



**Universidad César Vallejo**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Análisis comparativo del ICA-NSF e índice de calidad de agua  
diseñado para la Microcuenca de Cachimayo, Cusco, Perú  
Abril-2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Salas Quispe, Luis Diego (ORCID: 0000-0002-4822-3049)

**ASESOR:**

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (ORCID: 0000-0002-0803-1261)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LIMA - PERÚ**  
2022

## **Dedicatoria**

Dedico la investigación, a mi madre y a mi hermana por su comprensión y el estímulo en todo momento, de esta singular experiencia. Incentivando a esforzarme en mi proceso de desarrollo como persona, brindándome los valores, principios para alcanzar los objetivos propuestos; todo ello con amor y paciencia.

## **Agradecimiento**

A la UCV, al ofrecerme la pertinencia de participar en el taller de elaboración de tesis dictada por el Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom quien gracias a asesoría y aliento en el desarrollo del estudio.

Al laboratorio Fractal Químicos IERL quienes apoyaron esta investigación por su colaboración y gran aporte a esta investigación quienes me brindaron la confianza en los ensayos dentro del laboratorio al momento de realizar los análisis físico-químicos.

Finalmente, mi gratitud a toda persona que, de forma desprendida e incondicional, me ayudaron a afrontar cada una de las fases que aportaron en cada una de las fases del plan de tesis.

# Índice de Contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	20
3.2 Variables y Operacionalización.....	21
3.3. Población, Muestra y muestreo.....	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	26
3.5. Procedimientos .....	27
3.6. Método de análisis de datos.....	28
3.7. Aspectos Éticos .....	28
IV. RESULTADOS .....	30
V. DISCUSIÓN.....	36
VI. CONCLUSIONES .....	40
RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS .....	43
ANEXOS .....	48

## Índice de Tablas

Tabla 1: Parámetros usados en el ICA-NSF .....	16
Tabla 2: Ponderación de los parámetros en el método ICA-NSF.....	17
Tabla 3: Clasificación de calidad de agua según el ICA-NSF.....	19
Tabla 4: 12 Parámetros conforman la metodología del ICA-diseñado .....	22
Tabla 5: Tabla 5: Clasificación de calidad de agua para aplicar en el ICA-diseñado....	23
Tabla 6: Recolección de muestra para el análisis en laboratorio. ....	25
Tabla 7: Resultados del laboratorio de los parámetros a emplear en los índices de calidad de agua en la microcuenca de Cachimayo – Lab. Fractal Químicos .....	30
Tabla 8: Índice de calidad de agua - NSF de la microcuenca de Cachimayo punto 1..	31
Tabla 9: Índice de calidad de agua - NSF de la microcuenca de Cachimayo punto 2..	31
Tabla 10: Índice de calidad de agua - diseñado de la microcuenca de Cachimayo.....	33
Tabla 11: Calculo de ICA-Diseñado para la microcuenca de Cachimayo.....	34
Tabla 12: Operalización de Variables .....	69

## Índice de Figuras

Figura 1: Subi DO <sub>5</sub> ICA-NSF (SNET, 2012) .....	17
Figura 2: Subi pH ICA-NSF (SNET, 2012) .....	17
Figura 3: Subi Fosfatos ICA-NSF (SNET, 2012) .....	17
Figura 4: Subi Nitratos ICA-NSF (SNET, 2012).....	17
Figura 5: Subi Solidos Disueltos Totales ICA-NSF (SNET, 2012) .....	18
Figura 6: Subi $\Delta T^{\circ}$ ICA-NSF (SNET, 2012).....	18
Figura 7: Subi Turbidez ICA-NSF (SNET, 2012) .....	18
Figura 8: Subi Coliformes Fecales ICA-NSF (SNET, 2012).....	18
Figura 9: Subi Oxígeno Disuelto ICA-NSF (SNET, 2012).....	18
Figura 10: Mapa y ubicación de los puntos de muestreo (PAS, 2018) .....	24
Figura 11: Validación del laboratorio para el análisis de la investigación. ....	48
Figura 12: Calibración del laboratorio Fractal Químicos p.1 .....	49
Figura 13: Calibración del laboratorio Fractal Químicos p.2.....	50
Figura 14: Calibración del laboratorio Fractal Químicos p.3.....	51
Figura 15: Calibración del laboratorio Fractal Químicos p.4.....	52
Figura 16: Calibración del laboratorio Fractal Químicos p.5.....	53
Figura 17: Calibración del laboratorio Fractal Químicos p.6.....	54
Figura 18: Calibración del laboratorio Fractal Químicos p.7 .....	55
Figura 19: Certificado de los equipos del laboratorio Fractal Químicos p.1 .....	56
Figura 20: Certificado de los equipos del laboratorio Fractal Químicos p.2 .....	57
Figura 21: Certificado de los equipos del laboratorio Fractal Químicos p.3 .....	58
Figura 22: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.1 .....	59
Figura 23: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.2.....	60
Figura 24: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.3.....	61
Figura 25: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.4.....	62
Figura 26: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.5.....	63
Figura 27: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.6.....	64
Figura 28: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.7.....	65
Figura 29: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.8.....	66
Figura 30: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.9.....	67
Figura 31: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.10.....	68
Figura 32: <i>Validación de expertos del Dr. Jesus Americo Cjuno H. p.1.....</i>	70
Figura 33: Validación de expertos del Dr. Jesus Americo Cjuno H. promedio 96.7 p.271	71
Figura 34: Validación de expertos por Olga Libia Cjuno H. p.1 .....	72
Figura 35: Validación de expertos por Olga Libia Cjuno H. promedio: 91.6 p.2.....	73
Figura 36: Validación por expertos de Armando Z. Quispe Caceres. ....	74
Figura 37: Validación por expertos de Armando Z. Quispe Caceres Promedio 93.3. .	75
Figura 38: Muestreo punto 1 Tambomachay p.1 .....	76

Figura 39: Muestreo punto 1 Tambomachay p.2.....	76
Figura 40:Muestreo punto 1 Tambomachay p.3.....	76
Figura 41: Muestreo punto 1 Tambomachay p.4.....	76
Figura 42: Muestreo punto 1 Tambomachay p.5.....	76
Figura 43: Muestreo punto 1 Tambomachay p.6.....	76
Figura 44: Muestreo punto 2 Cari Grande p.1 .....	76
Figura 45: Muestreo punto 2 Cari Grande p.2.....	76
Figura 46: Muestreo punto 2 Cari Grande p.3.....	76
Figura 47: Muestreo punto 2 Cari Grande p.4.....	76
Figura 48: Resultados de los análisis Microbiológicos p.1 .....	76
Figura 49: Resultados de los análisis Microbiológicos p.2 .....	76
Figura 50: Resultados del Análisis Fisicoquímico y Biológicos del laboratorio Fractal Químicos. ....	76
Figura 51: Muestras recibidas por el Laboratorio Fractal Químicos.....	76
Figura 52: Procesamiento de las muestras en el laboratorio Fractal Químicos p.1 .....	76
Figura 53: Procesamiento de las muestras en el laboratorio Fractal Químicos p.1 .....	76
Figura 54: Resultados del análisis Microbiológicos en el punto 1.....	76
Figura 55: Resultados de los análisis Microbiológicos en el punto 2.....	76

## Resumen

La investigación se centra en el análisis comparativo del ICA-NSF, y un ICA diseñado específicamente para ser utilizado en la Microcuenca del río Cachimayo, Cusco; accidente geográfico donde se desarrollan modificaciones antrópicas constantes; generando impactos negativos al ecosistema. Dimensionando los parámetros valorativos sobre las características y calidad del agua, basados en los estándares de calidad ambiental (ECA). Los indicadores del ICA NSF son nueve establecidos, mientras el ICA proyectado, selecciona 12: pH, DBO<sub>5</sub>, DQO Nitratos, Fosfatos, Oxígeno Disuelto Temperatura, Turbidez, Sólidos Disueltos Totales, Coliformes Termotolerantes, Amoníaco y Conductividad Eléctrica, para las confrontaciones pertinentes.

Los exámenes parten de una fase exploratoria del área de estudio delimitado, donde se ha seleccionado dos puntos de muestreo; el primero ubicado en la parte superior del curso del río y el segundo en la parte baja, determinados siguiendo los protocolos de monitoreo vigentes de la ANA, utilizando técnicas analíticas físicas, químicas y biológicas, y alcanzar los objetivos trazados.

El resultado obtenido del ICA-NSF en la microcuenca de Cachimayo es 73.69 de promedio clasificándola como buena, mientras el ICA diseñado obtenemos una calidad de: 67.88 clasificada como regular y requiere tratamiento para algunos usos.

**Palabras Claves:** Índice, Calidad, Microcuenca, Cachimayo, ICA.



## **Abstract**

The research focuses on the comparative analysis of the ICA-NSF, and an ICA specifically designed to be used in the Cachimayo River Micro-basin, Cusco; geographical accident where constant anthropic modifications are developed; generating negative impacts to the ecosystem. Dimensioning the evaluative parameters on the characteristics and quality of the water, based on the environmental quality standards (ECA). The ICA NSF indicators are nine established, while the projected ICA selects 12: pH, BOD5, COD Nitrates, Phosphates, Dissolved Oxygen, Temperature, Turbidity, Total Dissolved Solids, Thermotolerant Coliforms, Ammonia and Electrical Conductivity, for the relevant comparisons.

The exams start from an exploratory phase of the delimited study area, where two sampling points have been selected; the first located in the upper part of the river course and the second in the lower part, determined following the current monitoring protocols of the ANA, using physical, chemical and biological analytical techniques, and achieving the objectives set.

The result obtained from the ICA-NSF in the Cachimayo micro-basin is an average of 73.69, classifying it as good, while the designed ICA obtains a quality of: 67.88, classified as regular and requires treatment for some uses.

**Keywords:** Index, Quality, Microbasin, Cachimayo, ICA.

# I. INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos superficiales (incluyendo los marinos), son considerados como recursos vitales para la sobrevivencia de los seres vivos a nivel planetario. Las investigaciones señalan desde 1980, un incremento del 1% anual en el consumo del agua a nivel mundial, por factores aleatorios como: el aumento demográfico, las características socioeconómicas y modificaciones en los tipos de consumo, en poblaciones concentradas generalmente en urbes de países desarrollados y en los sectores pobres del tercer mundo (ONU, 2019 p. 1), deteriorando las condiciones ambientales en perjuicio del bienestar humano.

En nuestro país una de las problemáticas que afectan las condiciones óptimas de aguas de superficies, son las causadas principalmente por acciones antrópicas, centralizadas en la expansión urbana, industrial, de la frontera agrícola; en esta última el aporte de nitrógeno y fosforo en los cuerpos de agua, desde las 2 hectáreas agrícolas en constante riego (IANAS, 2019 p. 540), agravando la contaminación permanente de los principales cauces, poniendo como ejemplo de contaminación: la Cuenca Hidrográfica del Vilcanota.

En este contexto las actividades económicas de algunos rubros desarrollados en áreas adyacentes a la microcuenca de Cachimayo, ubicada en el distrito de San Sebastián, dpto. Cusco, se han incrementado desde inicios del siglo XXI, en diversos aspectos (procesos, inversiones, cantidades, recursos, etc.), formándose residuos in situ, alterando la calidad y disponibilidad del líquido elemento; para consumo humano, riego agrícola y pequeña ganadería. Siendo necesario impulsar monitoreos periódicos, debido a los factores causados por el “cambio climático” y modificaciones socio-económicas del uso de los suelos (urbanización, entre otros) y uso alterno del agua en la microcuenca.

Para una gestión adecuada es necesario cuantificar con exámenes físicos, químicos y biológicos el: “índice de calidad de agua” (ICA), constituyéndose en una praxis eficiente, cuyos fines es evaluar una cantidad determinada de características de un cuerpo de agua con la finalidad de resumirlas en un valor expresado en números, posibilitando determinar con precisión analítica su calidad (Díaz 2019; Calvo 2019), considerando también el entorno ambiental del espacio geográfico y/o territorio donde se lleva a cabo la investigación.

Reuniendo esta data para su transformación en valores numéricos, especificando un cierto nivel y clasificación en términos de calidad del cuerpo de agua, descartando cualquier subjetividad del estudio (Baca 2017; Rodríguez 2021), convirtiéndose de este modo en un valioso instrumento en gestión sostenible sobre el uso específico a darles y asegurar la conservación del recurso hídrico, convirtiéndose en métodos replicables tales como el ICA establecido por The National Sanitation Foundation (ICA-NSF), usado por diferentes países en planes de gestión ambiental, donde el resultado servirá para expresar los parámetros ambientales singulares y reales del cauce principal de la zona delimitada.

De esta forma la *Justificación teórica* de la investigación, aporta en el diseño de una herramienta metodológica y práctica, capaz de facilitar el examen de las características y calidad del recurso hídrico, mejorando las acciones en el manejo ambiental sostenible para futuras decisiones en el uso de consumo humano en la microcuenca de Cachimayo.

Debido a que en la microcuenca se avistan segmentos contaminados del entorno natural (cuerpo de agua y entorno ambiental), la *Justificación práctica* de la investigación, examina cuales son los factores naturales y antrópicos generadores de impactos negativos en el recurso hídrico, afectando al ecosistema, zonas arqueológicas adyacentes y la calidad del agua destinada a ser potabilizada en un futuro próximo, en el área de estudio delimitada.

De esta manera el estudio desde una perspectiva metodológica propone un examen comparativo del ICA-NSF, con nueve parámetros y su corpus metodológico, con el diseño de un ICA, adecuado a los requerimientos ambientales del río Cachimayo con el objetivo de encontrar un método viable, que *aporte* y facilite las acciones sostenibles impulsadas por entidades públicas y ONG privadas, y conseguir conservar adecuadamente, el recurso hídrico, así como su uso racional por la población local. Estableciendo de esta forma la problemática de la investigación, enfocándose en el problema general siguiente:

**PG:** ¿Qué diferencias hay entre el ICA-NSF y el ICA diseñado para la microcuenca de Cachimayo?

**PE1:** ¿Será aplicable el ICA diseñado a la microcuenca de Cachimayo?

**PE2:** ¿Cuál será la calidad del agua en la microcuenca de Cachimayo según el ICA-NSF y el ICA diseñado?

**PE3:** ¿Cuáles serán las diferencias entre el ICA diseñado, en contraste con el ICA-NSF en la microcuenca de Cachimayo?

Por lo tanto, los objetivos del estudio se centran en:

**OG:** Analizar las diferencias del ICA-NSF y el ICA diseñado, como también Consideramos los objetivos específicos de la investigación las siguientes:

**OE1:** Diseñar un índice de calidad para dimensionar la calidad del agua de la microcuenca de Cachimayo

**OE2:** Determinar la calidad del agua de la microcuenca, aplicando el ICA diseñado y el ICA-NSF

**OE3:** Realizar un análisis comparativo entre el ICA-NSF y el ICA diseñado

De esta forma se formula la Hipótesis de la investigación la siguiente:

**HG:** La selección de parámetros y el método para la propuesta del ICA diseñado es de mayor precisión que el ICA-NSF.

**H0:** Los parámetros seleccionados para el ICA-diseñado no generan cambio en el valor de la calidad de agua comparado con el ICA-NSF

## II. MARCO TEÓRICO

Con el fin de conocer el tema, los estudios de caso similares al trabajo tenemos los siguientes antecedentes nacionales de las cuales se sintetiza la información que se aplicara en esta investigación:

Realizan como tema de tesis la: Revisión sistemática y aplicación de las variables fisicoquímicas e inertes para analizar el ICA de ríos de manera general, a partir de una investigación bibliográfica referencial de estudios de caso temáticos, considerando las propiedades singulares de calidad, debido a factores geográficos, ambientales, donde muchas sustancias son introducidas por acciones antrópicas particularmente (residuos sólidos y líquidos), en su curso, márgenes o espacios adyacentes. Verificando la utilidad del análisis de la calidad del recurso hídrico tanto para los parámetros físico-químicos e inorgánicos (físicos y presencia de metales), apuntando que no son determinantes, siendo necesario impulsar el diseño de ICAs complementarios, como los biológicos, estadísticos, entre otros (Roque, Salazar, 2021, p. 12).

Analizaron Comparativamente los ICARHS e ICA-NSF para precisar las condiciones de agua usado para el consumo doméstico en la Comunidad Huisapata Ocoruro-Espinar-Cusco. Considerando en primer lugar las diferencias en la ejecución y valoración económica y facilidad operativa-calificativa en la zona de estudio elegida, contando con dos puntos de monitoreo: los manantiales de Ccacyuma y Chuca, alcanzando los resultados siguientes; el rango de calidad ICARHS del primero es buena (81.2) y el segundo regular (72.3). Concluyendo las autoras que el uso de los ICARHS e ICA-NSF, constituyen excelentes métodos evaluativos y analíticos del agua, confirmando que el método NSF es económico en relación con el ICA-PE, además el ICARHS solo necesita del menor de dos sub índices ( $S_1$  y  $S_2$ ) y el ICA-NSF de una ecuación aditiva compleja (Balcona, Crisostomo, Zaida, 2021, p. 65).

investigaron cuales son las acciones humanas, impactando nocivamente en la naturaleza del recurso en el río Chumbao, provincia de Andahuaylas, Apurímac, evaluados por los Índices de Contaminación (ICO), identificando y midiendo el DBO5, el Ph, el %OD (porcentaje del oxígeno disuelto) y la temperatura mediante

instrumentos portátiles, además de determinar los parámetros microbiológicos, y los coliformes, usando tubos múltiples, incluyendo ecuaciones ponderadas para determinar de forma fiable los ICOs, analizando los indicadores físico-químicos y microbiológicos desglosados en: ICOMO (Contaminantes por Materia Orgánica), además del ICOTEM (Índice de Contaminación por Temperatura) y el ICOpH (Índice de Contaminación para pH), obteniéndose resultados calificados como: “muy alto” a “ninguno”. Concluyendo que las actividades antrópicas causante de contaminación son: acuícola, pecuaria, agrícola, industrial y doméstica, concentradas en materia orgánica y la alteración del Ph en la parte media y baja del curso principal (Quispe Yadyra, 2021, p. 15).

La investigación se centra en el análisis del ICARHS desde un enfoque espacio-temporal en varias posiciones de monitoreo del río San Gabán-Carabaya-Puno-2021”, basado en la evaluación y comparación de los ICAs usados selectivamente en una parte importante del cauce principal, sirviendo como un estudio referencial similar al presente trabajo, y como guía teórica al examinar la variación espacio-temporales de la calidad hídrica y el medio ambiente monitoreados en las estaciones emplazadas en los distritos: Macusani, Ollachea y San Gabán, emplazados en la cuenca hidrográfica de San Gabán. Encontró que los ICARHS, monitoreados en las localidades localizadas en las cercanías del río San Gabán, tienen una variabilidad espacial y temporal cuyas fluctuaciones se hallan entre 76 y 91, durante el estiaje y durante el aumento del caudal también se registran valores similares 76 y 91. Concluyendo que el agua es de buena calidad durante todo el año. A pesar de la presencia de algunos contaminantes hallados en la investigación (Vargas, 2021, p.25).

