McGraw-Hill.

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Editorial Universidad de Antioquia.

Sánchez, J., Dávila, R., Zuta, N., Vásquez F., Vargas A., Villavicencio P., Espinoza, C. (2022). Evaluación fisicoquímica y bacteriológica del agua del río Chillón. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 62 (4), 846–855,
<http://iaes.edu.ve/iaespro/ojs/index.php/bmsa/article/view/563>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (s.f.). Datos/Descarga de datos Meteorológicos. Consultado el 05 de noviembre del 2021).
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.

Sierra, C. (2011). *Calidad del Agua, Evaluación y Diagnóstico*. Ediciones de la U.

- Shafer, J.L. (1999). Multiple imputation: a primer. *Statistical Methods Medical Research*, 8(1), 3-15. <https://doi.org/10.1177/096228029900800102>
- Shafer, J. & Graham J.(2002). Missing Data: Our View of the State of Art [Datos Faltantes: Nuestra Vista del Estado del Arte]. *Psychological Methods*, 7(2):147-77. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/1082-989X.7.2.147>
- Sharma, B. (1994). *Water Pollution*, (4.^a ed.). Goel Publishing House
- Tarback, E., Lutgens, F. & Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra* (8.^a ed.). Pearson Educación S.A.
- Tebbut, T. (1998). *Principles of Water Quality Control*. (5.^a ed). Butterworth Heinemann.
- Vigil, K., (2003). *Clean Water: an introduction to water quality and water pollution control*, (2^a ed.). Oregon State University Press
- Vila, R., Rubio, M., Berlanga, V., Torrado, M. (2014). *Cómo aplicar un cluster jerárquico en SPSS*. *REIRE* 7(1),113-127, <https://doi.org/10.1344/reire2014.7.1717>
- Visitación, K. (2020). *Influencia de la Hidroquímica de la Quebrada Millune sobre la Calidad del Agua del Río Asana* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4586>
- Xiao, M., Bao, F., Wang, S., & Cui, F. (2016). Water quality assessment of the Huaihe River segment of Bengbu (China) using multivariate statistical techniques, *Water Resources*, 43, 166–176, <https://doi.org/10.1134/S0097807816010115>
- Zhang, X., Qian, H., Chen, J., Qiao, L. (2014). Assessment of Groundwater Chemistry and Status in a Heavily Used Semi-Arid Region with Multivariate Statistical Analysis. *Water*, 6(8) 2212-2232, <https://doi.org/10.3390/w6082212>

Anexos

Anexo A: Informes de Ensayo 2021



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE -103

INFORME DE ENSAYO N° 2110089A

Cliente	: BRAÑEZ CONDORENA ANA MARÍA
Dirección del cliente	: NO INDICA
Usuario	: NO APLICA
Lugar de Muestreo	: RÍO CAÑETE
Tipo de Matriz y/o Producto	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO
Muestreo Realizado por	: R-LAB S.A.C.
Procedimiento de Muestreo	: P-RTM-01 "Muestreo y Medición de Parámetros <i>In situ</i> ", Revisión 07
Referencia al Plan de Muestreo	: N° 2110013
Número de Muestras	: 03
Fecha de Recepción	: 13-10-2021
Fecha de Inicio y Término de Ensayo:	13-10-2021 al 19-10-2021

"Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".

Fecha de emisión: 20-10-2021


Victor Erick Caso Cueva
JEFE DE RTM
CP-11297

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.

Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.

Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"

Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298

Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



INFORME DE ENSAYO N° 2110089A

Código de Laboratorio	2110089A-01	2110089A-04	2110089A-05			
Identificación de la Muestra	RCAÑE8	RCAÑE5	RCAÑE9			
Descripción del Punto de Muestreo	Río Cañete, 500 m aprox. aguas abajo del puente Clarita-San Vicente de Cañete	Río Cañete, aguas abajo del pueblo de Magdalena (Anexo de Yauyos)	Río Cañete, aguas abajo de la localidad de Capillucas, después del embalse Capillucas (CELEPSA)			
Fecha y hora de muestreo	12-10-2021 (09:49)	12-10-2021 (16:29)	12-10-2021 (17:55)			
Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: 8548635 E: 0352202	N: 8618506 E: 0400937	N: 8594112 E: 0396103			
Tipo de Matriz y/o Producto	AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO					
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M	Resultados		
Sulfatos	mg/L	2,00	0,67	114,14	115,56	104,92
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		9,41	9,53	8,65
Nitratos	mg/L	0,050	0,017	2,691	0,159	0,346
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		0,275	0,016	0,035
Oxígeno Disuelto <i>In situ</i>	mg/L	-	-	5,20	5,10	5,15
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		0,16	0,16	0,16
Temperatura <i>In situ</i>	°C	-	-	19,6	17,6	18,9
	°C	Incertidumbre de la Medición ±		1,4	1,3	1,4
Conductividad <i>In situ</i>	µS/cm	-	-	359	310	315
	µS/cm	Incertidumbre de la Medición ±		6	5	5
Potencial de Hidrógeno pH <i>In situ</i>	UpH	-	-	8,4	8,7	8,7
	UpH	Incertidumbre de la Medición ±		0,1	0,1	0,1
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	-	1,8	33x10 ¹	170	110
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A

Notas:

- ✓ Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.
- ✓ La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.
- ✓ La (s) muestra (s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendarios luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- ✓ L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.
- ✓ N/A: No Aplica, por ser resultado menor al límite de detección o por ser ensayo semicuantitativo.
- ✓ El informe de control de calidad será proporcionado a solicitud del cliente.

Victor Erick Caso Cueva
JEFE DE RTM
CP. 1207

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.

Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.

Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"

Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298

Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



INFORME DE ENSAYO N° 2110089A

Tipo Ensayo	Norma de Referencia		Año de versión o Edición
	Código	Título	
Sulfatos	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 4500-SO4(2 ⁻) E, 23rd Ed.	Sulfate.Turbidimetric Method.	2017
Nitratos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 4500-NO3- E. 23rd Ed.	Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method	2017
Oxígeno Disuelto <i>In situ</i>	NTP 214.046	CALIDAD DE AGUA Determinación de oxígeno disuelto en agua. Método de sonda instrumental. Sensor basado en Luminiscencia	2013
Temperatura <i>In situ</i>	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. (Excepto parte 2)	Temperature. Laboratory and Field Methods.	2017
Conductividad <i>In situ</i>	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed.	Conductivity: Laboratory Method	2017
Potencial de Hidrógeno pH <i>In situ</i>	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed	pH Value. Electrometric Method	2017
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed.	Multiple -Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	2017

Fin del documento

Victor Erick Caso Cueva
JEFE DE RTM
CP-11297

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.

Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.

Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"

Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298

Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.



Registro N° LE -103

INFORME DE ENSAYO N° 2110092A

Cliente	: BRAÑEZ CONDORENA ANA MARÍA
Dirección del cliente	: NO INDICA
Usuario	: NO APLICA
Lugar de Muestreo	: RÍO CAÑETE
Tipo de Matriz y/o Producto	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO
Muestreo Realizado por	: R-LAB S.A.C.
Procedimiento de Muestreo	: P-RTM-01 "Muestreo y Medición de Parámetros <i>In situ</i> ", Revisión 07
Referencia al Plan de Muestreo	: N° 2110013
Número de Muestras	: 02
Fecha de Recepción	: 13-10-2021
Fecha de Inicio y Término de Ensayo:	13-10-2021 al 19-10-2021

"Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".

Fecha de emisión: 20-10-2021


Victor Erick Caso Cueva
JEFE DE RTM
CIP-112971

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.

Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.

Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"

Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298

Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



INFORME DE ENSAYO N° 2110092A

Código de Laboratorio		2110092A-01		2110092A-02	
Identificación de la Muestra		RCAÑE6		RCAÑE7	
Descripción del Punto de Muestreo		Río Cañete, aguas abajo del distrito de Catahuasi		Río Cañete, puente Socys, aguas abajo del distrito de Lunahuaná	
Fecha y hora de muestreo		13-10-2021 (06:40)		13-10-2021 (08:00)	
Ubicación Geográfica (WGS-84)		N: 8584724 E: 0403029		N: 8559413 E: 0370491	
Tipo de Matriz y/o Producto		AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M	Resultados	
Sulfatos	mg/L	2,00	0,67	101,37	95,22
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		8,36	7,85
Nitratos	mg/L	0,050	0,017	2,606	0,904
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		0,266	0,092
Oxígeno Disuelto <i>In situ</i>	mg/L	-	-	5,20	5,10
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		0,16	0,16
Temperatura <i>In situ</i>	°C	-	-	18,6	18,9
	°C	Incertidumbre de la Medición ±		1,3	1,4
Conductividad <i>In situ</i>	µS/cm	-	-	318	326
	µS/cm	Incertidumbre de la Medición ±		5	5
Potencial de Hidrógeno pH <i>In situ</i>	UpH	-	-	8,6	8,6
	UpH	Incertidumbre de la Medición ±		0,1	0,1
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	-	1,8	49x10 ²	79x10 ¹
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A

Notas:

- ✓ Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.
- ✓ La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.
- ✓ La (s) muestra (s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendarios luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- ✓ L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.
- ✓ N/A: No Aplica, por ser resultado menor al límite de detección o por ser ensayo semicuantitativo.
- ✓ El informe de control de calidad será proporcionado a solicitud del cliente.

Victor Erick Caso Cueva
JEFE DE RTM
01-11-2021

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.

Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"

Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298

Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com



INFORME DE ENSAYO N° 2110092A

Tipo Ensayo	Norma de Referencia		Año de versión o Edición
	Código	Título	
Sulfatos	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 4500-SO4(2 ⁻) E, 23rd Ed.	Sulfate. Turbidimetric Method.	2017
Nitratos	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part. 4500-NO3- E. 23rd Ed.	Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method	2017
Oxígeno Disuelto <i>In situ</i>	NTP 214.046	CALIDAD DE AGUA Determinación de oxígeno disuelto en agua. Método de sonda instrumental. Sensor basado en Luminiscencia	2013
Temperatura <i>In situ</i>	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. (Excepto parte 2)	Temperature. Laboratory and Field Methods.	2017
Conductividad <i>In situ</i>	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed.	Conductivity: Laboratory Method	2017
Potencial de Hidrógeno pH <i>In situ</i>	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed	pH Value. Electrometric Method	2017
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed.	Multiple -Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	2017

Fin del documento

Victor Erick Caso Cueva
JEFE DE RIM
CP-11297

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.

Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.

Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"

Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298

Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com

R-LAB**CADENA DE CUSTODIA**

F-RTM-04

Revisión: 05

Fecha: 22-01-2021

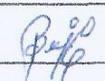
Página 1 de 1

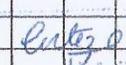
DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN								N° Cadena de Custodia: 2110089A		N° Plan de Muestreo: 2110013						
Cliente: BRÁÑEZ CONDORENA ANA MARÍA Dirección del Cliente: ----- RUC: 10718886291 Teléfono(s): 991755355 Atención a: Ing. Ana Brañez Correo: ambranezo@gmail.com								Preservante								
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO								Tipo de frasco / envase (2)								
Usuario: -----		N° de Orden de Trabajo: 2110016		Muestreo realizado por: R-LAB S.A.C.		Analista de Campo: Zherry Gonzales Pishagua		-	-	-	-	P	P	PE		
Lugar de Muestreo: RIO CAÑETE								ENSAYO (S) SOLICITADO (S)								
Procedimiento del Muestreo: P-RTM-01		Ensayo: edgua		Contacto de Campo: Ing. Ana Brañez		Teléfono(s): 991755355		Correo: ambranezo@gmail.com		Oxígeno Disuelto In situ	Temperatura In situ	Conductividad In situ	Potencial de Hidrógeno pH In situ	Sulfatos	Nitratos	Coliformes Fecales por Número más Probable (NMP)
Contacto R-LAB: Deysy Cortez Arauco		Teléfono(s): 942543487		Correo: calidad.rtm1@gmail.com												
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (D/M/A)	HORA DE MUESTREO (24:00)	TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1)	N° DE ENVASES/FRASCOS (2)	ESTADO DE CONSERV. (3)	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO									
Rcañe 8	2110089A-01	12/10/2021	09:49	ANSL	03	R	*	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rcañe duplicado	2110089A-02	12/10/2021	09:49	ANSL	-		*	X	X	X	X	-	-	-	-	-
Rcañe 8 BK	2110089A-03	12/10/2021	09:49	-	01	R	*	-	-	-	-	-	X	-	-	-
Rcañe 5	2110089A-04	12/10/2021	16:29	ANSL	03	R	*	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rcañe 9	2110089A-05	12/10/2021	17:55	ANSL	03	R	*	X	X	X	X	X	X	X	X	X
OBSERVACIÓN: X Descripción del punto de Muestreo, ver Formato F-RTM-12.								VILLA EL SALVADOR RECIBIDO Laboratorio de Ensayo R-LAB S.A.C. 13 10 2021 07:30 a.m. Fecha: Hora: T° de Muestra: 4,9 Firma: <i>lutezo</i>								
Devolución de Items de Ensayo:				SI () NO (X)				(3) TEMPERATURA: AMBIENTE (T), PRESERVADO (P), REFRIGERADO (R)				CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)				
(1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial Lago (ANSLo), Superficial Laguna (ANSLa), Río (ANSR); Subterránea: Manantial (ANSbM) / Pozo (ANSbP), Termal (ANSbT); AGUA SALINA: Mar (ASAM), Salobre (ASAO); AGUA RESIDUAL: Doméstico (ARD), Industrial (ARI), Municipal (ARM); AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bebida Potable (ACHPo), Mesa (ACHM), Envasada (ACHE), Piscina (ACHP), Laguna Artificial (ACHLa); AGUA DE PROCESO: Circulación o enfriamiento (APE), Alimentación para calderas (APAC), Calderas (APC), Lixiviación (APL), Purificada (APP), Inyección y reinyección (APIR); AIRE: (H); SOLUCIÓN CAPTADORA: (SC); FILTRO: (F); TUBO ADSORBENTE: (TA); METEOROLOGÍA: (MET); EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS: (EM); SUELO: Suelo (S), Lodo (SL), Sedimentos (SSED), Biosólidos (BS); SEDIMENTOS: Epicontinental (SSEDE), Estuarinos (SSEDES), Marinos (SSEDM); SUPERFICIES: Inerías regulares (SIR), Inerías irregulares (SII), Vivas (SV); RUIDO: (RU); OTROS (O). (2) ENVASE: PLÁSTICO (P), VIDRIO (V), VIDRIO ÁMBAR (VA), BOLSA ZIPLOC (BZ), SOBRE MANILA (SM), PLACA PETRI (PP), TUBO ADSORBENTES (TA), PLÁSTICO ÁMBAR (PA), FILTRO CON CARBÓN ACTIVADO (FCA), CASSETTE (C), PLÁSTICO ESTERILIZADO (PE), VIDRIO ESTERILIZADO (VE), BOLSA ZIPLOC ESTÉRIL (BZE), OTROS (O).								NOMBRE		ANA MARÍA BRÁÑEZ CONDORENA						
CARGO		-														
FIRMA		<i>Amabel</i>														
SOLO PARA SER LLENADO POR COORDINADOR DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS																
Entregado por:		Firma:		Recibido por:		Firma:		CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS								
Zherry Gonzales Pishagua		<i>Pishagua</i>		Deysy Cortez Arauco		<i>lutezo</i>		En buen estado:								
								SI	X	NO						
								Recipiente apropiado:								
								SI	X	NO						
								Dentro del tiempo de conservación:								
								SI	X	NO						
								Correctamente preservadas:								
								SI	X	NO						
								CONFORME		X	NO CONFORME					

