



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“Comparación entre los Índices ICARHS e ICA-NSF en la calidad
de agua para consumo humano en la Comunidad Huisapata-
Ocoruro-Espinar-Cusco 2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Chipana Balcona, Katerin Milagros (ORCID: 0000-0002-8242-7061)

Crisostomo Huayllani, Zaida (ORCID: 0000-0003-2678-5486)

ASESORA:

Mg. Aliaga Martinez Maria Paulina (ORCID: 0000-0003-2767-4825)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, a mis papas, mis hermanas porque fueron la base de toda mi formación y de mi vida por el apoyo incondicional que se conservó por completo a lo largo del tiempo.

Katerin Milagros Chipana Balcona

Agradezco a Dios por estar a mi lado en cada paso que doy, y a mis padres por todo el apoyo y fortaleza que me han brindado, agradezco a mi asesora, por ser mi guía constante en el desarrollo de esta investigación.

Zaida Crisostomo Huayllani

AGRADECIMIENTO

a la Universidad Cesar Vallejo permitirme pertenecer a su comunidad universitaria y brindarme el título de mi profesión.

A la Ms.C. María Paulina Aliaga Martínez por su orientación y aportes durante el desarrollo de la presente investigación .

A los integrantes del jurado por su dedicación, sus observaciones y recomendaciones.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	37
3.1. Tipo y diseño de investigación	37
3.2. Variables y operacionalización.....	38
3.3. Población, muestra y muestreo.....	39
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	40
3.5. Procedimientos	42
3.6. Método de análisis de datos.....	51
3.7. Aspectos éticos	51
IV. RESULTADOS.....	53
V.DISCUSIÓN	62
VI. CONCLUSIONES.....	65
VII. RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS	67
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Ecuaciones de cálculo empleadas para la determinación del ICA</i>	16
<i>Tabla 2 Parámetros necesarios para calcular el ICARHS</i>	17
<i>Tabla 3 Interpretación de la calificación ICARHS</i>	19
<i>Tabla 4 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (Categoría 1 Subcategoría A)</i>	20
<i>Tabla 5 Factores de ponderación según el método ICA – NSF para cada parámetro evaluado</i>	25
<i>Tabla 6 Calificación de la calidad del agua según el método ICA – NSF</i>	25
<i>Tabla 7 Ajuste de curvas para determinación de factores de escala Qi</i>	28
<i>Tabla 8 Rotulo de identificación de muestra</i>	31
<i>Tabla 9 Operacionalización de variables</i>	38
<i>Tabla 10 La población (universo) del trabajo de investigación</i>	39
<i>Tabla 11 Muestra del trabajo de investigación</i>	40
<i>Tabla 12 Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	41
<i>Tabla 13 Métodos, equipos y materiales</i>	41
<i>Tabla 14 Coordenadas de ubicación de los manantiales estudiados</i>	44
<i>Tabla 15 Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado</i>	48
<i>Tabla 16 Resultados obtenidos para ICARHS del manantial Ccacyuma y el manantial Chuca</i>	53
<i>Tabla 17 Resultados obtenidos para ICA-NSF del manantial Ccacyuma y manantial Chuca</i>	54
<i>Tabla 18 Resultados de parámetros ICARHS del manantial Ccacyuma</i>	55
<i>Tabla 19 Resultados de parámetros ICARHS del manantial Chuca</i>	56
<i>Tabla 20 Rango de calidad según el método ICA-NSF para el manantial Ccacyuma</i>	57
<i>Tabla 21 Rango de calidad según el método ICA-NSF para el manantial Chuca</i>	58
<i>Tabla 22 Presupuesto para la obtención de parámetros ICARHS</i>	59
<i>Tabla 23 Presupuesto para la obtención de parámetros ICA-NSF</i>	59
<i>Tabla 24 Calificación de la calidad del agua para los manantiales Ccacyuma y Chuca ICARHS</i>	61

Tabla 25 Calificación de la calidad del agua para los manantiales

Ccacayuma y Chuca ICA-NSF..... 61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Determinación de subíndices del ICARHS	21
Figura 2. Icono propuesto para la representación del ICARHS.....	21
Figura 3. Función de calidad NSF demanda bioquímica de oxígeno	26
Figura 4. Función de calidad NSF porcentaje de saturación de oxígeno disuelto.....	26
Figura 5. Función de calidad NSF coliformes fecales	26
Figura 6. Función de calidad NSF nitratos	26
Figura 7. Función de calidad NSF potencial de hidrogeno (pH)	26
Figura 8. Función de calidad NSF diferencia de temperatura	26
Figura 9. Función de calidad NSF solidos totales	27
Figura 10. Función de calidad NSF ortofosfatos	27
Figura 11. Función de calidad NSF turbidez	27
Figura 12. Representación gráfica de las etapas del procedimiento de estudio.....	42
Figura 13. Ubicación los manantiales de la zona de estudio.....	43
Figura 14. Ubicación los manantiales de la zona de estudio.....	44
Figura 15. Toma de muestras	46
Figura 16. Etiquetado de muestras	46
Figura 17. Acondicionamiento y preservación de muestras	47
Figura 18. Utilización de preservantes para las muestras	49
Figura 19. Obtención de parámetros en campo con un multímetro.....	50
Figura 20. Representación gráfica final obtenidos con el ICARHS para manantial Ccacyuma.....	55
Figura 21. Representación gráfica final obtenidos con la metodología ICARHS para el manantial Chuca	56
Figura 22. Factor de escala para $\Delta T(C^\circ)$ del manantial Ccacyuma.....	120
Figura 23. Factor de escala para oxígeno disuelto del manantial Ccacyuma	120
Figura 24. Factor de escala para pH del manantial Ccacyuma.....	121
Figura 25. Factor de escala para turbidez del manantial Ccacyuma.....	121
Figura 26. Factor de escala para DBO_5 del manantial Ccacyuma	122
Figura 27. Factor de escala para P-Ortofostados del manantial Ccacyuma .	122

Figura 28. Factor de escala para nitratos del manantial Ccacyuma.....	123
Figura 29. Factor de escala para solidos totales del manantial Ccacyuma...	123
Figura 30. Factor de escala para coliformes fecales del manantial Ccacyuma	124
Figura 31. Factor de escala para $\Delta T(C^\circ)$ del manantial Chuca	125
Figura 32. Factor de escala para oxígeno disuelto del manantial Chuca	125
Figura 33. Factor de escala para pH del manantial Chuca	126
Figura 34. Factor de escala para turbidez del manantial Chuca	126
Figura 35. Factor de escala para DBO ₅ del manantial Chuca.....	127
Figura 36. Factor de escala para P-Ortofostados del manantial Chuca	127
Figura 37. Factor de escala para nitratos del manantial Chuca	128
Figura 38. Factor de escala para solidos totales del manantial Chuca	128
Figura 39. Factor de escala para coliformes fecales del manantial Chuca ...	129

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1: Declaratoria de Originalidad de los autores</i>	73
<i>Anexo 2: Declaratoria de autenticidad del asesor</i>	74
<i>Anexo 3: Matriz de operacionalización de variables</i>	75
<i>Anexo 4: Autorización de Publicación en Repositorio Institucional</i>	76
<i>Anexo 5: Ficha de cadena de custodia (Instrumento de recolección de datos)</i>	77
<i>Anexo 6: Ficha de datos de campo</i>	78
<i>Anexo 7: Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICARHS Ccacyuma y Chuca</i>	79
<i>Anexo 8: Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICA-NSF Ccacyuma y Chuca</i>	80
<i>Anexo 9: Ficha para obtención del valor numérico ICARHS Ccacyuma</i>	81
<i>Anexo 10: Ficha para obtención del valor numérico ICARHS Chuca</i>	82
<i>Anexo 11: Ficha para obtención del valor numérico ICA-NSF</i>	83
<i>Anexo 12: Ficha para obtención del valor numérico ICA-NSF</i>	84
<i>Anexo 13: Solicitud y Validación de experto 1</i>	85
<i>Anexo 14: Solicitud y Validación de experto 2</i>	92
<i>Anexo 15: Solicitud y Validación de experto 3</i>	99
<i>Anexo 16: Panel fotográfico manantial Chuca</i>	106
<i>Anexo 17: Panel fotográfico manantial Ccacyuma</i>	107
<i>Anexo 18: Documento para solicitar permiso para toma de muestras</i>	108
<i>Anexo 19: Carta de aprobación para toma de muestras de agua</i>	109
<i>Anexo 20: Certificado de calibración del multímetro (Temperatura)</i>	110
<i>Anexo 21: Certificado de calibración del multímetro (pH)</i>	111
<i>Anexo 22: Certificado de calibración del multímetro (Oxígeno Disuelto)</i>	112
<i>Anexo 23: Informe de ensayo del laboratorio</i>	113
<i>Anexo 24: Informe de costos de los ensayos realizados</i>	115
<i>Anexo 25: Capacidad de oxígeno disuelto al 100% (mg/l)</i>	117
<i>Anexo 26: Procedimientos de cálculo de ICARHS del manantial Ccacyuma</i>	118
<i>Anexo 27: Procedimientos de cálculo de ICARHS del manantial Chuca</i>	119

<i>Anexo 28: Obtención de factores de escala “Qi” para del manantial Ccacyuma</i>	<i>120</i>
<i>Anexo 29: Obtención de factores de escala “Qi” para del manantial Chuca .</i>	<i>125</i>
<i>Anexo 30: Informe de originalidad Turnitin.....</i>	<i>130</i>
<i>Anexo 31: Acta de Sustentación de Tesis.....</i>	<i>131</i>

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación expone la comparación del Índice de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales y el índice de calidad del agua según la Fundación Nacional de Saneamiento en adelante ICARHS e ICA-NSF respectivamente a través de la evaluación de las aguas para consumo humano de manantiales (Ccacyuman y Chuca) de la comunidad Huisapata del distrito de Ocoruro provincia de Espinar departamento del Cusco correspondiente al año 2021. El principal objetivo de este trabajo determinar las diferencias (económicas y forma de calificación) entre el ICARHS y el ICA-NSF de las aguas de la comunidad Huisapata. El diseño metodológico utilizado para alcanzar los objetivos comprende un tipo de investigación aplicado, con un enfoque cuantitativo, y un diseño no experimental transversal de tipo descriptivo. Los resultados de los parámetros obtenidos para el ICARHS e ICA-NSF de Ccacyuma fueron: Amoniac $<0,12\text{mg NH}_3/\text{l}$, Coliformes Fecales 49 NMP/100ml, $\text{DBO}_5 <2,0\text{ mg/l}$, DQO $<5\text{ mg/l}$, OD 6,8 mg/l, pH 6,35, Aluminio $<0,003\text{ mg/l}$, Arsénico $0,0059\text{ mg/l}$, Cadmio $<0,0002\text{ mg/l}$, Fosforo $<0,006\text{ mg/l}$, Hierro $<0,002\text{mg/l}$, Manganeso $<0,00005\text{mg/l}$, Plomo $<0,003\text{mg/l}$, ST $82,00\text{mg/l}$, $T^\circ 9,2^\circ\text{C}$, Turbidez $0,90\text{NTU}$, Nitrato $0,78\text{mg/l}$, P-Ortofosfato $<0,04\text{mg/l}$; y Chuca: $\text{DBO}_5 <2,0\text{ mg/l}$, DQO 8 mg/l , OD $4,1\text{ mg/l}$, pH 6,36, Aluminio $<0,003\text{ mg/l}$, Arsénico $<0,0010\text{ mg/l}$, Cadmio $<0,0002\text{ mg/l}$, Fosforo $0,036\text{ mg/l}$, Hierro $<0,002\text{ mg/l}$, Manganeso $<0,00005\text{ mg/l}$, Plomo $<0,003\text{ mg/l}$, ST $120,00\text{ mg/l}$, $T^\circ 13,5\text{ }^\circ\text{C}$, Turbidez $1,00\text{ NTU}$, Nitrato $2,55\text{ mg/l}$ y P-Ortofosfato $<0,04\text{ mg/l}$. La calificación ICARHS del Manantial Ccacyuma es 81.2 (Bueno), y el Manantial Chuca es 72.3 (Regular), el rango de calidad según el ICA-NSF de Ccacyuma es 83.07 (Buena) y Chuca es de 78.58 (Buena). Finalmente se concluye que los índices ICARHS e ICA-NSF son buenas herramientas para evaluar la calidad de las aguas con la ventaja y diferencia de que la técnica estadounidense es más económica que el método peruano; además la calificación de la calidad del agua según el ICARHS depende del menor valor de dos subíndices, S_1 y S_2 , mientras que la calificación del ICA-NSF depende sólo de una ecuación de tipo aditivo.