Investigaron las condiciones físico-químicas del recurso hídrico en la cuenca del río Moche (La Libertad), utilizando el ICA-PE, durante el año 2020. Partiendo de la problemática global sobre el -+deterioro de los ríos y cuerpos de aguas superficiales, comparando las variaciones del ICA-PE, basándose en los resultados analíticos del ANA ejecutados durante los años 2013-2018 en temporada de bajos caudales del curso principal, empleando 19 puntos de muestreo seleccionados para el estudio de caso, eligiéndose parámetros del ICA-PE relacionados con la contaminación del agua, a su vez evaluados con el método Duncan y el análisis de varianza. Los resultados fueron contrastados con

el ECA-agua (ctg. 3-4), corroboraron que solo el boro y la conductividad, además que el ICA-PE, califico una variación entre: Pésimo, Malo y Regular en la mayoría de exámenes. Concluyéndose en la existencia de una contaminación paulatina, identificada en varios lugares del río Moche calificada de mala calidad, sugiriendo el estudio de tomar acciones urgentes para gestionar la conservación de la cuenca (Gavidia. Iparraguirre, 2021, p.13).

En la investigación selecciona una serie de parámetros causantes de impactos negativos en el agua, de la parte inferior del río Chillón, con los cuales propone definir y monitorear las variables causantes de la contaminación hídrica empleando los ICAs en diferentes puntos del cauce principal, definiendo en primer lugar que la Conductividad, sumados a los Coliformes Termotolerantes, son los parámetros causantes de los impactos negativos en el recurso hídrico, parámetros registrados y analizados en los puntos de monitoreo seleccionados para este propósito. Sugiriendo diseñar ICAs individualizados para los ríos y/o cursos de agua y optimizar los estudios de caso en las cuencas hidrográficas del territorio nacional (Díaz, 2019, p.4). concluyendo que los parámetros conductividad y coliformes termotolerantes, son los más influyentes en el deterioro del agua, sobrepasando los patrones ECA-agua de la ANA. Indicando que en los puntos de monitoreo (15 en total), el ECA es de Buena, regular y mala calidad ambiental, y en el ICA los valores altos corresponden a la. Conductividad, boro, cobre, arsenico, coliformes termotolerantes y cobre, calificada como una correlación bastante débil.

En este estudio se aplicaron varias metodologías ICAs en el río Rímac, eligiendo siete métodos de ICAs evaluativos de calidad del cauce: Universal, Oregón, León, Idaho, ICA-NSF, ICA-PE, y Dinius. Obteniendo como resultado el valor de Bueno y Medio Para los ICA NSF, ICA-PE y Universal. Mientras que el ICA-León lo clasifico como aceptable a leve contaminación, en el ICA-Dinius determino una calidad menor, en el empleo del agua destinada a cultivos, mientras el ICA-Idaho, clasifica el río Rímac como marginal y por último el ICA-Oregón obtiene que es muy pobre, dando como resultado que el método ICA-NSF es el más adecuado para evaluar el río Rímac. Concluyendo con la corroboración de diferencias notables (numéricas y porcentuales), en los ICAs utilizados en los análisis del agua, sugiriendo diseños de métodos modificados o innovadores para cada

problemática, y obtener resultados fiables para cada caso, que sirvan para estudios futuros (Alarcón, 2019, p.15).

En la investigación utiliza un examen de contraste entre los ICAs obtenidos en los cauces Lampa y Cabanillas, teniendo como encuadre teórico el método ICA-NSF para ejecutar los exámenes físico-químico y microbiológico, tomando 7 muestras en ambos ríos y evaluar los 9 parámetros del ICA estadounidense. Los resultados demostraron los valores ICA del río Lampa de 70.16 promedio y el Cabanillas de 54.14 promedio, los cuales se clasifican en un ICA: “media”, a su vez comparables y/ o muy parecidos a la catalogación hídrica ANA (2010); alcanzando los parámetros evaluados de ambos cursos, los ECAs - agua; menos: “el DBO5 del Cabanillas cuyos valores sobrepasan los 15mg/L, con un valor mínimo de 16.8 mg/L y máximo de 42.3 mg/L” (Monteagudo 2017, p. xi). Los análisis comparativos de los resultados obtenidos corroboran una diferencia significativa de los ICA de los ríos Lampa y Cabanillas porque en este último existe un nivel mayor de contaminación (Quispe, 2015, p.12).

Entre los antecedentes internacionales temáticos se seleccionaron los siguientes estudios de caso relacionados a los ICAs superficiales:

Expone un nuevo índice valorativo para aguas superficiales en territorio de Costa Rica”, basado en la necesidad de realizar análisis cada vez más individualizados en cursos de aguas superficiales, debido a los diferentes niveles de contaminación a los que están expuestos dependiendo de su cercanía o atraviesan ciudades con alta densidad poblacional, polos agrícolas o industriales, incrementándose de forma alarmante los factores y/o agentes producidos por actividades antrópicas particularmente, aplicando un procedimiento para cálculo de subíndices para indicadores según normas ambientales en Costa Rica. El autor usa fórmulas matemáticas de agregación que transforman cada uno de los indicadores de calidad a sus subíndices, aplicando así a un nuevo ICA para el cálculo de los mismos, aportando un nuevo método ICA adaptable a cada país (Calvo, 2019, p.2).

Carvajal Mejía Jessica, Olives Córdoba, María José (2019), centran los objetivos de su estudio en determinar los lugares de muestreo para investigar la naturaleza del Agua del cauce de Pumamaqui. Quito, apoyadas en el levantamiento



topográfico de la zona de estudio delimitada de 12km de extensión. Los análisis físico-químicos y microbiológicos seleccionados, han definido que el agua es de uso exclusivo para actividades agrícolas y riego, no siendo apta para consumo humano o doméstica por su alto contenido de coliformes, identificados por la presencia de oxígeno disuelto y la DBO, concluyendo con la confirmación de un nivel de deterioro orgánico y la modificación de los valores de sólidos totales permisibles del TULSMA sobre el: Recurso Agua. Recomendado a la comunidad y a la Junta de regantes de Pesillos acciones inmediatas preventivas para optimizar las condiciones de saneamiento de la acequia de Pesillos.

En la investigación realizada por el grupo analizan comparativamente los ICAs del río Ranchería en La Guajira, territorio colombiano, usando dos ICAs con la finalidad de expresar de mejor manera las aplicaciones y los resultados de los mismos y determinar cuál es el de mejores resultados al aplicar los parámetros y dimensionarlos en los análisis físico-químico y biológicos de ambos métodos. Se estableció en el análisis comparativo, diferencias notables en los índices de los dos ICAs objetos del estudio. Sugiriendo la necesidad de “calibraciones” de los índices para optimizar los resultados y coherencia en los modelos usados, debido a las diferencias ambientales y sociales de las cuencas hidrográficas y alcanzar resultados de mayor representatividad y fiabilidad (Pérez, Galindo, 2018, p.15).

Desarrolla un estudio metodológico para facilitar la evaluación del ICA, a partir de indicadores de fácil aplicación y puedan ser dimensionados in situ en territorio colombiano, partiendo de la problemática del acceso restringido de algunas poblaciones al recurso hídrico, por aislamiento territorial principalmente. Siendo necesario determinar la calidad del agua para su uso sostenible, mediante análisis que puedan ser medidos en campo, y de esta manera bajar costos operativos, los cuales incluyen temperatura, pH, turbiedad, oxígeno disuelto, cloro, etc. Además de acortar los periodos de tiempo necesarios para su ejecución y evacuación de resultados. Favoreciendo a las comunidades de bajo recursos, basados en el ICA-WQI construyen una base de datos y un modelo simplificado, obteniendo resultados satisfactorios al mostrar una conexión entre el ICA-NSF y el ICA-WQI, sugiriendo desarrollar análisis complementarios para el reajuste de algunos ICAs subestimados, y en todo caso investigar si el

emplazamiento geográfico debe también considerarse al definir los parámetros y sus pesos específicos en los nuevos modelos requeridos para una gestión sostenible (Borrero, 2018, p.13).

Para la obtención de un ICA comparativo, realizó un experimento empleando el método DELPHI en las ciénagas del río Magdalena, dpto. del Atlántico colombiano. Analizando en primer lugar 23 variables del recurso acuífero, alcanzando un 70 % de consenso. Posteriormente los valores de calidad fueron obtenidos mediante el programa: "Curve Expert" (curvas y ecuaciones de cada una de las variables) definiéndose una similitud en el tipo de contaminación procediéndose a anexarlos en un solo subíndice y las singulares en índices individualizados. Después de esta selección se formaron dos grupos, el primero en: "Hidrobiológicos" y el segundo en "Físico-químicos y Microbiológicos" (Mancera 2017), en el primer grupo, dirigidas al estudio de agrupamientos biológicos, se necesitan mayores conocimientos. Mientras los indicadores del grupo dos, han sido estudiados exhaustivamente por investigadores colombianos y extranjeros, facilitando valoraciones precisas. Una vez obtenido los pesos de ambos, metodológicamente se diseñaron las fórmulas para el cálculo de un ICA Ciénagas, usando la: "media aritmética ponderada de los subíndices" de los componentes analizados, teniendo como base el criterio ponderado de los expertos, en la evaluación del ICA de las ciénagas objeto de estudio (Mancera, 2017, p.12).

Implementa la investigación de un examen comparativo entre ISQA (Índice Simplificado de Calidad del Agua ICA), con el ICA, mediante la evaluación de cuerpos ribereños del río La Quebrada, dpto. El Frutal, en Guatemala. Indicando inicialmente una significativa diferencia entre ambos ICAs; el primero solo cuenta con cinco indicadores físico y químicos y otro con nueve indicadores biológicos, físicos y químicos, respectivamente. Tomándose para el análisis ocho muestras, cuatro en periodo de estío y las otras cuatro en época de lluvias, debido a las características del territorio donde discurre el río La Quebrada. Los resultados consolidaron que el ISQA como el ICA demostraron que la calidad del agua es mala de forma permanente, agravándose en época de verano, además los exámenes comparativos mostraron una mejor aproximación valorativa de ambos

ICAs es en época lluviosa y disminuye cuando mengua el caudal del río (Ajcabul, 2016, p.21).

Aplicaron en su investigación el ICA-NSF, como método universal evaluativo para analizar los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho emplazados en el Parque Nacional de Sangay, en territorio ecuatoriano, como también, establecer la problemática y los riesgos que corre estos ríos, por actividades productivas antrópicas. Explicando la ventaja de utilizar métodos físico-químicos, al facilitar análisis in situ, acelerando los resultados en tiempo real. anotando en el examen de los coliformes fecales, que se presentan en diferentes porcentajes en cursos de agua dependiendo de su ubicación respecto a asentamientos humanos y ciudades principales respectivamente, siendo necesario tener sumo cuidado en la elección de puntos de muestreo en el curso a ciertos tramos del río hasta la identificación de los representativos del área o zona de estudios delimitada. Los resultados corroboran se tiene una buena calidad en los tres ríos, pero con una elevada concentración de ST y sulfuros como también un alto valor en la conductividad (Coello, Ormaza, Deley, Recalde, Ríos, 2013, p.12).

La investigadora desarrolla una metodología para diseñar un ICA novedoso, como una propuesta de ICA específicamente para ser utilizados en biosistemas hídricos en Chile, proponiendo en primer lugar el uso de una serie de ICAs superficiales, para ser empleados en diferentes ecosistemas hídricos, ubicados en sus cinco ecorregiones, quienes poseen ecosistemas y características ambientales diferenciadas, advirtiendo los que se adecuan mejor a los requerimientos ambientales y medición mediante métodos físico-químicos-biológicos de la condición real hídrica de las cuencas hidrográficas principales del país. Concluyendo el estudio que los ICAs de mayor uso a nivel global analizados, en muchos casos son difíciles de usar, replantear y/o acondicionarse a las características ambientales del territorio chileno porque fueron concebidos con parámetros e índices de otras realidades, concluyendo que pueden originar resultados inexactos y/o falsos (García, 2012, p.15).

Una vez de realizar un análisis sintético de las investigaciones relacionadas al tema, partimos el marco teórico definiendo las características y la importancia del agua como elemento básico para la sobrevivencia de los seres vivos, considerándolo como: un compuesto inodoro, insípido y transparente, presente

en todos los procesos químicos, físicos y biológicos del planeta Tierra, único en el sistema solar donde existe libremente y en gran abundancia, en sus formas sólidas, líquidas y gaseosas. Su composición química: H<sub>2</sub>O, tiene propiedades únicas, que deben de estudiarse para asegurar su conservación a nivel planetario, garantizando su uso para la sobrevivencia de la civilización humana, animales y plantas, quienes en conjunto componen el ecosistema, mediante estándares de la calidad de las aguas superficiales (mares, océanos, lacustres, ríos) y subterráneas (acuíferos), mediante métodos y técnicas perfeccionadas paulatinamente a lo largo de los siglos XIX hasta el momento actual (Hordon, 2020).

En nuestro país el uso de las aguas provenientes de las principales cuencas hidrográficas, como el formado por el río Vilcanota (y su tributarios), en territorio del departamento del Cusco, garantizan su aprovechamiento para el consumo humano, actividades agrícolas, pecuarias, recreativas, incluyendo el abastecimiento urbano, incluyendo la gran, mediana y la pequeña industria, gracias a licencias de vertimiento de aguas residuales (ANA 2011), los cuales de forma directa o indirecta afecta la naturaleza de los cuerpos visibles y subterráneas. En este contexto la cualidad de una masa de agua natural, puede estar estrechamente relacionarse también con su estado originario (composición), del recurso y su deterioro se reconocería con su alejamiento de las características naturales, por factores antrópicos intencionales principalmente (Sánchez Ramos, 2015, p. 3.).

Para cautelar la calidad del líquido elemento, es de suma importancia la ejecución de monitoreos periódicos, radicando en acciones preventivas promovidas para facilitar la identificación y delimitación de cualquier cambio en la calidad de los bienes hídricos existentes en un determinado territorio o país. contando de esta manera con información de primera mano, en tiempo real y determinar de forma eficiente y fiable la toma de decisiones, convirtiéndose en una útil herramienta para formular los indicadores ambientales. (Castro, et al. 2014, p. 112)

Siguiendo a los autores se deben de implementar y/o diseñar nuevos métodos con indicadores de sostenibilidad de tercera generación, ante la necesidad de dejar de lado las formas tradicionales de unir indicadores de diferentes

ecosistemas, según las prioridades de estudios de caso descriptivos, analíticos y comparativos proyectados y formular un: “sistema” viable innovador o al menos de fácil aplicación en estudios de caso similares y no solo vincular un grupo de indicadores para crear una unidad de evaluación, muchas veces deficiente.

Opinando que la meta en informar sobre la gestión de la sostenibilidad, puede alcanzarse usando la cantidad necesaria de indicadores representativos de un determinado ecosistema, los cuales verdaderamente puedan caracterizarlos adecuadamente, desde una perspectiva analítica de investigación mediante los ICAs. (Castro et al. 2014, p. 113)

De esta forma son necesarios la selección de un conjunto de parámetros de calidad del agua, los cuales se agrupan en: Parámetros Físicos considerados como indicadores relativos, al ofrecer información de las características físicas de un cuerpo de agua como el: Color, Sabor, Olor, Turbidez, temperatura o conductividad. (García, 2013).

La Temperatura es otro indicador de la Conductividad eléctrica, conceptualizada como; la aptitud del agua para transportar energía eléctrica, de forma inversa a la resistencia eléctrica. Dependiendo principalmente de la presencia/ ausencia de sales disueltas en el agua. Medida en: microsiemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{m}$ ). (García, 2013). Por lo que a mayor sea la concentración mayor será la conductividad, estos se clasifican según estos valores de conductividad del agua en sus siguientes categorías:

- pura:  $0,055 \mu\text{S}/\text{cm}$ .
- destilada:  $0,5 \mu\text{S}/\text{cm}$ .
- de montaña:  $1,0 \mu\text{S}/\text{cm}$ .
- uso Doméstico:  $500-800 \mu\text{S}/\text{cm}$ .
- de Mar:  $50.000-60.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ . (García 2013)

Los indicadores químicos, han sido referenciados como las sustancias químicas presentes en los cuerpos de agua estas sustancias pueden generar afectaciones en la salud humana o que reducen la calidad del cuerpo de agua tales como: los parametros pH, dureza del agua, DBO, DQO, nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto, turbidez, solubilidad y coliformes termotolerantes.

Para García (2013), la medición del pH se emplea con el fin de detectar la intensidad de la acidez o la alcalinidad. Señalando también, que: el pH no señala el número de combinaciones alcalinas o ácidos en el H<sub>2</sub>O, sino la fuerza en de ellos, el cuerpo de agua. El anión determina la fuerza de un ácido tales como: anión fuerte (Clorhídrico, sulfúrico) y débil (Carbonato, bicarbonato), al tener ambos el mismo catión H<sup>+</sup>. de forma similar sucede en las bases, el cambio en la unidad de pH multiplica por el valor de 10 a la fuerza de alcalinidad del agua, por lo que se clasifican en tres tipos:

- Con un valor de pH de 0 a 7 el agua es clasificada como acida por lo que lleva sales acidas y/o libres.
- Valorándose el pH igual a 7 el agua es neutra, estas aguas cuentan con sales neutras debido a la compensación de las sales ácidas y las sales beses.
- Con un valor de pH de 7 a 14 el agua presenta sales básicas y es considerada agua básica.

Según la ANA (2018), El parámetro oxígeno disuelto contribuido por oxígeno de la atmósfera y la fotosíntesis al generar cambios bioquímicos y concentración de energía solar en el cuerpo de agua. Permitiendo reflejar la competencia de recuperación de un cuerpo hídrico y la sobrevivencia de la vida en ambientes acuosos. (ANA 2018. pp. 25)

La DQO (Demanda Química de Oxígeno), es utilizada para la medición del vertimiento industrial del oxígeno en el ICA-PE, generada por contenidos de materia orgánica (aguas servidas, residuos industriales y sub-fuentes de centros de tratamiento de aguas contaminadas), en masas de agua superficiales continentales, por su fácil aplicación y rapidez en ser analizadas. (ANA 2018)

En relación a la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), la ANA (2018), lo considera en sus parámetros básicos como indicador para valorar los aportes de materia orgánica, al cuantificar los volúmenes de oxígeno requeridos por seres microscópicos, presentes en cuerpos superficiales de agua para generar oxidación, degradación o fijación de sustancias orgánicas en condiciones

aeróbicas, debido a la oxidación natural debido a degeneración biológica” (ANA 2018, pp. 26).

Los nitratos, formados por aguas residuales nitrogenadas domesticas urbanas, industriales, ganaderas, sin ningún tratamiento previo, producen concentraciones de nutrientes orgánicos vitales para las plantas acuáticas (algas), causando también procesos de nitrificación y eutrofización contaminando las aguas superficiales, disminuyendo los rangos de la disolución del oxígeno. (ANA 2018). Sus excesos en cuerpos superficiales para consumo humano son perjudiciales, sobre todo para la población infante

Los fosfatos, son iones formados a partir del fosforo inorgánico, tanto mineral o disueltos en cuerpos de agua superficial, agregados en las aguas residuales urbanas al utilizar sustancias industriales conteniendo polifosfatos (detergentes), sirviendo en cantidades mínimas como nutrientes de algas, siendo el aumento desmedido de plantas acuáticas, un indicador de su presencia, afectando de forma directa el volumen de oxígeno en el recurso, incrementándose también la descomposición de las plantas y su posterior eutrofización del curso, provocando en exceso la muerte de peces y animales, afectando el equilibrio medioambiental.

La turbidez del agua es un atributo visual al perder su transparencia, provocando la dispersión de la luz al ser absorbida, en lugar de ser transmitida se debe a la presencia de partículas y/o solidos suspendidos. A mayor turbidez, mayor será la luz dispersa. Por eso es considerado un indicador valioso, para dimensionar el nivel de contaminación general de las muestras de agua de cuerpos hídricos, deteriorando la calidad del agua. Generalmente se deben a partículas de suelo, sedimentos, plantas microscópicas (fitoplancton), aguas residuales de todo tipo. El exceso de materiales suspendidos produce el calentamiento del agua, por absorción de la luz solar, incrementándose las plantas acuáticas, la disminución de las concentraciones de oxígeno y el incremento paulatino de metales pesados y en zonas agrícolas de pesticidas (Gonzales 2011).