R-LAB

CADENA DE CUSTODIA

F-RTM-04
Revisión: 05
Fecha: 22-01-2021
Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN							N° Cadena de Custodia:		2110092A		N° Plan de Muestreo:		2110013								
Cliente: BRAÑEZ CONDORENA ANA MARÍA							Preservante														
Dirección del Cliente: -----																					
RUC: 10718886291			Teléfono(s): 991755355																		
Atención a: Ing. Ana Brañez			Correo: ambranezc@gmail.com																		
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO																					
Usuario: -----			N° de Orden de Trabajo: 2110016				Tipo de frasco / envase (2)														
Muestreo realizado por: R-LAB S.A.C.			Analista de Campo: Zherly Gonzales Pistagua				- - - - P P PE														
Lugar de Muestreo: RIO CAÑETE							ENSAYO (S) SOLICITADO (S)														
Procedimiento del Muestreo: P-RTM-01			Ensayo: Agua																		
Contacto de Campo: Ing. Ana Brañez			Teléfono(s): 991755355		Correo: ambranezc@gmail.com																
Contacto R-LAB: Deysy Cortez Arauco			Teléfono(s): 942543487		Correo: calidad.rln1@gmail.com																
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (D/M/A)	HORA DE MUESTREO (24:00)	TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1)	N° DE ENVASES/FRASCOS (2)	ESTADO DE CONSERV. (3)	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	Oxígeno Disuelto in situ	Temperatura in situ	Conductividad in situ	Potencial de Hidrógeno pH in situ	Sulfatos	Nitratos	Coliformes Fecales por Número más Probable (NMP)							
RCañete 6	2110092A-01	13/10/2021	06:40	ANSR	03	R	*	X	X	X	X	X	X	X							
RCañete 7	2110092A-02	13/10/2021	08:00	ANSR	03	R	*	X	X	X	X	X	X	X							
RCañete 6 (DUP)	2110092A-03	13/10/2021	06:40	ANSR	-	-	*	X	X	X	X	-	-	-							
<p>OBSERVACIÓN: * Descripción del punto de muestreo, ver formato F-RTM-12</p>																					
Devolución de Items de Ensayo: SI () NO (X) (3) TEMPERATURA AMBIENTE (T), PRESERVADO (P), REFRIGERADO (R)							CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)														
<p>(1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial Lago (ANSLo), Superficial Laguna (ANSLa), Río (ANSR), Subterránea: Manantial (ANSbM) / Pozo (ANSbP), Termal (ANSbT), AGUA SALINA: Mar (ASAM), Salobre (ASAO); AGUA RESIDUAL: Doméstico (ARD), Industrial (ARI), Municipal (ARM); AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bebida Potable (ACHPo), Mesa (ACHM), Envasada (ACHE), Piscina (ACHP), Laguna Artificial (ACHLa); AGUA DE PROCESO: Circulación o enfriamiento (APE), Alimentación para calderas (APAC), Calderas (APC), Lixiviación (APL), Purificada (APP), Inyección y reinyección (APIR); AIRE: (H); SOLUCIÓN CAPTADORA: (SC), FILTRO: (F), TUBO ADSORBENTE: (TA); METEOROLOGÍA: (MET); EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS: (EM); SUELO: Suelo (S), Lodo (SL), Sedimentos (SSED), Biosólidos (BS); SEDIMENTOS: Epicontinental (SSEDE), Estuarinos (SSEDES), Marinos (SSEDM); SUPERFICIES: Inertes regulares (SIR), Inertes irregulares (SII), Vivas (SV); RUIDO: (RU); OTROS (O):</p> <p>(2) ENVASE PLÁSTICO (P); VIDRIO (V), VIDRIO ÁMBAR (VA); BOLSA ZIPLOC (BZ), SOBRE MANILA (SM), PLACA PETRI (PP); TUBO ADSORBENTES (TA); PLÁSTICO ÁMBAR (PA); FILTRO CON CARBÓN ACTIVADO (FCA); CASSETTE (C); PLÁSTICO ESTERILIZADO (PE); VIDRIO ESTERILIZADO (VE); BOLSA ZIPLOC ESTÉRIL (BZE); OTROS (O):</p>							NOMBRE		ANA MARIA BRAÑEZ CONDORENA												
CARGO		-																			
FIRMA																					
SOLO PARA SER LLENADO POR COORDINADOR DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS																					
Entregado por:			Firma:		Recibido por:			Firma:		CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS											
Zherly Gonzales P.					Deysy Cortez Arauco					En buen estado: SI X NO											
										Recipiente apropiado: SI X NO											
										Dentro del tiempo de conservación: SI X NO											
										Correctamente preservadas: SI X NO											
CONFORME										X		NO CONFORME									

VILLA EL SALVADOR
RECIBIDO
Laboratorio de Ensayo R-LAB S.A.C.
Fecha: 13/10/2021
Hora: 12:00 p.m.
Firma: 
LA RECEPCIÓN DE ESTE DOCUMENTO NO ES SEÑAL DE CONFORMIDAD

Anula y sustituye a la versión anterior : A-21/121557

Nº de Referencia: A-21/121557-M1	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (^): R-LAB S.A.C.
Análisis: PE01-00021449-13	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio (^): CALLE BERNA N°100 URB.LOS PORTALES DE JAVIER PRADO ATE-LIMA
Tipo Muestra: Agua Río	Fecha Recepción: 13/10/2021	Contrato: QMT-PE210300624
Fecha Inicio: 15/10/2021	Fecha Fin: 18/10/2021	Cliente 3º(^):---
Descripción(^): Río Cañete, 500 m aprox. aguas abajo del puente Clarita-San Vicente de Cañete.		

Fecha/Hora Muestreo: 12/10/2021 09:49	Muestreado por: Cliente (^)	Coordenadas x,y: 0352202 8548635
Lugar de Muestreo: RÍO CAÑETE		
Punto de Muestreo: RCañe8		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Nanci Liñan Acosta
CQP 1342

FECHA EMISIÓN: 26/10/2021

OBSERVACIONES (*):

Anula y sustituye a la versión anterior : A-21/121557

Nº de Referencia: A-21/121557-M1	Tipo Muestra: Agua Río
Descripción(^): Río Cañete, 500 m aprox. aguas abajo del puente Clarita-San Vicente de Cañete.	Fecha Fin: 18/10/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
Aluminio Total	0,042	mg/L	±0,0054	
Antimonio Total	0,00036	mg/L	±0,000044	
Arsénico Total	0,00553	mg/L	±0,000719	
Bario Total	0,0359	mg/L	±0,0050	
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-	
Boro Total	0,264	mg/L	±0,0502	
Cadmio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Calcio Total	65	mg/L	±9,10	
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Cobalto Total	< 0,00003	mg/L	-	
Cobre Total	0,0010	mg/L	±0,00011	
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-	
Estaño Total	< 0,00004	mg/L	-	
Estroncio Total	0,62480	mg/L	±0,106217	
Fósforo Total	< 0,008	mg/L	-	
Hierro Total	< 0,03	mg/L	-	
Litio Total	0,0635	mg/L	±0,00699	
Magnesio Total	10,6	mg/L	±0,5286	
Manganeso Total	0,00645	mg/L	±0,000838	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-	
Molibdeno Total	0,00440	mg/L	±0,000749	
Níquel Total	< 0,0009	mg/L	-	
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-	
Plomo Total	< 0,00006	mg/L	-	
Potasio Total	2,8	mg/L	±0,359	
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-	
Sodio Total	20	mg/L	±2,96	
Talio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Titanio Total	0,0029	mg/L	±0,00023	
Torio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Uranio Total	0,00132	mg/L	±0,000224	
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-	
Wolframio Total	< 0,00002	mg/L	-	
Zinc Total	0,021	mg/L	±0,0036	



CADENA DE CUSTODIA

CARGO

F-RTM-04
 Revisión: 05
 Fecha: 22-01-2021
 Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN								N° Cadena de Custodia:		N° Plan de Muestreo:		2110013																																																									
Cliente:	R-LAB S.A.C.							Preservante																																																													
Dirección del Cliente:	Cal. Berna Nro. 100 Portales de J.Prado 1 Et. (Espalda de Celima) - Ate - Lima							<table border="1"> <tr><td>HN03</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						HN03																																																							
HN03																																																																					
RUC:	20600453221	Teléfono(s):																																																																			
Atención a:		Correo:	calidad_rtm1@gmail.com																																																																		
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO								Tipo de frasco / envase (2)																																																													
Usuario:	--	N° de Orden de Trabajo:	2110016					p																																																													
Muestreo realizado por:	R-LAB S.A.C.		Analista de Campo:		---																																																																
Lugar de Muestreo:	RÍO CAÑETE							ENSAYO (S) SOLICITADO (S)																																																													
Procedimiento del Muestreo:	-		Ensayo:	AGUA				<table border="1"> <tr><td>Metales ICP Masa</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						Metales ICP Masa																																																							
Metales ICP Masa																																																																					
Contacto de Campo:	-		Teléfono(s):	-	Correo:	-																																																															
Contacto R-LAB:	-		Teléfono(s):	-	Correo:	-																																																															
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (D/M/A)	HORA DE MUESTREO (24:00)	TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1)	N° DE ENVASES/FRASCOS (2)	ESTADO DE CONSERV. (3)	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO																																																														
RCafe8		12/10/2021	9:49	ANSR	1	P/R	Río Cañete, 500 m aprox. aguas abajo del puente Clarita-San Vicente de Cañete	X																																																													
RCafe5		12/10/2021	16:29	ANSR	1	P/R	Río Cañete, aguas abajo del pueblo de Magdalena (Anexo de Yauyos).	X																																																													
RCafe9		12/10/2021	17:55	ANSR	1	P/R	Río Cañete, aguas abajo de la localidad de Capillucas, después del embalse Capillucas (CELEPSA).	X																																																													
OBSERVACIÓN:	; COORDENADAS: RCafe8: E: 0352202; N: 8548635 COORDENADAS: RCafe5 E: 0400937; N: 8618506 COORDENADAS: RCafe9: E: 0396103; N: 8594112																																																																				
								<p>(1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial Lago (ANSLo), Superficial Laguna (ANSLa), Río (ANSR); Subterránea: Manantial (ANSbM) / Pozo (ANSbP), Termal (ANSbT); AGUA SALINA: Mar (ASAM), Salobre (ASAO); AGUA RESIDUAL: Doméstico (ARD), Industrial (ARI), Municipal (ARM); AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bebida Potable (ACHPo), Mesa (ACHM), Envasada (ACHE), Piscina (ACHP), Laguna Artificial (ACHLa); AGUA DE PROCESO: Circulación o enfriamiento (APE), Alimentación para calderas (APAC), Calderas (APC), Lixiviación (APL), Purificada (APP), Inyección y reinyección (APIR); AIRE: (H); SOLUCIÓN CAPTADORA: (SC); FILTRO: (F); TUBO ADSORBENTE: (TA); METEOROLOGÍA: (MET); EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS: (EM); SUELO: Suelo (S), Lodo (SL), Sedimentos (SSED), Biosólidos (BS); SEDIMENTOS: Epicontinental (SSEDE), Estuarinos (SSEDES), Marinos (SSEDM), SUPERFICIES: Inertes regulares (SIR), Inertes Irregulares (SII), Vivas (SV); RUIDO: (RU); OTROS (O):</p> <p>(2) ENVASE: PLÁSTICO (P); VIDRIO (V); VIDRIO ÁMBAR (VA); BOLSA ZIPLOC (BZ); SOBRE MANILA (SM); PLACA PETRI (PP); TUBO ADSORBENTES (TA); PLÁSTICO ÁMBAR (PA); FILTRO CON CARBÓN ACTIVADO (FCA); CASSETTE (C); PLÁSTICO ESTERILIZADO (PE); VIDRIO ESTERILIZADO (VE); BOLSA ZIPLOC ESTÉRIL (BZE); OTROS (O):</p>																																																													
								CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)																																																													
								NOMBRE																																																													
								CARGO																																																													
								FIRMA																																																													
SOLO PARA SER LLENADO POR COORDINADOR DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS																																																																					
Entregado por:	Firma:	Recibido por:	Firma:	CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS																																																																	
		<i>Josue Ruiz</i>	<i>[Firma]</i>	En buen estado:	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO																																																														
				Recipiente apropiado:	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO																																																														
				Dentro del tiempo de conservación:	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO																																																														
				Correctamente preservadas:	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO																																																														
OBSERVACIONES:				<p>7:5,30 Hora: 13:40</p>																																																																	
				CONFORME						NO CONFORME																																																											
Sedes en Lima: Calle Berna N°100, Urb. Portales de Javier Prado, 1ra Etapa Ate / Asoc. De Vivienda Cruz de Motupe, MZ B, Lt.04-Villa el Salvador / Teléfono: 6776533 / E-mail: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en: www.rlab.com																																																																					