Palabras clave: ICARHS, ICA-NSF, Agua para consumo humano, calidad de agua.

ABSTRACT

The following research work exposes the comparison of the Surface Water Resources Quality Index and the water quality index according to the National Sanitation Foundation, hereinafter ICARHS and ICA-NSF, respectively, through the evaluation of water for human consumption of springs (Ccacyuman and Chuca) of the Huisapata community of the district of Ocoruro province of Espinar department of Cusco corresponding to the year 2021. The main objective of this work is to determine the differences (economic and form of qualification) between the ICARHS and the ICA-NSF of the waters of the Huisapata community. The methodological design used to achieve the objectives comprises a type of applied research, with a quantitative approach, and a descriptive cross-sectional non-experimental design. The results of the parameters obtained for the ICARHS and ICA-NSF of Ccacyuma were: Ammonia $<0.12\text{mg NH}_3 / \text{l}$, Fecal Coliforms $49\text{ NMP} / 100\text{ml}$, BOD5 $<2.0\text{ mg} / \text{l}$, COD $<5\text{ mg} / \text{l}$, OD $6.8\text{ mg} / \text{l}$, pH 6.35, Aluminum $<0.003\text{ mg} / \text{l}$, Arsenic $0.0059\text{ mg} / \text{l}$, Cadmium $<0.0002\text{ mg} / \text{l}$, Phosphorus $<0.006\text{ mg} / \text{l}$, Iron $<0.002\text{mg} / \text{l}$, Manganese $<0.00005\text{mg} / \text{l}$, Lead $<0.003\text{mg} / \text{l}$, ST $82.00\text{mg} / \text{l}$, T 9.2°C , Turbidity 0.90NTU , Nitrate $0.78\text{mg} / \text{l}$, P-Orthophosphate $<0.04\text{mg} / \text{l}$; and Chuca: BOD5 $<2.0\text{ mg} / \text{l}$, COD $8\text{ mg} / \text{l}$, OD $4.1\text{ mg} / \text{l}$, pH 6.36, Aluminum $<0.003\text{ mg} / \text{l}$, Arsenic $<0.0010\text{ mg} / \text{l}$, Cadmium $<0.0002\text{ mg} / \text{l}$, Phosphorus $0.036\text{ mg} / \text{l}$, Iron $<0.002\text{ mg} / \text{l}$, Manganese $<0.00005\text{ mg} / \text{l}$, Lead $<0.003\text{ mg} / \text{l}$, ST $120.00\text{ mg} / \text{l}$, T 13.5°C , Turbidity 1.00 NTU , Nitrate $2.55\text{ mg} / \text{l}$ and P-Orthophosphate $<0.04\text{ mg} / \text{l}$. The ICARHS rating of the Ccacyuma Spring is 81.2 (Good), and the Chuca Spring is 72.3 (Regular), the quality range according to the ICA-NSF of Ccacyuma is 83.07 (Good) and Chuca is 78.58 (Good). Finally, it is concluded that the ICARHS and ICA-NSF indices are good tools to evaluate water quality with the advantage and difference that the American technique is cheaper than the Peruvian method; Furthermore, the water quality rating according to ICARHS depends on the lower value of two subscripts, S1 and S2, while the ICA-NSF rating depends only on an additive type equation.

Keywords: ICARHS, ICA-NSF, Water for human consumption, water quality.

I. INTRODUCCIÓN

Para tener una idea clara de la realidad problemática de la presente investigación, titulada “Comparación entre los índices ICARHS e ICA-NSF en la calidad de agua para consumo humano en la comunidad Huisapata-Ocoruro-Espinar-Cusco 2021” se inicia planteándolo desde un enfoque internacional, es por ello que de acuerdo a OMS (2020), la cantidad de agua que se consume se ha incrementado por un factor de seis a inicios del año 2000 y sigue creciendo anualmente a razón del 1% , también debe tenerse en cuenta que el cambio climático ha traído eventos extremos como sequías y olas de calor los cuales se agravan día con día, lo que contribuye con el deterioro de la calidad del agua que conduce a un impacto negativo en las sociedades afectadas.

En el plano nacional la Autoridad Nacional del Agua realizó varios monitoreos de la calidad del elemento vital en distintos puntos del país cuyos resultados reflejan un deterioro del elemento vital fruto del rápido aumento de las urbes, existiendo varios casos de los que resaltan el que padece las aguas de los lagos, ríos y lagunas trayendo como consecuencia efectos negativos en la salud de las personas (Alarcón, 2019, p. 13).

La investigación se realizó en la comunidad de Huisapata que pertenece al departamento de Cusco; esta comunidad tiene 91 familias, siendo en promedio 3 habitantes por familia, en este lugar ningún programa social del estado se ha preocupado por la evaluación de la calidad de las aguas, es por eso que el problema del desconocimiento de la calidad del agua es algo latente en esta comunidad; además los lugareños consumen aguas provenientes de manantiales que están cerca de animales (alpacas) que dejan sus excretas y también beben, trayendo como consecuencia la aparición de enfermedades gastrointestinales y enfermedades diarreicas agudas en menores de 05 años y enfermedades parasitarias en pre-escolares y escolares registrándose hasta 2281 casos de enfermedades del sistema digestivo en un lapso del 3 años (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Este trabajo de indagación aborda la evaluación de la calidad del agua de dos manantiales de la comunidad de Huisapata., extrayendo para eso muestras, según un protocolo de toma de muestras de agua para consumo humano DIGESA, los cuales fueron enviados a un laboratorio, con los que se pudo

obtener el ICARHS y el ICA-NSF, para comparar sus resultados y ver las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

El nuevo aporte al conocimiento es que se ofrece una investigación comparativa de la evaluación de la calidad del agua para consumo humano con ICARHS y el ICA-NSF ya que el ICA-NSF, de uso internacional, requiere de sólo 9 parámetros (oxígeno disuelto, pH, variación de temperatura, turbidez, DBO₅, Nitratos, fosfatos totales, coliformes fecales y sólidos totales) para evaluar la calidad del agua resultando más práctica y menos costosa con buenos resultados en comparación del ICARHS que requiere de 13 parámetros (DBO₅, DQO, Oxígeno disuelto, Coliformes termotolerantes, Fósforo total, Amoniac-N, pH, Arsénico, Aluminio, Manganeso, Hierro, Cadmio y Plomo) con lo que resulta más costoso y complicado.

Por lo expuesto la evaluación de la calidad del agua es muy importante, ya que permite cuidar la salud de las personas que la consumen y en vista de que la comunidad de Huisapata atraviesa por una situación de desconocimiento de la calidad de sus aguas, el siguiente trabajo de indagación plantea como alternativa de solución analizar la calidad de dichas aguas utilizando el ICARHS y el ICA-NSF y de paso comparar estas dos formas de medir la calidad del agua.

Se plantearon cuestiones generales y cuestiones específicas de investigación a partir de la realidad problemática presentada. El problema general de investigación es: ¿Cuáles son las diferencias (económicas y forma de calificación de la calidad del agua) entre el ICARHS y el ICA-NSF?

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes: PE1: ¿Cuáles son los valores de los parámetros de calidad del agua para el ICARHS de la comunidad Huisapata-Ocoruro-Espinar-Cusco 2021? PE2: ¿Cuáles son los valores de los parámetros de calidad del agua para el ICA-NSF de la comunidad Huisapata-Ocoruro-Espinar-Cusco 2021? PE3: ¿Cuál es la calificación según el método ICARHS del agua de la comunidad Huisapata? PE4: ¿Cuál es el rango de calidad según el método ICA-NSF del agua de la comunidad Huisapata?

El presente trabajo de investigación tiene justificación teórica ya que ofrece información nueva acerca de la comparación del ICARHS, utilizado en el Perú, y el ICA-NSF, utilizado en los Estados Unidos. Este trabajo se justifica en el aspecto social ya que los resultados servirán de guía a la comunidad de Huisapata para saber la calidad de sus aguas. Además, se justifica

económicamente porque se plantea la utilización del ICA-NSF como una alternativa para evaluar la calidad de las aguas el cual requiere de menos parámetros por lo que su realización es menos costosa. Finalmente, este trabajo posee una justificación ambiental ya que los resultados de la evaluación de la calidad de las aguas podrán darnos información del nivel de contaminación en la que se encuentran los manantiales y así poder inferir si estos representan o no una amenaza para la fauna y flora que dependen de dicha agua.

El objetivo general fue: Determinar las diferencias económicas y forma de calificación entre el ICARHS y el ICA-NSF.

Los objetivos específicos fueron los siguientes: OE1: Determinar los valores de los parámetros de calidad del agua para el ICARHS de la Comunidad Huisapata, OE2: Determinar los valores de los parámetros de calidad del agua para el ICA-NSF de la Comunidad Huisapata, OE3: Determinar la calificación según el método ICARHS del agua de la comunidad Huisapata, OE4: Determinar el rango de calidad según el método ICA-NSF del agua de la comunidad Huisapata.

La hipótesis general de la investigación es: El ICARCHS es más costoso que el ICA-NSF y la calificación de la calidad del agua según el ICARHS depende del menor valor de dos subíndices S1 y S2 mientras que la calificación del ICA-NSF depende sólo de una ecuación de tipo aditivo.

Las hipótesis específicas fueron las siguientes: HE1: Los valores de los parámetros de calidad del agua para el ICARHS de la Comunidad Huisapata son datos numéricos confiables acreditados por el INACA-DA y el IAS. HE2: Los valores de los parámetros de calidad del agua para el ICA-NSF de la Comunidad Huisapata son datos numéricos confiables acreditados por el INACA-DA y el IAS HE3: La calificación según el método ICARHS del agua de la comunidad Huisapata está entre 75-89 por lo que su calificación es buena HE4: El rango de calidad según el método ICA-NSF del agua de la comunidad Huisapata está entre 71-90 por lo que su rango es bueno.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan los antecedentes de la investigación para eso se comenzará con los antecedentes internacionales.

Dey (2021), presta atención a las variaciones regulares en los parámetros físico-químicos del estanque de la Universidad de Ingeniería de Gudlavalleru en un distrito de Krishn-India, durante la temporada de verano e invierno (p. 1). Se tomaron muestras de agua en las estaciones seca y húmeda y se analizaron los cambios en las características de calidad del agua durante la temporada (Dey, 2021, p. 15). Se observó que los valores medios de temperatura, pH y alcalinidad total son máximos en el período de verano y mínimos en el período de invierno y significan que los estándares de oxígeno disuelto fueron máximos en la temporada de invierno y mínimos en la temporada de verano (Dey, 2021, p. 14).