El concepto de Solubilidad se relaciona a la disposición de dispersar y disolver casi todas las sustancias conocidas, salvo las “hidrofóbicas” (aceites y grasas). Convirtiéndose en un solvente idóneo para los “hidrofilicos”, afines

molecularmente con el agua como: azúcares, álcalis sales, ácidos, y componentes gaseosos, destacando la carbonación del oxígeno o el dióxido de carbono). Por estas características mencionadas, el agua es considerada un solvente universal, vital en el metabolismo celular y la sobrevivencia de los seres vivos.

Los coliformes termotolerantes, corresponden a desechos fecales (origen humano y animales), concentrados generalmente en los puntos de vertimiento de aguas domésticas no tratadas, antes de alcanzar los ríos y cuencas hidrográficas, también producidos por deposición y/o arrojo de residuos sólidos (ANA 2018, pp. 26), en los cursos vivos.

Los parámetros biológicos se basan en el número (porcentual), de organismos que habitan en un medio acuático, informando así el estado real del agua; según la existencia o la ausencia de estos organismos tales como Coliformes totales, coliformes fecales, zooplancton, fitoplancton entre otros.

Según el ANA (2018), mediante los ICAs se dimensiona matemáticamente la calidad hídrica, comparando resultados de los indicadores físicos-químicos, incluyendo los biológicos, comparados con estándares de calidad que se apliquen al uso que se va a disponer el recurso hídrico dando como resultado un valor numérico que representa una de las 5 clasificaciones de calidad del recurso, las cuales son desde: muy mala, mala, regular, buena y Excelente

Para calcular si la calidad es buena, se usa el ICA aplicando diferentes métodos. Por ejemplo, el ANA (2018), lo realiza mediante 3 factores (Alcance, Frecuencia, Amplitud), dimensionando así la representación de la calidad de un río en territorio del Perú.

Contando con un método (García, Q. - 2012), el cual establece una serie de subíndices, determinadas por los parámetros y el cálculo del ICA, considerando la función y/o el uso del recurso hídrico del río (consumo humano, agrícola, industrial, recreativo).

Para evaluar la característica del agua superficial a través del método ICA-NSF, se emplean 9 parámetros, los cuales son:



Tabla 1: Parámetros usados en el ICA-NSF

PARÁMETRO	UNIDAD
Coliformes Fecales	NMP/100ml
pH	Unid. De pH
DBO <sub>5</sub>	mg/L
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P
Temperatura	°C
Turbidez	NTU
Sólidos Disueltos Totales	mg/L
Oxígeno Disuelto	%OD

Fuente: Alarcón, Jorge. 2019.

Para calcular la calidad mediante el ICA-NSF, generalmente se realiza una sumatoria de la ponderación de los subíndices obtenidos de los análisis durante los parámetros ya mencionados ( $ICA_a$ ), se expresan matemáticamente como las siguientes:

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

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i})$$

Dónde:

$w_i$ : Peso relativo asignado a su impacto en la calidad del recurso, siguiendo los nueve parámetros ( $Sub_i$ ), y ponderación que se encuentra en 0 y 1, donde la sumatoria siempre dará como resultado la unidad.

$Sub_i$ : Subíndice que representa un valor numérico según el análisis obtenido de los 9 parámetros.

Los pesos relativos están determinados de la siguiente manera:

Tabla 2: Ponderación de los parámetros en el método ICA-NSF

i	Sub <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>
1	Coliformes Fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO <sub>5</sub>	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Solidos disueltos Totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Fuente: SNET, 2012

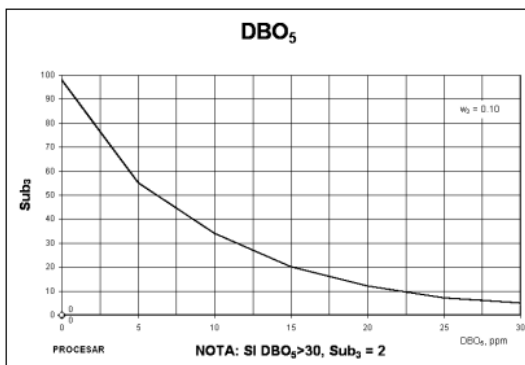


Figura 1: Subi DO<sub>5</sub> ICA-NSF (SNET, 2012)

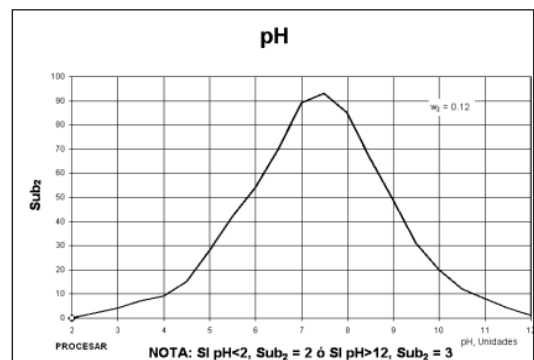


Figura 2: Subi pH ICA-NSF (SNET, 2012)

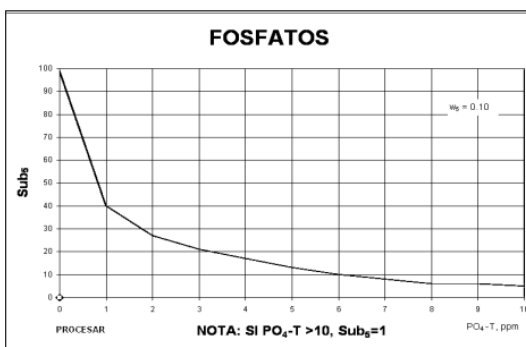


Figura 3: Subi Fosfatos ICA-NSF (SNET, 2012)

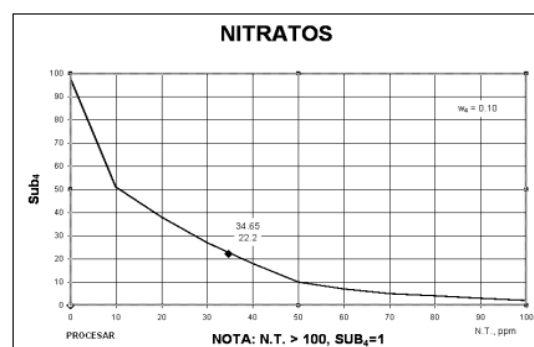


Figura 4: Subi Nitratos ICA-NSF (SNET, 2012)

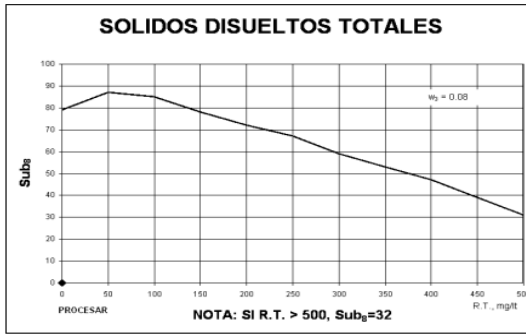


Figura 5: Subi Solidos Disueltos Totales ICA-NSF (SNET, 2012)

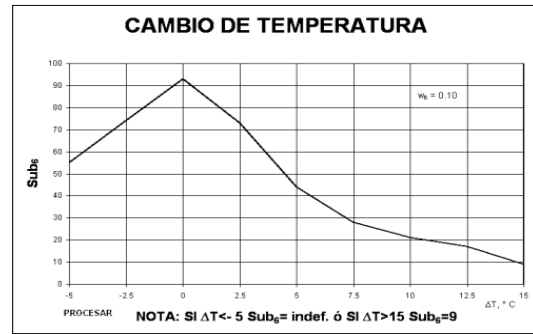


Figura 6: Subi  $\Delta T^\circ$  ICA-NSF (SNET, 2012)

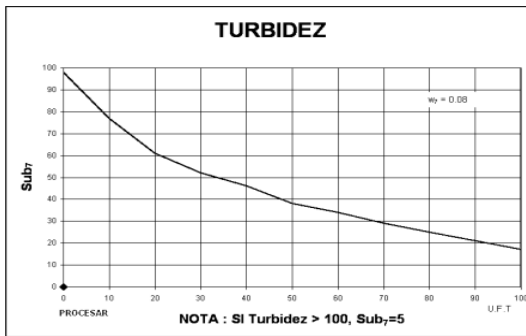


Figura 7: Subi Turbidez ICA-NSF (SNET, 2012)

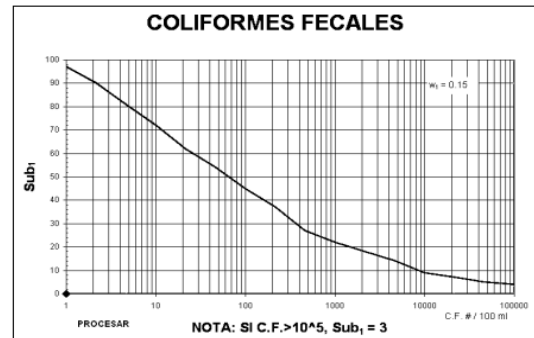


Figura 8: Subi Coliformes Fecales ICA-NSF (SNET, 2012)

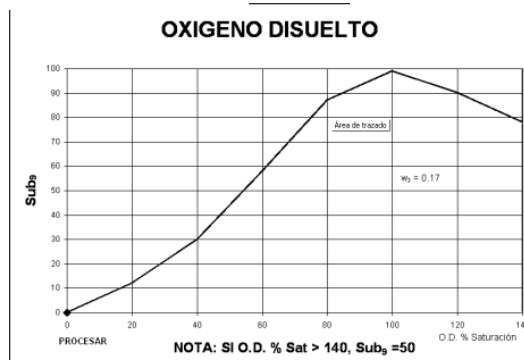


Figura 9: Subi Oxígeno Disuelto ICA-NSF (SNET, 2012)

Tabla 3: Clasificación de calidad de agua según el ICA-NSF

<b>Rango o categoría</b>	<b>Escala de Color y Clasificación</b>
De 91 a 100	<b>Excelente</b>
De 71 a 90	<b>Buena</b>
De 51 a 70	<b>Media</b>
De 26 a 50	<b>Mala</b>
De 0 a 25	<b>Muy Mala</b>

Fuente: SNET, 2012

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de Investigación

Es **Aplicado**, centrado en la especificación de incógnitas dentro de un entorno y/o territorio determinado, empleando conocimientos de varias áreas especializadas e implementarlos metodológica y practica en la solución de necesidades concretas en los ámbitos sociales o productivos (Instituto Claret 2020, p. 4).

En este contexto el tipo de investigación de la presente investigación se estableció como **aplicada**, al direccionarse a la comprensión del proceso teórico y metodológico para la obtención de una información mediante un método conocido (ICA- NSF) contrastado con un ICA diseñado para este propósito. Y realizar un análisis comparativo con otro propuesto para un determinado cuerpo de agua superficial delimitado y evaluar los resultados de ambos métodos para determinar la eficiencia del ICA diseñado.

##### Diseño de Investigación

definido como **no experimental transversal descriptiva**, atendiendo que las variables temáticas no van a ser alteradas durante el estudio, la cual será estructurada en parámetros descriptivos y cuantitativos, usando técnicas de observación y medición de la muestra de estudio en campo y laboratorio en un solo momento, en un tiempo único con el objetivo de examinar los parámetros de las variables durante la investigación. (Huairé 2019)

### **3. 2 Variables y Operacionalización**

Para determinar la calidad de agua superficial de la Microcuenca de Cachimayo, el método ICA-NSF, constituye una de las variables principales del estudio. Diseñada primigeniamente por Brown (1970), a partir de una versión basada en el: "WQI", elaborado por: La Fundación de sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), para determinar la variación física y química hídrica en determinados tramos de los ríos en una cantidad de tiempo determinado, relacionándola cualitativamente con las muestras recogidas y analizadas en distintos tramos representativos de la microcuenca, como definir también, si un tramo es en específico de naturaleza óptima o no, para su uso sostenible. (SNET, 2012, p.1)

El ICA diseñado es otra de las variables, aplicados en la microcuenca de Cachimayo, centrado en obtener las características de calidad del líquido elemento, considerando indicadores de otros ICAs en su corpus metodológico, planteándose el proceso del estudio, de la siguiente manera:

Los parámetros seleccionados están basados en los parámetros empleados por el ICA-NSF, debido a que son parámetros que pueden cambiar debido a muchos contaminantes y pueden ser los más confiables a la hora de medir la naturaleza del agua dulce (Alarcón, 2019, p.90).

Adicionando algunos parámetros resultados de la investigación como el amoníaco debido a la presencia de lluvias y la descomposición de cuerpos de animales cercanos al río.

La DQO es uno de los parámetros que tiende a variar debido a los microorganismos de la actividad ganadera de la zona, y por último tenemos a la conductividad eléctrica y los coliformes termotolerantes, las cuales fueron determinadas como altas concentraciones en otras investigaciones que evalúan la calidad de agua superficial (Díaz, 2019, p.173).

Tabla 4: 12 Parámetros conforman la metodología del ICA-diseñado

N°	PARÁMETRO	UNIDAD
1	pH	Unid. De pH
2	DBO <sub>5</sub>	mg/L
3	DQO	mg/L
4	Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
5	Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P
6	Oxígeno Disuelto	Valor mínimo
7	Temperatura	°C
8	Turbidez	NTU
9	Sólidos Disueltos Totales	mg/L
10	Coliformes Termotolereantes	NMP/100ml
11	Amoniaco	mg/L
12	Conductividad Eléctrica	µS/cm

Fuente: ANA 2018 y aplicación de métodos de ICA, río Rímac

### Cálculo del índice de calidad

Para el cálculo empleado para determinar el ICA propuesto se aplica la fórmula establecida por el CCMC de Canadá, reformada posteriormente por los Ministerios del Ambiente de Alberta y Columbia Británica, dicha fórmula está planteada de la siguiente forma.

$$CCMEWQI = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right) \text{ Ecuación (1)}$$

**F1- Alcance:** es la cifra de indicadores de la microcuenca, las cuales exceden las normas de los ECA- agua, en relación a la totalidad de los evaluados en el área delimitada.

$$F_1 = \frac{\text{N° de parámetros que no cumplen los ECA agua}}{\text{N° total de parámetros a evaluar}}$$

**F2- Frecuencia:** representa la cantidad de datos de los indicadores que incumplen las normas ECA-agua, considerando el total de parámetros a dimensionar que corresponde al resultado preliminar, considerando 4 monitores como mínimo.

$$F_2 = \frac{N^\circ \text{ de los datos que NO cumplen los ECA}}{N^\circ \text{ total de datos evaluados}}$$

**F3- Amplitud:** Está determinada por la sumatoria de excedentes, lo cual indica consiste en los excesos de todos los datos de todos los datos obtenidos.

$$F_3 = \left( \frac{\text{Suma Normalizada de excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

**Excedente:** se obtiene de los parámetros, representando la divergencia de la valoración ECA y también del dato obtenido comparado con las estimaciones ECA para recurso.

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

Tabla 5: Tabla 5: Clasificación de calidad de agua para aplicar en el ICA-diseñado

Valor ICARHS	Calificación ICARHS	Interpretación
De 95 a 100	<b>Excelente</b>	El estado de la calidad del agua se encuentra protegida, no hay amenaza o riesgo, cercana a los estados naturales o deseables.
De 80 a 94	<b>Bueno</b>	El estado de la calidad natural del agua esta alterada de forma leve, o puede estar amenazada.
De 65 a 79	<b>Regular</b>	El estado de la calidad del agua está alterado, incumpliendo con los valores deseables, para algunos usos deben de ser tratados.
De 45 a 64	<b>Malo</b>	La calidad de agua incumple con las metas de calidad, frecuentemente las condiciones óptimas están bajo amenaza o deterioradas, requieren tratamientos para alguno de los usos.
De 0 a 44	<b>Pésimo</b>	El estado de la calidad del agua no es óptima por estar altamente alterada, para el uso de estas aguas se requiere tratamiento óptimo.

Fuente: ICARHS de los recursos hídricos superficiales (ANA, 2017, p.21)

### 3.3. Población, Muestra y muestreo

Ubicada en el área norte del dpto. del Cusco específicamente dentro del distrito de San Sebastián, la microcuenca de Cachimayo, pertenece a la subcuenca del río watanay, originándose el cauce del río, en las alturas de la comunidad de Tambomachay. Colinda a su vez con las zonas arqueológicas de Kallachaca, Inkilltambo y sus alrededores que van desde los 3000 a 3700 msnm. de altitud, emplazándose en las coordenadas UTM (Datum WGS-84), siguientes:

178486.27 E, 8508051.89 N



181042.98 E, 8503395.43 N

**Accesibilidad:** para acceder a la microcuenca de Cachimayo tenemos tres rutas específicas:

- 1: Acceso por Saqsaywaman transporte público y 20 min. de caminata
- 2: Mediante 30 min. de caminata por San Sebastián.
- 3: Mediante transporte público hasta el paradero Huaracpunku y 10 min. de caminata.

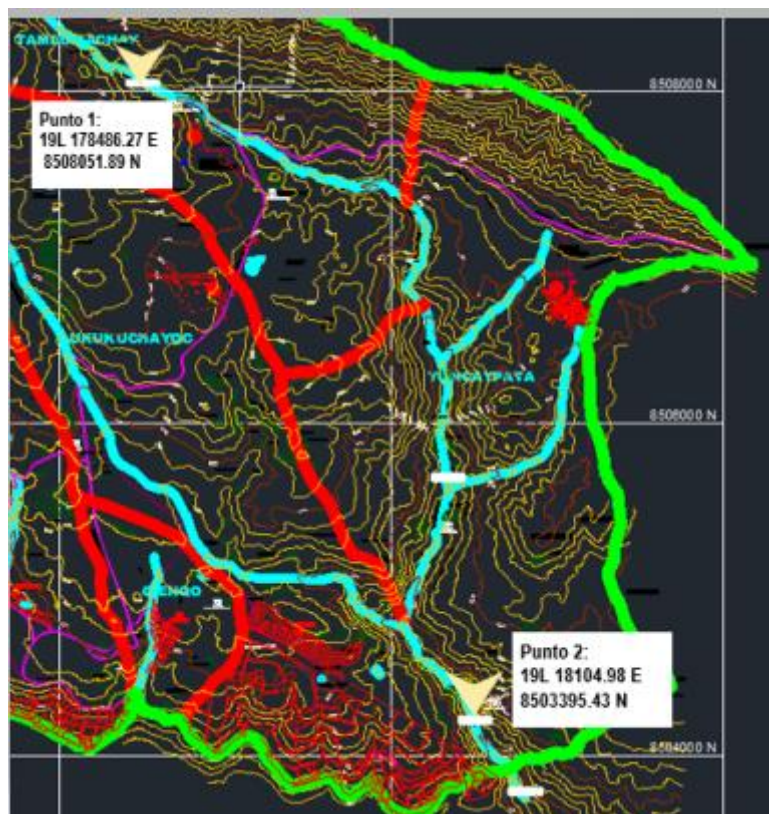


Figura 10: Mapa y ubicación de los puntos de muestreo (PAS, 2018)

## Población

Espacialmente está conformado por el área entre los sitios de muestreo selectivamente ubicados, en el curso principal de la microcuenca de Cachimayo, de la subcuenca Huatanay, perteneciente a la cuenca hidrográfica del Vilcanota. Considerado el objeto de estudio con un aproximado de 6.37 km de longitud de la microcuenca y un área de 0.6 km<sup>2</sup> (Google Maps, 2022).