CADENA DE CUSTODIA

CARGO

F-RTM-04
Revisión: 05
Fecha: 22-01-2021
Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN								N° Cadena de Custodia:		N° Plan de Muestreo:		2110013																																																									
Cliente:		R-LAB S.A.C.						Preservante																																																													
Dirección del Cliente:		Cal. Berna Nro. 100 Portales de J.Prado 1 Et. (Espalda de Celima) - Ate - Lima						<table border="1"> <tr><td>HNO3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						HNO3																																																							
HNO3																																																																					
RUC:		20600453221		Teléfono(s):		-																																																															
Atención a:		-		Correo:		calidad.rtm1@gmail.com																																																															
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO								Tipo de frasco / envase (2)																																																													
Usuario:		-		N° de Orden de Trabajo:		2110016		P																																																													
Muestreo realizado por:		R-LAB S.A.C.		Analista de Campo:		---																																																															
Lugar de Muestreo:		RÍO CAÑETE						ENSAYO (S) SOLICITADO (S)																																																													
Procedimiento del Muestreo:		-		Ensayo:		AGUA		<table border="1"> <tr><td>Metales ICP/Masa</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						Metales ICP/Masa																																																							
Metales ICP/Masa																																																																					
Contacto de Campo:		-		Teléfono(s):		-																																																															
Contacto R-LAB:		-		Teléfono(s):		-																																																															
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (D/M/A)	HORA DE MUESTREO (24:00)	TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1)	N° DE ENVASES/FRASCOS (2)	ESTADO DE CONSERV. (3)	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO																																																														
RCañe6		13/10/2021	8:40	ANSR	1	P/R	Río Cañete, aguas abajo del distrito de Catahuasi.	X																																																													
RCañe7		13/10/2021	8:00	ANSR	1	P/R	Río Cañete, puente Socsy, aguas abajo del distrito de Lunahuaná.	X																																																													
OBSERVACIÓN:								; COORDENADAS: RCañe6: E: 0403029 E, 8584724 COORDENADAS: RCañe7 : E: 0370491 E, 8559413																																																													
								} SI () NO () (3) TEMPERATURA: AMBIENTE (T), PRESERVADO (P), REFRIGERADO (R)																																																													
<p>(1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial Lago (ANSLo), Superficial Laguna (ANSLa), Río (ANSR); Subterránea: Manantial (ANSbM) / Pozo (ANSbP), Termal (ANSbT); AGUA SALINA: Mar (ASAM), Salobre (ASAO); AGUA RESIDUAL: Doméstico (ARD), Industrial (ARI), Municipal (ARM); AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bebida Potable (ACHPo), Mesa (ACHM), Envasada (ACHE), Piscina (ACHP), Laguna Artificial (ACHLa); AGUA DE PROCESO: Circulación o enfriamiento (APE), Alimentación para calderas (APAC), Calderas (APC), Lixiviación (APL), Purificada (APP), Inyección y reinyección (APIR); AIRE: (H); SOLUCIÓN CAPTADORA: (SC); FILTRO: (F); TUBO ADSORBENTE: (TA); METEOROLOGÍA: (MET); EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS: (EM); SUELO: Suelo (S), Lodo (SL), Sedimentos (SSED), Biosólidos (BS); SEDIMENTOS: Epicontinental (SSEDE), Estuarinos (SSEDES), Marinos (SSEDM); SUPERFICIES: Inertes regulares (SIR), Inertes irregulares (SII), Vivas (SV); RUIDO: (RU); OTROS (O):</p> <p>(2) ENVASE PLÁSTICO (P); VIDRIO (V); VIDRIO ÁMBAR (VA); BOLSA ZIPLOC (BZ); SOBRE MANILA (SM); PLACA PETRI (PP); TUBO ADSORBENTES (TA); PLÁSTICO ÁMBAR (PA); FILTRO CON CARBÓN ACTIVADO (FCA); CASSETTE (C); PLÁSTICO ESTERILIZADO (PE); VIDRIO ESTERILIZADO (VE); BOLSA ZIPLOC ESTÉRIL (BZE); OTROS (O):</p>								CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)																																																													
								NOMBRE																																																													
								CARGO																																																													
FIRMA																																																																					
SOLO PARA SER LLENADO POR COORDINADOR DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS																																																																					
Entregado por:		Firma:		Recibido por:		Firma:		CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS																																																													
				<i>Josmi Ruiz</i>		<i>[Firma]</i>		En buen estado:		SI		NO																																																									
								Recipiente apropiado:		SI		NO																																																									
								Dentro del tiempo de conservación:		SI		NO																																																									
								Correctamente preservadas:		SI		NO																																																									
OBSERVACIONES:								<p>TE: 53° Hora: 13:40</p> <p>CONFORME NO CONFORME</p>																																																													



Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

R-LAB S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Asoc. De Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lt.04, distrito de Villa el Salvador, provincia de Lima y departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 18 de febrero de 2020

Fecha de Vencimiento: 17 de febrero de 2024

ESTELA CONTRERAS JUGO

Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 099-2020-INACAL/DA

Contrato N° : 006-2020/INACAL-DA

Registro N° : LE - 103

Fecha de emisión: 27 de febrero de 2020

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

AGQ PERÚ S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Luis Jose de Orbegoso N° 350, Urb. El Pino, distrito de San Luis, departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 30 de abril de 2021

Fecha de Vencimiento: 29 de abril de 2025



Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRIA
Alejandra FAU 20600283015 soft
Fecha: 2021-05-14 12:46:30
Motivo:Soy el Autor del Documento

ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRÍA
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0188-2021-INACAL
Contrato N° : N° 018-2021/INACAL-DA
Registro N° : LE-072

Fecha de emisión: 07 de mayo de 2021

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

Anexo B: Determinación del Índice ICARHS

Ingreso de datos que corresponden a 9 monitoreos en QYauy1

Punto de monitoreo				QYauy1								
Parámetros a evaluar			ECA Cat.1 A-2 2017	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Materia Orgánica	OD	mg/L	5	5,14	6,96	6,47	8,14	7,90	7,26			
	DBO5	mg/L	5	<1	<2	<3	4	<2	<2	<2		
	DQO	mg/L	40	8	<10	<6	7	<2	12	<2		
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	2300	13000	330000	230000	1100	2200	1300		
	Fósforo	mg/L	0,15	0,054	0,048	0,3198			0,007	0,033		
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			5								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			5								
	Número Total de datos			32								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S1 en QYauy1

Cálculo de los Factores del S1 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			20,00								
	F2			15,63								
	OD	mg/L	5									
	DBO5	mg/L	5									
	DQO	mg/L	40									
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	0,15	5,5	164	114		0,1			
	Fósforo	mg/L	0,15									
	Amoniaco	mg/L										
	Sumatoria de Excedentes			8,87								
	F3			89,87								
Subíndice 1 (S1)			46,09									
			Malo									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			5								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			5								
	Número Total de datos			32								

Ingreso de datos que corresponden a 9 monitoreos en RCañe5

Punto de monitoreo				RCañe5								
Parámetros a evaluar			ECA Cat.1 A-2 2017	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Materia Orgánica	OD	mg/L	5	5,38	7,96	9,13	7,28	7,93	8,26		4,62	5,10
	DBO5	mg/L	5	<1	<2	<3	4	<2	<2	<2	<2	
	DQO	mg/L	40	8	<10	12,1	8	3	<2	<2		
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	33	700	230	230	79	22	23	<1,8	170
	Fósforo	mg/L	0,15	<0,009	<0,010	<0,009			<0,007	<0,010	<0,010	
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			5								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			1								
	Número Total de datos			38								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S1 en RCañe5

Cálculo de los Factores del S1 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			20,00								
	F2			2,63								
	OD	mg/L	5								0,08	
	DBO5	mg/L	5									
	DQO	mg/L	40									
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000									
	Fósforo	mg/L	0,15									
	Amoniáco	mg/L										
	Sumatoria de Excedentes			0,00								
	F3			0,22								
Subíndice 1 (S1)			88,35									
			Bueno									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			5								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			1								
	Número Total de datos			38								

Ingreso de datos que corresponden a 9 monitoreos en RCañe9

Punto de monitoreo				RCañe9								
Parámetros a evaluar			ECA Cat.1 A-2 2017	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Materia Orgánica	OD	mg/L	5		7,98	6,78	7,20	7,60	6,88		5,60	5,15
	DBO5	mg/L	5		<2	<3	3	<2	<2	<2	<2	
	DQO	mg/L	40		<10	8,1	7	<2	<2	<2		
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000			23	33	49	1700	22	70	110
	Fósforo	mg/L	0,15		0,032	0,0164			<0,007	<0,010	<0,010	
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			5								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			32								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S1 en RCañe9

Cálculo de los Factores del S1 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			0,00								
	F2			0,00								
	OD	mg/L	5									
	DBO5	mg/L	5									
	DQO	mg/L	40									
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000									
	Fósforo	mg/L	0,15									
	Amoniaco	mg/L										
	Sumatoria de Excedentes			0,00								
	F3			0,00								
Subíndice 1 (S1)			100,00									
			Excelente									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			5								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			32								

Ingreso de datos que corresponden a 9 monitoreos en RCañe6

Punto de monitoreo				RCañe6								
Parámetros a evaluar			ECA Cat.1 A-2 2017	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Materia Orgánica	OD	mg/L	5	4,43	7,50	7,59	8,20	7,14	7,90		5,80	5,20
	DBO5	mg/L	5	<1	<2	<3	<3	<2	<2	<2	<2	
	DQO	mg/L	40	8	<10	<6	7	<2	10	10		
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	7000		790	330	2200	17000	14000	3500	4900
	Fósforo	mg/L	0,15	0,031	<0,010	0,0127			<0,007	<0,010	<0,010	
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			2								
	Número de parámetros a evaluar			5								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			7								
	Número Total de datos			37								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S1 en RCañe6

Cálculo de los Factores del S1 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			40,00								
	F2			18,92								
	OD	mg/L	5	0,13								
	DBO5	mg/L	5									
	DQO	mg/L	40									
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	2,5				0,1	7,5	6	0,75	1,45
	Fósforo	mg/L	0,15									
	Amoniaco	mg/L										
	Sumatoria de Excedentes			0,50								
	F3			33,25								
Subíndice 1 (S1)			68,05									
			Regular									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			2								
	Número de parámetros a evaluar			5								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			7								
	Número Total de datos			37								

Ingreso de datos que corresponden a 9 monitoreos en RCañe10

Punto de monitoreo				RCañe10								
Parámetros a evaluar			ECA Cat.1 A-2 2017	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Materia Orgánica	OD	mg/L	5		8,24	8,04	9,40	8,60	9,00		6,30	
	DBO5	mg/L	5		<2	<3	<3	<2	<2	<2	<2	
	DQO	mg/L	40		<10	<6	8	<2	<2	<2		
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000			1100	33	220	490	33	<1,8	
	Fósforo	mg/L	0,15		0,023	0,0112			<0,007	<0,010		
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			5								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			29								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S1 en RCañe10