Vinod y Suman (2020), se centraron en el estudio de 15 parámetros hidrogeoquímicos y biológicos y en el cálculo del índice de calidad del agua (ICA-India) para evaluar la calidad del agua de una zona rural la India (p. 1). Se utilizó un análisis estadístico para calcular el coeficiente de correlación de diferentes parámetros con WQI y el estudio mostró una relación lineal significativa y un alto coeficiente de correlación entre diferentes pares de parámetros de calidad del agua (Vinod y Suman, 2020, p. 1). Se observó que las propiedades fisicoquímicas estaban de acuerdo con la Oficina de Normas de la India y se consideró adecuadas para beber. Sin embargo, los parámetros bacteriológicos, es decir, coliformes totales y coliformes fecales de algunos sitios de muestreo, oscilaron entre 20 y 300 UFC / 100 ml, que superaron el límite permitido (0 UFC / 100 ml) según los estándares de la India (Vinod y Suman, 2020, p. 7). En el trabajo se recomienda que el área de recarga de las fuentes de agua esté protegida de las prácticas de defecación al aire libre y el pastoreo de ganado para proteger el área de recarga de la carga fecal (Vinod y Suman, 2020, p. 7).

Ewaid (2020), en su estudio elaboró un índice de calidad del agua para Iraq (ICA-Iraq) con el fin de ser utilizado para evaluar los ríos iraquíes para beber (p. 1). Para ello se utilizaron algunas técnicas estadísticas, consejos de expertos, revisiones de la literatura y la experiencia de los autores; en primer lugar, se utilizaron el método de análisis de componentes principales (PCA) y el método

Delphi modificado para seleccionar los parámetros de calidad del agua más influyentes y sus pesos relativos; en segundo lugar, se dibujaron las curvas de calidad de los parámetros seleccionados para calcular las puntuaciones de WQI basándose en los estándares de calidad del agua (Ewaid, 2020, p. 3). Los resultados revelaron que las técnicas estadísticas utilizadas en este trabajo se pueden aplicar en todos los ríos iraquíes considerando sus características específicas; basado en la confiabilidad del WQI de Irak, por lo que ya no es necesario utilizar índices diseñados para el agua de otros países (Ewaid, 2020, p. 11).

Venkateswarlu (2019), midió los efectos un total de 10 parámetros de calidad del agua como temperatura, salinidad, pH, alcalinidad total, dureza total, dureza del calcio, dureza del magnesio, amoníaco total, nitritos y disolución (p. 394). Se recogió muestras de agua entre las 6 y las 7 am en todos los estanques de cultivo seleccionados sumergiendo botellas de polietileno limpias de 500 ml a una profundidad de 1-2 pies en los estanques, las muestras se llevaron al laboratorio para el análisis de varios parámetros químicos como la salinidad, el pH, la alcalinidad total, dureza total, calcio, magnesio, amoníaco total, nitrato, oxígeno disuelto por métodos estándar según APHA (Venkateswarlu, 2019, p. 396). Los resultados mostraron que la mayoría de los productores de *L. Vannamei* mantenían una calidad de agua óptima en sus estanques de cultivo de camarón, algunos parámetros habían mostrado una ligera desviación en comparación con los valores óptimos de calidad del agua pero que no representaban mayor problema por lo que se determinó que el agua es segura y no peligrosa para el medio ambiente natural (Venkateswarlu, 2019, p. 398).

Gupta (2018), en su trabajo se planteó el objetivo de evaluar la calidad general del agua subterránea del distrito con base en el Índice de Calidad del Agua (ICA) y descubrir los factores que conducen al deterioro continuo de la calidad del agua subterránea (p. 375). En el presente estudio, se recolectaron alrededor de 20 muestras de diferentes lugares del distrito hindú Jhajjar, se eligieron estos lugares porque una gran cantidad de habitantes recolectaban agua de estos sitios para sus necesidades diarias, el índice de calidad del agua subterránea (GWQI) se calculó utilizando el método de índice aritmético ponderado, los parámetros considerados para calcular el GWQI son pH, Fluoruro, Sólidos

Disueltos Totales, Dureza Total y Cloruro. Para determinar el GWQI. El estudio demuestra que la calidad del agua subterránea del distrito de Jhajjar-India es totalmente inadecuada para beber y está directa o indirectamente influenciada por factores geogénicos; Aproximadamente el 60-70% de las muestras analizadas muestran un alto contenido de flúor, otros parámetros como dureza, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (TDS) y cloruro también están por encima de los límites permitidos (Gupta, 2018, p. 380).

Halim (2018), indica que debido al uso de agua contaminada en el medio ambiente Baor, la producción de pescado disminuyó y perdió diversa fauna acuática, por lo tanto, fue necesario comprobar la calidad del agua, los parámetros que se comprobaron fueron temperatura, pH, turbidez, salinidad, nitratos, fosfatos, etc (p. 259). El estudio se realizó a partir de la información a través de la revisión de las tesis, revistas, informes y libros relacionados (Halim, 2018, p. 260). Se observó que la mayoría de los parámetros de calidad del agua son ligeramente superiores en la estación húmeda que en la estación seca (Halim, 2018, p. 262).

Uncumusaoglu (2018), examinó la calidad del agua de un estanque según los sitios y las estaciones, determino las clases de calidad del agua y se revelaron los problemas de contaminación; para estos fines, se investigaron 21 parámetros fisicoquímicos y siete de metales pesados en el agua (p. 150). En este estudio, los sitios de muestreo se determinaron con base a factores como la condición hidrológica del rumbo, la distancia a los arroyos y la facilidad de muestreo; las muestras de agua se realizaron mensualmente (septiembre de 2015-agosto de 2016) de cuatro estaciones de muestreo ubicadas en el estanque; en todas las muestras, para 28 parámetros de calidad del agua se recolectaron en botellas plásticas de 2.5 L; para el análisis de las muestras de agua, los metales pesados se recolectaron en botellas de polietileno de 1 litro previamente limpiadas (con 50% de HNO₃ y luego tres veces con agua desionizada) y se acidificaron con 10 ml de HNO₃ concentrado por litro de agua residual (Uncumusaoglu, 2018, p. 152). Según los resultados del análisis, la principal fuente de contaminación puede ser la contaminación agrícola y la lixiviación del suelo para esta región (Uncumusaoglu, 2018, p. 159).

Magadum (2017), llevó a cabo un estudio en el río Small-India en el que se utiliza el índice de calidad del agua (ICA) para expresar la calidad del agua que son los principales índices utilizados para evaluar la contaminación y una de las formas efectivas de crear conciencia entre el público; la calidad del agua se define en términos de sus parámetros físicos, químicos y biológicos (p. 1505). En este estudio, el ICA se calculó utilizando los estándares de calidad del agua potable recomendados por BIS (1993) e ICMR (1975); para el cálculo de ICA se ha utilizado el método del índice aritmético ponderado; Se seleccionaron 10 parámetros en total (pH, conductividad, TDS, TSS, OD, DBO₅, dureza, nitrato, fluoruro y sulfato) para calcular el WQI (Magadum, 2017, p. 1506). El estudio reveló, una mejor calidad del agua antes de la entrada del río al área urbana, el documento arroja luz sobre el aspecto de la contaminación y la necesidad de desarrollar un sistema de tratamiento descentralizado para abordar el problema de la contaminación de los ríos (Magadum, 2017, p. 1509).

Saad y Massoud (2017), propusieron analizar los parámetros físico-químicos y la calidad del agua del lago Mariout-Egipto que se vio alterada por varios factores en las últimas décadas como resultado de actividades antropogénicas (p. 1). Las muestras de agua se recolectaron de cinco estaciones de muestreo durante el período de junio a noviembre de 2014-2015. Se realizaron mediciones físico-químicas en las muestras de agua recolectadas estacionalmente durante un año desde junio de 2014 hasta noviembre de 2015 en cinco ubicaciones que representan un área sujeta a los efluentes residuales. Las muestras de agua se recolectaron para determinar las siguientes variables; salinidad, pH, alcalinidad total, oxígeno disuelto, materia orgánica oxidable, iones constituyentes principales (Ca, Mg, Na y SO₄), sales nutritivas (amoníaco, nitrito, nitrato, fosfato y silicato) (Saad y Massoud, 2017, p. 2). Los resultados muestran variaciones más significativas en los niveles de los parámetros de eutrofización; la diferencia entre los datos de los estudios anteriores y los del presente refleja un aumento en el estado de contaminación del lago Mariout durante las últimas tres décadas; hubo una variación notable en los niveles de amoníaco (Saad y Massoud, 2017, p. 17).

Romanescu (2017), tuvo como objetivo analizar 26 parámetros físico-químicos que proporcionen el índice de calidad del agua anual y plurianual (p. 553). Se

utilizó el índice de calidad del agua (WQI-método estadístico) con el fin de determinar la ponderación de los 26 parámetros químicos y físico-químicos (Romanescu, 2017, p. 554). En el trabajo se concluye que el índice de calidad del agua ICA-Método estadístico demuestra de que el sector inferior de la cuenca de captación de Jijia está contaminado (Romanescu, 2017, p. 560).

Dhaka (2017), en su trabajo tiene como objetivo acceder a la calidad del agua subterránea en términos de índice de calidad del agua (ICA) mediante el método del índice aritmético ponderado; En este estudio se considera un total de 22 muestras de agua subterránea y diez parámetros de calidad del agua de cada muestra (p. 339). En el área de estudio hay un total de 259 estaciones de agua subterránea ubicadas en Himachal Pradesh-India y de estas 22 estaciones están ubicadas en el área de estudio, se calcularon índices de calidad del agua para estas estaciones, se analizan los coeficientes de correlación y se hizo una regresión lineal para encontrar la relación entre los parámetros de calidad del agua que tienen un coeficiente de correlación mayor a 0.5 (Dhaka, 2017, p. 340). La calidad del agua es buena en siete estaciones y muy mala e inadecuada para beber en diez estaciones, el alto índice de calidad del agua se debe a la alta turbidez, la alta concentración de fluoruro y hierro (Dhaka, 2017, p. 342).

Lee (2017), analizó el agua de lluvia, que se usa para beber cerca de Hanoi, Vietnam para determinar la calidad del agua en base a 1,5 años de datos de monitoreo. El muestreo de agua de lluvia se realizó 23 veces con frascos de polietileno esterilizados de 1 L, en el caso de agua de lluvia no tratada, almacenada en tanques, las muestras se recolectaron 12 veces del punto de muestreo de agosto de 2014 a julio de 2015, un laboratorio de investigación del Instituto de Ciencia e Ingeniería Ambiental de Hanoi analizó un total de 23 muestras (Lee, 2017, p. 401). La mayoría de los parámetros cumplieron con el estándar, excepto los microorganismos, se detectaron coliformes y *Escherichia coli* cuando el agua de lluvia no se trató con luz ultravioleta (UV); sin embargo, el análisis del agua de lluvia después de la esterilización ultravioleta no mostró rastros de microorganismos (Lee, 2017, p. 405)

Pradeep (2012), realizó un estudio por el período de un año (marzo de 2009 a febrero de 2010), se recolectaron muestras de agua mensuales para analizar diferentes parámetros físicos y químicos y los resultados obtenidos se

compararon con valores estándar, el estado de contaminación se investigó sobre la base de los resultados obtenidos de los parámetros físicos y químicos del agua (p. 105). En el presente estudio, el muestreo se realizó durante la hora de la mañana. Las muestras de agua se recogieron en las botellas de polietileno. La botella cerrada se sumergió en el lago a una profundidad de 0,5 a 0,7 m, luego se abrió una botella en su interior y se volvió a cerrar para sacarla a la superficie, las muestras se recolectaron de cinco puntos diferentes y se mezclaron para preparar una muestra integrada, desde el momento de la recolección de la muestra hasta el momento del análisis real, muchas reacciones físicas y químicas cambiarían la calidad de la muestra de agua; por lo tanto, para minimizar este cambio, la muestra se conservó poco después de la recolección. Las muestras de agua se guardaron bajando la temperatura y añadiendo conservantes químicos. La temperatura del agua, pH, OD, EC y TDS se analizaron inmediatamente después de la recolección, mientras que los análisis de los parámetros restantes se realizaron en el laboratorio (Pradeep, 2012, p. 106). El resultado obtenido durante el estudio se comparó con estándares de calidad del agua encontrándose que los parámetros en el lago Chandola estaban por encima del límite deseable en las tres temporadas, este resultado muestra que el lago recibe una gran cantidad de contaminación de los alrededores, y el agua está altamente contaminada y si la condición similar continúa durante un período más largo, el lago Chandola pronto puede volverse ecológicamente inactivo (Pradeep, 2012, p. 108).