## Muestra

Las muestras se tomaron siguiendo las normas de muestreo empleados, en el monitoreo cualitativo de los cuerpos hídricos de superficie, siguiendo las pautas metodológicas establecido por ANA, para calificar el recurso agua en esta microcuenca, con criterios técnicos (ANA, 2016). Para la elección y recojo del muestrario se establecieron 2 puntos de muestreo, el primero: en la cabecera de la microcuenca y el siguiente: aguas abajo, emplazadas georeferencialmente en las siguientes coordenadas:

**19L 178486.27 E, 8508051.89 N.** Ubicada en la zona noroeste de la comunidad Tambomachay aguas arriba, aledaña a una pequeña cascada.

**19L 18104.98 E, 8503395.43 N.** El segundo punto ubicado en APV Kari Grande en el distrito de San Sebastián, junto a una loza deportiva multipropósito, cercana al cauce del río cachimayo.

Tabla 6: Recolección de muestra para el análisis en laboratorio.

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA	TIPO DE ENVASE	TIEMPO MAX. TRANSPORTE
1	pH	Unid. De pH	Medido en campo		
2	DBO <sub>5</sub>	mg/L	1000 mL	Plástico	24 H
3	DQO	mg/L	1000 mL	Plástico	24 H
4	Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	250 mL	Vidrio	48 H
5	Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	250 mL	Vidrio	48 H
6	Oxígeno Disuelto	Valor mínimo	250 mL	Vidrio	24 H
7	Temperatura	°C	Medido en campo		
8	Turbidez	NTU	200 mL	Plástico	48 H
9	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000 mL	Plástico	48 H
10	Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	250 mL	Vidrio	No más de 6H
11	Amoniaco	mg/L	250 mL	Vidrio	48 H
12	Conductividad Eléctrica	µS/cm	Medido en Campo		

Fuente: Reglas de procedimiento para la toma de muestra para consumo y/o uso humano (DIGESA-2015)

## **Muestreo**

Algunas ocasiones en las investigaciones similares se tienden a realizar muestreos sin criterios probabilísticos. Generalmente porque las muestras son representativas a la población, o por razones económicas se limitan las obtenciones de muestras aleatorias, sopesando las restricciones económicas y la factibilidad del estudio (Porrás, 2020).

Corresponde al muestreo **no aleatorio**, porque el río Cachimayo tiene una extensión considerable (6.37 km aproximadamente) y los puntos para la muestra se seleccionaron en la zona de cabecera de la microcuenca y aguas abajo, siguiendo los protocolos y sugerencias consultadas en estudio de caso similares. (ANA, 2016).

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La **observación** considerada como una de los principales instrumentos de recolección de información, al reunir y seleccionar información sobre el objeto o temática de estudio elegida. Codificando y analizando los datos necesarios para abordar una problemática dada, ser transmitida a alguien o solucionar una problemática individual o colectiva (uno mismo u otros), (Fabbri, 2019, p.13).

El uso de técnicas **observacionales** en la selección de los puntos como también selección de muestras, para su examen posterior en laboratorio, analizando el muestreo, utilizando instrumentos digitales de localización georreferencial (GPS), fichas temáticas personalizadas, adicionalmente una cámara fotográfica para las tomas correspondientes, así como el uso de envases de plexiglás y vidrio esterilizados.

Las herramientas de recolección de datos, están validadas mediante la ficha de validación de expertos, en el área de calidad de agua llegando a un promedio de validación igual a 93.85% entre los expertos en los anexos Figura 28, 30 y 32. cumpliendo con los estándares actualizados, relacionados a los indicadores y descriptores nacionales e internacionales.

Dependiendo del análisis cada parámetro cuenta con diferentes tipos de recolección y análisis de datos desde la selección de bibliografía referencial del

tema elegido, además de la elección de los instrumentos básicos para los trabajos de campo programados, en los cuales se usarán algunos instrumentos tales como: recipiente de vidrio esterilizado, guantes de látex, para el acopio de muestras, además de algunos de medición portables para exámenes in situ y su posterior análisis de laboratorio.

### **3.5. Procedimientos**

Objetivamente se centran en determinar las condiciones hídricas en la microcuenca de Cachimayo, se utilizarán procedimientos metodológicos y técnicas fiables sugeridos en estudios de caso similares, tales como el ICA establecido por The National Sanitation Foundation (ICA-NSF), siendo el método de mayor uso global, donde el resultado exprese los parámetros ambientales singulares de dicho accidente geográfico.

El estudio propone un análisis comparativo del ICA-NSF, sus nueve parámetros y su metodología tradicional, con el diseño de un ICA Físico-Químico y biológico que se ajuste a los requerimientos medio ambientales de la microcuenca de Cachimayo con el objetivo de encontrar un método viable, usado como herramienta en la toma de decisiones y en la gestión sostenible del recurso hídrico de la zona.

**3.5.1 Identificar Zona de Estudio:** Reconocer el curso del río de la microcuenca para poder visualizar las actividades económicas que están presentes en la cercanía para seleccionar los parámetros que se usaran en el ICA de la microcuenca y establecer los 2 puntos de muestreo no probabilísticos, siguiendo los protocolos normalizados por el ANA (2016)

**3.5.2 Recopilación de la Data Necesaria:** Los parámetros seleccionados serán evaluados para determinar los ICAs, en esta parte del procedimiento también se recolectará las muestras para obtener los resultados por el laboratorio Fractal Químicos para poder comparar con las normativas (ECA).

**3.5.3 Cálculo del ICA-NFS y el ICA diseñado para la microcuenca:** en este apartado se calcularán ambos ICA para su comparación y determinar si es más o menos efectiva y fiable que el ICA-NFS.

### 3.6. Método de análisis de datos

Se utilizó procedimientos comparativos en la verificación de las hipótesis. Definidas mediante la existencia de similitudes y diferencias entre uno o dos objetos de estudios, basados en la identificación de una propiedad común entre ellos, implicando en el acto: la existencia de objetos con al menos una característica similar (variable), en un tiempo determinado donde fueron analizados o relevados científicamente y establecer relaciones generalmente a través de las matemáticas (Piovani, Krawczyk, 2020, p.5).

- **Parámetros más representativos en cada Método:** Observar cual es el parámetro más significativo al momento de obtener la calidad del recurso agua en cada uno de los ICA, con el fin de conocer el parámetro que influye más en la naturaleza hídrica superficial en la microcuenca.
- **Aspectos técnicos de ambos métodos:** Determinar cuál es el proceso que conlleve a un mejor desarrollo para obtener los parámetros de calidad en la zona delimitada.
- **Clasificación de la calidad de agua en dos puntos seleccionados de muestreo para cada método:** Resaltar la diferencia en la clasificación de calidad según los ICAs seleccionados y aplicados en la microcuenca de Cachimayo.
- **Ventajas y desventajas de los métodos analíticos:** al definir la eficacia y desventajas que los métodos seleccionados, para obtener la calidad hídrica superficial en el río Cachimayo.

Afirmando una de las ventajas del análisis comparativo es comprender métodos desconocidos a partir de conocidas, al explicarlas e interpretarlas, se obtienen nuevos conocimientos, destacando peculiaridades de los métodos conocidos mediante la sistematización de la información, resaltando diferencias con métodos similares.

### 3.7. Aspectos Éticos

Los estudios sobre la calidad de aguas superficiales, se ha convertido en un argumento de cuestión y urgencia vital de sobrevivencia de los seres vivos y sus

ecosistemas en todo el mundo. La afectación acelerada de agentes antrópicos contaminantes principalmente, muchos calificados como graves e irremediables (químicos y físicos), complicados de tratar y/o mitigar. Incluyendo las modificaciones territoriales, el cambio de uso de suelo, y políticas erradas de los gobiernos encargados de su protección. Afectando directamente, al alterar los ecosistemas, recursos y la naturaleza, del departamento de Cusco.

Por lo que el estudio de caso, será ejecutado bajo parámetros éticos confiables, siguiendo las pautas señaladas por el asesor de la tesis, y los procedimientos metodológicos normados por la Universidad Cesar Vallejo.

## IV. RESULTADOS

Siguiendo las referencias bibliográficas consultadas, se utilizó el método ICA-NSF, al poder dimensionar la menor variación de sus índices, así como la facilidad y accesibilidad a los parámetros de calidad, evaluación (Alarcón 2019) y toma de decisiones para el consumo humano principalmente. advierte también se la necesidad de crear nuevos modelos de ICAs, capaces de adaptarse a un lugar o área determinada (Díaz 2021) debido a la creciente contaminación de cuerpos superficiales, en territorio peruano.

Se logró diseñar un ICA para la microcuenca de Cachimayo adaptado del ICA-PE (ANA, 2018), usando doce parámetros, para calificar la calidad hídrica superficial en el país.

Los resultados del análisis en el laboratorio Fractal Químicos obtenemos los siguientes valores correspondientes a los dos puntos de muestreo seleccionados en el área delimitada.

*Tabla 7: Resultados del laboratorio de los parámetros a emplear en el ICA diseñado en la microcuenca de Cachimayo – Lab. Fractal Químicos*

PARÁMETROS	UNIDADES	P1	P2	ECA de AGUA POTABLE
pH	Unid. De pH	7.49	7.94	6.5 - 8.5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	7.88	4.42	3
DQO	mg/L	10.5	5.52	10
Nitratos	mg/L	1.89	1.66	50
Fosfatos	mg/L	0.08	0.08	0.1
Oxígeno Disuelto	%	10.05	10.63	≥6
Temperatura	°C	2	2	Δ3
Turbidez	NTU	29.9	2.5	5
Solidos Disueltos Totales	mg/L	881	1490	1000
Coliformes Termotolereantes	NMP/100ml	23	460	20
Amoniaco	mg/L	0	0	1.5
Conductividad Eléctrica	μS/cm	975	1984	1500

Fuente: elaboración propia.

Según los análisis algunos de los parámetros superan los estándares de calidad deduciéndose: el buen estado que la calidad del agua, además que la actividad

agrícola, no ha generado aun afectaciones negativas significativas, en el recurso de la microcuenca de Cachimayo.

## ICA-NSF

Tabla 8: ICA - NSF de la microcuenca de Cachimayo punto 1

PARÁMETROS	CONCENTRACIÓN	Wi	SUBi	Total P1
Coliformes Fecales	23	0.15	68	10.2
pH	7.49	0.12	93	11.16
DBO	7.88	0.10	45	4.5
Nitratos	1.89	0.10	92	9.2
Fosfatos	0.0751	0.10	98	9.8
Temperatura	2	0.10	75	7.5
Turbidez	29.9	0.08	53	4.24
Solidos Disueltos Totales	881	0.08	32	2.56
Oxígeno Disuelto (OD)	80.4	0.17	87	14.79
<b>Clasificación</b>				<b>73.95</b>

Fuente: elaboración propia

En el punto 1 que es la cabecera de la microcuenca de Cachimayo se aprecia una puntuación de 73.9 la cual se clasifica como calidad de agua buena según el ICA-NSF, donde el OD y el pH son los indicadores de máxima influencia en la buena calidad de este punto y el solidos disueltos como también la DBO, son de menor puntaje en la calidad de agua, en esta sección del área delimitada.

Tabla 9: Índice de calidad de agua - NSF de la microcuenca de Cachimayo punto 2

PARÁMETROS	CONCENTRACIÓN	Wi	SUBi	Total P2
Coliformes Fecales	460	0.15	28	4.2
pH	7.94	0.12	86	10.32
DBO	4.42	0.10	66	6.6
Nitratos	1.66	0.10	93	9.3
Fosfatos	0.076	0.10	98	9.8
Temperatura	2	0.10	75	7.5
Turbidez	1.5	0.08	96	7.68
Solidos Disueltos Totales	1490	0.08	32	2.56
Oxígeno Disuelto	85	0.17	91	15.47
<b>Clasificación</b>				<b>73.43</b>

Fuente: elaboración propia

En el punto 2 de la microcuenca Cachimayo, correspondiente a las aguas abajo; el valor del ICA es de 73.43 donde se clasifica como agua de calidad Buena al igual que la clasificación en punto 1 la clasificación es la misma, al igual que el



pH y el oxígeno disuelto son los índices destacados en la buena calidad del agua y del mismo modo que en el punto 1 los parámetros de sólidos disueltos totales, la DBO y los coliformes son los valores que más afectan la puntuación en la calidad de agua.

## ICA-Diseñado

Tabla 10: Índice de calidad de agua - diseñado de la microcuenca de Cachimayo

PARÁMETROS	UNIDADES	ECA DE AGUA POTABLE	CONCENTRACIÓN		EXCEDENTES	
			P1	P2	P1	P2
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	7.49	7.94		
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3	7.88	4.42	1.63	0.47
DQO	mg/L	10	10.5	5.52	0.05	
Nitratos	mg/L	50	1.89	1.66		
Fosfatos	mg/L	0.1	0.0751	0.076		
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥6	10.05	10.63		
Temperatura	°C	Δ3	2	2		
Turbidez	UNT	5	29.9	1.5	4.98	
Solidos Disueltos Totales	mg/L	1000	881	1490		0.49
Coliformes Termotolereantes	NMP/100ml	20	23	460	0.15	22.00
Amoniaco	mg/L	1.5	0	0		
Conductividad Eléctrica	μS/cm	1500	975	1984		0.32
<b>Suma de Excedentes</b>					6.81	23.29
<b>Suma de Excedentes total</b>					30.09	

Fuente: elaboración propia

Tabla 11: Calculo de ICA-Diseñado para la microcuenca de Cachimayo

Número de características que incumplen ECA	6	4	4
Número total de características a determinar	12	12	12
Numero de datos que incumplen ECA	8	4	4
Número total de datos	24	12	12
F1: Alcance	0.50	0.33	0.33
F2: Frecuencia	0.33	0.33	0.33
Sumatoria normalizada de excedentes	1.25	0.57	1.94
F3: Amplitud	55.63	36.19	65.99
Valor de ICA	67.88	79.10	61.90

Fuente: elaboración propia

Según los valores obtenidos de los índices de calidad ICA-NSF y el ICA-diseñado tenemos que la calidad de agua de la microcuenca de Cachimayo es buena según el ICA-NSF y de calidad regular, según el ICA-diseñado.

Tabla 12: Cuadro comparativo entre el ICA-NSF e ICA-diseñado

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA	Nº DE PARÁMETROS	CÁLCULO PROMEDIO ICA	CLASIFICACIÓN	PARÁMETROS INFLUYENTES DEL ICA
ICA-NSF	9	73.69	Buena	SDT, Turbidez, Coliformes T.
ICA-diseñado	12	67.88	Regular	Turbidez, Coliformes T.

Fuente: elaboración propia

El ICA-NSF revela que la calidad del agua está en calidad buena con un promedio de 60.7 debido a la actividad agrícola y ganadera de la zona donde la muestra con mayor calidad es en el punto 1 con un valor de 63.5 de la cual el parámetro que influencia en mayor medida en la calidad del agua en la microcuenca de Cachimayo es el oxígeno disuelto representando solo el 2.6% del valor del ICA y en el punto 2 podemos apreciar una ligera degradación de la calidad de agua debido a las actividades económicas a lo largo de este tramo obteniendo un valor de 57.9 donde los parámetros más relevantes fueron los nitratos y oxígeno disuelto con un 3.1% y un 2.9% respectivamente indicando que la concentración de estos parámetros son elevados.

Mediante del ICA-diseñado obtenemos que la calidad del agua es regular lo cual requiere un tratamiento convencional para potabilizar, siendo el fosforo, oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, Amoniacos y conductividad eléctrica los parámetros del segundo punto los valores que exceden los estándares de

calidad (ECA) los cuales representan el 2.4% de la disminución de la calidad del agua.

## V. DISCUSIÓN

Las referencias temáticas analizadas coinciden en declarar el ICA-NSF, como uno de los métodos de mayor uso en Latinoamérica por utilizar nueve parámetros relevantes en estudios de caso similares por su fácil aplicación y por tanto una alternativa viable. (Alarcón 2019, p. 86), sobre todo para dimensionar la calidad del agua de consumo humano. Adicionalmente a estos componentes se agrega otros dos relacionados a la actividad agrícola tales como amoníaco y demanda química de oxígeno por su influencia y su dinámica con otros elementos físico y químicos presentes en el río (Torres 2009, p. 53) Por último la conductividad eléctrica y el cambio de los coliformes fecales por los coliformes termotolerantes registrados en altas concentraciones en investigaciones de análisis de calidad de agua, en ríos y quebradas, con una considerable carga de material orgánico. (Díaz 2019, p. 170)

Respecto a diseñar y/o modificar ICAs a partir de métodos conocidos, se han documentado situaciones similares en gran parte del mundo, con características geográficas y ambientales completamente distintas de donde fueron creados, corroborándose en la aplicación, ciertas complicaciones metodológicas y prácticas en su adaptación y fiabilidad de los resultados, según la realidad de otros países, reafirmando que el uso de estándares establecidos en otras regiones, pueden generar resultados equivocados al momento de evaluar la calidad del agua, surgiendo la necesidad de diseñar un ICA, para un área o zona de estudio determinada, basado en sus características propias o singulares. (García, 2012, p.106)

Los resultados analíticos del ICA-NSF revela una calidad buena, con un promedio de 73.69 debido a que la actividad agrícola y pecuaria en el área, no ha impactado de forma significativa donde la muestra con mayor calidad es en el punto 2 de muestreo del río Cachimayo con un valor de 73.43, siendo el oxígeno disuelto representando el 20.4% del valor del ICA, el parámetro de mayor influencia en la naturaleza biológica del recurso en este lugar; obteniéndose también que el parámetro de sólidos disueltos totales es el que menos influencia tiene en el ICA en ambos puntos aportando un 3.37% y en el punto 1 podemos apreciar un valor de 73.95 donde los parámetros más

relevantes fueron el oxígeno disuelto y el pH con un 20.% y un 15% respectivamente indicando que la concentración de estos parámetros son influyentes, para alcanzar la calificación de calidad buena del agua, en el área delimitado.

El ICA-PE es una adaptación planteada por la ANA en base al método canadiense (CCME\_WQI), desarrollado como una herramienta capaz de simplificar la extensa data de calidad tanto para el uso de técnicos, funcionarios y público en general, motivos relevantes para ser seleccionada como base metodológica por la útil flexibilidad de las variables, sencillez del cálculo, interpretación y comunicación de los resultados a un amplio espectro social, considerando las características o tendencias temporales y espaciales diferenciadas en el territorio cusqueño. Cuya investigación requiere parámetros adecuados a las condiciones específicas de la microcuenca de Cachimayo, tales como identificar los contaminantes, generados por las actividades agrícola y ganadera en el área delimitada para este propósito específico (ANA, 2018, p.4)

El método diseñado está basado en el ICA-PE establecido a propuesta por la ANA, la cual compara los datos con los estándares de calidad del país donde se desea aplicar este método logrando que los resultados se adecuen a las características de cada territorio. Al haberse confeccionado con 12 parámetros adecuados a las características medioambientales del río Cachimayo, viabiliza su adaptación debido a que los estándares de calidad varían de acorde a la realidad de las actividades socioeconómicas de la zona, aunque el amoníaco se obtuvo una concentración nula también va acorde a las actividades antrópicas. Relacionando el estudio a las necesidades de la asociación pro vivienda “El Huerto”, como también de las comunidades de Tambomachay y Yuncaypata, consideradas como las poblaciones locales, las cuales aprovechan el agua del río para consumo humano, entre otros usos domésticos y productivos.