Cálculo de los Factores del S1 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			0,00								
	F2			0,00								
	OD	mg/L	5									
	DBO5	mg/L	5									
	DQO	mg/L	40									
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000									
	Fósforo	mg/L	0,15									
	Amoniáco	mg/L										
	Sumatoria de Excedentes			0,00								
	F3			0,00								
Subíndice 1 (S1)			100,00									
			Excelente									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			5								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			29								

Ingreso de datos que corresponden a 9 monitoreos en RCañe7

Punto de monitoreo				RCañe7								
Parámetros a evaluar			ECA Cat.1 A-2 2017	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Materia Orgánica	OD	mg/L	5	5,26	8,32	8,33	8,87	8,93	9,10		6,60	5,10
	DBO5	mg/L	5	3	<2	<3	<3	2	2	<2	<2	
	DQO	mg/L	40	8	<10	<6	8	3	4	10		
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	790		33	330	790	46000	1700	1,8	790
	Fósforo	mg/L	0,15	0,021	0,058	0,0172			<0,007	<0,010		
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			5								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			1								
	Número Total de datos			36								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S1 en RCañe7

Cálculo de los Factores del S1 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			20,00								
	F2			2,78								
	OD	mg/L	5									
	DBO5	mg/L	5									
	DQO	mg/L	40									
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000						22			
	Fósforo	mg/L	0,15									
	Amoniaco	mg/L										
	Sumatoria de Excedentes			0,61								
	F3			37,93								
Subíndice 1 (S1)			75,19									
			Regular									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			5								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			1								
	Número Total de datos			36								

Ingreso de datos que corresponden a resultados de 9 monitoreos para RCañe8

Punto de monitoreo				RCañe8								
Parámetros a evaluar			ECA Cat.3 D-1 Agua de Riego no Restringido	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Materia Orgánica	OD	mg/L	4,00	5,18	8,31	9,29	8,36	8,20	10,70		7,82	5,20
	DBO5	mg/L	15	1	<2	5	<3	<2	<2	5	<2	
	DQO	mg/L	40	8	<10	12,1	7	3	<2	10	<2	
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	490	<1,8	490	2300	490	4600	1700	790	330
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			4								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			3								
	Número Total de datos			33								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S1 para RCañe8

Parámetros a evaluar				ECA Cat.3 D-1 Agua de Riego Restringido	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Cálculo de los Factores del S1 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			25,00									
	F2			9,09									
	OD	mg/L	4,00										
	DBO5	mg/L	15										
	DQO	mg/L	40										
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000				1,30		3,60	0,70			
	Sumatoria de Excedentes			0,17									
F3			14,51										
Subíndice 1 (S1)				Bueno									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1									
	Número de parámetros a evaluar			4									
	Número de datos que NO cumplen el ECA			3									
	Número Total de datos			33									

Ingreso de datos que corresponden a resultados de 9 monitoreos para RCañe8

Punto de monitoreo				RCañe8								
Parámetros a evaluar			ECA Cat.3 D-1 Agua de Riego Restringido	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Materia Orgánica	OD	mg/L	4,00	5,18	8,31	9,29	8,36	8,20	10,70		7,82	5,20
	DBO5	mg/L	15	8,00	<2	5,00	<3	<2	<2	5,00	<2	
	DQO	mg/L	40	8	<10	12,1	7	3	<2	10	<2	
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	490	<1,8	490	2300	490	4600	1700	490	330
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			4								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			2								
	Número Total de datos			33								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S1 para RCañe8

Parámetros a evaluar				ECA Cat.3 D-1 Agua de Riego Restringido	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Cálculo de los Factores del S1 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1				25,00								
	F2				6,06								
	OD	mg/L	4,00										
	DBO5	mg/L	15										
	DQO	mg/L	40										
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000				0,15		1,30				
	Sumatoria de Excedentes				0,04								
F3				4,21									
Subíndice 1 (S1)					84,95								
					Bueno								
DATOS	Número de parámetros que no cumplen				1								
	Número de parámetros a evaluar				4								
	Número de datos que NO cumplen el ECA				2								
	Número Total de datos				33								

Ingreso de datos que corresponden a resultados de 9 monitoreos para RCañe8

Puntos de monitoreo				RCañe8								
Parámetros a evaluar			ECA Cat.3 D-2 Bebida de Animales	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Materia Orgánica	OD	mg/L	5,00	5,18	8,31	9,29	8,36	8,20	10,70		7,82	5,20
	DBO5	mg/L	15	8,00	<2	5,00	<3	<2	<2	5,00	<2	
	DQO	mg/L	40	8	<10	12,1	7	3	<2	10	<2	
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	490	<1,8	490	2300	490	4600	1700	490	330
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			4								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			3								
	Número Total de datos			33								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S1 para RCañe8

Cálculo de los Factores del S1 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			25,00								
	F2			9,09								
	OD	mg/L	5,00									
	DBO5	mg/L	15									
	DQO	mg/L	40									
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000				1,30		3,60	0,70		
	Sumatoria de Excedentes			0,17								
	F3			14,51								
Subíndice 1 (S1)			82,51									
			Bueno									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			4								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			3								
	Número Total de datos			33								

Ingreso de datos que corresponden a 9 monitoreos en QYauy1

Punto de monitoreo			QYauy1									
Parámetros a evaluar			ECA Cat.1 A-2 2017	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Físico-químico Metal	pH	unidad de pH	5,5-9,0	8,10	7,50	8,37	8,30	8,40				
	As	mg/L	0,01	0,00600	0,00600	<0,007	<0,007	0,00833	0,00924	0,00743		
	Al	mg/L	5	0,03700	0,18000	0,15700	0,14200	0,08300	0,07100	0,02700		
	B	mg/L	2,4	0,09400	0,06300	0,08580	0,09750	0,07400	0,05400	0,08300		
	Cd	mg/L	0,005	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,00018	<0,00001	<0,00001	<0,00001		
	Fe	mg/L	1	0,0550	0,2590	0,1860	0,1740	0,1239	0,1029	0,0304		
	Mn	mg/L	0,40	0,00500	0,00880	0,01500	0,01900	0,00390	0,00373	0,00154		
	Pb	mg/L	0,05	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,001	<0,0002	<0,0002	<0,0002		
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			8								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			54								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S2 en QYauy1

Cálculo de los Factores del S2 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			0,00								
	F2			0,00								
	pH	unidad de pH	5,5-9,0									
	As	mg/L	0,01									
	Al	mg/L	5									
	B	mg/L	2,4									
	Cd	mg/L	0,005									
	Fe	mg/L	1									
	Mn	mg/L	0,40									
	Pb	mg/L	0,05									
Sumatoria de Excedentes			0,00									
F3			0,00									
Subíndice 2 (S2)			100,00									
			Excelente									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			8								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			54								

Ingreso de datos que corresponden a 9 monitoreos en RCañes

Punto de monitoreo			RCañes									
Parámetros a evaluar			ECA Cat.1 A-2 2017	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Físico-químico Metal	pH	unidad de pH	5,5-9,0	8,55	8,45	8,46	8,53	8,52			8,60	8,70
	As	mg/L	0,01	0,0100	0,0070	<0,007	<0,007	0,0074	0,0081	0,0094	0,0066	0,00853
	Al	mg/L	5	0,022	0,04	0,01	0,037	0,031	0,034	0,007	0,038	<0,002
	B	mg/L	2,4	0,1790	0,2140	0,2570	0,2620	0,1900	0,1520	0,1180	0,1200	0,2510
	Cd	mg/L	0,005	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,00018	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00010	<0,00001
	Fe	mg/L	1	0,0280	0,1000	0,0062	0,0430	0,0414	0,0446	<0,0004	0,0410	<0,03
	Mn	mg/L	0,40	0,00600	0,00860	0,00100	0,00300	0,00403	0,00405	0,00333	0,00280	0,00293
	Pb	mg/L	0,05	<0,001	0,0014	<0,001	<0,001	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,00006
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			8								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			70								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S2 en RCañes

Cálculo de los Factores del S2 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			0,00								
	F2			0,00								
	pH	unidad de pH	5,5-9,0									
	As	mg/L	0,01									
	Al	mg/L	5									
	B	mg/L	2,4									
	Cd	mg/L	0,005									
	Fe	mg/L	1									
	Mn	mg/L	0,40									
	Pb	mg/L	0,05									
Sumatoria de Excedentes			0,00									
F3			0,00									
Subíndice 2 (S2)			100,00									
			Excelente									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			8								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			70								

Ingreso de datos que corresponden a 9 monitoreos en RCañe9

Punto de monitoreo			RCañe9									
Parámetros a evaluar			ECA Cat.1 A-2 2017	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Físico-químico Metal	pH	unidad de pH	5,5-9,0		8,44	8,51	8,78	8,85			8,60	8,70
	As	mg/L	0,01	<0,001	<0,007	0,02400	0,00833	0,00557	0,00759	0,0064	0,00857	
	Al	mg/L	5	0,410	0,010	0,055	0,020	0,064	0,086	0,047	0,027	
	B	mg/L	2,4		0,1770	0,2340	0,2350	0,2200	0,1440	0,1640	0,1290	0,2480
	Cd	mg/L	0,005	<0,0004	<0,001	<0,00018	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00010	<0,00001
	Fe	mg/L	1		0,0210	0,0066	0,4400	0,0073	0,0647	0,1051	0,052	<0,03
	Mn	mg/L	0,40		0,02570	0,00300	0,00600	0,00413	0,00682	0,00600	0,00350	0,02693
	Pb	mg/L	0,05		<0,0004	<0,001	<0,001	<0,0002	0,0007	0,0004	0,0004	<0,00006
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			8								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			1								
	Número Total de datos			62								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S2 en RCañe9

Cálculo de los Factores del S2 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			12,50								
	F2			1,61								
	pH	unidad de pH	5,5-9,0									
	As	mg/L	0,01				1,40					
	Al	mg/L	5									
	B	mg/L	2,4									
	Cd	mg/L	0,005									
	Fe	mg/L	1									
	Mn	mg/L	0,40									
	Pb	mg/L	0,05									
Sumatoria de Excedentes			0,02									
F3			2,21									
Subíndice 2 (S2)			92,61									
Subíndice 2 (S2)			Bueno									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			8								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			1								
	Número Total de datos			62								

Ingreso de datos que corresponden a 9 monitoreos en RCañe6

Punto de monitoreo			RCañe6									
Parámetros a evaluar			ECA Cat.1 A-2 2017	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Físico-químico Metal	pH	unidad de pH	5,5-9,0	8,31	8,26	8,35	8,70	8,75			8,49	8,60
	As	mg/L	0,01	<0,002	<0,001	<0,007	0,02100	0,00739	0,00475	0,00508	0,00560	0,00508
	Al	mg/L	5	0,022	0,030	0,010	0,059	0,056	0,018	0,019	0,031	0,023
	B	mg/L	2,4	0,1510	0,2220	0,1914	0,1980	0,2110	0,1410	0,1570	0,1170	0,2150
	Cd	mg/L	0,005	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,00018	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00010	<0,00001
	Fe	mg/L	1	0,0280	0,0210	0,0061	0,3680	0,0095	0,0129	0,0232	0,1080	<0,03
	Mn	mg/L	0,40	0,0030	0,0016	0,0030	0,0040	0,0021	0,0027	0,00227	0,00320	0,00303
	Pb	mg/L	0,05	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,001	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0004	<0,00006
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			8								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			1								
	Número Total de datos			70								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S2 en RCañe6

Cálculo de los Factores del S2 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			12,50								
	F2			1,43								
	pH	unidad de pH	5,5-9,0									
	As	mg/L	0,01				1,10					
	Al	mg/L	5									
	B	mg/L	2,4									
	Cd	mg/L	0,005									
	Fe	mg/L	1									
	Mn	mg/L	0,40									
	Pb	mg/L	0,05									
Sumatoria de Excedentes			0,02									
F3			1,55									
Subíndice 2 (S2)			92,68									
			Bueno									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			8								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			1								
	Número Total de datos			70								

Ingreso de datos que corresponden a 9 monitoreos en RCañe10

Punto de monitoreo			RCañe10									
Parámetros a evaluar			ECA Cat.1 A-2 2017	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Físico-químico Metal	pH	unidad de pH	5,5-9,0		8,25	8,37	8,86	8,68			8,50	
	As	mg/L	0,01	<0,001	<0,007	0,02200	0,00714	0,00594	0,00771	0,00560		
	Al	mg/L	5	0,310	0,010	0,077	0,011	0,258	0,030	0,063		
	B	mg/L	2,4	0,1820	0,2342	0,2260	0,2290	0,1700	0,1960	0,1190		
	Cd	mg/L	0,005	<0,0004	<0,001	<0,00018	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00010		
	Fe	mg/L	1	0,2670	0,0052	0,2820	0,0116	0,2602	0,0279	0,0630		
	Mn	mg/L	0,40	0,01840	0,00200	0,00700	0,00360	0,01202	0,00315	0,00430		
	Pb	mg/L	0,05	<0,0004	<0,001	<0,001	<0,0002	0,0017	<0,0002	<0,0002		
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			8								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			1								
	Número Total de datos			54								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S2 en RCañe10