Saravanakumar y Ranjith (2011), evalúan la calidad del agua subterránea del área industrial de Ambattur en la ciudad de Chennai-India para eso se seleccionaron diez lugares diferentes para el estudio y se compararon; los parámetros estudiados fueron pH, alcalinidad total, dureza total, turbidez, cloruro, sulfato, fluoruro, sólidos disueltos totales y conductividad (p. 660). Se recolectaron muestras de agua subterránea de diez lugares diferentes de la ciudad de Ambattur durante la temporada posterior a las lluvias (noviembre de 2010). Durante la prueba, se utilizaron material de vidrio de borosilicato, agua destilada y reactivos E-Merk. Las muestras se recolectaron en frascos de polietileno esterilizados con tapón de rosca de un litro de capacidad y se analizaron sus parámetros físico-químicos en laboratorio (Saravanakumar y

Ranjith, 2011, p. 660). A partir del análisis general, se observó que existía una ligera fluctuación en los parámetros físico-químicos entre las muestras de agua estudiadas, la comparación de los parámetros fisicoquímicos de la muestra de agua con los límites de la OMS y del ICMR mostró que el agua subterránea está muy contaminada y representa riesgos para la salud para el uso humano (Saravanakumar y Ranjith, 2011, p. 661).

Alam (2007), tuvo como objetivo Evaluar la calidad actual del agua, mediante el análisis de algunos parámetros seleccionados de calidad del agua como pH, DS, TS, DBO₅, DQO, OD, Coliformes fecales, Sulfuros, Fenol y Atrazina. Comparar los resultados con los estándares de Bangladesh e internacionales, y predecir la DBO₅, OD y nitrógeno a partir del modelo de simulación. Se adaptaron métodos estándar para el análisis de varios parámetros de calidad del agua, se utilizaron botellas de polipropileno de 1 litro para el análisis de los parámetros de calidad del agua y botellas de vidrio de 1 litro para el análisis de plaguicidas, antes de la recolección de la muestra, todas las botellas se lavaron con ácido diluido seguido de agua destilada y se secaron en un horno, en cada lugar de muestreo, se recolectaron muestras de agua en dos botellas de polipropileno y una de vidrio, antes de tomar las muestras finales de agua, las botellas se enjuagaron tres veces con el agua a recolectar, las botellas de muestra se etiquetaron con la fecha y la fuente de muestreo. Los resultados del análisis de datos muestran que, ciertamente, el agua no es apta para beber sin ningún tipo de tratamiento, pero para varios otros fines de uso de aguas superficiales, aún podría considerarse bastante aceptable, pero, como sabemos, una vez que se establece una tendencia en la contaminación, generalmente se acelera para causar un mayor deterioro. Dentro de pocos años, podría producirse un grave deterioro de la calidad del agua.

Los siguientes párrafos correspondiente a los Antecedentes Nacionales.

Alarcón (2019), desarrolló un estudio titulado "Implementación del Índice de Calidad del Agua del Río Rímac (ICA)" con el objetivo principal de "evaluar la confiabilidad de los métodos existentes en el Índice de Calidad del Agua del Río Rímac (ICA)". (p.11) Fueron seleccionados ICA-PE, León, Universal, NSF, Oregon, Idaho y Dinius. Estos se calcularon utilizando el software y hojas de cálculo ICATest v1.0® (Alarcón, 2019, p.11). "Los métodos seleccionados fueron

luego categorizados de acuerdo a tres criterios: análisis estadístico, accesibilidad de los parámetros requeridos y evaluación de los parámetros utilizados por el ICA (Alarcón, 2019, p.12). Concluyó que “de los siete métodos seleccionados, se propuso incluir el ICA-NSF como el método más adecuado para el río Rímac” (Alarcón, 2019, p.13). Alarcón (2019) recomienda "construir un índice de calidad del agua (ICA) a partir de un modelo matemático y adecuarlo mejor a las características de calidad del agua del río Rímac" (p.91).

Cárdenas (2019) se propuso "evaluar la calidad del agua consumida por las personas, considerar el decreto superior No. 031-2010-SA, y comparar los resultados de los análisis de laboratorio con la calidad ambiental del agua del DS". (Pág. 12). Cárdenas (2019), concluye que “el ICA del río Savia es de 36,72, que según la clasificación es MALA” (p. 67). En la investigación, “la metodología de análisis seguida cumplió con las normas técnicas peruanas para la calidad del agua” (Cárdenas, 2019, p. 49). En el trabajo “se recomienda la contratación de un operador especializado para su monitoreo permanente de la calidad del agua en el nacimiento de la captación, realizando análisis periódicos de los parámetros físico, químico y microbiológico” (Cárdenas, 2019, p. 69) .

Aguilar y Navarro (2018), realizó un estudio para evaluar la calidad del agua consumida por los humanos en Llañucancho-Abancay, teniendo los siguientes objetivos: Identificar factores físicos como conductividad, temperatura, turbidez y TDS. Determinación de factores químicos como pH, dureza total, sulfatos, cloruros y álcalis; determinación de parámetros bacteriológicos como coliformes totales y coliformes fecales a partir de muestras de agua de Siracachayoc (Aguilar y Navarro, 2018, p.110). En la parte metodológica se utilizó el paquete estadístico SPS (Sistema de Procesamiento Sano). Los resultados del laboratorio “muestran que la calidad del agua destinada al consumo humano en la comunidad de Llañucancho de Abancay no garantiza el consumo de este líquido elemento” (Aguilar y Navarro, 2018, p. 110). En este estudio, “para brindar agua segura y de calidad a los habitantes de Llañucancho, se recomienda clorar el agua mensualmente por goteo con hipoclorito de calcio al 70%” (Aguilar y Navarro, 2018, p. 111).

Uriburu (2018), elaboró un trabajo con el propósito de "Determinar los indicadores de calidad del agua para consumo humano de los habitantes de

Agua Fresca en el distrito de Chontabamba del distrito de Oxapampa" (p.IV). La información se recopiló mediante muestreo de campo, y la observación con un dispositivo de agua multifactorial, se enviaron las muestras a Lima para análisis químico y bacteriológico (Uriburu, 2018, p.IV). Los "resultados indican "que las aguas del poblado Agua fresca tienen un ICA de 79.08, esto según el ICA-NSF" (Uriburu, 2018, p. IV).

Moreno (2015), desarrolló una tesis con el objetivo de identificar los valores del ICA en el sistema de abastecimientos de aguas potables del pueblo de Paria Willcahuain con el fin de reducir las morbilidades y mortalidades por males de origen hídrico (pág. XVI). Para la parte metodológica, "El tipo de estudio aplica el nivel descriptivo, por el tiempo de registro de la información el estudio es prospectivo, y por la evolución del fenómeno estudiado es transversal" (Moreno, 2015, p.33). El estudio concluyó que "la calidad de las aguas de sistemas de abastecimiento de la cuenca y puntos de abastecimiento (35 grifos domésticos) no es apta para el consumo humano y requiere un proceso tipo A-2" (Moreno, 2015, p. 126). Moreno (2015) recomienda "repetir los trabajos de mejora de la calidad del agua a las 6 am, 12 pm y 6 pm para evaluar los cambios en el comportamiento de la calidad de las aguas a lo largo del tiempo" (p. 130).

Finalmente se presenta los Antecedentes Locales

Morocho (2019), en su tesis de investigación realizada en la Universidad Cesar Vallejo, tiene como meta "establecer la calidad del elemento vital de 8 embalses de las regiones de Piura, para eso se dan los resultados del análisis de muestras de puntos de muestreo y en distintas fechas" (pág.9). En cuanto al aspecto metodológico, la investigación fue descriptiva y no experimental, y fue aplicada. En conclusión "después de confrontar el resultado con los mínimos autorizados para el consumo de la población, podemos mostrar que es apto, pero esta condición puede variar de un momento a otro si no existen los controles requeridos" (Morocho, 2019, p. 9). Morocho (2019), recomienda en su trabajo cuidar el medio ambiente a través de una cultura verde, además también sugiere la combinación de distintos puntos de captación para mejorar la calidad (p. 25).

Teorías relacionadas

La calidad del agua para Alarcón (2019), su concepto “expresa la idoneidad del agua para soportar diversos usos” (p. 18). “La calidad del agua se determina en base a una combinación de propiedades físicas, químicas y microbiológicas variables, así como sus valores de rechazo o aceptación” (Uriburu, 2018, p. 7). La calidad del agua incluye varios aspectos, como "la calidad física y química del agua que depende de la identificación de ciertas sustancias químicas que pueden afectar la salud después de una exposición a corto o largo plazo". (OMS, 2020). La calidad del agua también se refiere a la calidad microbiológica el cual se basa en la identificación de microorganismos que pueden tener un impacto directo en el ser humano, u otros organismos potenciales como coliformes fecales, Salmonella, E. coli (Uriburu, 2018, pág.8).

Aguapara consumo humano es “el agua consumida por los seres humanos (ACH) es el agua que se utiliza para el consumo, el procesamiento de cultivos de alimentos, la higiene personal, la lavandería y otras necesidades del hogar” (OMS, 2020).

“El agua consumida por los seres humanos proviene de dos fuentes: agua superficial, como ríos y embalses, y agua subterránea” (Fawell y Nieuwenhuijsen, 2003) mencionada en (Uriburu, 2018, p. 9).

El agua superficial es “agua que fluye sobre la tierra, incluida el agua que cae de la lluvia y el agua que fluye de manantiales” (Uriburu, 2018, p.8). El agua subterránea "está por debajo del nivel freático y satura por completo los poros y grietas del suelo. Fluyen naturalmente al suelo a través de manantiales, pozos artesanales o por bombeo” (Uriburu, 2018, p. 8).

Parámetros de calidad del agua: Estándares de calidad física del elemento vital.

Uriburu (2018) afirma que "los parámetros físicos pueden determinar cualitativamente la condición y el tipo de agua" (p. 15). Estos parámetros se enumeran a continuación:

- a) Temperatura (T);
- b) Potencial de hidrógeno (pH);
- c) Color verdadero;

- d) Turbiedad;
- e) Conductividad eléctrica (CE). (Uriburu, 2018, p. 31)

Parámetros de calidad química del agua.

Para Moreno (2015), La calidad química está determinada por estos tipos de material presentes en el agua recolectada en específicos puntos. Los más representativo son:

- a) Oxígeno disuelto (OD);
- b) Demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO₅);
- c) Nitratos. Los nitratos (NO₃-);
- d) Fosfatos (p. 31)

Estándares bacteriológicos de calidad del agua.

Para Moreno (2015), los indicadores principales para evaluar la calidad bacteriológica del agua son los siguientes:

- a) Coliformes termotolerantes;
- b) Organismo de vida libre (p. 32)

Índice de Calidad de Agua ICA: "Es un método de expresión de la calidad de las aguas que proporciona una unidad de medida estable y aplicable que responde a cambios en las principales propiedades del agua." (Brown, et al., 1972) mencionado en (Alarcón, 2019, p. 29)

Brabander (1992) citado en (Alarcón, 2019) define esto como "un mecanismo para presentar fórmulas matemáticas derivadas acumulativamente que definen un nivel particular de calidad del agua"(p. 29).