Mediante del ICA-diseñado obtenemos una calidad regular del recurso, requiriendo un tratamiento básico para muchos usos en el punto 1 con un valor de 79.1 y en el punto 2 con un valor de 61.90 clasificándolo como malo, siendo la DBO, BQO, turbidez, sólidos disueltos totales, coliformes termotolerantes y conductividad eléctrica, los parámetros que exceden los estándares de calidad

(ECA), representando el 44.3% de los indicadores responsables del deterioro hídrico en el río Cachimayo, mediante este método.

Dado los resultados obtenidos de los ICAs, se tiene un valor menor en el ICA-diseñado en comparación del ICA-NSF, esto debido a que la alta sensibilidad del método, considerado según (Alarcón, 2019, pg.12), como uno de los más confiables al valorar la calidad de agua, indicando que es la mejor alternativa al momento de medir el ICA en el río Rímac al compararlo con otros seis índices de calidad analizados, incluyendo el ICA-PE en el cual se basa el ICA-diseñado, arribando a esta conclusión, debido a que los nueve parámetros utilizado en el ICA-NSF (Temperatura, Ph, Oxígeno Disuelto, DBO<sub>5</sub>, Fosfatos, Nitratos, Solidos Totales, Coliformes Fecales y Turbidez), favorecen a la evaluación del agua y su bajo índice de variación.

Los resultados en el punto 1 ubicado en la cabecera de la microcuenca poseen un ligero aumento de la concentración de los parámetros evaluados debido a que está ubicado en una zona donde la arcilla se disuelve en el agua aumentando su turbidez, siendo el segundo punto de muestreo el que posee la mayor cantidad de coliformes termotolerantes y sedimentos disueltos totales debido al aumento de carga de la actividad agrícola.

Las debilidades del ICA-diseñado se enfocan en los excedentes en los ECAs establecidos por el MINAM de los parámetros a evaluar, debido que solo considera los parámetros que exceden y a pesar de que los parámetros están al límites del ECA no los considera una amenaza, a diferencia del ICA-NSF la cual, al estar basada en un sistema de ponderación cada uno de los nueve indicadores, seleccionados son importantes en la medición de la calidad hídrica, son siendo un método autosuficiente, debido a que sus parámetros generales representan el estado de la calidad del agua.

Como también otras de las debilidades del método ICA-diseñado se relacionan al número de parámetros que lo componen, al ser 12 los usados para la evaluación de calidad del recurso, según los contaminantes agrícolas y ganaderos, realizar el análisis es costoso a diferencia del ICA-NSF que cuenta con tan solo nueve parámetros, facilitando los análisis y el manejo de los datos matemáticos y estadísticos, a la par de resultar más económico, por un número

menor de exámenes de laboratorio, reduciendo el tiempo del estudio significativamente, además de facilitar la socialización de la información.



## VI. CONCLUSIONES

El análisis comparativo entre el ICA-NSF y el ICA diseñado para evaluar las propiedades del río de la microcuenca de Cachimayo, parte de la diferencia del número de parámetros analizados de ambos métodos utilizados (ICA-NSF: nueve y ICA diseñado: doce), diferenciándose este último por la inclusión de los elementos: DQO, conductividad eléctrica y amoníaco.

Conclusión nula Los resultados del análisis comparativo entre el ICA-NSF y el ICA diseñado, el índice de calidad diseñado revela una clasificación distinta a la del ICA-NSF debido a los excedentes de los parámetros seleccionados (la DBO, BQO, turbidez, sólidos disueltos totales, coliformes termotolerantes y conductividad eléctrica).

1. Los parámetros seleccionados para el ICA-diseñado incluyen parámetros representativos de la calidad de agua e incluyendo algunos resultantes de actividades agrícolas, predominantes en la microcuenca a excepción del amoníaco, también fue confeccionada a partir de la propuesta del ANA, el cual a su vez se basa en el ICA canadiense, considerando parámetros que exceden los estándares de calidad del país, donde se ejecuta el ICA.
2. Los resultados obtuvieron los valores de (73.95 y 73.43) en el punto 1 y punto 2 respectivamente y como promedio entre estos 2 puntos 73.69 mediante el método ICA-NSF el cual lo clasifica como "calidad buena", mientras que el ICA-diseñado se obtuvo un valor de 67.88 promedio el cual lo clasifica como de "calidad regular" en el punto 1 con un valor de 79.1 y en el punto 2 con un valor 61.90 con una clasificación mala, en el área de estudio delimitada.
3. El ICA-NSF genera una clasificación buena en los dos puntos de muestreo, a diferencia del ICA-diseñado al obtener un valor de 67.88, considerado como regular siendo el punto 1 con 79.1 con clasificación regular y en el punto 2 61.90 clasificándola como mala, siendo los componentes causantes de la disminución de la calidad: el DB0<sub>5</sub>, DQO, la turbidez y los coliformes termotolerantes, principalmente. por lo que los resultados obtenidos pueden emplearse en futuras investigaciones y en

planes de manejo de recursos hídricos, al estar basada, en los excesos de los parámetros según los ECA.

## RECOMENDACIONES

1. Para poder aplicar el ICA-diseñado, se debe realizar las mediciones abarcando un mínimo de 3 puntos en áreas de estudio delimitadas, para obtener mayor cobertura e información y enriquecer los resultados, teniendo como premisa a mayor complejidad del estudio, mayor el número de puntos de monitoreo.
2. El ICA-diseñado, ha sido está adaptado para ser aplicada en la microcuenca de Cachimayo, debido a actividad socioeconómica y se sugiere su aplicación en ríos con actividad agrícola y ganadera con las mismas características geográficas y ambientales, en el ámbito del Cusco, principalmente.
3. Continuar con los estudios de caso relacionados a los ICA, con la finalidad de actualizar los métodos que requieren los ríos en el país, logrando así un instrumento metodológico para gestionar el agua de forma sostenible, en el territorio peruano.

## REFERENCIAS

ANA. Codificación y clasificación de cursos de Agua superficiales del Perú. Informe Final. Lima. Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos. Ministerio de Agricultura. 2011. pp. 76 [fecha de consulta: 19 de marzo de 2022] <https://hdl.handle.net/20.500.12543/596>

AQUINO. Pavel, Calidad del agua en el Perú retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales. Lima. Derecho Ambiente y Recurso Naturales 2017 pp. 136. Sonimágenes del Perú SCRL. ISBN: 978-612-4210-50-1. [fecha de consulta: 28 de marzo de 2022]. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/2806>

BORRERO, Carolina. Metodología para determinación del índice de calidad del agua a partir de parámetros fáciles de medir en campo. Universidad de los Andes. 2018. pp. 20. [fecha de consulta: 1 de abril de 2022].

CAHO. Carlos, LOPEZ, Ellie. Determinación del índice de calidad de agua para el sector accidental del humedal Torca – Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI<sup>1</sup>. Bogotá. Revista Producción + Limpia Vol. 12, 2, pp. 35-49 Julio-Diciembre 2017. [fecha de consulta: 27 de marzo de 2022].

DOI: [10.22507/pml.v12n2a3](https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3)

CALVO-BRENES. Guillermo, ARAYA-ULLOA. Andrea, Evaluación de dos índices de calidad del agua en varios sitios de la quebrada La Central, Pacayas de Alvarado, Costa Rica. Revista Tecnología en Marcha. Vol. 31, 4. Octubre-Diciembre 2018. pp. 73-83. [fecha de consulta: 25 de marzo de 2022]. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v31i4.3966>

CALVO-BRENES, Guillermo. Tecnología en marcha - Nuevo Índice para valorar la calidad de aguas superficiales en Costa Rica. Revista Tecnología en Marcha. Vol. 32, 4. Octubre-Diciembre 2019. pp. 104-115. [fecha de consulta: 25 de marzo de 2022].

DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300047>

CONDORI-OJEDA, Porfirio. Universo, población y muestra. Curso Taller. 2020. pp. 15. [fecha de consulta: 21 de marzo de 2022]  
<https://www.aacademica.org/cporfirio/18>

CASTRO, Mario, ALMEIDA, Juniel, FERRER, Julio y Daissy DÍAZ. Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. Bogotá. En: Ingeniería. Ambiental. Dic. 2014. pp. 111-124. [fecha de consulta: 19 de marzo de 2022]  
<https://revistas.ucc.edu.co › article › download>

Determinación del índice de calidad del agua en ríos de santo domingo de los Tsáchilas GARCIA, J. M. [et al.], Ecuador. Revista Ingeniería del Agua Vol. 24, 2. 2021. 115-126. [fecha de consulta: 24 de marzo de 2022].

DÍAZ, Edgar. Factores que influyen en la calidad del agua del manantial de Molinopampa, que se usa para consumo doméstico en la ciudad de Celendín. Cajamarca. Tesis de Maestría. Escuela de Postgrado. Universidad Nacional de Cajamarca. 2014. pp. 104.

DIAZ, Yeselin. Determinación de variables con mayor impacto en la calidad del agua, de la cuenca baja del río Chillón. Lima. Tesis de pregrado. Ecoturismo Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. UNFV. 2019. pp. 184. [fecha de consulta: 25 de marzo de 2022]  
[http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3807/UNFV\\_Diaz%20Toribio\\_Yeselin%20Margi\\_Titulo%20Profesional\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3807/UNFV_Diaz%20Toribio_Yeselin%20Margi_Titulo%20Profesional_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

FABBRI, María Soledad. Las técnicas de investigación: la observación. 2020. pp. 9. [fecha de consulta: 21 de marzo de 2022]  
<http://institutocienciashumanas.com/wp-content/uploads/2020/03/Las-t%C3%A9cnicas-de-investigaci%C3%B3n.pdf>

GARCÍA DE LA FUENTE. Cristina. Parámetros fisicoquímicos del agua. 2013. PV Albeitar 45. [fecha de consulta: 29 de marzo de 2022].  
[https://www.avideter.com/ftp\\_public/A3081113.pdf](https://www.avideter.com/ftp_public/A3081113.pdf)

GARCÍA, Tamara, Propuesta de índice de calidad de agua para ecosistemas hídricos de Chile por departamentos. Tesis de pregrado. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile. 2012. pp. 157. [fecha de consulta: 26 de marzo de 2022].

GAVIDIA C. Rosa. IPARRAGUIRRE S. Jhidne. Calidad del agua de la cuenca del río Moche empleando el ICA-PE, La Libertad, 2020. Trujillo. Tesis tesis de pregrado: Carrera de Ingeniería Ambiental Facultad de Ingeniería. Universidad Privada del Norte. 2021. pp. 243.

Glosario de términos de la ley 29338. Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento (D.S. n° 001-2010-AG). Lima. En: Memorando N° 2862-2019-ANA-DPDR/UCA de la Dirección de Planificación de los Recursos Hídricos. Ministerio de Agricultura. 2020. pp. 24. [fecha de consulta: 20 de marzo de 2022] <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/34065/u821524.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HAMAD, Sabah. Develop and apply wáter quality index to evaluate wáter quality of tigris and euphrates rivers in Iraq. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) Vol. 3, 4, Jul - Aug. 2013 pp. 2119-2126. fecha de consulta: 28 de marzo de 2022]. [www.ijmer.com](http://www.ijmer.com)

HERNÁNDEZ S., Roberto, FERNÁNDEZ C., Carlos y María del Pilar. BAPTISTA. Metodología de la Investigación. Sexta edición. México D.F. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES. 2014. pp. 600. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

HERNÁNDEZ S., Roberto, MENDOZA T, C. Paulina. Metodología de la Investigación: Las rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. México D.F. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES. 2018. pp.744. ISBN: 978-1-4562-6096-5  
HUAIRE, Edson. Método de investigación. Material de clase. Lima. 2019. pp. 61. [fecha de consulta: 17 de marzo de 2022] <https://www.aacademica.org/edson.jorge.huair.inacio/35>.

IDEAM. Informe Final Pamplona. Elaborado por el “Centro de Investigación en Hidroinformática”. Bogotá. Universidad de Pamplona. 2007. pp. 161.

LIMA Huacho, Liliana. (). Efecto del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua en el río Sicra Lircay – Huancavelica 2018. Huancayo. Tesis de pregrado. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. 2020. pp. 147.

MANCERA Quevedo, Pedro. Obtención de un índice de calidad de agua (ICA) para las ciénagas que forman parte de la zona inundable del río Magdalena en el Departamento del Atlántico – Colombia, a través de la aplicación del método DELPHI. Huelva. Tesis de maestría en Tecnología Ambiental. Universidad Internacional de Andalucía– Universidad de Huelva Huelva-España, 2017. pp. 105.

Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. Editado por la Autoridad del Agua. Impreso por Plus COLOR SAC. 2018. pp. 58.

MINEDU. Guía de técnicas e instrumentos de recojo de información para evaluadores externos. Lima. DEA IEES-02 Versión 01. Sineace. 2020. pp. 131. [fecha de consulta: 18 de marzo de 2022]:

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1395978/Gu%C3%ADa%20de%20T%C3%A9cnicas%20e%20Instrumentos%20de%20recojo%20de%20informaci%C3%B3n%20para%20Evaluadores%20Externos.pdf.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS). (ANA, 2017). [fecha de consulta: 31 de marzo de 2022].

[https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4479/ANA0002895\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4479/ANA0002895_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

OEFA. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Lima. Elaborado por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA. Impreso por Billy Odiaga. 2014. pp. [fecha de consulta: 10 de abril de 2005]. [www.Oefa.gob.pe](http://www.Oefa.gob.pe)

PÉREZ, Pedro. La degradación ambiental y sus efectos en la contaminación de las aguas superficiales en la cuenca del río Conchos (Chihuahua- México). [et al.]. Chihuahua. En: Cuadernos Geográficos N°58(1), 2019, pp. 47-67. [fecha de consulta: 22 de marzo de 2022]

: DOI: <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i1.6636>

PORRAS, G., VELÁZQUEZ Alberto. (2020). Tipos de muestreo. [fecha de consulta: 23 de marzo de 2022].

[19-Tipos de Muestreo - Diplomado en Análisis de Información Geoespacial.pdf](#)

RODRÍGUEZ Flores, Rubén.). Analysis of water quality in rivers of the Chancay - Lambayeque basin, Peru. Tacna. En: Veritas et Scientia. Vol. 10. N° 2. 2021. [fecha de consulta: 23 de marzo de 2022]

<https://doi.org/10.47796/ves.v10i2.568>

SANCHEZ. David. Calidad del agua y su control. Castilla – Escuela de ingeniería de caminos, canales y puertos de Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha. 2016. pp. 49. [fecha de consulta: 30 de marzo de 2022].

[https://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11\\_Calidad-agua-y-control\\_v2015\\_resumen.pdf](https://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf)

ZHEN WU, Bi. Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007 – 2008. San José Costa Rica. Tesis de Maestría en Manejo de Recursos Naturales con Mención en Gestión Ambiental. 2009. pp. 204. [fecha de consulta: 29 de marzo de 2022].

<https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Calidad%20f%C3%A4Dsico-qu%C3%ADmica%20y%20bateriol%C3%B3gica%20del%20agua%20para%20consumo%20humano%20de%20la%20microcuenca.pdf>



# ANEXOS



**FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**

RUC: 20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341  
Jesus Maria (Lima 11) - PERU - Tlf. 4231669  
Email: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

[www.fractalquimicos.pe](http://www.fractalquimicos.pe)

ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN EN FÍSICOQUÍMICA Y ANALÍTICA - I+D EN QUÍMICA - ASESORÍA Y CAPACITACIÓN - APARATOS Y REACTIVOS

Lima, 28 de marzo 2022.

**Sr. Luis Diego Salas Quispe**

Estudiante promoción 2022 - Escuela de Ingeniería Ambiental de la UCV sede Trujillo Lima Norte.

Asunto: Aceptación para la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en muestras de aguas (Proyecto de Investigación-Tesis de pre-grado) en la sede Cusco del Laboratorio de Fractal Químicos E.I.R.L.

Previo un cordial saludo y en atención a su petición en conversación personal y carta en extenso enviada por correo electrónico el 19 de marzo del 2022, le comunico que en mi calidad de Titular y Responsable del Laboratorio he visto con interés el aporte que pudiera dar lugar los resultados de su investigación: *"Análisis comparativo del índice de calidad de agua e ICA-NFS en la microcuenca de Cachimayo, Cusco, Perú-2022"* y por supuesto servir de base para cumplir con su tesis de grado.

La concepción de su proyecto en el contexto de la Ingeniería Ambiental cumple con los estándares actuales relacionados a los indicadores y descriptores nacionales e internacionales; en tal sentido son pertinentes las definiciones conceptuales y la matriz de operacionalización de variables para los parámetros e indicadores de calidad propuestos.

En relación a las mediciones de los parámetros a realizarse en la **sede Cusco del Laboratorio de Fractal Químicos E.I.R.L.** le comunico que recientemente se ha implementado con equipos modernos que cuentan con protocolos de calibración y estándares certificados para los fines de calibración y cuentan con documentos y registros de trazabilidad. El personal cuenta con una amplia experiencia en la obtención de los índices de calidad (WQI desde 2007-2012, docente UNALM-Lima, Gestión de calidad y auditoría ambiental-Monitoreo y control de la calidad de aguas) así como en las mediciones y análisis validados. En la sede Principal de Lima, contamos con todo el soporte tanto en instrumentación avanzada, convencional y clásica.

Con relación a los documentos de validación instrumental y los protocolos de verificación y calibración, adjunto a la presente una muestra (03-documentos PDF) de algunos documentos de los estándares certificados de autocalibración instrumentales y los realizados como protocolos de rutina de los instrumentos a utilizarse en las mediciones para el proyecto en referencia.

En espera de que la presente cumpla con los propósitos esperados.

Atte.,

Dr. Jesús Américo Cjuno H.

Titular Gerente Fractal Químicos EIRL

Figura 11: Validación del laboratorio para el análisis de la investigación.



**FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341  
Jesús María (Lima 11) - PERÚ - Tlf. 4231669  
Email: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

[www.fractalquimicos.pe](http://www.fractalquimicos.pe)

ENSAYOS Y CERTIFICACION EN FICQUIMICA Y ANALITICA - ED EN QUIMICA - ASESORIA Y CAPACITACION - APARATOS Y REACTIVOS

**CONDICIONES DE OPERATIVIDAD, AUTOCALIBRADO Y VERIFICACIÓN  
DEL ESPECTROFOTOMETRO SQ-4802**

SQ-4802 Double Beam  
Scanning UV/Visible  
Spectrophotometer  
User's Guide



United Products & Instruments Inc.  
182 Ridge Road, Suite E, Dayton, NJ 08810  
U.S.A.  
Tel: 732-274-1155 / 1-800-588-9776  
Fax: 732-274-1151  
[www.unico1.com](http://www.unico1.com)    [sales@unico1.com](mailto:sales@unico1.com)

Description	Quantity
• Spectrophotometer.....	1
• Mains Lead.....	1
• Cuvettes.....	Set of 4 glass, Set of 2 quartz
• Dust Cover.....	1
• Operation Manual.....	1
• Software Manual.....	1

Specifications:	
• Wavelength Range:	190-1100nm
• Spectral Bandpass:	1.8nm
• Wavelength Accuracy:	± 0.5nm
• Wavelength Repeatability:	± 0.3nm
• Baseline Flatness:	± 0.004A
• Stray Radiant Energy:	<0.1% @ 220nm & 340nm
• Photometric Range:	0-200% T, -0.3-3.0A
• Noise:	<0.001A @ 500nm
• Drift:	<0.0024% @ 500nm
• Power Requirements:	AC 110V/60Hz or 220V/50Hz
• Dimensions:	625(W)mm X 405(L)mm X 280(H)mm
• Light Source:	Tungsten Halogen/Deuterium
• Weight:	24kg / 54lbs

Contiene:

I. Procedimiento de autocalibración .....	2
II. Funciones de calibración para cada análisis .....	3
III. Calibración con referencia externa – filtro de didimium al 20.05.2018 .....	5
IV. Resultado de operatividad .....	6
Anexo.	