Cálculo de los Factores del S2 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			12,50								
	F2			1,85								
	pH	unidad de pH	5,5-9,0									
	As	mg/L	0,01			1,20						
	Al	mg/L	5									
	B	mg/L	2,4									
	Cd	mg/L	0,005									
	Fe	mg/L	1									
	Mn	mg/L	0,40									
	Pb	mg/L	0,05									
Sumatoria de Excedentes			0,02									
F3			2,17									
Subíndice 2 (S2)			92,60									
			Bueno									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			8								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			1								
	Número Total de datos			54								

Ingreso de datos que corresponden a 9 monitoreos en RCañe7

Punto de monitoreo			RCañe7									
Parámetros a evaluar			ECA Cat.1 A-2 2017	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Físico-químico Metal	pH	unidad de pH	5,5-9,0	7,24	8,42	8,42	8,58	8,38			8,60	8,60
	As	mg/L	0,01	0,00800	0,00200	<0,007	0,01700	0,00713	0,00538	0,00642	0,00560	0,00691
	Al	mg/L	5	0,032	0,500	0,050	0,072	0,426	0,043	0,045	0,052	0,098
	B	mg/L	2,4	0,2190	0,2620	0,2413	0,2470	0,2990	0,1870	0,2390	0,1650	0,3060
	Cd	mg/L	0,005	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,00018	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00010	<0,00001
	Fe	mg/L	1	0,0035	0,5790	0,0775	0,2970	0,4737	0,0287	0,0450	0,0590	0,1300
	Mn	mg/L	0,40	0,00400	0,02340	0,00500	0,00300	0,02334	0,07090	0,00240	0,00280	0,00800
	Pb	mg/L	0,05	<0,001	0,0008	<0,001	<0,001	0,0008	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,00006
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			8								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			1								
	Número Total de datos			70								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S2 en RCañe7

Cálculo de los Factores del S2 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			12,50								
	F2			1,43								
	pH	unidad de pH	5,5-9,0									
	As	mg/L	0,01				0,70					
	Al	mg/L	5									
	B	mg/L	2,4									
	Cd	mg/L	0,005									
	Fe	mg/L	1									
	Mn	mg/L	0,40									
	Pb	mg/L	0,05									
Sumatoria de Excedentes			0,01									
F3			0,99									
Subíndice 2 (S2)			92,71									
			Bueno									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			1								
	Número de parámetros a evaluar			8								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			1								
	Número Total de datos			70								

Ingreso de datos que corresponden a resultados de 9 monitoreos para RCañe8

Punto de monitoreo				RCañe8								
Parámetros a evaluar			ECA Cat.3 D-1 Agua de Riego no Restringido	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Físico-químico Metal	pH	unidad de pH	6,5-8,5	7,30	8,40	8,32	8,29	8,32			7,83	8,40
	Al	mg/L	5	0,021	0,390	0,030	0,092	0,034	0,032	<0,002	0,066	0,042
	As	mg/L	0,1	0,00800	0,00100	<0,007	0,01400	0,00586	0,00506	0,00581	0,00490	0,00553
	B	mg/L	1	0,2180	0,2770	0,2578	0,2490	0,2900	0,1870	0,1780	0,1660	0,2640
	Cd	mg/L	0,01	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,00018	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00010	<0,00001
	Cu	mg/L	0,2	<0,002	0,00082	<0,002	0,02100	0,00126	0,00095	0,00065	0,00150	0,00100
	Fe	mg/L	5	0,0220	0,4070	0,0523	0,2970	0,0580	0,0206	<0,0004	0,0670	<0,03
	Mn	mg/L	0,20	0,00300	0,01830	0,00600	0,00800	0,01815	0,01172	0,00283	0,00300	0,00645
	Pb	mg/L	0,05	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,001	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0005	<0,00006
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			9								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			79								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S2 para RCañe8

Cálculo de los Factores del S2 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			0,00								
	F2			0,00								
	pH	unidad de pH	6,5-8,5									
	Al	mg/L	5									
	As	mg/L	0,1									
	B	mg/L	1									
	Cd	mg/L	0,01									
	Cu	mg/L	0,2									
	Fe	mg/L	5									
	Mn	mg/L	0,20									
	Pb	mg/L	0,05									
	Sumatoria de Excedentes			0,00								
	F3			0,00								
Subíndice 2 (S2)			100,00									
			Excelente									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			9								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			79								

Ingreso de datos que corresponden a resultados de 9 monitoreos para RCañe8

Punto de monitoreo				RCañe8								
Parámetros a evaluar			ECA Cat.3 D-1 Agua de Riego Restringido	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Inorgánicos	pH	unidad de pH	6,5-8,5	7,30	8,40	8,32	8,29	8,32			7,83	8,40
	Al	mg/L	5	0,021	0,390	0,030	0,092	0,034	0,032	<0,002	0,066	0,042
	As	mg/L	0,1	0,00800	0,00100	<0,007	0,01400	0,00586	0,00506	0,00581	0,00490	0,00553
	B	mg/L	1	0,2180	0,2770	0,2578	0,2490	0,2900	0,1870	0,1780	0,1660	0,2640
	Cd	mg/L	0,01	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,00018	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00010	<0,00001
	Cu	mg/L	0,2	<0,002	0,00082	<0,002	0,02100	0,00126	0,00095	0,00065	0,00150	0,00100
	Fe	mg/L	5	0,0220	0,4070	0,0523	0,2970	0,0580	0,0206	<0,0004	0,0670	<0,03
	Mn	mg/L	0,20	0,00300	0,01830	0,00600	0,00800	0,01815	0,01172	0,00263	0,00300	0,00645
	Pb	mg/L	0,05	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,001	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0005	<0,00006
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			9								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			79								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S2 para RCañe8

Cálculo de los Factores del S2 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			0,00								
	F2			0,00								
	pH	unidad de pH	6,5-8,5									
	Al	mg/L	5									
	As	mg/L	0,1									
	B	mg/L	1									
	Cd	mg/L	0,01									
	Cu	mg/L	0,2									
	Fe	mg/L	5									
	Mn	mg/L	0,20									
	Pb	mg/L	0,05									
	Sumatoria de Excedentes			0,00								
	F3			0,00								
Subíndice 2 (S2)			100,00									
			Excelente									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			9								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			79								

Ingreso de datos que corresponden a resultados de 9 monitoreos para RCañe8

Puntos de monitoreo				RCañe8								
Parámetros a evaluar			ECA Cat.3 D-2 Bebida de Animales	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Físico-químico Metal	pH	unidad de pH	6,5-8,4	7,30	8,40	8,32	8,29	8,32			7,83	8,40
	Al	mg/L	5	0,021	0,390	0,030	0,092	0,034	0,032	<0,002	0,066	0,042
	As	mg/L	0,2	0,00800	0,00100	<0,007	0,01400	0,00586	0,00506	0,00581	0,00490	0,00553
	B	mg/L	5	0,2180	0,2770	0,2578	0,2490	0,2900	0,1870	0,1780	0,1660	0,2640
	Cd	mg/L	0,05	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,00018	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00010	<0,00001
	Cu	mg/L	0,5	<0,002	0,00082	<0,002	0,02100	0,00126	0,00095	0,00065	0,00150	0,00100
	Fe	mg/L	5	0,0220	0,4070	0,0523	0,2970	0,0580	0,0206	<0,0004	0,0670	<0,03
	Mn	mg/L	0,20	0,00300	0,01830	0,00600	0,00800	0,01815	0,01172	0,00263	0,00300	0,00645
	Pb	mg/L	0,05	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,001	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0005	<0,00006
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			9								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			79								

Cálculo de excedentes de cada parámetro, factores y valor de S2 para RCañe8

Cálculo de los Factores del S2 Excedentes de cada parámetro en cada monitoreo	F1			0,00								
	F2			0,00								
	pH	unidad de pH	6,5-8,4									
	Al	mg/L	5									
	As	mg/L	0,2									
	B	mg/L	5									
	Cd	mg/L	0,05									
	Cu	mg/L	0,5									
	Fe	mg/L	5									
	Mn	mg/L	0,20									
	Pb	mg/L	0,05									
	Sumatoria de Excedentes			0,00								
F3			0,00									
Subíndice 2 (S2)			100,00									
			Excelente									
DATOS	Número de parámetros que no cumplen			0								
	Número de parámetros a evaluar			9								
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0								
	Número Total de datos			79								

Anexo C: Resultados de SPSS

Prueba de Little's MCAR

Tabla 1. Estadísticas estimadas de EM - QYauy1

Medias marginales estimadas ^{a,b}																	
Año	OD	pH	T	CE	Coliformes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn
2017,00	7,3109	8,2686	16,1186	167,5906	70217,9819	,67574	5,386211	,088072	,006843	,07651	,004271	,0008700	,117025	,013114	1,18854	,0070093	,010286
a. Prueba MCAR de Little: Chi-cuadrado = 32.090, DF = 82, Sig. = 1.000																	
b. El algoritmo EM no ha podido converger en 25 iteraciones.																	

Tabla 2. Estadísticas estimadas de EM - RCañe5

Medias marginales estimadas ^a																	
Año	OD	pH	T	CE	Coliformes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn
2017,00	6,9533	8,5455	16,5739	399,2141	165,3222	,27116	84,544419	,02444	,007118	,193667	,027211	,0013567	,035489	,078233	9,34800	,0039711	,011078
a. Prueba MCAR de Little: Chi-cuadrado = 18.738, DF = 81, Sig. = 1.000																	

Tabla 3. Estadísticas estimadas de EM -RCañe6

Medias marginales estimadas ^a																	
Año	OD	pH	T	CE	Coliformes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn
2017,00	6,7175	8,5045	21,7394	395,1564	7152,7670	2,02519	125,635601	,02978	,005989	,178156	,027644	,0034711	,065744	,055278	8,43544	,0027711	,011722
a. Prueba MCAR de Little: Chi-cuadrado = 39.611, DF = 80, Sig. = 1.000																	

Tabla 4. Estadísticas estimadas de EM -RCañe7

Medias marginales estimadas ^a																	
Año	OD	pH	T	CE	Coliformes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn
2017,00	7,6041	8,3740	21,6814	455,8577	5556,8155	,95519	77,317799	,14644	,0084378	,240589	,029956	,0031422	,191656	,075400	8,34122	,0083344	,015967
a. Prueba MCAR de Little: Chi-cuadrado = 13.333, DF = 80, Sig. = 1.000																	

Tabla 5. Estadísticas estimadas de EM -RCañe8

Medias marginales estimadas ^a																	
Año	OD	pH	T	CE	Coliformes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn
2017,00	7,8845	8,1104	20,9971	446,3469	1210,1000	1,51709	76,067803	,07867	,009733	,231867	,035500	,0032422	,168811	,058433	8,93800	,0085833	,011322

a. Prueba MCAR de Little: Chi-cuadrado = 39.999, DF = 81, Sig. = 1.000

Tabla 6. Estadísticas estimadas de EM -RCañe9

Medias marginales estimadas ^a																	
Año	OD	pH	T	CE	Coliformes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn
2017,00	6,9273	8,6457	17,4830	386,9853	328,6860	,34182	82,436716	,10391	,007944	,195762	,026650	,0052839	,093499	,065074	8,25412	,0101779	,012719

a. Prueba MCAR de Little: Chi-cuadrado = 7.332, DF = 81, Sig. = 1.000

Tabla 7. Estadísticas estimadas de EM -RCañe10

Medias marginales estimadas ^a																	
Año	OD	pH	T	CE	Coliformes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn
2017,00	8,2647	8,5316	18,9557	426,2117	359,9813	,35592	76,248587	,10843	,007484	,193743	,025914	,0030893	,130957	,071514	8,16671	,0072100	,008786