ICA "Indica el grado de contaminación del agua y se expresa como el valor del agua pura. Por lo tanto, en agua altamente contaminada hay ICA = 0 y en agua en buen estado hay ICA = 100" (Hallasi, 2018, p.32).

Las evaluaciones de la calidad de las aguas pueden concebirse como evaluaciones de las características químicas, físicas y biológicas asociadas con la calidad natural del agua, la influencia humana y los posibles usos. (Moreno, 2015)

En pocas palabras, "ICA es un número único que representa la calidad de un recurso hídrico mediante la combinación de medidas de un estándar de calidad del agua en particular, y su uso se está volviendo cada vez más común" (Torres y Cruz, 2009, p. 82).

Ventajas y desventajas del ICA: Los cálculos del índice de calidad ICA son una forma simple, concisa y efectiva de expresar la importancia de los datos experimentales generados regularmente, lo que ayuda a evaluar la calidad del agua pública y facilita los datos a los usuarios. Se puede interpretar, mejorar la comunicación con el público en general y plantear conciencia del agua. Requisitos de calidad (Torres y Cruz, 2009, p.80). Cada método de cálculo tiene ciertos inconvenientes, como la imposibilidad de evaluar todos los riesgos relacionados con el agua, es subjetivo y puede estar sesgado en su descripción, lo que lo convierte en un concepto general que no es de aplicación universal. Según el concepto, algunos son académicos y estadístico. Suelen rechazar y criticar las metodologías que afectan la credibilidad del ICA como herramienta de gestión (Torres y Cruz, 2009, p.82).

Evolución del desarrollo de los ICA: Los intentos de crear índices de calidad de las aguas tienen una larga historia. Hay información de que ya en Alemania se intentó en 1848 vincular la existencia de seres vivos a la limpieza del agua. Durante los recientes 130 años, varios países de Europa han trabajado e efectuado varios sistemas de evaluación de la calidad de las aguas, pero el desarrollo de ICA, que utiliza valores numéricos para establecer gradientes de calidad de las aguas en una escala casi continua, es relativamente reciente. (Torres y Cruz, 2009, p. 83).

La prueba ICA fue desarrollada e implementada oficialmente por Brown et al. Desarrollado por NSF basado en el diseño del índice de Horton y métodos Delphi para determinar los parámetros, promedios ponderados, funciones binarias y clasificaciones utilizadas en los cálculos (Abdul, et al. 2018). La clasificación tuvo en cuenta la característica de que las fuentes de agua de los acuarios deben estar sujetas a características de consumo humano. Desarrollado en Estados Unidos, utilizado ampliamente en todo el mundo y validado y / o adaptado en estudios diversos. (Torres y Cruz, 2009, p. 83).

Ecuaciones para calcular un Índice de Calidad de Agua (ICA): Hay muchas ecuaciones para calcular ICA. La Tabla 1 muestra algunos de los más usados.

Tabla 1

Ecuación de cálculo empleada para la determinación del ICA

Índice	Ecuación	Observaciones
ICA NSF (EU) ICA Dinius (EU) IQA CETESB (Brasil)	$ICA = \sum_{i=1}^n QiWi$	Promedios aritméticos ponderados: Wi: pesos porcentajes asignados a los i-ésimos parámetros Qi: subíndices de los i-ésimos parámetros
ICARHS (PERÚ)	$ICA = 100 - \frac{\sqrt{(F1^2+F2^2+F3^2)}}{1.732}$	Los índices incorporan tres aspectos: Alcances (F1): porcentajes de parámetro que excede las normas. Frecuencias (F2): porcentajes de prueba individual de parámetros que exceden las normas. Amplitudes (F3): magnitudes en las que exceden las normas parámetros que incumple
ISQA (España)	ISQA = T (DQ0+SS+0D+Cond)	T: Temperaturas DQ0: Demandas Químicas de Oxígeno OD: Oxígenos Disueltos Cond: Conductividades SS: Sólido suspendido
IAP (Brasil)	IAP = ISTO x IQA CETESB ISTO = ST x S0 ST=Mín-1 (q1, q2, en) x Mín-2 (q1, q2,...,qn) S0=Promedio (qa,qb,...,qn)	Donde: IQA: Índices de Calidades de las Aguas m del ICA NSF para la condición de Brasil ISTO: Índices de Sustancia Tóxica y Organoléptica ST: Ponderaciones del par de subíndices mínimos más críticos del grupo de sustancias tóxicas S0: Ponderaciones obtenidas por medio del promedio de los subíndices de la sustancia organoléptica

Fuente: Torres y Cruz (2009)

En la Tabla 1 se pueden apreciar las diferentes fórmulas existentes para calcular el ICA, para el presente trabajo de investigación se usará el ICA-NSF de los Estados Unidos y el ICARHS utilizado en el Perú.

Índice de Calidad de Agua para el Perú (ICARHS): Es una herramienta adoptada por el ANA que simplifica la evaluación de la calidad del agua que ayuda a dirigir y administrar la calidad de los recursos hídricos; esta técnica es una modificación del Índice de Calidad del Agua del Consejo de Ministros de Environment Canada (ICA-CCME) (Alarcón, 2019, p. 31). La Tabla 2 muestra los parámetros necesarios para calcular ICARHS.

Tabla 2

Parámetros necesarios para calcular el ICARHS

N°	Parámetro Unidades	
01	Materia orgánica	DBO ₅
02		DQO
03		Oxígeno disuelto (valor mínimo)
04		Coliformes termotolerantes
05		Fósforo total
06		Amoniaco-N
07	Físico-químico Metal	Potencial de hidrógeno (pH)
08		Arsénico
09		Aluminio
10		Manganeso
11		Hierro
12		Cadmio
13		Plomo

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018)

Nota: Parámetros necesarios para la Categoría 1-A2 Poblacional y Recreacional

Cálculo del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS): Para obtener el valor de dicho índice se usa la fórmula de origen canadiense que está compuesto por tres elementos amplitud, frecuencia y alcance, cuyo resultado numérico es un valor adimensional numérico entre 0 y 100 el cual describe la calidad del agua en un punto de muestreo de agua (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018, p. 35)

La fórmula canadiense es la siguiente:

$$ICARHS = 100 - \frac{\sqrt{(F1^2 + F2^2 + F3^2)}}{1.732} \text{ Ecuación (1)}$$

F1-Alcance: Es el número de parámetros de calidad que no está acuerdo a los estándares ambientales para Agua(ECA-Agua), con relación al número total de parámetros a ser evaluados.

$$F1 = \frac{\# \text{ de parámetros sin cumplimiento del ECA Agua}}{\# \text{ total de parámetros}} * 100$$

F2-Frecuencias: son las cantidades de numero de datos los cuales inclumple con el ECA-Agua con relación a global de valores a ser evaluados (datos que corresponden al resultado de un mínimo de 4 monitoreos).

$$F2 = \frac{\# \text{ de datos evaluados sin cumplimiento del ECA Agua}}{\# \text{ total de datos evaluados}} * 100$$

Valor del ICA para 1 muestreo

En caso de hacer solo un monitoreo que es el caso de esta investigación, se hacen los mismos pasos para hallar F1 y F2 teniendo de esta forma: F1=F2

F3-Amplitudes: Esta es una medida de las desviaciones existentes en los valores y está determinada por la suma de los valores habituales que exceden, en otras palabras, el exceso de todos los valores en relación con el número total de datos.

$$F3 = \frac{nse}{nse + 1} * 100$$

“La Normalizada Suma de valores que exceden (nse), se halla añadiendo los exceden de cada parámetro sobrepasado y dividido entre el total número de pruebas, los que están y no están conforme al ECA” (Alarcón, 2019, p. 34).

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedentes } i}{\text{Total de ensayos}}$$

Nota: F3 se halla según los 2 siguientes casos:

Caso 1: En caso de que el valor numérico del parámetro es mayor al ECA – Agua:

$$\text{Excedente} = \frac{\text{Valores de los parámetros que no cumplen el ECA Agua}}{\text{Valores establecidos de los parámetros en el ECA Agua}} - 1$$

Caso 2: Cuando el valor hallado no cumple el mínimo aceptable del ECA – Agua, se calcula de la forma siguiente:

$$\text{Excedente} = \frac{\text{Valors establecidos de los parámetros en el ECA Agua}}{\text{Valores de los parámetros que no cumplen el ECA Agua}} - 1$$

Teniendo los valores (F_1 , F_2 , y F_3) se realiza el cálculo de ICARHS, que es la diferencia de 100 y la raíz de los promedios de los 3 factores.

$$\begin{aligned}
 ICARHS &= 100 - \sqrt{\frac{(F_1^2 + F_2^2 + F_3^2)}{3}} \\
 &= 100 - \frac{\sqrt{(F_1^2 + F_2^2 + F_3^2)}}{1.732}
 \end{aligned}$$

Tabla 3
Interpretación de la calificación ICARHS

ICARHS	Calificación	Interpretación
90-100	Excelente	Las calidades de las aguas están protegidas no presenta amenaza ni daño. La condición está muy cerca de los niveles normales o deseables.
75-89	Bueno	Las calidades de las aguas son ligeramente diferentes de la calidad normal del agua. Sin embargo, puede haber casos en los que sea deseable una situación de amenaza o daño menor.
45-74	Regular	La calidad natural del elemento vital a veces se ve afectada o dañada. Las calidades de las aguas suelen estar lejos del valor deseado. Muchos usos demandan tratamientos.
30-44	Malo	La calidad del agua no cumple los objetivos de calidad del agua y, a menudo, compromete o deteriora las condiciones deseables. Muchos usos requieren tratamiento.
0-29	Pésimo	Las calidades de las aguas no cumplen con el objetivo de calidad del elemento vital y, con mayor frecuencia, se daña o daña. Todos los usos requieren un tratamiento previo.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (2018, p. 31)

La Tabla 3 muestra la clasificación ICARHS. Este tipo de clasificación de la calidad se asocia a una escala cromática (cada una con una clasificación de color) que tiene como objetivos proporcionar la información y representar el estado de la calidad del agua.

ICARHS requiere el uso de estándares de las calidades ambientales para el agua, la Tabla 4 muestra dichos estándares.

Tabla 4**Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (Categoría 1 Subcategoría A)**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3	
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	
Físico-químico	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Miligramos/Litro	3.0	5.0	10
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Miligramos/Litro	10	20	30
	Fósforo Total	Miligramos/Litro	0,1	0,15	0,15
	Nitratos (NO ₃) (a)	Miligramos/Litro	50	50	50
	Amoniaco- N	Miligramos/Litro	1,50	1,50	**
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	Miligramos/Litro	> 6.0	> 5.0	> 4.0
	Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,50-8,50	5,50-9,00	5,50-9,00
	Sólidos Disueltos Totales	Miligramos/Litro	1 000	1 000	1 500
	Temperatura	°C	Δ3	Δ3	**
Inorgánico	Turbiedad	UNT	5.0	100	**
	Aluminio	Miligramos/Litro	0,9	5.0	5.0
	Arsénico	Miligramos/Litro	0,01	0,01	0,15
	Cadmio	Miligramos/Litro	0,003	0,005	0,01
	Hierro	Miligramos/Litro	0,30	1.0	5.0
	Manganeso	Miligramos/Litro	0,40	0,40	0,50
	Plomo	Miligramos/Litro	0,01	0,05	0,05
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20.0	2 000	20 000

Fuente: Ministerio del Ambiente (2017, págs. 13-14)

Nota: La información corresponde al D.S. N° 004-2017-MINAM y los Valores corresponden a la Categoría 1: Poblacionales y Recreacionales Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

UNT=Unidades Nefelométricas de turbidez y NMP=Numero más probable

Determinación de subíndices: “El cálculo de ICARHS se basa en los subíndices S1 y S2 calculados en base a ciertos parámetros relevantes, y el resultado final está determinado por el resultado del valor más bajo y la puntuación crítica” (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018, pág.9). Ver Figura 1

$$\text{ICARHS} = \text{mín.} (S_1, S_2) \text{ Ecuación (2)}$$

DONDE:

mín.: mínimo

S1: Subíndice 1

S2: Subíndice 2



Figura 1. Determinación de subíndices del ICARHS
Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (2018, p. 10)

Representación gráfica: Para representar gráficamente los resultados de ICARHS, se deben considerar tres principales condiciones: Puntuaciones de carácter 1 y 2, ubicación espacial y resultados de ICARHS.