Figura 12: Calibración del laboratorio Fractal Químicos p.1

## I. PROCEDIMIENTO DE AUTOCALIBRACIÓN A 651.6 nm (al encender el equipo)

1. The instrument will check memory first (Fig 4), please wait or press any key to skip this step, after positioning filter, auto-cell changer (if installed) and D2/W lamps, the screen display as Fig 4A. 15 minutes pass or press **[ESC]**, the screen display as Fig 5, Select "No" to skip to main menu (Fig 7) and select "Yes" (recommended) to calibrate system (Fig 6). The calibrating process includes "get dark current", "searching 656.1nm" and "check energy". After finish the calibration system, go to main menu too (Fig 7).
2. If the data in memory has been lost, the instrument will directly calibrate system without any choice for you.
3. If no auto-cell changer installed "cell #1" will disappear in (Fig7).



Fig 4

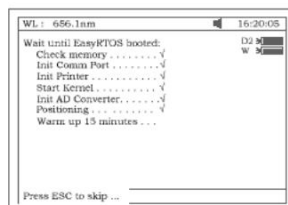


Fig 4A

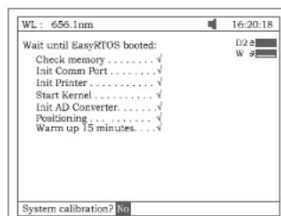


Fig 5

7

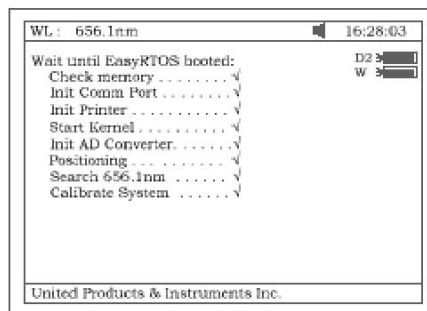


Fig 6

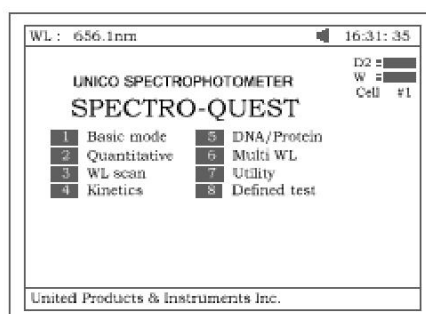


Fig 7

## II. FUNCIONES DE CALIBRACION PARA CADA ANÁLISIS (según tabla de iconos y funciones)

2.1. Background calibration

2.2. Zero calibration

Icon	Function	Icon	Function
	Connect/ disconnect to the instrument		CPU load
	Load a file saved in instrument		Method setup
	Zero calibration		Background calibration
	Turn on/off W lamp		Go to Lambda (nm)
	Transmittance mode		Turn on/off D2 lamp
	Save to file		Absorbance mode
	Unload a spectrum		Load a spectrum/data file
	Fixed points measurement		Print
	Time scan measurement		Wavelength scan measurement
	Instrument Validity		DNA/Protein measurement
	Cell 2*		Cell 1*
	Cell 4*		Cell 3*
	Cell 6*		Cell 5*
	Auto run*		Setup multicell*
	Modify a sample		Start a measurement
	Delete a sample		Stop a measurement
	Display range setup		Display and print setting
	Original scales		Activate ZOOM function
	Add two spectra		Trace cursor
	Multiply two spectra		Subtract one spectrum from another
	Smooth a spectrum		Divide one spectrum from another
	Derivative of a spectrum		Resample a spectrum
	List valleys of a spectrum		List peaks of a spectrum
	Undo Scale		Define peak/valley threshold

Figura 15: Calibración del laboratorio Fractal Químicos p.4

### III. VERIFICACION CON REFERENCIA EXTERNA – FILTRO DE DYDIMIUM (Realizado internamente en el laboratorio como procedimiento de contrastación)

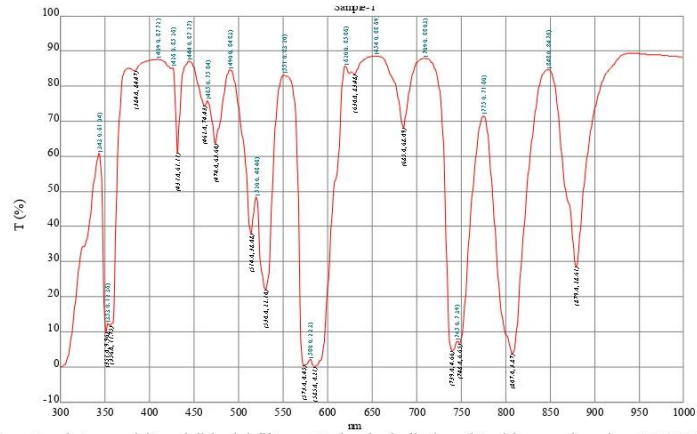


Figura A. Espectro de transmisión visible del filtro estándar de didymium obtenido con el equipo SQ-4802 el 20-11-2018. Filtro disponible en el laboratorio de Fractal Químicos E.I.R.L. El espectro es compatible con el referencial del filtro PNB586.

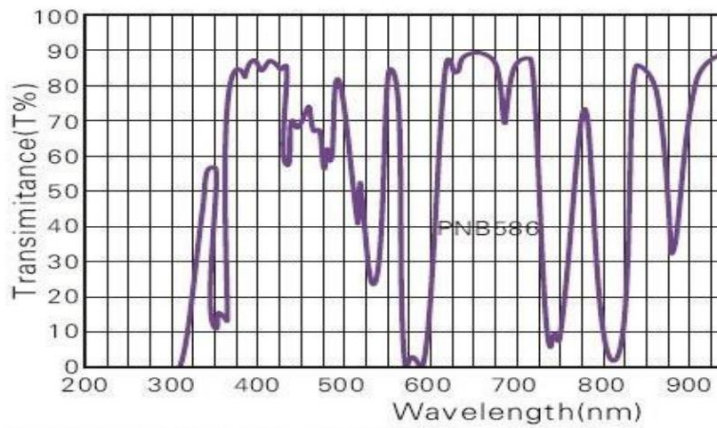


Figura B. Espectro referencial de absorción visible del filtro estándar de didymium PNB 586.

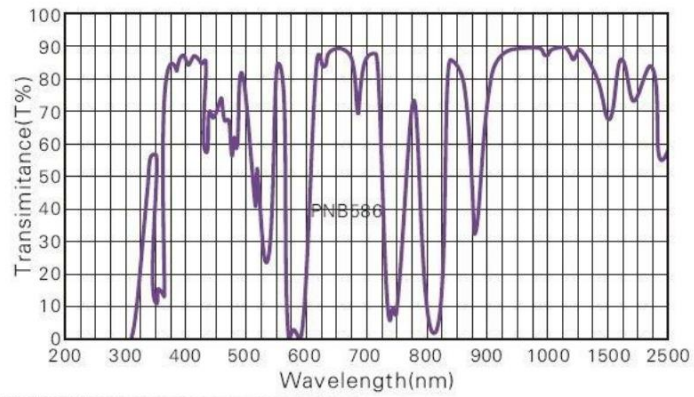
## V. RESULTADO DE OPERATIVIDAD

El **espectrofotometro SQ-4802 de doble haz** se encuentra operativo. El espectro obtenido para el filtro de dydimium, figura A, es compatible con el referencial (filtro PNB586), figura B.

Lima, 20 de mayo 2018.

*Dr. J. Americo Cjuno H.*  
*R.C.O.P. No.452*  
**Fractal Quimicos E.I.R.L.**

## Anexo



波长标定玻璃特性 (Ultraviolet Glass Characteristic)

牌号 TYPE	厚度 Thickness (mm)	A[2856k]			D65			化学稳定性 chemical stability		Nd	$\alpha \times 10^{-7}$ (/°C)	Tg (°C)	Ts (°C)	S
		x	Y	Y	x	Y	Y	DA	Dw					
PNB586	2	0.453	0.384	52.7	0.297	0.307	52.5	2	1	1.537	90	598	669	2.81

技术要求  
(Technical Indexes)

牌号 TYPE	厚度 Thickness (mm)	586 (nm)
PNB586	2	≤1.0

气泡、条纹、应力类别  
(Class Of Bubble, Stripe, Stress)

牌号 TYPE	气泡 Bubble	条纹 Stripe	应力 Stress
PNB586	D-C	3C	3

Datos del espectro de transmisión del filtro PNB586 para el campo visible.





**FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341  
Jesús María (Lima 11) - PERU - Tlf. 4231669  
Email: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

[www.fractalquimicos.pe](http://www.fractalquimicos.pe)

ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN EN FÍSICOQUÍMICA Y ANALÍTICA - IED EN QUÍMICA - ASESORIA Y CAPACITACIÓN - APARATOS Y REACTIVOS

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE PESAS DE 100GRAMOS Y 1GRAMO  
PARA LA BALANZA ANALÍTICA DIGITAL PRECISION ESJ200-4 CON  
PESAS INTERNAS Y EXTERNAS DE CALIBRACION.**

**DIVISIÓN DE METROLOGÍA**

**Kossodo**  **LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA  
CON REGISTRO N°LC-006**

  
Registro N° LC-06

## Certificado de Calibración

Calibration Certificate

**N° PE11-0084**

<b>Objeto calibrado:</b> <i>Calibrated object</i>	PESA	Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  KOSSODO S.A.C. - División de Metrología mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la cadena de trazabilidad de las mediciones que realiza, así mismo realiza certificaciones metroológicas a solicitud de los interesados y brinda asistencia técnica en temas relacionados al campo de la metrología en la industria peruana.  Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados. <i>This Calibration Certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i>  KOSSODO S.A.C. - Metrology Division supports and calibrates his standards of reference to guarantee the chain of traceability of the measurements realized, as well as the metrological certifications realize at the request of the interested parties and offers technical assistance in topics related to the metrology field in the Peruvian industry.  <i>In order to assure the quality of measurements the user should recalibrate his instruments at appropriate intervals.</i>
<b>Cliente:</b> <i>Customer</i>	CJUNO HUANCA JESUS AMERICO	
<b>Dirección:</b> <i>Address</i>	Cal. Mcal. Luzuriaga Nro. 345 Int. I - Jesús María	
<b>Marca:</b> <i>Brand</i>	No indica	
<b>Modelo:</b> <i>Model</i>	No indica	
<b>Numero de Serie:</b> <i>Serial number</i>	No indica	
<b>Identificación (TAG):</b> <i>Identification (TAG)</i>	KM11-002(*)	
<b>Lugar de Calibración:</b> <i>Place of Calibration</i>	Laboratorio de Masa de KOSSODO S.A.C	
<b>Orden de Trabajo:</b> <i>Work order</i>	OT-0529-11	
<b>Fecha de Calibración:</b> <i>Date of Calibration</i>	2011-11-15	
<b>Fecha de Emisión:</b> <i>Date of Issue</i>	2011-11-16	

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO**  
*Technical characteristics of the calibrated object*

Valor Nominal <i>Nominal Value</i>	Clase <i>Class</i>	Material <i>Material</i>	Forma <i>Shape</i>	Marcas <i>Marks</i>
100 g	F2	Acero Inoxidable	Cilíndrica con botón	Ninguna

**METODO DE CALIBRACIÓN**  
*Calibration Method*

La calibración se realizó por comparación directa, de las indicaciones de lectura de la comparadora entre las pesas patrones del laboratorio y las pesas a calibrar; por el método de sustitución con corrección por empuje de aire; siguiendo el procedimiento, PCAL-03 "Procedimiento de Calibración de Pesas", (Edición 03). Este procedimiento de calibración cumple con los ensayos a realizar de acuerdo a la Recomendación Internacional OIML R-111:2004. La determinación de la densidad de las pesas ha sido tomada de tablas de acuerdo al material a menos que se especifique lo contrario.  
*Calibration was performed by direct comparison of reading signs of comparability between the laboratory and standard weights to calibrate the weights, for the substitution method with air buoyancy correction, following the procedure, PCAL-03 "procedure calibration of Weights", (Edition 03). This calibration procedure meets the tests to be performed according to the International Recommendation OIML R-111:2004. The determination of the density of the weights is taken from tables according to the material unless otherwise specified.*


  
 Director de Laboratorio de Calibración  
*Laboratory Director*  
  
 Ana Z. Chonon Nuñez


Técnico de Calibración  
*Calibration Technician*  
  
 Jonathan López García

Octubre 2011 - Edición 03 Página 1 de 2  
Page 1 of 2

Figura 19: Certificado de los equipos del laboratorio Fractal Químicos p.1

**DIVISIÓN DE METROLOGÍA**

**Kossodo**  **LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA  
CON REGISTRO N°LC-006**

  
Registro N° L

**N° PE11-0084**

**CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACIÓN**  
*Environment Conditions during Calibration*

Temperatura ambiente Inicial: <i>Environment temperature at the beginning</i>	21,0 °C	Temperatura ambiente Final: <i>Environment temperature at the end</i>	21,3 °C
Humedad Relativa Inicial: <i>Relative humidity at the beginning</i>	54,9 %	Humedad Relativa Final: <i>Relative humidity at the end</i>	54,4 %
Presión atmosférica Inicial: <i>Atmospheric pressure at the beginning</i>	999,2 mbar	Presión atmosférica Final: <i>Atmospheric pressure at the end</i>	998,7 mbar

**PATRONES UTILIZADOS**  
*Standards used*

Valor / Clase <i>Value/Class</i>	N° de Serie <i>Serial N°</i>	N° de Certificado <i>Certificate N°</i>	Fecha de Calibración <i>Calibration Date</i>	Laboratorio Emisor <i>Responsible Laboratory</i>
100 g / E2	21329294	LM-2984-2010	17-19/03/2011	SNM - INDECOPI

**RESULTADOS**  
*Results*

Valor Nominal <i>Nominal Value</i>	Marcas <i>Marks</i>	Masa Convencional <i>Conventional Mass</i>	Incertidumbre <i>Uncertainty</i>	Material <i>Material</i>	Forma <i>Shape</i>	Densidad <i>Density</i>
100 g	Ninguna	100 g ± 0,16 mg	± 0,5 mg	Acero Inoxidable	Cilíndrica con botón	7950 kg/m <sup>3</sup> ± 140 kg/m <sup>3</sup>

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**  
*Measurement Uncertainty*

La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada a partir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura k=2. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza del 95%.  
*The calculated uncertainty of measurement (U), it has been determined from the combined Standard Uncertainty of Measurement multiplied by the coverage factor k=2. This value has been calculated for a confidence level of 95 %.*

**OBSERVACIONES**  
*Comments*


La tolerancia para pesas de 100 g clase F2 según NMP 004 – 2007 es +/- 1,6 mg.  
*The tolerance class weights 100 g NMP F2 as 004 to 2007 is +/- 1,6 mg.*  
*(\*) Código asignado a la pesa.*

**Notas**  
*Notes*

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones de la pesa durante la calibración. KOSSODO S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.  
*The values indicated in this document are only valid for the conditions of the weight during calibration. KOSSODO S.A. C. takes no responsibility for any damages caused by bad use of the calibrated object.*

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 5 años.  
*A copy of this document will be kept in electronic device in the laboratory for 5 years at least.*

La versión en inglés de este documento es una traducción relativa. En caso de duda, es válida la versión original en español.  
*The version in English of this document is not a binding translation. If any controversy arises, the original version in Spanish must be considered.*

  
Página 2 de 2  
Page 2 of 2

Octubre 2011 - Edición 03

Figura 20: Certificado de los equipos del laboratorio Fractal Químicos p.2

**CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA VERIFICACIÓN**

*Environmental Conditions During Testing*

Temperatura ambiente Inicial: <i>Environment temperature at the beginning</i>	21,3 °C	Temperatura ambiente Final: <i>Environment temperature at the end</i>	21,1 °C
Humedad Relativa Inicial: <i>Relative humidity at the beginning</i>	54,4 %	Humedad Final: <i>Relative humidity at the end</i>	54,5 %
Presión atmosférica Inicial: <i>Atmospheric pressure at the beginning</i>	998,7 mbar	Presión Final: <i>Atmospheric pressure at the end</i>	998,5 mbar

**PATRONES UTILIZADOS**

*Standards used*

Valor / Clase <i>Value/class</i>	N° de Serie <i>Serial N°</i>	N° de Certificado <i>Certificate N°</i>	Fecha de Calibración <i>Calibration Date</i>	Laboratorio Emisor <i>Responsible Laboratory</i>
1 g / E2	21329294	LM-2984-2010	17-19/03/2011	SNM - INDECOPI

**RESULTADOS**

*Results*

Valor <i>Value</i>	Error Encontrado <i>Error Found</i>	Material <i>Material</i>	Forma <i>Shape</i>
1 g	-0,097 mg	Acero Inoxidable <i>stainless steel</i>	Cilíndrica <i>Cylindrical</i>

**OBSERVACIONES**

*Comments*

Manipular la masa con cuidado y mantenerla limpia para evitar alteraciones de su masa.  
*Handle the dough gently and keep clean to avoid disruption of its mass.*  
Para la verificación de la masa se ha utilizado la comparadora de masas de resolución 0,0001 mg.  
*For verification of the mass comparator has been used resolution mass 0.0001 mg.*

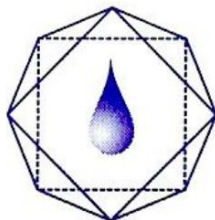
**Notas**

*Notes*

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del instrumento durante la verificación. KOSSODO S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del objeto verificado.  
*The results contained in this document are valid only for the conditions of the instrument during the verification. S.A.C. KOSSODO is not responsible for any harm that may result from improper use of the object tested.*  
Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 5 años.  
*A copy of this document will be kept in electronic device in the laboratory for 5 years at least.*  
La versión en inglés de este documento es una traducción relativa. En caso de duda, es válida la versión original en español.  
*The version in English of this document is not a binding translation. If any controversy arises, the original version in Spanish must be considered.*



Figura 21: Certificado de los equipos del laboratorio Fractal Químicos p.3



**MANUAL DE DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES  
FISICOQUÍMICAS Y ANÁLISIS QUÍMICOS DE AGUAS**

MO K pH S  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
K<sub>2</sub>O CaO  
MgO  
Zn Fe  
Mn Cu  
B

**MANUAL DE MÉTODOS:** muestra parcial solo para D, pH, K, Fósforo.

**DESARROLLADOS POR:**  **FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**

Mariscal Luzurriaga 341-345  
Jesús María (Lima 11, PERÚ)  
Tlfs: 4231669 // 6242188  
E-mail: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

**Dr. Quím. Jesús Américo Cjuno H.**  
RCQP. Nro. 452

**Lima, marzo 2022.**

Figura 22: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.1



**FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341  
Jesús María (Lima 11) - PERÚ - Tlf. 4231669  
Email: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

[www.fractalquimicos.pe](http://www.fractalquimicos.pe)

■ ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN EN FÍSICOQUÍMICA Y ANALÍTICA - I-D EN QUÍMICA - ASESORÍA Y CAPACITACIÓN - APARATOS Y REACTIVOS ■

## 2. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS (D, K, pH, St, cenizas)

### 2.1. DENSIDAD (D)

Referencias: ASTM D1298-55 (picnómetro)  
OECD 109 (pycnometer, density of liquids and solids)  
CIPAC MT 186.