a. Prueba MCAR de Little: Chi-cuadrado = .000, DF = 81, Sig. = 1.000

Tabla 8. Datos de Calidad de Agua Imputada

Estación	Año	OD	pH	T	CE	Coliformes Termotolerantes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn
QYauy1	2013	5,14	8,10	13,41	270,30	2300,00	2,614	5,7670	0,037	0,0060	0,0940	0,0080	0,00100	0,0550	0,0120	2,171	0,00500	0,0080
QYauy1	2014	6,96	7,50	16,01	169,89	13000,00	0,066	6,1377	0,180	0,0060	0,0630	0,0010	0,00020	0,2590	0,0090	0,840	0,00880	0,0080
QYauy1	2015	6,47	8,37	17,40	122,90	330000,00	0,111	5,8912	0,157	0,0035	0,0860	0,0060	0,00490	0,1860	0,0020	1,266	0,01500	0,0420
QYauy1	2016	8,14	8,30	16,90	159,00	230000,00	0,780	8,0000	0,142	0,0035	0,0980	0,0070	0,00100	0,1740	0,0140	1,374	0,01900	0,0120
QYauy1	2017	7,90	8,40	16,90	259,00	1100,00	0,550	4,8130	0,083	0,0083	0,0740	0,0036	0,00002	0,1239	0,0147	1,053	0,00390	0,0050
QYauy1	2018	7,26	8,01	14,80	55,25	2200,00	0,206	4,0630	0,071	0,0092	0,0540	0,0027	0,00068	0,1029	0,0146	0,874	0,00373	0,0050
QYauy1	2019	6,93	8,22	15,79	168,20	1300,00	1,263	5,2510	0,027	0,0074	0,0830	0,0042	0,00002	0,0304	0,0163	1,375	0,00154	0,0050
QYauy1	2020	6,90	8,11	15,90	174,47	83236,81	1,004	4,9049	0,124	0,0078	0,0650	0,0028	0,00124	0,1843	0,0056	1,819	0,01027	0,0050
QYauy1	2021	7,47	8,18	15,19	172,30	82603,04	0,102	4,8346	0,126	0,0078	0,0650	0,0028	0,00002	0,1447	0,0020	1,343	0,00330	0,0267
RCañe5	2013	5,38	8,55	14,11	237,40	33,00	0,532	84,7293	0,022	0,0100	0,1790	0,0290	0,00100	0,0280	0,0650	8,615	0,00600	0,0070
RCañe5	2014	7,96	8,45	16,89	399,16	700,00	0,066	84,3979	0,040	0,0070	0,2140	0,0280	0,00114	0,1000	0,0810	9,450	0,00860	0,0010
RCañe5	2015	9,13	8,46	18,19	502,10	230,00	0,111	84,6375	0,010	0,0035	0,2570	0,0310	0,00100	0,0062	0,0940	11,120	0,00100	0,0100
RCañe5	2016	7,28	8,53	15,42	450,90	230,00	0,230	81,8000	0,037	0,0035	0,2620	0,0330	0,00100	0,0430	0,1080	9,194	0,00300	0,0080
RCañe5	2017	7,93	8,52	16,40	597,80	79,00	0,227	84,5500	0,031	0,0074	0,1900	0,0268	0,00333	0,0414	0,0822	9,652	0,00403	0,0247
RCañe5	2018	8,26	8,52	17,39	361,17	22,00	0,227	67,9600	0,034	0,0081	0,1520	0,0247	0,00077	0,0446	0,0646	8,088	0,00405	0,0050
RCañe5	2019	7,02	8,59	16,81	394,93	23,00	0,394	83,6600	0,007	0,0094	0,1180	0,0268	0,00137	0,0002	0,0864	10,990	0,00333	0,0050
RCañe5	2020	4,62	8,60	16,60	365,00	0,90	0,377	66,8000	0,038	0,0066	0,1200	0,0207	0,00160	0,0410	0,0485	7,023	0,00280	0,0140
RCañe5	2021	5,10	8,70	17,60	310,00	170,00	0,159	115,5600	0,001	0,0085	0,2510	0,0249	0,00100	0,0150	0,0744	10,000	0,00293	0,0250
RCañe9	2013	6,85	8,64	18,78	383,74	281,95	0,275	81,6901	0,142	0,0146	0,1713	0,0252	0,01260	0,2141	0,0427	9,029	0,01736	0,0186
RCañe9	2014	7,98	8,44	17,35	378,53	290,09	0,066	81,2088	0,410	0,0005	0,1770	0,0280	0,00109	0,0210	0,0052	5,460	0,02570	0,0040
RCañe9	2015	6,78	8,51	14,11	449,96	23,00	0,886	82,6727	0,010	0,0035	0,2340	0,0260	0,00100	0,0066	0,0830	9,207	0,00300	0,0218
RCañe9	2016	7,20	8,78	16,39	416,50	33,00	0,321	104,4000	0,055	0,0240	0,2350	0,0290	0,03000	0,4400	0,1010	9,490	0,00600	0,0450
RCañe9	2017	7,60	8,85	18,58	430,00	49,00	0,377	88,4700	0,020	0,0083	0,2200	0,0275	0,00102	0,0073	0,0794	9,868	0,00413	0,0050
RCañe9	2018	6,88	8,54	18,50	337,00	1700,00	0,005	57,2100	0,064	0,0056	0,1440	0,0267	0,00183	0,0647	0,0575	7,503	0,00682	0,0050
RCañe9	2019	6,61	8,54	16,89	385,86	22,00	0,122	77,0500	0,086	0,0076	0,1640	0,0252	0,00123	0,1051	0,0793	8,498	0,00600	0,0050
RCañe9	2020	5,60	8,60	19,40	355,30	70,00	0,440	61,0100	0,047	0,0064	0,1290	0,0227	0,00100	0,0520	0,0457	6,843	0,00350	0,0040

Estación	Año	OD	pH	T	CE	Coliformes Termotolerantes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn
RCañe9	2021	5,15	8,70	18,90	315,00	110,00	0,346	104,9200	0,027	0,0086	0,2480	0,0261	0,00100	0,0150	0,0821	9,790	0,02693	0,0010
RCañe6	2013	4,43	8,31	19,96	431,00	7000,00	3,677	80,2238	0,022	0,0010	0,1510	0,0280	0,00100	0,0280	0,0460	7,069	0,00300	0,0040
RCañe6	2014	7,50	8,26	23,32	401,75	6233,90	1,422	80,1328	0,030	0,0005	0,2220	0,0290	0,00020	0,0210	0,0062	9,520	0,00160	0,0010
RCañe6	2015	7,59	8,35	22,98	478,80	790,00	2,968	77,5166	0,010	0,0035	0,1914	0,0280	0,00100	0,0061	0,0630	8,635	0,00300	0,0048
RCañe6	2016	8,20	8,70	21,86	442,30	330,00	1,612	91,3000	0,059	0,0210	0,1980	0,0300	0,02500	0,3680	0,0790	8,577	0,00400	0,0500
RCañe6	2017	7,14	8,75	20,70	433,00	2200,00	2,252	88,6300	0,056	0,0074	0,2110	0,0301	0,00002	0,0095	0,0627	9,785	0,00212	0,0330
RCañe6	2018	7,90	8,55	22,20	371,70	17000,00	1,195	58,3300	0,018	0,0048	0,1410	0,0286	0,00002	0,0129	0,0583	7,914	0,00272	0,0050
RCañe6	2019	6,95	8,54	20,68	407,09	14000,00	1,488	71,2400	0,019	0,0051	0,1570	0,0253	0,00061	0,0232	0,0673	8,100	0,00227	0,0050
RCañe6	2020	5,80	8,49	24,30	358,00	3500,00	0,583	62,4900	0,031	0,0056	0,1170	0,0212	0,00180	0,1080	0,0423	6,539	0,00320	0,0017
RCañe6	2021	5,20	8,60	18,60	318,00	4900,00	2,606	101,3700	0,023	0,0051	0,2150	0,0286	0,00160	0,0150	0,0727	9,780	0,00303	0,0010
RCañe10	2013	8,38	8,51	20,17	433,95	308,87	0,253	76,9750	0,129	0,0134	0,1627	0,0242	0,00681	0,2142	0,0650	8,880	0,01184	0,0166
RCañe10	2014	8,24	8,25	18,16	427,50	315,61	0,066	76,4990	0,310	0,0005	0,1820	0,0280	0,00020	0,2670	0,0540	5,640	0,01840	0,0010
RCañe10	2015	8,04	8,37	20,85	488,90	1100,00	0,709	77,9460	0,010	0,0035	0,2342	0,0250	0,00100	0,0050	0,0810	8,872	0,00200	0,0015
RCañe10	2016	9,40	8,86	18,08	440,50	33,00	0,305	104,5000	0,077	0,0220	0,2260	0,0280	0,01700	0,2820	0,1010	9,452	0,00700	0,0400
RCañe10	2017	8,60	8,68	18,80	540,00	220,00	0,412	89,3000	0,011	0,0071	0,2290	0,0266	0,00002	0,0116	0,0770	9,779	0,00360	0,0050
RCañe10	2018	9,00	8,40	17,60	332,70	490,00	0,005	53,9000	0,258	0,0059	0,1700	0,0269	0,00153	0,2602	0,0604	7,715	0,01202	0,0050
RCañe10	2019	8,10	8,39	18,69	436,57	33,00	0,492	76,7400	0,030	0,0077	0,1960	0,0253	0,00088	0,0279	0,0847	9,229	0,00315	0,0050
RCañe10	2020	6,30	8,50	20,20	369,00	0,90	0,410	62,8400	0,063	0,0056	0,1190	0,0216	0,00100	0,0630	0,0425	6,480	0,00430	0,0040
RCañe10	2021	8,18	8,72	18,87	429,15	312,57	0,326	77,7540	0,103	0,0138	0,1967	0,0252	0,01360	0,0604	0,0662	8,507	0,00528	0,0088
RCañe7	2013	5,26	7,24	21,56	420,20	790,00	1,152	77,1350	0,032	0,0080	0,2190	0,0310	0,00100	0,0350	0,0570	8,213	0,00400	0,0070
RCañe7	2014	8,32	8,42	23,33	440,48	6378,92	1,028	72,9011	0,500	0,0020	0,2620	0,0320	0,00230	0,5790	0,0710	6,260	0,02340	0,0200
RCañe7	2015	8,33	8,42	23,44	438,80	33,00	1,595	76,6057	0,050	0,0035	0,2413	0,0280	0,00100	0,0775	0,0750	8,829	0,00500	0,0090
RCañe7	2016	8,87	8,58	20,89	421,00	330,00	0,951	95,4000	0,072	0,0310	0,2470	0,0310	0,01800	0,2970	0,0940	8,779	0,00300	0,0630
RCañe7	2017	8,93	8,38	21,49	536,00	790,00	0,959	87,8300	0,426	0,0071	0,2990	0,0347	0,00210	0,4737	0,0788	10,670	0,02334	0,0127
RCañe7	2018	9,10	7,88	20,10	349,50	46000,00	0,558	50,6500	0,043	0,0054	0,1870	0,0304	0,00068	0,0287	0,0709	7,596	0,00307	0,0050
RCañe7	2019	7,93	8,18	22,00	440,41	1700,00	0,830	75,3500	0,045	0,0064	0,2390	0,0281	0,00130	0,0450	0,0895	8,486	0,00240	0,0050
RCañe7	2020	6,60	8,60	23,80	586,00	1,80	0,591	61,7600	0,052	0,0056	0,1650	0,0251	0,00100	0,0590	0,0520	6,538	0,00280	0,0040

Estación	Año	OD	pH	T	CE	Coliformes Termotolerantes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn
RCañe7	2021	5,10	8,60	18,90	326,00	790,00	0,904	95,2200	0,098	0,0069	0,3060	0,0293	0,00090	0,1300	0,0904	9,700	0,00800	0,0180
RCañe8	2013	5,18	7,30	20,80	415,30	490,00	0,532	83,4557	0,021	0,0080	0,2180	0,0310	0,00100	0,0022	0,0053	8,163	0,00300	0,0090
RCañe8	2014	8,31	8,40	22,30	441,48	0,90	0,066	79,9696	0,390	0,0010	0,2770	0,0340	0,00082	0,4070	0,0620	6,540	0,01830	0,0010
RCañe8	2015	9,29	8,32	22,33	631,50	490,00	5,613	80,4284	0,030	0,0035	0,2578	0,0480	0,00100	0,0523	0,0800	11,080	0,00600	0,0139
RCañe8	2016	8,36	8,29	20,60	476,90	2300,00	0,899	94,9000	0,092	0,0390	0,2490	0,0390	0,02100	0,2970	0,0697	9,176	0,00800	0,0330
RCañe8	2017	8,20	8,32	20,70	489,00	490,00	1,044	87,5900	0,034	0,0140	0,2900	0,0403	0,00126	0,6580	0,0674	10,710	0,01815	0,0050
RCañe8	2018	10,70	7,96	21,55	366,00	4600,00	0,475	50,6100	0,032	0,0059	0,1870	0,0304	0,00095	0,0206	0,0784	7,533	0,01172	0,0010
RCañe8	2019	8,02	8,00	21,10	443,95	1700,00	0,873	79,1900	0,001	0,0058	0,1780	0,0336	0,00065	0,0002	0,0498	10,140	0,00263	0,0050
RCañe8	2020	7,82	7,83	20,10	391,60	490,00	0,749	62,5500	0,066	0,0049	0,1660	0,0273	0,00150	0,0670	0,0498	6,500	0,00300	0,0130
RCañe8	2021	5,20	8,40	19,60	359,00	330,00	2,691	114,1400	0,042	0,0055	0,2640	0,0359	0,00100	0,0150	0,0635	10,600	0,00645	0,0210