En este sentido, la Figura 2 ofrece una representación gráfica (icono / símbolo) utilizando puntos de muestreo que combinan los resultados de cada subíndice, y el final resultado del ICARHS se muestra en un mapa temático utilizando colores.

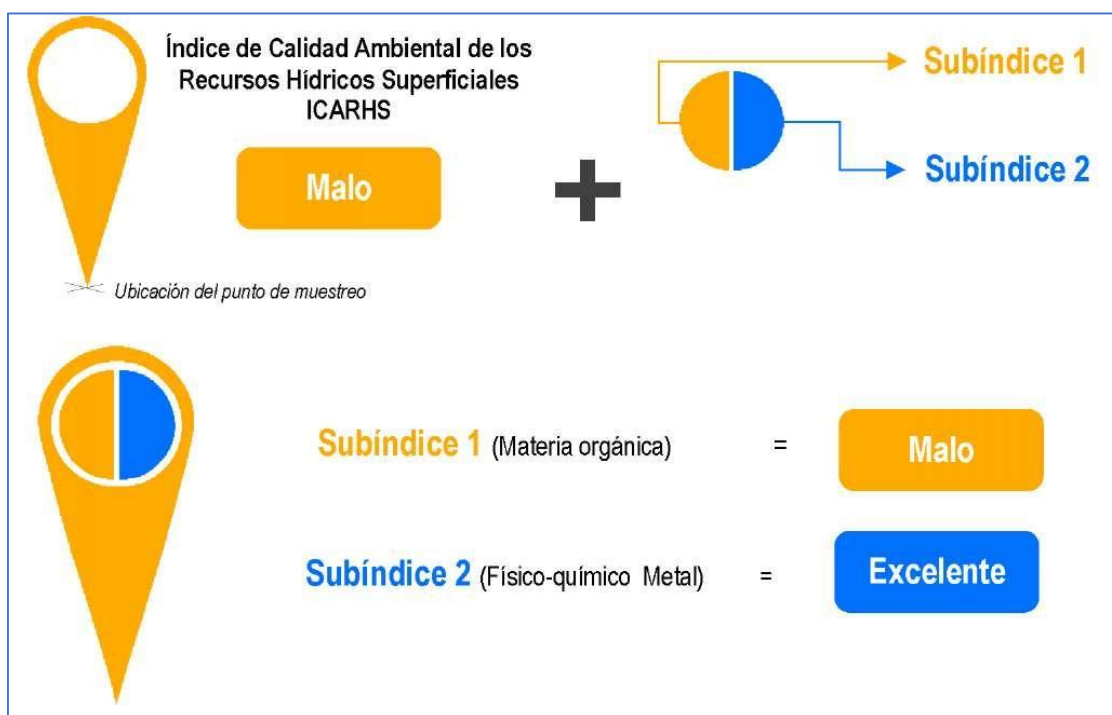


Figura 2. Icono propuesto para la representación del ICARHS
Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (2018, p. 10)

Índice de Calidades de las Aguas-Fundación Nacional de Saneamientos (ICA – NSF): El índice de calidad del agua presentado por Brown es una diferente versión del "WQI" (índice de calidad del elemento vital) trabajado por el Fondo Nacional de Salud (NSF), conocido en el idioma español como: Índice de calidad del Agua (ICA). Desarrollada por vez primera en 1970, esta metodología es para crear indicadores de calidad del agua porque contribuye con la implementación de un método estándar que pueden medir las calidades de las aguas. Este índice se puede utilizar en las aguas de cualquier tipo (Brown, 1970) mencionado en (Hallasi, 2018, p. 32).

El método presentado para contrastar la calidad de las aguas se basa en 9 medidas de calidad de las aguas, como temperatura, oxígenos disueltos, potenciales de hidrógeno, turbidez, DBO5, coliforme fecal, fosfatos totales, sólidos totales y nitratos. Este estudio fue apoyado por la National Sanitation Foundation (NSF), también conocida como NSFQI (ICANSF en español) (Brown et al., 1970).

Los datos de las calidades de las aguas se documentan y grafican en una curva de inflación que proporciona datos de q_i (Tiagi et al., 2013). La fórmula propuesta es:

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^n Q_i W_i$$

Dónde:

Q_i = Q Valor, se obtienen de los parámetros i según los resultados del análisis.

W_i = factores de ponderación para el parámetro i .

n = Cantidad de parámetros de calidad del agua.

En la ecuación ICA-NSF "utilizan el producto ponderado para su cálculo, conocido como ecuación multiplicativa" (Torres y Cruz, 2009, p. 86). Según los expertos, "el uso de ecuaciones de multiplicación es más sensible que las ecuaciones incrementales o la suma ponderada de los valores extremos en los subcódigos 2" (Torres y Cruz, 2009, p.8)

Parámetros fisicoquímicos del ICA-NSF: A continuación, se detallan los parámetros físicos y químicos necesarios para calcular el índice de calidad del agua propuesto por la Fundación Nacional de Salud (Hernández, 2016).

1. pH: El pH indica la acidez de una sustancia. Depende del número de iones de hidrógeno libres en el material. La acidez es una de propiedad la más importante del agua. El pH se utiliza como medida para contrastar algunos de los iones disueltos en agua. El resultado de las mediciones del pH se determinan observando la cantidad de iones hidroxilo y el número de protones (Hernández, 2016).

2 - Demanda bioquímica de oxígeno (Jaime, 2008): Es una medida del total de oxígeno que usan los pequeños organismos para estabilizar las materias orgánicas degradables, en condición aeróbica, en períodos de cinco 5 a 20 ° C. Sustancias en aguas de municipios e industrias y en general en agua residual; Sus aplicaciones permites deducir el efecto de la descarga de efluentes de hogares e industrias sobre las calidades de las aguas en los cuerpos receptores (Hernández, 2016).

3. Nitratos: La contaminación del agua con nitratos puede causar toxicidad aguda en humanos, especialmente en bebés, y esta enfermedad se conoce como metahemoglobinemia o enfermedad del bebé azul. Un estudio de 1996 realizado en Indiana, EE. UU., Encontró que beber agua en concentraciones entre 19 y 29 mg / L aumenta la frecuencia de abortos espontáneos. También hay evidencia de que el consumo prolongado de agua que contiene altas concentraciones de nitratos puede causar cáncer (Hernández, 2016).

4. Fosfato: La química del fosfato se ha discutido en relación con los sistemas acuosos como un ejemplo de la importancia del equilibrio heterogéneo en el agua. El fósforo, presente en diversas formas de fosfatos, es de gran importancia en una variedad de procesos biológicos y químicos en aguas naturales, aguas residuales y tratamiento de aguas. El fosfato es un nutriente necesario para el crecimiento de protoplasma vivo que contiene aproximadamente un 2% de fósforo en peso, en base seca. Como tal, el fósforo podría ser el factor limitante para el crecimiento de plantas acuáticas fotosintéticas, debido a su baja concentración (Hernández, 2016)

5. Cambio de temperatura: Es un abiótico factor que regula los biológicos procesos de un organismo, además de influir en las propiedades químicas y físicas de otros componentes abióticos del ambiente. “La temperatura es una cuantificación que revela fluctuaciones o gradientes de energía que conducen a la transferencia de calor” (Hernández, 2016).

6. Turbidez: Es sustancial para la fabricación de productos reservados al uso humano y para una variedad de aplicaciones industriales. Los productores de bebidas, procesadores de comestibles y plantas de tratamiento de aguas superficiales generalmente dependen de la coagulación, y filtración para garantizar productos aceptables. La transparencia de las naturales aguas es un importante factor en la productividad y calidad de estos sistemas. (Hernández, 2016).

7. Total de sólidos disueltos: Es un vocablo utilizado para detallar las inorgánicas sales presentes en soluciones acuosas y en pequeñas cantidades de materia orgánica. Los principales componentes en general son calcio, magnesio, sodio, potasio, cationes, hidrógeno, carbonatos, cloruros, sulfatos y aniones nitrato (Hernández, 2016).

8. Oxígeno disuelto: El nivel de oxígeno disuelto en aguas puras y residuales depende de la actividad química, física y bioquímica del sistema de agua. El análisis de oxígeno disuelto es una importante prueba en la gestión de la contaminación del agua y sus procesos de tratamiento (Hernández, 2016).

9. Coliformes fecales: “Los coniformes son indicadores de contaminación fecal y la posible presencia de patógenos vinculados con las aguas residuales o lodos” (Arvindbhai, 2012). Los objetos indicadores se utilizan comúnmente para establecer la presencia o posible presencia de grupos de patógenos (Hernández, 2016).

Tabla 5

Factores de ponderación según el método ICA – NSF para cada parámetro evaluado

Parámetro	Factor- W_i
Variación-de-Temperatura-(°C)	0.10
Oxígeno-disuelto	0.17
Potencial-de-hidrógeno-(pH)	0.11
Turbidez-(NTU)	0.08
DBO ₅ -(mg/l)	0.11
Fosfatos-totales-(mg/l-PO ₄ ³⁻ -P)	0.10
Nitratos-(mg/l-NO ₃ ⁻)	0.10
Sólidos-totales-(mg/l)	0.07
Coliformes-fecales-(NMP/-100mL)	0.16

Fuente. Información extraída de Brown (1970) citado en (Alarcón, 2019).

ICA-NSF: Índice Calidad del Agua – Fundación Nacional Saneamiento-USA

Para desarrollar la Tabla 5 que se muestra anteriormente para el ICA-NSF, la NSF eligió 142 expertos representantes a niveles locales, estatales y nacionales de los Estados Unidos. A través de una serie de preguntas, a cada experto se le pidió que tendrá en cuenta 35 parámetros de calidad de las aguas para posibles inclusiones en el ICA-NSF ese número se disminuyó en definitiva a 9 parámetros, los cuales se muestran en la Tabla 5; adicionalmente a eso el grupo de expertos determinó los pesos relativos(W_i) , previa recolección de datos , discusión y votación independiente de los mencionados expertos, todo esto fue promediado que dio como resultado curvas que reflejan los criterios profesionales de respuestas en una escala de 0 a 100 (Hernández, 2016, p. 25).

Tabla 6

Calificación de la calidad del agua según el método ICA – NSF

Valor ICA-NSF	Rango de calidad de agua
91-100	Excelente
71-90	Buena
51-70	Media
26-50	Mala
0-25	Muy mala

Fuente. Datos tomados de Brown (1970) citado en (Alarcón, 2019).

ICA-NSF: Índice Calidad del Agua – Fundación Nacional Saneamiento-USA

La Tabla 6 muestra los intervalos numéricos y los colores de calificación de la calidad del agua

Curvas de Función: A continuación, en las Figuras 3 al 11, se presentan el conjunto de curvas utiles para obtener valor numérico de Q_i de la ecuación utilizada para calcular el valor numérico del ICA - NSF.