Principio: La densidad es una propiedad física de los **materiales homogéneos** (puros o combinados) en estados líquido, sólido o gaseoso. Es la relación entre la masa (g) y el volumen (ml, cm<sup>3</sup>) que ocupa dicha masa a una temperatura definida (preferentemente ambiental 20°C o estándar 25°C). Las ecuaciones siguientes, definen su determinación experimental y su relación con la densidad o gravedad específicas.

$$D^{\circ C} = \frac{m(g)}{V(mL)}$$

$$D_{espec}^{\circ C} = G_{grav.espec}^{\circ C} = \frac{D^{\circ C}}{D_{H_2O}^{4^{\circ C}}} \quad (\text{sin unidades}) \quad \dots \quad (1)$$

D<sup>°C</sup> = densidad a una temperatura dada

m = masa de la muestra en gramos (g), kilogramos (kg)

V = volumen de la muestra con masa m en mililitros (ml) o litro (l)

D<sup>°C</sup><sub>espec</sub> = densidad específica

G<sup>°C</sup><sub>grav.espec</sub> = gravedad específica

D<sup>4°C</sup><sub>H<sub>2</sub>O</sub> = densidad del agua pura a 4°C (1,0000 g/ml)

Reactivos:

Agua destilada con conductividad eléctrica K < 2,5 microSiemens

Aparatos:

Picnómetro normalizado con termómetro de 5, 10 ó 25 ml ± 0,003 ml

Balanza analítica

Baño de agua termostabilizable entre 20 - 40°C ± 0,1°C

Figura 23: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.2





**FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341  
Jesús María (Lima 11) - PERÚ - Tlf. 4231669  
Email: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

[www.fractalquimicos.pe](http://www.fractalquimicos.pe)

■ ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN EN FÍSICOQUÍMICA Y ANALÍTICA - I+D EN QUÍMICA - ASESORÍA Y CAPACITACIÓN - APARATOS Y REACTIVOS ■

Muestra:

Homogenizada y de preferencia filtrada en papel de poro fino (10 – 25 micras), sin presencia de sedimentos.

#### Procedimiento:

Siguiendo las buenas prácticas de laboratorio (BPL) y los procedimientos referidos en los métodos, seguir la siguiente secuencia:

1. Pesar el picnómetro seco (P1) con volumen  $V_p$
2. Llenar el picnómetro con la muestra y llevar al baño de agua a  $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$ .
3. Dejar que se equilibre la temperatura del picnómetro con la del baño y una vez alcanzado esta condición tapar herméticamente el picnómetro.
4. Secar las paredes del picnómetro y pesar (P2).
5. Repetir los pasos 2, 3 y 4 con otras muestras.
6. Cálculos:

$$D_{muestra}^{25^\circ\text{C}} = \frac{[P2 - P1](g)}{V_p (ml)}$$

7. Expresión de resultados:

$$D_{muestra}^{25^\circ\text{C}} = \text{valor} \pm SD$$

Se puede expresar también como densidad específica utilizando la ecuación (1)

#### 2.2. pH

Referencias: OECD 122  
CIPAC MT 75  
ASTM 70-74  
APHA, AWWA, WPCF. MÉTODOS NORMALIZADOS. Edic. Diaz de Santos S. A., Madrid (ESPAÑA), pp.4-106 ... 4-115 (1992).

Principio: El potencial de hidrogenión, pH es una propiedad fisicoquímica de las soluciones que contienen sustancias que en disolución acuosa liberan iones hidrogenión ( $\text{H}^+$  o  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) y varía con la temperatura, por lo que su medición siempre está referida a una temperatura preferentemente estándar ( $25^\circ\text{C}$ ).

Figura 24: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.3



**FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341  
Jesús María (Lima 11) - PERÚ - Tlf. 4231669  
Email: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

[www.fractalquimicos.pe](http://www.fractalquimicos.pe)

■ ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN EN FÍSICOQUÍMICA Y ANALÍTICA - I-D EN QUÍMICA - ASESORÍA Y CAPACITACIÓN - APARATOS Y REACTIVOS ■

En concordancia con la guía OECD 122 y los referidos en los métodos, su medición según la ecuación de Sørensen,  $pH = -\log[H_3O^+]$ , sólo es posible bajo condiciones de idealidad y en medio acuoso. Es aplicable para productos o formulaciones que se pueden diluir o dispersar en medio acuoso y son recomendables las mediciones a concentraciones del **1% (p/v)** o equivalente al **1/100** (pH 1/100, °C).

Los datos de **pH 1/100**, son utilizados para estimar los riesgos y efectos del producto sobre la salud humana y el potencial impacto sobre el medio ambiente.

Debe tenerse en consideración que si el pH (1/100) es **menor que 4**, es recomendable evaluar la **acidez** por valoración con una **base fuerte** estandarizada; de forma parecida si es **superior a 10** se debe determinar la **alcalinidad** por valoración con un **ácido fuerte** estandarizado.

En la determinación del **pH**, el **método electrométrico** es el apropiado para rangos de pH entre 3 a 11; fuera de estos valores los electrodos de vidrio (sensor de  $H^+$ ) presentan los denominados errores ácido y alcalino (limitaciones tecnológicas hasta la fecha). Según esto, discusiones de valores de pH menores a 3 y mayores que 11 son intrascendentes.

Reactivos:

Agua destilada con conductividad eléctrica  $K < 2$  microSiemens  
Soluciones buffer normalizadas de pH 4.00, 7.00 y 10.00 a 25°C

Aparatos:

Balanza analítica  
Baño de agua termostático 25°C ± 0,1°C  
Matraz aforado de 100 ml  
El medidor de pH (potenciómetro) con electrodo universal que combina el de referencia Ag/AgCl o Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> y electrodo de vidrio.  
Vasos de precipitados (Teflón, polietileno tereftalato-PET, polietileno de alta densidad-HDPE)  
Agitador magnético con barrita o varilla recubiertas con teflón

Muestra:

Homogenizada y de preferencia filtrada en papel de poro fino (10 – 25 micras), sin presencia de sedimentos.

Figura 25: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.4



**FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341  
Jesús María (Lima 11) – PERÚ - Tlf. 4231669  
Email: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

[www.fractalquimicos.pe](http://www.fractalquimicos.pe)

■ ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN EN FÍSICOQUÍMICA Y ANALÍTICA – I-D. EN QUÍMICA – ASESORÍA Y CAPACITACIÓN – APARATOS Y REACTIVOS ■

#### **Procedimiento:**

Siguiendo las buenas prácticas de laboratorio (BPL) y los procedimientos referidos en los métodos, seguir la siguiente secuencia de **calibración** y **medición** de la muestra:

##### - Calibración:

1. Sígase las instrucciones del fabricante y tener en cuenta que todas operaciones de medición se realizan con agitación magnética y termostalizada.
2. Extraer los electrodos de la solución de conservación. Lavar enérgicamente con agua destilada (previamente hervida y enfriada – conductividad menor a **2  $\mu\text{S/cm}$** ). Sumergir en el **tampón de pH = 4.00** y ajustar el punto de isopotencial en el aparato.
3. Lavar bien con agua el electrodo proveniente del primer tampón, secar y sumergir en el **tampón de pH = 7.00**. Ajustar el punto de isopotencial.
4. Lavar bien con agua el electrodo proveniente del segundo tampón. Sumergir en el **tercer tampón de pH = 10.00** y la **lectura no debe diferir en más de 0.1 unidades del valor de pH del tercer tampón**.

Si esta última condición se cumple, el aparato está **calibrado**.

##### - Medición de la muestra:

5. Disolver o dispersar un gramo de muestra y completar con agua destilada o desionizada (conductividad menor a **2  $\mu\text{S/cm}$** ) a 100 ml.
6. Llevar la disolución o dispersión al termostato a  $25 \pm 0,1$  °C. Una vez alcanzado el equilibrio térmico y en agitación magnética, medir el pH de la muestra. La medición exige que se establezca la condición de equilibrio térmico y/o termodinámico reflejado en la invarianza del valor de pH observado en el aparato.
7. Repetir los pasos 5 y 6 para obtener nuevas medidas. Como mínimo 03 repeticiones.
8. Expresión de resultados:

$$pH(1/100, ^\circ C) = \text{valor} \pm SD$$

Figura 26: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.5





**FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341  
Jesús María (Lima 11) - PERÚ - Tlf. 4231669  
Email: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

[www.fractalquimicos.pe](http://www.fractalquimicos.pe)

■ ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN EN FÍSICOQUÍMICA Y ANALÍTICA - I-D EN QUÍMICA - ASESORÍA Y CAPACITACIÓN - APARATOS Y REACTIVOS ■

### 2.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (K)

Referencias: EPA 120.1 – NPDES (1982)  
ASTM D 1125-91  
APHA, AWWA, WPCF. MÉTODOS NORMALIZADOS. Edic. Diaz de Santos S. A., Madrid (ESPAÑA), pp.2-65 ... 2-67 (1992).  
CIPAC F, MT 32.

Principio: La conductividad eléctrica (K) para un medio acuoso, es la capacidad que tiene una solución, bajo condiciones de soluciones ideales, de conducir la corriente eléctrica y según la ley de Kohlraush, está relacionada con todos los electrolitos (sales y sustancias ionizables en solución acuosa). En sistemas concentrados, la medida de la K puede ser errática y es apenas una referencia preliminar del contenido de sales en disolución.

Siendo la conductividad la inversa de la resistencia eléctrica ( $K = 1/R$ ), su medición para conductores de segunda especie, se basa en la medida de la resistencia de la solución según la Ley de Ohm y sin provocar gradientes de potencial químico, lo que se consigue con la aplicación de la corriente eléctrica alterna (de baja frecuencia, 200 Hz) a través de la solución y entre los terminales de los electrodos de platino platinizado normalizado.

La K es fuertemente dependiente de la temperatura por lo que la calibración y la medición en muestras se ha de realizar para una o varias temperaturas determinadas.

Es aplicable para productos o formulaciones que se pueden diluir o dispersar en medio acuoso y son recomendables las mediciones a concentraciones del 1% (p/v) o equivalente al 1/100 (K 1/100, °C).

Los datos de **K 1/100**, son utilizados para estimar el contenido de sales ionizables en disolución acuosa, los riesgos y efectos del producto sobre la salud humana relacionados con la electricidad y el potencial impacto sobre el medio ambiente. Se expresan generalmente en **Siemens (S)**, con sus múltiplos en micro ( $\mu$ ), mili (m), centi (c) o deci (d).

Reactivos: Agua de conductividad desionizada de conductividad menor que 2  $\mu\text{S/cm}$ .  
Solución estandar de KCl 0.0100 M: 745.6 mg de KCl anhidro, diluyendo hasta 1000 mL a 25°C.  $K = 1413 \pm 3 \mu\text{S/cm}$  (25°C).



**FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341  
Jesús María (Lima 11) – PERÚ - Tlf. 4231669  
Email: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

[www.fractalquimicos.pe](http://www.fractalquimicos.pe)

■ ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN EN FÍSICOQUÍMICA Y ANALÍTICA – I-D. EN QUÍMICA – ASESORÍA Y CAPACITACIÓN – APARATOS Y REACTIVOS ■

Determinar la constante de celda ( $\theta$ ) usando la solución estándar.  $\theta = KR$   
(para cada temperatura: 20 y 25°C).

Aparatos:

Balanza analítica.

Baño de agua termostático 25°C  $\pm$  0,1°C.

Matraz aforado de 100 ml.

Vasos de precipitados (Teflón, polietilentereftalato-PET, polietileno de alta densidad-HDPE).

Agitador magnético con barra o varilla recubiertas con teflón.

**Instrumental de conductividad autocontenida con fuente de corriente alterna**, puente de Wheastone, un indicador de valor nulo y una célula de conductividad **u otro instrumento que mida el índice de corriente alterna y su voltaje a través de la célula (proporciona lectura lineal)**. Error no mayor del 1% o 1  $\mu$ S/cm.

**Célula de conductividad**: electrodos de Pt platinizado u otros homologados.

**Termómetro**: cubriendo una amplitud de 23 a 27°C  $\pm$  0.1°C.

Muestra:

Homogenizada y de preferencia filtrada en papel de poro fino (10 – 25 micras), sin presencia de sedimentos.

**Procedimiento:**

Siguiendo las buenas prácticas de laboratorio (BPL) y los procedimientos referidos en los métodos, seguir la siguiente secuencia de **calibración** y **medición** de la muestra:

- **Calibración:**

**1. Determinación de la constante de celda:** enjuague la célula de conductividad al menos con tres porciones de solución estándar de KCl 0.0100 M. Ajustese la temperatura de la cuarta porción a 25.0  $\pm$  0.1 °C, mídase su resistencia y anótese la temperatura. Calcúlese la constante de celda.

Figura 28: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.7



**FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341

Jesús María (Lima 11) – PERÚ - Tlf. 4231669

Email: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

[www.fractalquimicos.pe](http://www.fractalquimicos.pe)

■ ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN EN FÍSICOQUÍMICA Y ANALÍTICA – I-D. EN QUÍMICA – ASESORÍA Y CAPACITACIÓN – APARATOS Y REACTIVOS ■

**2. Con otras porciones del estandar, mida la conductividad y verifique la reproducibilidad de al menos tres valores.**

Si esta última condición se cumple, el aparato está **calibrado**.

- Medición de la muestra:

**3.** Disolver o dispersar un gramo de muestra y completar con agua destilada o desionizada (conductividad menor a **2  $\mu\text{S/cm}$** ) a 100 ml.

**4.** Llevar la disolución o dispersión al termostato a  $25 \pm 0,1$  °C. Una vez alcanzado el equilibrio térmico y en agitación magnética, medir la K de la muestra. La medición exige que se establezca la condición de equilibrio térmico y/o termodinámico reflejado en la invarianza del valor de K observado en el aparato.

**5.** Repetir los pasos 3 y 4 para obtener nuevas medidas. Como mínimo 03 repeticiones.

**6.** Expresión de resultados:

$$K(1/100,^{\circ}\text{C}) = \text{valor} \pm SD$$

Figura 29: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.8



**FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341  
Jesús María (Lima 11) - PERÚ - Tlf. 4231669  
Email: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

[www.fractalquimicos.pe](http://www.fractalquimicos.pe)

■ ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN EN FÍSICOQUÍMICA Y ANALÍTICA - I-D. EN QUÍMICA - ASESORÍA Y CAPACITACIÓN - APARATOS Y REACTIVOS ■

### 3. MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

#### 3.3. FÓSFORO TOTAL INORGÁNICO – P ( $P_2O_5$ )

Referencias: AOAC 993.31 (espectrofotométrico del molibdovanadofosfato)  
APHA, AWWA, WPCF. MÉTODOS NORMALIZADOS. Edic. Diaz de Santos S. A.Madrid (ESPAÑA), 4500-P D, pp.4-197...4-199 (1992).

Principio: El molibdato de amonio al reaccionar con el anión fosfato presente en una muestra, forma el ácido molibdofosfórico, que con el cloruro de estaño se reduce al compuesto azul de molibdeno (molibdovanadofosfato) con una intensidad de color proporcional a la concentración del fosfato. La sensibilidad del método permite una determinación de hasta 7 microgramos de fósforo por un litro de muestra. La muestra debe estar libre de amonio.

Interferencias: cualquier forma de compuestos de amonio, silicatos y arsenatos.  
Los fosfitos no dan reacción positiva, por lo que se transforman primero a fosfatos por digestión ácida o acenización.

Concentración mínima detectable: 7 microgramos por litro de solución.

Aparatos: Balanza analítica calibrada.  
Espectrofotómetro VIS rango 340 – 1000 nm  
Sistema de filtración milipore con filtros de 0,45 micras  
Pipetas automáticas variables de 100 y 1000 microlitros

Reactivos: Patrón de fósforo-P de 10ppm (preparado con  $KH_2PO_4$ )  
Molibdato de amonio (1,5g de molibdato de amonio + 68,4 ml HCl-6N completado a 100 ml con agua)  
Reductor de estaño (2,5g de  $SnCl_2 \cdot 2H_2O$  en 100 ml de glicerol, calentar hasta disolución)  
Indicador de fenolftaleína  
Hidróxido de sodio, NaOH-0,05N  
Acido clorhídrico, HCl-0,01N.

Figura 30: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.9



## FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341  
Jesús María (Lima 11) – PERÚ - Tlf. 4231669  
Email: [fractal@fractalquimicos.com](mailto:fractal@fractalquimicos.com)

[www.fractalquimicos.pe](http://www.fractalquimicos.pe)

ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN EN FÍSICOQUÍMICA Y ANALÍTICA – I+D EN QUÍMICA – ASESORÍA Y CAPACITACIÓN – APARATOS Y REACTIVOS

### Procedimiento:

1. Pesar analíticamente 2 ml de la muestra y acenizar según los procedimientos de la sección 2.5. Disolver con HCl-6N, evaporar a sequedad y completar a un volumen de 25 ml. Filtrar la solución con membrana de 0,45 micras.
2. A partir de la concentración referencial de la muestra, tomar un alícuota y diluir con agua, adicionar fenolftaleína y neutralizar con NaOH-0,05N y HCl-0,01. La solución neutralizada diluir hasta una concentración aproximada de 10ppm de fósforo-P.
3. Desarrollar el cuadro para la obtención de la curva de calibración y la determinación cuantitativa de fósforo

### Cuadro para la determinación cuantitativa de Fósforo

Tubo	Patrón – P 10 ppm (µL)	Fósforo P (µg)	Fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (µg)	Agua (µL)	Molibdato de amonio (µL)	Reductor (5⊕+1mlH <sub>2</sub> O) (µL)	Agua* (µL)	Absorbancia* λ = 650nm
1	0	0,000	0,000	1000	60	50	1000	
2	25	0,250	0,573	975	60	50	1000	
3	50	0,500	1,15	950	60	50	1000	
4	75	0,750	2,29	925	60	50	1000	
M1	50			950	60	50	1000	
M2	50			950	60	50	1000	

\* Leer en el espectrofotómetro después de 10 minutos y antes de 30 minutos de culminado la adición 1000microlitros de agua.

µg = microgramos ( 1µg = 1 x 10<sup>-6</sup> gramos)

µL = microlitros.

M1 y M2: muestras

### Datos complementarios:

$$P_2O_5 = 141,95 \text{ g/mol}$$

$$P = 30,97 \text{ g/mol} \quad (2P = 61,95)$$

4. Leer las absorbancias a 650 nm, construir la curva de calibración cuyo coeficiente de regresión debe estar en el orden de 0,99 y determinar el contenido de fósforo en cada muestra considerando los factores de dilución correspondientes.

$$P_2O_5(\%p/p) = \frac{P_2O_5 \text{ det er min ado}}{\text{PesoMuestra}} \times 100$$

Cálculos:

$$P_2O_5(\%p/v) = P_2O_5(\%p/p) \times \text{Densidad}$$

Precisión: las variaciones entre una y otra determinación difieren en 0,5%.