Análisis factorial

Tabla 9. Matriz de correlaciones

		Matriz de correlaciones ^a																	
		OD	pH	T	CE	Coliformes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn	
Correlación	OD	1,000	,035	,230	,320	-,010	-,132	-,027	,268	,165	,192	,217	,198	,312	,271	,109	,171	,106	
	pH	,035	1,000	-,059	,231	-,092	-,054	,413	-,032	,200	,218	,181	,301	,064	,469	,368	,044	,260	
	T	,230	-,059	1,000	,536	-,172	,310	,353	,077	-,033	,414	,539	,035	,131	,187	,374	,026	-,051	
	CE	,320	,231	,536	1,000	-,487	,243	,696	-,039	,084	,681	,801	,157	,057	,629	,758	-,075	,039	
	Coliformes	-,010	-,092	-,172	-,487	1,000	-,090	-,501	,121	-,131	-,367	-,454	-,034	,076	-,420	-,494	,235	,225	
	Nitratos	-,132	-,054	,310	,243	-,090	1,000	,113	-,216	-,121	,160	,283	-,067	-,139	,024	,164	-,196	,029	
	Sulfatos	-,027	,413	,353	,696	-,501	,113	1,000	-,104	,247	,824	,846	,293	,023	,733	,918	,010	,190	
	Al	,268	-,032	,077	-,039	,121	-,216	-,104	1,000	-,140	,086	-,010	,013	,606	-,183	-,255	,752	,035	
	As	,165	,200	-,033	,084	-,131	-,121	,247	-,140	1,000	,152	,140	,834	,392	,277	,184	-,066	,658	
	B	,192	,218	,414	,681	-,367	,160	,824	,086	,152	1,000	,834	,185	,225	,710	,793	,171	,170	
	Ba	,217	,181	,539	,801	-,454	,283	,846	-,010	,140	,834	1,000	,174	,102	,678	,877	,061	,061	
	Cu	,198	,301	,035	,157	-,034	-,067	,293	,013	,834	,185	,174	1,000	,461	,292	,178	,015	,736	
	Fe	,312	,064	,131	,057	,076	-,139	,023	,606	,392	,225	,102	,461	1,000	,079	-,071	,557	,383	
	Li	,271	,469	,187	,629	-,420	,024	,733	-,183	,277	,710	,678	,292	,079	1,000	,787	-,105	,198	
	Mg	,109	,368	,374	,758	-,494	,164	,918	-,255	,184	,793	,877	,178	-,071	,787	1,000	-,111	,075	
	Mn	,171	,044	,026	-,075	,235	-,196	,010	,752	-,066	,171	,061	,015	,557	-,105	-,111	1,000	-,039	
Zn	,106	,260	-,051	,039	,225	,029	,190	,035	,658	,170	,061	,736	,383	,198	,075	-,039	1,000		
	OD		,392	,035	,005	,470	,152	,417	,017	,098	,066	,043	,060	,006	,016	,198	,090	,205	

		Matriz de correlaciones ^a																
		OD	pH	T	CE	Coliformes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn
Sig. (unilateral)	pH	,392		,323	,034	,236	,336	,000	,400	,058	,043	,078	,008	,310	,000	,002	,367	,020
	T	,035	,323		,000	,088	,007	,002	,274	,400	,000	,000	,393	,152	,071	,001	,419	,345
	CE	,005	,034	,000		,000	,028	,000	,382	,257	,000	,000	,109	,327	,000	,000	,280	,380
	Coliformes	,470	,236	,088	,000		,241	,000	,172	,154	,002	,000	,394	,276	,000	,000	,032	,038
	Nitratos	,152	,336	,007	,028	,241		,189	,045	,173	,105	,012	,302	,138	,427	,099	,062	,412
	Sulfatos	,417	,000	,002	,000	,000	,189		,209	,025	,000	,000	,010	,430	,000	,000	,470	,068
	Al	,017	,400	,274	,382	,172	,045	,209		,137	,251	,468	,459	,000	,076	,022	,000	,394
	As	,098	,058	,400	,257	,154	,173	,025	,137		,118	,136	,000	,001	,014	,075	,304	,000
	B	,066	,043	,000	,000	,002	,105	,000	,251	,118		,000	,074	,038	,000	,000	,091	,091
	Ba	,043	,078	,000	,000	,000	,012	,000	,468	,136	,000		,086	,214	,000	,000	,317	,318
	Cu	,060	,008	,393	,109	,394	,302	,010	,459	,000	,074	,086		,000	,010	,081	,454	,000
	Fe	,006	,310	,152	,327	,276	,138	,430	,000	,001	,038	,214	,000		,270	,291	,000	,001
	Li	,016	,000	,071	,000	,000	,427	,000	,076	,014	,000	,000	,010	,270		,000	,205	,060
	Mg	,198	,002	,001	,000	,000	,099	,000	,022	,075	,000	,000	,081	,291	,000		,193	,279
Mn	,090	,367	,419	,280	,032	,062	,470	,000	,304	,091	,317	,454	,000	,205	,193		,382	
Zn	,205	,020	,345	,380	,038	,412	,068	,394	,000	,091	,318	,000	,001	,060	,279	,382		

a. Determinante = 1,914E-7

Tabla 10. Prueba de KMO y Bartlett

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,731
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	858,528
	gl	136
	Sig.	,000

Tabla 11. Comunalidades

Comunalidades		
	Inicial	Extracción
OD	1,000	,747
pH	1,000	,563
T	1,000	,688
CE	1,000	,802
Coliformes	1,000	,496
Nitratos	1,000	,745
Sulfatos	1,000	,926
Al	1,000	,846
As	1,000	,834
B	1,000	,825
Ba	1,000	,906
Cu	1,000	,875
Fe	1,000	,780
Li	1,000	,798
Mg	1,000	,926
Mn	1,000	,860
Zn	1,000	,821

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Tabla 12. Varianza Total Explicada

Componente	Varianza total explicada								
	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	5,811	34,184	34,184	5,811	34,184	34,184	5,431	31,944	31,944
2	2,997	17,630	51,815	2,997	17,630	51,815	2,850	16,768	48,712
3	2,282	13,422	65,237	2,282	13,422	65,237	2,438	14,341	63,053
4	1,307	7,691	72,928	1,307	7,691	72,928	1,485	8,732	71,785
5	1,042	6,129	79,056	1,042	6,129	79,056	1,236	7,271	79,056
6	,865	5,088	84,145						
7	,649	3,816	87,961						
8	,538	3,164	91,125						
9	,359	2,110	93,235						
10	,318	1,868	95,104						
11	,229	1,346	96,450						
12	,161	,950	97,400						
13	,136	,801	98,200						
14	,121	,714	98,914						
15	,098	,577	99,492						
16	,056	,327	99,818						
17	,031	,182	100,000						

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Tabla 13. Matriz de factor o componente sin rotar

Matriz de componente ^a					
	Componente				
	1	2	3	4	5
OD	,254	,352	,283	,154	-,675
pH	,403	,183	-,246	-,496	,246
T	,481	-,124	,372	,550	-,034
CE	,838	-,171	,179	,129	-,148
Coliformes	-,530	,322	,016	,142	,303
Nitratos	,199	-,344	-,020	,635	,428
Sulfatos	,915	-,096	-,029	-,188	,209
Al	-,087	,551	,720	-,098	,087
As	,349	,602	-,558	,131	-,145
B	,865	,010	,237	-,039	,139
Ba	,909	-,138	,219	,098	,057
Cu	,389	,690	-,471	,160	-,019
Fe	,166	,801	,311	,114	,027
Li	,836	-,016	-,126	-,262	-,121
Mg	,921	-,237	-,035	-,135	,045
Mn	-,027	,524	,683	-,216	,267
Zn	,252	,656	-,483	,223	,211
Método de extracción: análisis de componentes principales.					
a. 5 componentes extraídos.					

Tabla 14. Matriz de factor o componente rotado

Matriz de componente rotado ^a					
	Componente				
	1	2	3	4	5
OD	,155	,153	,216	-,059	,806
pH	,439	,282	,062	-,394	-,363
T	,393	-,051	,122	,648	,310
CE	,814	,017	-,027	,259	,268
Coliformes	-,588	,133	,273	,084	-,227
Nitratos	,116	-,007	-,182	,799	-,245
Sulfatos	,930	,160	,005	,045	-,181
Al	-,086	-,065	,899	-,042	,159
As	,122	,880	-,096	-,117	,150
B	,856	,099	,226	,178	,006
Ba	,891	,042	,083	,308	,096
Cu	,149	,917	,052	-,047	,085
Fe	,013	,470	,710	,030	,230
Li	,839	,217	-,100	-,175	,075
Mg	,947	,067	-,138	,067	-,041
Mn	,003	-,065	,920	-,084	-,046
Zn	,016	,891	,079	,068	-,126
Método de extracción: análisis de componentes principales.					
Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser. ^a					
a. La rotación ha convergido en 6 iteraciones.					

Análisis Clúster

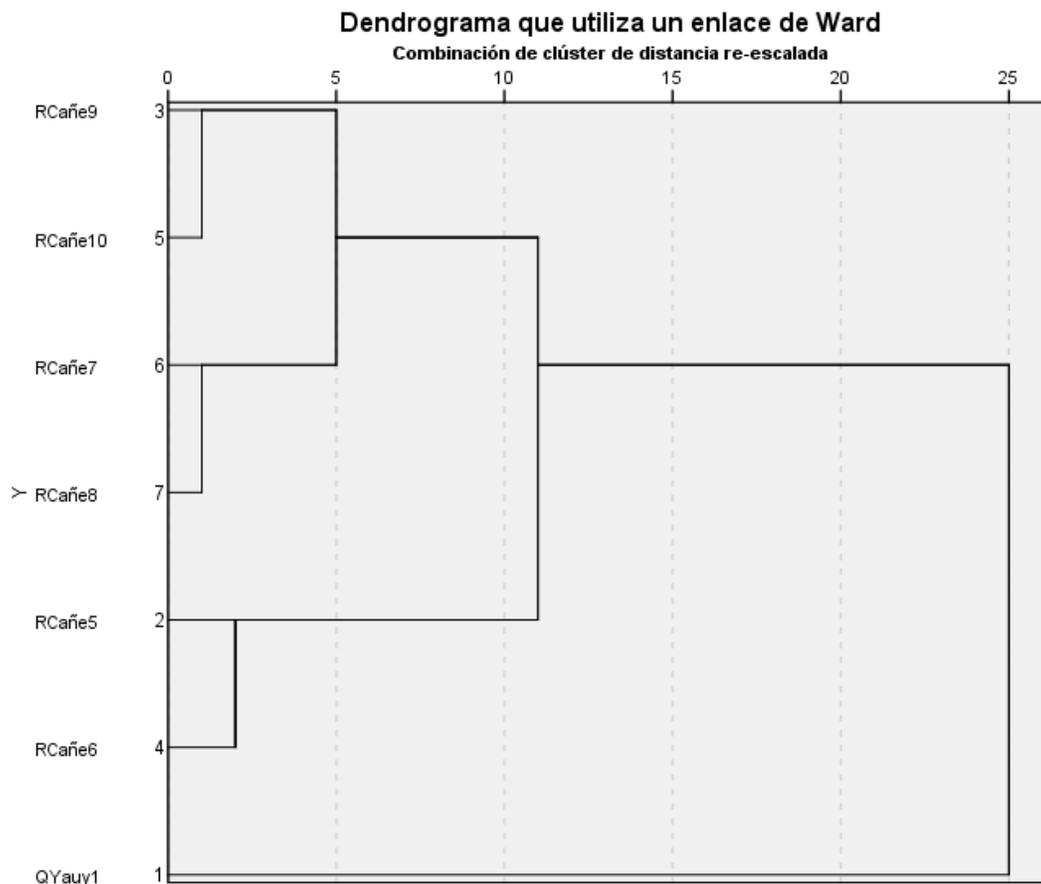
Tabla 15. Matriz de proximidades

Matriz de proximidades							
Caso	Distancia euclídea al cuadrado						
	1: QYauy1	2: RCañe5	3: RCañe9	4: RCañe6	5: RCañe10	6: RCañe7	7: RCañe8
1: QYauy1	,000	62,286	59,781	61,740	63,403	65,753	69,192
2: RCañe5	62,286	,000	19,910	15,440	20,602	35,796	30,585
3: RCañe9	59,781	19,910	,000	26,914	11,110	20,951	21,558
4: RCañe6	61,740	15,440	26,914	,000	27,706	31,896	26,414
5: RCañe10	63,403	20,602	11,110	27,706	,000	18,794	12,648
6: RCañe7	65,753	35,796	20,951	31,896	18,794	,000	11,522
7: RCañe8	69,192	30,585	21,558	26,414	12,648	11,522	,000

Esto es una matriz de disimilaridad.