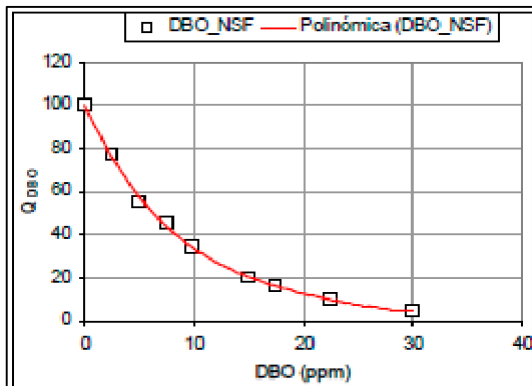


Figura 3. Función de calidad NSF demanda bioquímica de oxígeno Fuente: Hernández (2016)

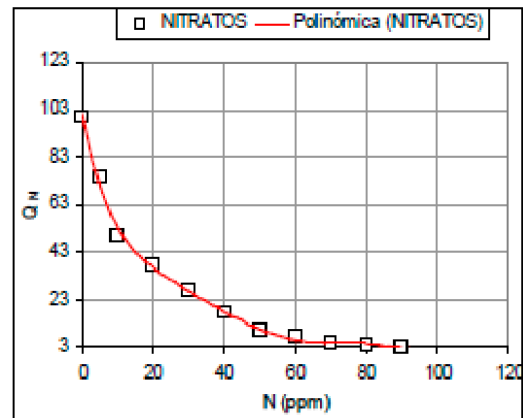


Figura 6. Función de calidad NSF nitratos Fuente: Hernández (2016)

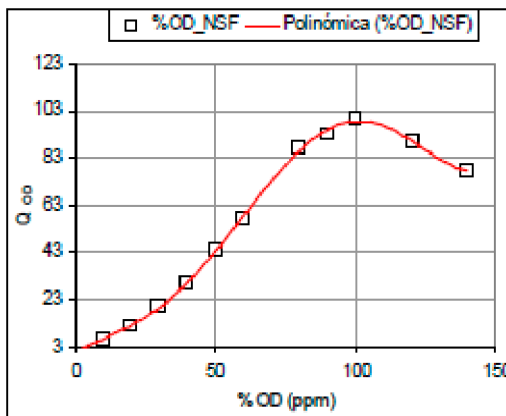


Figura 4. Función de calidad NSF porcentaje de saturación de oxígeno disuelto Fuente: Hernández (2016)

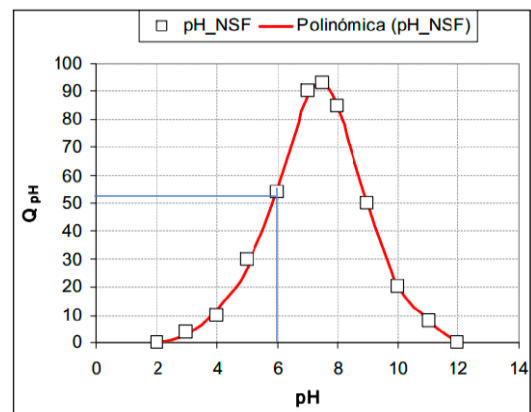


Figura 7. Función de calidad NSF potencial de hidrogeno (pH) Fuente: Hernández (2016)

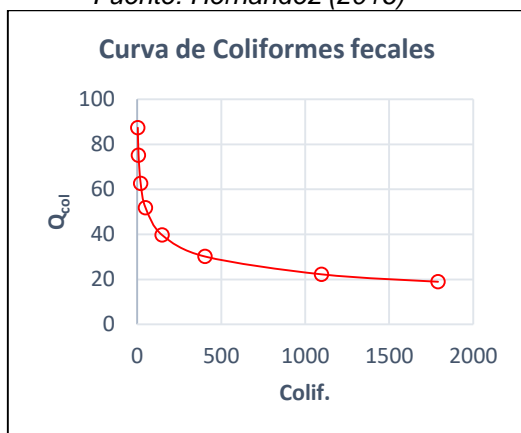


Figura 5. Función de calidad NSF coliformes fecales Fuente: Hernández (2016)

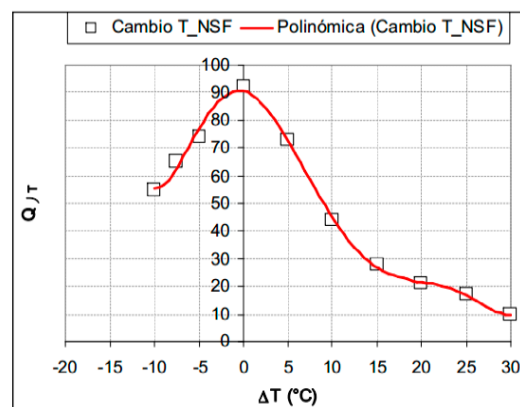


Figura 8. Función de calidad NSF diferencia de temperatura Fuente: Hernández (2016)

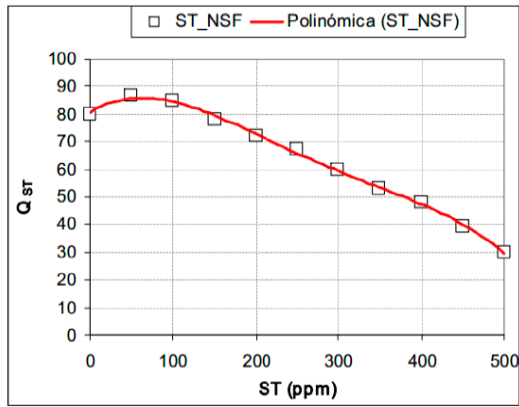


Figura 9. Función de calidad NSF sólidos totales
Fuente: Hernández (2016)

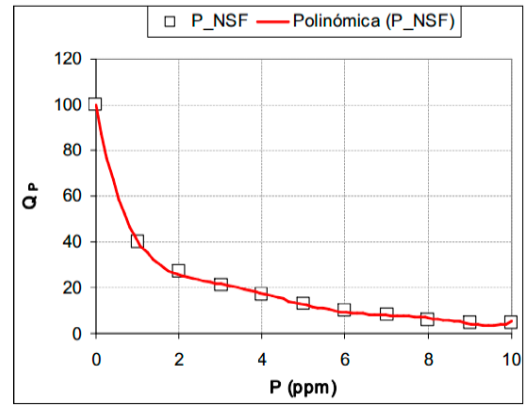


Figura 10. Función de calidad NSF ortofosfatos
Fuente: Hernández (2016)

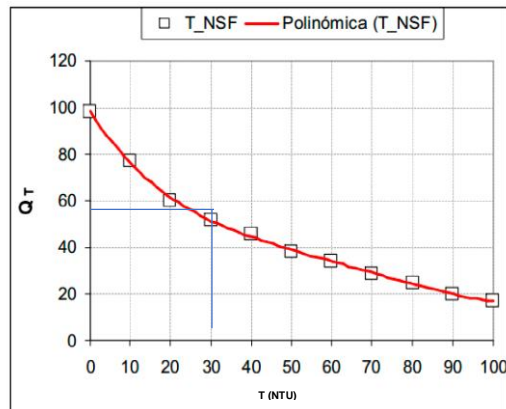


Figura 11. Función de calidad NSF turbidez
Fuente: Hernández (2016)

Todas las curvas que se muestran aquí son necesarias para calcular el valor Q_i de la ecuación utilizada para calcular el valor numérico del ICA-NSF para cada uno de los 9 parámetros de calidad del agua; estos gráficos son muy útiles ya que permiten convertir los valores numéricos dimensionales de los parámetros de calidad del agua en valores porcentuales adimensionales con los que podemos calcular el valor numérico comprendido entre 0-100.

Tabla 7
Ajuste de curvas para determinación de factores de escala Q_i

Parámetro	Ecuación para determinar el factor de escala Q_i
% Saturación de Oxígeno	$Q_{OD} = 3.1615 \cdot 10^{-8} \cdot (OD\%)^5 - 1.0304 \cdot 10^{-5} \cdot (OD\%)^4 + 1.0076 \cdot 10^{-3} \cdot (OD\%)^3 - 2.7883 \cdot 10^{-2} \cdot (OD\%)^2 + 8.4068 \cdot 10^{-1} \cdot (OD\%) - 1.6120 \cdot 10^1$ Donde Q_{OD} : Factor de escala Oxígeno Disuelto OD%: Oxígeno Disuelto expresado como porcentaje de saturación.
Demanda Bioquímica de Oxígeno	$Q_{DBO_5} = 1.8677 \cdot 10^{-4} \cdot (DBO_5)^4 - 1.6615 \cdot 10^{-2} \cdot (DBO_5)^3 + 5.9636 \cdot 10^{-1} \cdot (DBO_5)^2 - 1.1152 \cdot 10^1 \cdot (DBO_5) + 1.0019 \cdot 10^2$ Donde Q_{DBO_5} : Factores de escala Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ : Demanda Bioquímica de Oxígeno expresado en mg/l.
Coliformes Fecales	$Q_{col} = e^{(-0.0152(\ln C)^2 - 0.1063(\ln C) + 4.5922)}$ Donde Q_{col} : Factores de escala Coliform Fecal C: Coliform Fecal como NMP.
Nitratos	$Q_{nitra} = 3.5603 \cdot 10^{-9} \cdot (N)^6 - 1.2183 \cdot 10^{-6} \cdot (N)^5 + 1.6238 \cdot 10^{-4} \cdot (N)^4 - 1.0693 \cdot 10^{-2} \cdot (N)^3 + 3.7304 \cdot 10^{-1} \cdot (N)^2 - 1.5210 \cdot N + 1.0095 \cdot 10^2$ Donde Q_{nitra} : Factor de escala Nitratos — N: Concentración de Nitratos en mg/l.
pH	Para pH: 7.5 $Q_{pH} = -0.1789 \cdot (pH)^5 + 3.7932 \cdot (pH)^4 - 30.517 \cdot (pH)^3 + 119.75 \cdot (pH)^2 - 224.58 \cdot (pH) + 159.46$ Para pH > 7.5 $Q_{pH} = -1.11429 \cdot (pH)^4 + 44.50952 \cdot (pH)^3 - 656.60000 \cdot (pH)^2 + 4215.34762 \cdot (pH) - 9840.14286$ Q_{pH} : Factor de escala pH pH: Nivel de pH.
Cambio de Temperatura	$Q_{\Delta T} = 1.9619 \cdot 10^{-6} \cdot (\Delta T)^6 - 1.3964 \cdot 10^{-4} \cdot (\Delta T)^5 + 2.5908 \cdot 10^{-3} \cdot (\Delta T)^4 + 1.5398 \cdot 10^{-2} \cdot (\Delta T)^3 - 6.7952 \cdot 10^{-1} \cdot (\Delta T)^2 - 6.7204 \cdot 10^{-1} \cdot (\Delta T) + 9.0392 \cdot 10^1$ Donde $Q_{\Delta T}$: Factor de escala de Cambio de temperatura ΔT : Cambio de temperatura en ° C.
Sólidos Disueltos Totales	$Q_{SDT} = -4.4289 \cdot 10^{-9} \cdot (ST)^4 + 4.650 \cdot 10^{-6} \cdot (ST)^3 - 9.9591 \cdot 10^{-3} \cdot (ST)^2 + 1.8973 \cdot 10^{-1} \cdot (ST) + 8.0608 \cdot 10^1$ Q_{SDT} : Factor de escala de Sólidos Totales ST: Sólidos Totales en mg/l.
Fosfatos	$Q_P = 4.67320 \cdot 10^{-3} \cdot (P)^6 - 6.1670 \cdot 10^{-1} \cdot (P)^5 + 2.20595 \cdot (P)^4 - 1.50504 \cdot 10^1 \cdot (P)^3 + 5.38893 \cdot 10^1 \cdot (P)^2 - 9.98933 \cdot 10^1 \cdot (P) + 9.98311 \cdot 10^1$ Donde Q_P : Factor de escala de P-Ortofosfatos — P: Fosfatos en mg/l.
Turbidez	$Q_t = 1.8939 \cdot 10^{-6} \cdot (T)^4 - 4.9942 \cdot 10^{-4} \cdot (T)^3 + 4.9181 \cdot 10^{-2} \cdot (T)^2 - 2.62847 + 9.8098 \cdot 10^1$ Donde Q_t : Factor de escala de Turbidez T: Turbidez en mg/l.