Figura 31: Procedimiento de análisis de los parámetros a evaluar en el laboratorio Fractal Químicos p.10

**Tabla 13:** Operalización de Variables

<b>OBJETIVO GENERAL</b>	Analizar las diferencias del ICA-NSF y los índices de calidad del agua diseñado para la microcuenca de Cachimayo			
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>AUTORES</b>
<b>Diseñar un índice de calidad para determinar la calidad del agua de la microcuenca de Cachimayo</b>	Calidad del agua en la microcuenca Cachimayo por método ICA propuesto	Parámetros de calidad de agua Cálculo de ICA vasado en Clasificación de calidad de agua	pH DBO5 DQO Nitratos Fosfatos Oxígeno Disuelto Temperatura Turbidez Solidos Disueltos Totales Coliformes Termotolereantes Amoniaco Conductividad Eléctrica	ICARHS – ANA - 2017
<b>Determinar la calidad del agua de la microcuenca de Cachimayo aplicando el ICA-NSF y el ICA diseñado</b>	Calidad de Agua en microcuenca Cachimayo por método ICA-NSF	9 parámetros de calidad de agua Cálculo de ICA-NSF Clasificación de calidad de agua ICA-NSF	Coliformes Fecales pH DBO5 Nitratos Fosfatos Temperatura Turbidez Solidos Disueltos Totales Oxígeno Disuelto	SNET – 2015
<b>Realizar un análisis comparativo entre el ICA-NSF. Y el ICA diseñado</b>				

Fuente: elaboración propia





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Observaciones: Los datos son consistentes para agur dules de calidad material

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable     Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg: Dr. Jesús Américo Cjuno H.    DNI: 23850854

Especialidad del validador: Doctor en Ciencias Químicas

29 de abril del 2022

Firma del Experto Informante.

Especialidad

R.C.B.P. N.º 452

Figura 32: Validación de expertos del Dr. Jesus Americo Cjuno H. p.1



DATOS GENERALES - Medición de Datos

Apellidos y Nombres: .....

Cargo e instrumento motivo de evaluación: .....

Autor del Instrumento: Salas Quispe Luis Diego

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIO	INDICADORES	INACEPTABLE			MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE		
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X
Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X
Organización	Existe una organización lógica								X	
Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y científicos									X
Coherencia	Existe coherencia entre los objetivos variables e indicadores									X
Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr los objetivos								X	

OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
—
580

PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 29 de abril del 2022

*[Firma]*  
 Firma del Experto informante  
 DNI N° 23850854  
 Telef: 997087771

Figura 33: Validación de expertos del Dr. Jesus Americo Cjuno H. promedio 96.7 p.2



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Observaciones: \_\_\_\_\_

Criterio de aplicabilidad: Aplicable     Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg: O CJUNO HUANCA OLGA LIBIA ..... DNI: 23941477

Especialidad del validador: Biologo - Toxicologia - control de calidad. ....

24 de 03 del 2022

*Olga Cjuno*

Firma del Experto Informante.  
Especialidad

Figura 34: Validación de expertos por Olga Libia Cjuno H. p.1



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

DATOS GENERALES - Medición de Datos

Apellidos y Nombres: CJUNO HUANCA OLGA LIBIA

Cargo e instrumento motivo de evaluación: Docente - Biología

Autor del Instrumento: Salas Quispe Luis Diego

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIO	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE		
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.							X		
Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.								X	
Organización	Existe una organización lógica									X
Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y científicos								X	
Coherencia	Existe coherencia entre los objetivos variables e indicadores								X	
Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr los objetivos									X

OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si

PROMEDIO DE VALORACIÓN

91.6

Lima 21 de marzo del 2022

Firma del Experto informante Olga Huanca

DNI N° 23941477

Telef: 942 978 099

REDMI NOTE 8 AI QUAD CAMERA

Figura 35: Validación de expertos por Olga Libia Cjuno H. promedio: 91.6 p.2

Observaciones:

*Mejorar la redacción del documento de validación*

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable

Aplicable después de corregir

No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg:

*Quispe Caceres Armando Zacarias*

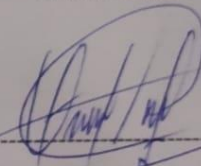
DNI: *02887534*

Especialidad del

validador:

*Ing. Agronomo, Magister Ciential y Candidato a Doctor  
en Ciencias Ambientales - UNP*

.....de..... del 2022



Firma del Experto informante.

Especialidad



REDMI NOTE 8  
AI QUAD CAMERA

Figura 36: Validación por expertos de Armando Z. Quispe Caceres.

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**DATOS GENERALES - Medición de Datos**

Apellidos y Nombres: Quispe Cáceres Armando Zacarías

Cargo e instrumento motivo de evaluación: Docente Fac. Agronomía - Universidad Nac. de Perú

Autor del Instrumento: Salas Quispe Luis Diego

**ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIO	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE		
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.								X	
Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X
Organización	Existe una organización lógica								X	
Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y científicos								X	
Coherencia	Existe coherencia entre los objetivos variables e indicadores									X
Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr los objetivos								X	

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

**PROMEDIO DE VALORACIÓN**

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

Lima 21 de mayo del 2022

Firma del Experto informante [Firma]

DNI N° 02887534

Telef: 985 244 715

● ○ REDMI NOTE 8  
∞ AI QUAD CAMERA

Figura 37: Validación por expertos de Armando Z. Quispe Cáceres Promedio 93.3.





*Figura 38: Muestreo punto 1 Tambomachay p.1*



*Figura 40: Muestreo punto 1 Tambomachay p.2*

*Figura 39: Muestreo punto 1 Tambomachay p.1*



*Figura 42: Muestreo punto 1 Tambomachay p.3*

*Figura 41: Muestreo punto 1 Tambomachay p.2*



*Figura 44: Muestreo punto 1 Tambomachay p.4*

*Figura 43: Muestreo punto 1 Tambomachay p.3*

*Figura 45: Muestreo punto 1 Tambomachay p.4*





*Figura 46: Muestreo punto 1 Tambomachay p.5*



*Figura 48: Muestreo punto 1 Tambomachay p.6*

*Figura 47: Muestreo punto 1 Tambomachay p.5*

*Figura 49: Muestreo punto 1 Tambomachay p.6*



*Figura 50: Muestreo punto 2 Cari Grande p.1*



*Figura 52: Muestreo punto 2 Cari Grande p.2*

*Figura 51: Muestreo punto 2 Cari Grande p.1*

*Figura 53: Muestreo punto 2 Cari Grande p.1*  
*Figura 54: Muestreo punto 2 Cari Grande p.2*





Figura 55: Muestreo punto 2 Cari Grande p.3



Figura 58: Muestreo punto 2 Cari Grande p.4

Figura 56: Resultados del Análisis Físicoquímico y Biológicos del laboratorio Fractal Químicos. Figura 57: Muestreo punto 2 Cari Grande p.3

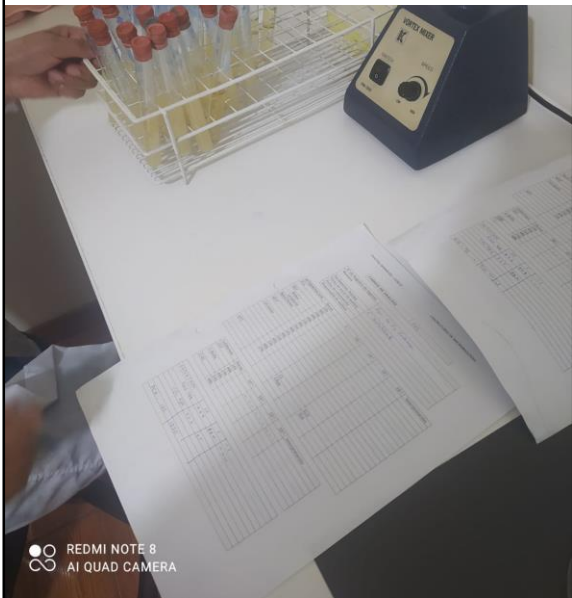


Figura 61: Resultados de los análisis Microbiológicos p.1

Figura 59: Muestreo punto 2 Cari Grande p.3 Figura 60: Muestreo punto 2 Cari Grande p.4



Figura 63: Resultados de los análisis Microbiológicos p.2

Figura 62: Resultados de los análisis Microbiológicos p.1

Figura 64: Muestreo punto 2 Cari Grande p.4 Figura 65: Resultados de los análisis Microbiológicos p.2



## FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.

RUC 20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341  
Jesús María (Lima 11) - PERÚ - Tlf. 4231669  
Email: fractal@fractalquimicos.com

www.fractalquimicos.pe

■ ENSAYOS Y CERTIFICACION EN FISICOQUIMICA Y ANALITICA - IOD EN QUIMICA - ASESORIA Y CAPACITACION - APARATOS Y REACTIVOS ■

### ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUAS

110980 - 042022

**SOLICITANTE :** **Luis Diego Salas Quispe**  
Proyecto de Tesis de Pre-grado:  
"Análisis comparativo del índice de calidad de agua e ICA-NFS en la microcuenca de Cachimayo, Cusco, Perú-2022"

**02-MUESTRAS :** **AGUAS SUPERFICIALES DE LA MICROCUENCA DE CACHIMAYO - CUSCO**  
01 - PUNTO DE MUESTREO-1  
02 - PUNTO DE MUESTREO-2

**ANÁLISIS / ENSAYOS :** **ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y ENSAYO BACTERIOLÓGICO DE:**  
OXIGENO DISUELTO, TURBIDEZ, SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS, NITRATOS, FOSFATOS, AMONIACO, DQO, DBOS, BACTERIAS HETEROTROFAS Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES.

**LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS :** FQ. 19-04-2022.  
**FECHA DE ANÁLISIS :** 19-04-2022 al 25-04-2022.  
**FECHA DE INFORME :** 26-04-2019. (08-Páginas)

### RESULTADOS

INDICADOR I/O PARAMETRO	Punto de MUESTREO-1	Punto de MUESTREO-2	BLANCO VIAJERO
1. Oxígeno disuelto - OD (Porcentaje de saturación, %)	80,4 ± 2,0	85,0 ± 2,0	83,0 ± 2,0
2. N. Coliformes (NMP/100ml)	23	240	-
3. pH*	7,49 ± 0,01	7,94 ± 0,01	7,56 ± 0,01
4. Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /litro)	7,88 ± 0,40	4,42 ± 0,22	7,07 ± 0,35
5. Nitratos - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/litro)	1,89 ± 0,03	1,66 ± 0,03	1,80 ± 0,03
6. Fosfatos - PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/litro)	0,0751 ± 0,0040	0,0760 ± 0,0040	0,0757 ± 0,0040
7. Variación de temperatura** (°C)	2,50	2,50	2,50
8. Turbidez - UNT	29,9 ± 1,0	1,50 ± 0,05	33,3 ± 1,0
9. Sólidos totales no volátiles - ST (mg/litro)	881 ± 18	1490 ± 30	887 ± 18

\* Mediciones in situ. \*\*Entre 11,0 °C (a.m.) a 8,50°C (p.m.)

INDICADOR I/O PARAMETRO COMPLEMENTARIOS	Punto de MUESTREO-1	Punto de MUESTREO-2	BLANCO VIAJERO
Conductividad eléctrica - K (microSiemens/cm)	975 ± 10	1984 ± 20	978 ± 10
pH	7,42 ± 0,01	7,94 ± 0,01	7,56 ± 0,01
Amoniaco - NH <sub>3</sub> (mg /litro)	0,00 ± 0,02	0,00 ± 0,02	0,00 ± 0,02
Demanda Química de Oxígeno - DQO (mg O <sub>2</sub> /litro)	10,5 ± 0,1	5,52 ± 0,1	10,1 ± 0,1
Sólidos sedimentables - SS (ml)	< 0,25	< 0,25	< 0,25

#### MÉTODOS NORMALIZADOS:

APHA, AWWA, WPCF MÉTODOS NORMALIZADOS. Edic. Diaz de Santos S.A. Madrid (ESPAÑA), 1992.

1. Oxímetro-Electrodo selectivo de O<sub>2</sub> disuelto. 2. Indicados en Informe. 3. Electrométrico. 4. DBO<sub>5</sub>: Método manométrico. D.D. Mara. Bacteriology for Sanitary Engineers. Churchill-Livingstone, 1974, pp.174-180. 5. Espectrofotométrico del sulfosalicilato a 408nm. 6. Espectrofotométrico del molibdato de amonio y cloruro de estaño a 650nm. 7. Termómetro digital. 8. Turbidimetría con estándares de Formazina. 9. Gravimétrico en muestra sobrenadante del cono Imhoff después de 30 minutos. DQO: Oxidación química con dicromato de potasio y determinación espectrofotométrica a 575nm. Amoniaco-NH<sub>3</sub>, destilación y valoración Kjeldahl. Conductividad eléctrica - K: electrométrico.

Dr. **LUIS AMERICO QUINONES**  
QUÍMICO  
N° Reg. C.C.P. 452

Figura 66: Resultados del Análisis Físicoquímico y Biológicos del laboratorio Fractal Químicos.

Figura 67: Resultados del análisis Microbiológicos en el punto 1  
Figura 68: Resultados del Análisis Físicoquímico y Biológicos del laboratorio Fractal Químicos.



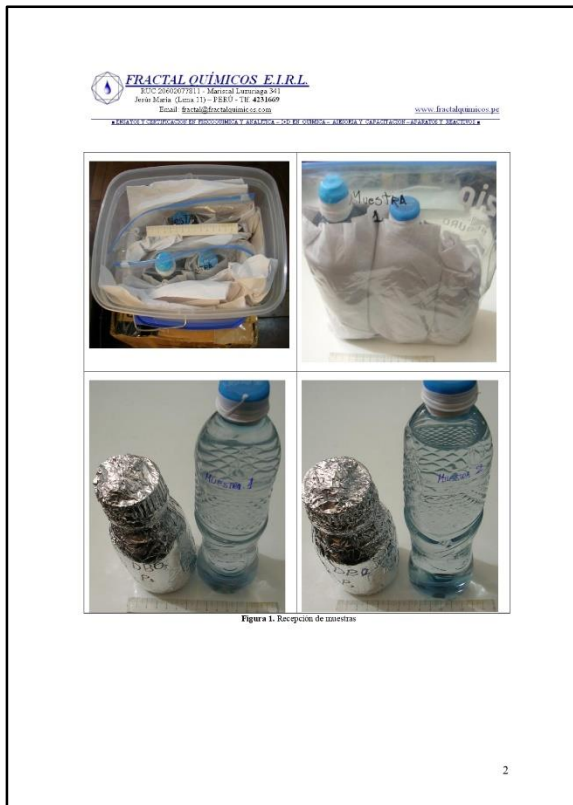


Figura 69: Muestras recibidas por el Laboratorio Fractal Químicos



Figura 71: Procesamiento de las muestras en el laboratorio Fractal Químicos p.1

Figura 70: Muestras recibidas por el Laboratorio Fractal Químicos

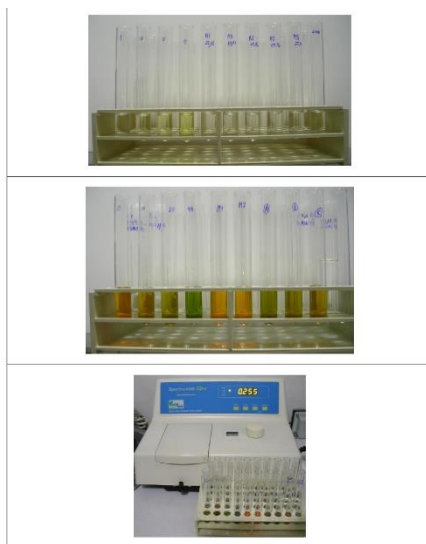


Figura 74: Procesamiento de las muestras en el laboratorio Fractal Químicos p.1

Figura 75: Procesamiento de las muestras en el laboratorio Fractal Químicos p.1

Figura 72: Muestras recibidas por el Laboratorio Fractal Químicos  
Figura 73: Procesamiento de las muestras en el laboratorio Fractal Químicos p.1

SOLICITADO POR : Sr. Diego Salas Quispe  
 Proyecto de Investigación: "Análisis comparativo del índice de calidad de agua e ICA-NFS en la microcuenca de Cachimayo, Cusco, Perú-2022"

DIRECCION LEGAL : Calle Belén 472  
 PROVINCIA : Cusco  
 DEPARTAMENTO : Cusco  
 SOLICITUD DE SERVICIO : 02-2022  
 FECHA DE SOLICITUD DE SERV. : 04.04.2022  
 ENSAYOS SOLICITADOS : Bacteriológicos.

MUESTRA : AGUA DE MICROCUENCA DE CACHIMAYO  
 Punto de Muestreo : P-1 19L178486.27E, 8508051.89N, 3825m  
 Departamento : Cusco  
 Nº de muestras : 01  
 Volumen : 300ml aprox.  
 Muestreador : Diego Salas Quispe  
 Fecha de Muestreo / Hora : 04.04.2022.

ENSAYOS BACTERIOLÓGICOS	RESULTADOS
1. N. Bacterias heterótrofas ufc/ml.	8,0 x 10 <sup>2</sup>
2. N. Coliformes termotolerantes NMP/100mL.	23

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO: Técnica de fermentación en tubo múltiple (APHA-AWWA-WPCF Métodos Normalizados para análisis de agua potable y residuales)  
 9215A Recuento heterótrofo en placa.  
 9221C Procedimiento de NMP para Coliformes termo tolerantes.

- ADVERTENCIA:
- El muestreo, las condiciones de muestreo, el transporte de la muestra hasta el ingreso al Laboratorio es de responsabilidad del solicitante.
  - Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización del Laboratorio.
  - Válido solo para la muestra analizada.

Cusco, 14 de abril de 2022.

*Olga Jimeno*  
 Olga Lilibi Jimeno Huanca

*Diego Salas Quispe*  
 Diego Salas Quispe

Figura 76: Resultados del análisis Microbiológicos en el punto 1

Figura 77: Resultados del análisis Microbiológicos en el punto 1

**FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.**  
 RUC 206027811 - Muroca Larampa 341  
 Benito José (Lima 1) - P.O. Box 421160  
 Email: fractal@fractalquimicos.com      www.fractalquimicos.com

---

**INFORME DE ENSAYOS BACTERIOLÓGICOS**  
 N° 0104-2022

**SOLICITADO POR** : Sr. Diego Salas Quispe  
 Proyecto de Investigación: "Análisis comparativo del índice de calidad de agua e ICA-NFS en la microcuenca de Cachimayo, Cusco, Perú-2022"

**DIRECCION LEGAL** : Calle Balén 472  
**PROVINCIA** : Cusco  
**DEPARTAMENTO** : Cusco.  
**SOLICITUD DE SERVICIO** : 02-2022  
**FECHA DE SOLICITUD DE SERV.** : 04.04.2022  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : Bacteriológicos.

**MUESTRA** : AGUA DE MICROCUENCA DE CACHIMAYO  
**Punto de Muestreo** : P-4 19L18104-98E, 8503395-43N, 3352m  
**Departamento** : Cusco.  
**N° de muestras** : 01  
**Volumen** : 300ml aprox.  
**Muestreador** : Diego Salas Quispe  
**Fecha de Muestreo / Hora** : 04.04.2022.  
**RESULTADOS** :

ENSAYOS BACTERIOLÓGICOS	RESULTADOS
1. N. Bacterias heterótrofas ufc/ml.	3,6 x 10 <sup>3</sup>
2. N. Coliformes termotolerantes NMP/100ml.	460

**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:** Técnica de fermentación en tubo múltiple (APHA-AWWA-WPCF Métodos Normalizados para análisis de agua potable y residuales)  
 9215A Recuento heterótrofo en placa.  
 9221C Procedimiento de NMP para Coliformes termo tolerantes.

**ADVERTENCIA:**

- El muestreo, las condiciones de muestreo, el transporte de la muestra hasta el ingreso al Laboratorio es de responsabilidad del solicitante.
- Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización del Laboratorio.
- Válido solo para la muestra analizada.

Cusco, 14 de abril de 2022.

  
 Olga Liliba Cuzco Huanca  
 BIÓLOGA  
 CIP 3140



8

*Figura 78: Resultados de los análisis Microbiológicos en el punto 2*

*Figura 79: Resultados de los análisis Microbiológicos en el punto 2*