Tabla 16. Historial de Conglomeración – Enlace de Ward

Historial de conglomeración						
Etapa	Clúster combinado		Coeficientes	Primera aparición del clúster de etapa		Etapa siguiente
	Clúster 1	Clúster 2		Clúster 1	Clúster 2	
1	3	5	5,555	0	0	4
2	6	7	11,316	0	0	4
3	2	4	19,036	0	0	5
4	3	6	31,866	1	2	5
5	2	3	55,307	3	4	6
6	1	2	102,000	0	5	0

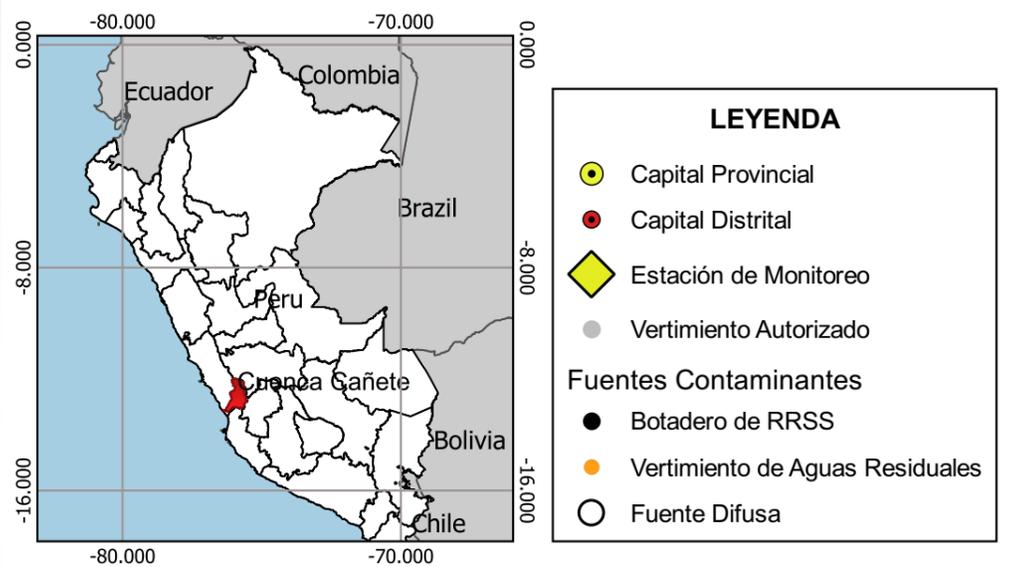
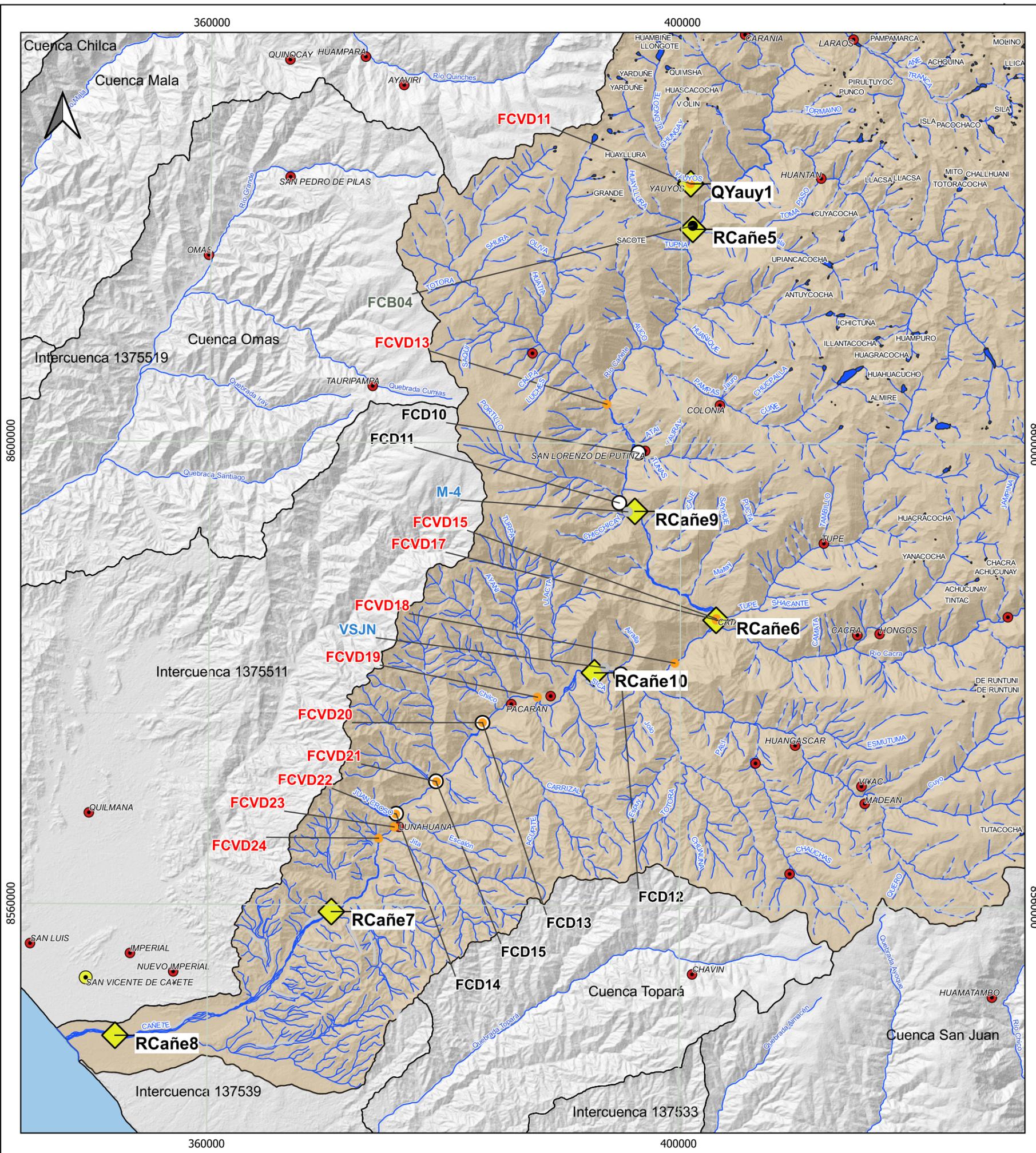


Medias

Tabla 17. Medias de cada grupo

Informe																	
Media																	
Ward																	
Method	OD	pH	T	CE	Coliformes	Nitratos	Sulfatos	Al	As	B	Ba	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Zn
1: Grupo 4	7,0200	8,1300	15,8100	172,3700	82859,9800	,74400	5,518000	,10500	,006600	,075800	,004200	,0010100	,140000	,010000	1,34600	,0078400	,013000
2: Grupo 3	6,8550	8,5300	19,1100	403,3400	3191,2100	1,11800	81,407150	,02700	,006550	,185950	,027400	,0024150	,050600	,066750	8,89150	,0033700	,011400
3: Grupo 1	7,4950	8,5700	18,3550	408,3400	299,6100	,32300	79,727000	,10300	,008800	,191000	,025950	,0051550	,117650	,067095	8,34700	,0092800	,010950
4: Grupo 2	7,7500	8,1750	21,3650	442,9500	3761,3700	1,19600	79,205000	,11250	,009050	,236250	,032750	,0031900	,180250	,066900	8,63950	,0084550	,013650
Total	7,3171	8,3829	19,0671	383,0900	13909,1943	,85971	69,456614	,08429	,007914	,186029	,025200	,0032186	,119571	,058784	7,58600	,0071500	,012143

Anexo D: Mapas



Código	Este (m)	Norte (m)	Localidad	Distrito	Provincia
FCB04	400931	8618814	Magdalena	Yauyos	Yauyos

Código	Este (m)	Norte (m)	Localidad	Distrito	Provincia
FCVD11	400721	8622439	Yauyos	Yauyos	Yauyos
FCVD13	393688	8603363	Calachota	Ayauca	Yauyos
FCVD15	403044	8584860	Catahuasi	Catahuasi	Yauyos
FCVD17	403046	8584750	Catahuasi	Catahuasi	Yauyos
FCVD18	399534	8581005	San Jerónimo	Catahuasi	Yauyos
FCVD19	387896	8578020	Zúñiga	Zúñiga	Cañete
FCVD20	383238	8575800	Romani	Pacarán	Cañete
FCVD21	379359	8570687	Catapalla	Lunahuaná	Cañete
FCVD22	375914	8567867	Condoray	Lunahuaná	Cañete
FCVD23	375782	8566757	Lunahuaná	Lunahuaná	Cañete
FCVD24	374464	8565771	Lunahuaná	Lunahuaná	Cañete

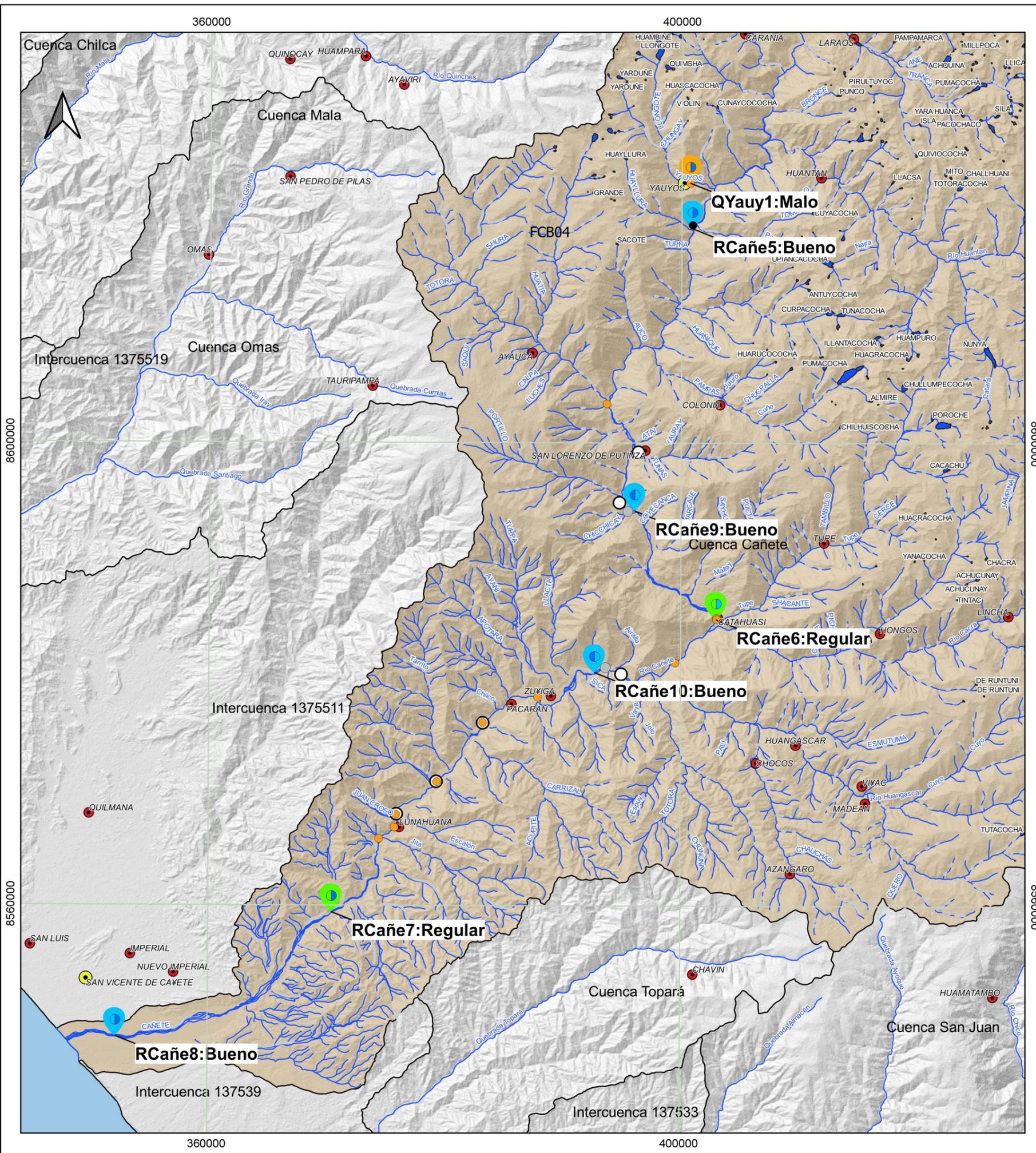
Código	Este (m)	Norte (m)	Localidad	Distrito	Provincia
FCD10	396378	8599197	Putinza	Putinza	Yauyos
FCD11	394775	8594834	Capillucas	Ayauca	Yauyos
FCD12	394962	8580022	San Juanito	Zúñiga	Cañete
FCD13	383244	8575789	Romani	Pacarán	Cañete
FCD14	375947	8567903	Condoray	Lunahuaná	Cañete
FCD15	379313	8570713	Catapalla	Lunahuaná	Cañete

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE TÉCNICAS DE ANÁLISIS MULTIVARIANTE Y EL ÍNDICE ICARHS EN EL RÍO CAÑETE (TRAMO YAUYOS-SAN VICENTE DE CAÑETE)"

Título:
MAPA DE IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES

Fecha: AGO, 2022	0 10 20 km 	Mapa
Fuente: IGN, ANA 2019	Escala: 1:500 000	DATUM: WGS84/UTM Zona 18S

1



LEYENDA

- Capital Provincial
- Capital Distrital
- Vertimiento Autorizado

ICARHS

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Malo
- Pésimo

Fuentes Contaminantes

- Botadero de RRSS
- Vertimientos de Aguas Residuales Domésticas
- Fuentes Difusas

Código	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)	S1	S2	ICARHS
QYauy1	400748	8622437	2854	Malo	Excelente	Malo
RCañe5	400937	8618506	2280	Bueno	Excelente	Bueno
RCañe9	396103	8594112	1531	Excelente	Bueno	Bueno
RCañe6	403029	8584724	1168	Regular	Bueno	Regular
RCañe10	392720	8580148	889	Excelente	Bueno	Bueno
RCañe7	370491	8559413	316	Regular	Excelente	Regular
RCañe8	352202	8548635	56	Bueno	Excelente	Bueno

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE TÉCNICAS DE ANÁLISIS MULTIVARIANTE Y EL ÍNDICE ICARHS EN EL RÍO CAÑETE (TRAMO YAUYOS-SAN VICENTE DE CAÑETE)"

Título:
ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS 2013-2021) - RÍO CAÑETE (TRAMO YAUYOS-SAN VICENTE DE CAÑETE)

Fecha: AGO, 2022	Escala: 1:500 000		DATUM: WGS84/UTM Zona 18S	Mapa: 2
Fuente: IGN, ANA 2019				