Fuente. (Jiménez y Vélez, 2006) citado en (Hernández 2016)

Toma de muestras de agua para consumo humano: Enseguida, se presenta el desarrollo teórico del muestreo de agua de consumo humano de acuerdo con el protocolo elaborado por el DIGESA, los procedimientos descritos en el protocolo anterior fueron extensos y solo se seleccionaron aquellos relevantes para el trabajo de investigación.

Procedimientos para la toma de muestras:

a) Ubicación de los puntos de muestreo

La ubicación y el número de muestras a tomar deben programarse y estudiarse con anticipación. Desde instalaciones de acceso y transporte hasta el punto de muestreo.

La ANA debe determinar las ubicaciones de los puntos de muestreos de aguas en el sistema de suministro de agua para consumo humano, teniendo en cuenta los esquemas del sistema y teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

b) obtener la muestra

El muestreo debe ser realizado por un equipo autorizado para garantizar que la muestra represente el agua suministrada al consumidor y que su composición no haya cambiado durante el transporte y el muestreo.

El punto de muestreo debe determinarse con la ayuda de GPS, en coordenadas UTM también deben dejarse 2,5 cm de capacidad del recipiente (espacio superior) para permitir la expansión, adición de conservantes y homogeneización de las muestras.

Para los manantiales, elimine las malas hierbas, los escombros y / o los escombros alrededor de la superficie húmeda.

Consideraciones para medir parámetros de campo

Use guantes al tomar la muestra.

De acuerdo al Decreto Supremo No. O31-2010-SA, es necesario evaluar las subsiguientes cuantificaciones de campo: cloro residual libre, turbidez, conductividad, pH y temperatura (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

La información recopilada de la medición de los parámetros de campo, así como la ubicación y descripción del punto de control, debe ingresarse en la hoja de

datos de campo, y debe completarse en una línea clara, sin tachaduras ni correcciones, en este punto mantenimiento, calibración y se debe tener en cuenta la revisión del equipo de campo antes de realizar el muestreo (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Consideraciones sobre el muestreo microbiológico:

- Use guantes al tomar la muestra.
- Soltar el cable que asegura la tapa protectora de papel y quitar la tapa de la botella de muestreo (Karim, 2017).
- Evite tocar el interior de la botella o el interior de la tapa, sujetándose la mano mientras toma la muestra, sin colocarla sobre ninguna sustancia que pueda contaminarla.
- Manteniendo el tapón a mano, inmediatamente coloque la botella bajo el chorro de agua y llénela, dejando un pequeño espacio de aire para facilitar la agitación durante la fase de análisis (Laurente, 2015).
- Si el agua se trata con cloración, la botella de muestreo debe contener tiosulfato, 3% de sodio (0.1 ml de tiosulfato de sodio al 3% por 120 ml) para prevenir la acción del cloro (Puerta, 2019).
- Ponga la tapa en el frasco o atornille la tapa para asegurar la tapa protectora de papel kraft en su lugar con un tornillo (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Consideraciones de muestreo químico y físico:

Parámetros Inorgánicos

- Utilice guantes al tomar la muestra.
- Enjuagar los frascos de muestreo dos o tres veces con el agua a recolectar, para retirar las sustancias potenciales del interior, y agitar y desechar el agua de lavado (Quiroz, Izquierdo, Menéndez, 2017).
- Llene el frasco tanto como sea posible (no deje un espacio vacío), luego de tomar la muestra y dependiendo del tipo de análisis a realizar, agregue el conservante adecuado y ciérrelo herméticamente (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Parámetros de Muestreo: Para este trabajo de indagación se medirán los parámetros siguientes:

Parámetros ICARHS: OD, DBO₅, Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo Total, Hierro, Manganeso, Plomo, Mercurio, Zinc, pH y Coliformes Fecales.

Parámetros ICA-NSF: Temperatura, OD, pH, Turbidez, DBO₅, Fosfatos totales, Nitratos, Sólidos totales, Coliformes fecales (NMP/ 100mL).

Acondicionamiento y Preservación de muestras: Las muestras deben identificarse antes del muestreo con una etiqueta manuscrita clara y legible, preferiblemente un bolígrafo indeleble, sin manchas ni alteraciones, que deben protegerse con una cinta adhesiva transparente que contenga precisamente lo siguiente como se muestra en la Tabla 8 (Dirección General de Salud Ambiental, 2015)

Tabla 8

Rotulo de identificación de muestra

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA		
Códigos de identificación de camp0		
Coordenada		E:
		N:
		Altura:
Lugar/distritos/provincias/regiónes		
Puntos de muestreos		
Matrices		
Fechas y Horas de Muestreos		
Tipos de análisis requeridos:		Preservada: SI NO Nombres del preservante:
Nombres del que extrae la muestra (Institución/Entidad)		

Fuente: Esta ficha corresponde al uno de los anexos del Protocolo de procedimientos de muestreo, preservación, preservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano

Asegúrese de que la muestra utilizada para analizar cada parámetro cumpla con los requisitos (temperatura y vida útil); Recepción de muestras del laboratorio de control ambiental.

Una vez tomada la muestra de agua, se agregará el reactivo de conservación, si se requiere (Suárez, 2020).

Una vez guardada la muestra cerrar bien el frasco y para mayor seguridad cerrar el tapón para evitar cualquier derrame de líquido y agitarlo para uniformar las muestras (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Conservación y envío de muestras

- Las recogidas muestras deben almacenarse en refrigeradores a la temperatura especificada en la lista de requisitos de recepción de muestras.
- Los envases de vidrio deben empaquetarse cuidadosamente para evitar roturas, contaminación y derrames.
- Las muestras deben enviarse en cajas térmicas aisladas de la influencia de la luz del sol y con disponible espacio para refrigeración (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Medio de Transporte: Deben transportarse en cajas adecuadas (kohler) con refrigerante lo antes posible; Las muestras de agua no deben transportarse en mochilas, bolsas de papel, bolsas, cajas de cartón, etc.

Para que las muestras ingresen al laboratorio, deben ser debidamente entregadas con una orden de prueba debidamente etiquetada (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Control de Calidad de Muestreo: Para el Control de Calidad, es necesario considerar los siguientes espacios en blanco y duplicados de acuerdo con las selecciones analíticas:

Físico Químico:

- Los blancos viajeros

Son botellas que contienen agua desionizada o destilada. Se guardan en la misma caja del congelador que otras muestras en cada etapa del proceso de recolección, manipulación y envío. Mantenga la botella cerrada durante todo el proceso (Universidad de Pamplona, 2020). Se utiliza una aspiradora móvil para excluir agentes externos de contaminación durante el transporte de la muestra. Se requiere al menos uno por caja de mantenimiento (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

- Muestras duplicadas

Se utilizan para comprobar la precisión del grupo de campo. Se recolectan copias duplicadas al mismo tiempo que se toma la muestra de agua, con una

cantidad de una por cada diez, y en caso de que haya menos de diez (10) muestras, se toma una (01) muestra para cada grupo (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

La muestra duplicada debe recolectarse de una planta donde se cree que están presentes altos niveles del compuesto particular.

Microbiológico

- Blanco Viajero

Se toman muestras de agua destilada o desionizada. La aspiradora de mano se pone en la misma caja de muestreos que otros viales y permanecerá cerrada durante todo el período de muestreo (Ustaoglua, 2019). Esta muestra contará los heterótrofos para determinar que las condiciones de esterilidad se mantienen durante el procedimiento (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Esta aspiradora le permite verificar la posible contaminación de los procedimientos de transporte y almacenamiento en el campo.

- Muestras duplicadas

Por cada 10 muestras, debe preparar una muestra doble consistente en llenar dos botellas en la misma muestra de agua tomada del mismo lugar al mismo tiempo. De esta forma, se examina la dispersión creada como resultado de la manipulación, el almacenamiento o la contaminación de las muestras existentes. (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Marco conceptual

Agua: "Es un líquido compuesto por dos gases, hidrógenos y oxígenos, un volumen de oxígeno por dos de hidrógeno, y su fórmula es H₂O, que es el ingrediente principal más trascendental del mundo en el que vivimos" (Fuquene, 2013) citado en (Hallasi, 2018, p. 24).

ICA: Índice de calidad de las aguas se define como "un número único que da la calidad de un recurso hídrico al integrar la medición de parámetros específicos de calidad de las aguas, y su utilización es cada vez más común para identificar la tendencia integrada de cambios en el agua" (Torres y Cruz, 2009, p. 82).

ICARHS: El índice de calidad de aguas de superficie" se define como un instrumento numérico que combina un conjunto de parámetros, y su análisis puede transformar estos números en valores que evalúan la calidad de la fuente de agua en el punto de muestreo". (Ministerio de Agricultura y Riego 2018, p.4).

ICA-NSF: Este es un índice de calidad de las aguas utilizado por el Fondo Nacional de Saneamiento en los Estados Unidos y es una herramienta para evaluar la condición básica de calidad de las aguas, así como para identificar tendencias espaciales y temporales en la calidad del agua en general (Alarcón 2019, p.30).

pH: El pH de la solución se toma como un logaritmo de iones H⁺ para cualquier situación práctica. El rango de valores de pH de 7 a 14 es alcalino, de 0 a 7 es ácido y 7 es neutro. Principalmente, el pH del agua potable se encuentra entre 4,4 y 8,5. La escala de pH comúnmente varía de 0 a 14 (Dohare, 2014).

Turbidez: La suspensión de partículas en el agua que interfieren con el paso de la luz se denomina turbidez. La turbidez es causada por una amplia variedad de partículas en suspensión. La turbidez se puede medir por su efecto sobre la transmisión de la luz, que se denomina turbidez metría, o por su efecto sobre la dispersión de la luz, que se denomina nefelometría (Dohare, 2014).

Nitrato: El nitrato está presente en el agua cruda y principalmente es una forma de compuesto N₂ (en su estado oxidante). El nitrato se produce a partir de fábricas de productos químicos y fertilizantes, materias de animales, vegetales en declive, descargas domésticas e industriales. El método para medir la cantidad de nitrato es mediante un espectrofotómetro UV. Según IS: 10500-2012

El límite deseable para el nitrato es un máximo de 45 y no hay relajación en el límite permitido (Moreno, 2015, p. 32).

Fosfato: El fósforo es un nutriente vegetal esencial y con mayor frecuencia controla el crecimiento de las vegetaciones acuáticas en aguas dulces. “Normalmente, el agua subterránea contiene solo un nivel mínimo de fósforo debido a la baja solubilidad de los minerales fosfatados nativos y la capacidad de los suelos para retener el Fosfato” (Moreno, 2015, p. 32).

Coliformes fecales: “Son microorganismos que se hallan naturalmente en el tracto digestivo de animales y humanos de caliente sangre. Consiguientemente, estas se hallan en las heces, pero algunas también se encuentran en el medio ambiente” (Moreno, 2015, p. 32).

Oxígeno disuelto (OD): “Este parámetro se mide como el porcentaje de saturaciones de oxígenos disueltos a una temperatura determinada del elemento vital y a la altura del lugar del que se extrajo la muestra y es un indicador de las capacidades de una masa de agua para soportar organismos marinos” (Moreno, 2015, p. 31).

Demandas bioquímicas de oxígeno DBO₅: “Esta es total de oxígeno que requiere una bacteria a 20 ° C durante 5 días y se define como la diferencia entre el oxígeno disuelto al inicio antes de las incubaciones y el oxígeno restante luego de la incubaciones a 20 ° C durante 5 días” (Moreno, 2015, p. 31).

Sólido disuelto total (SDT): “El SDT es una medida de las cantidades de sólidos luego de que la fase acuosa se evapora a una temperatura por encima de 100 ° C. Está determinada por gravimetría” (OMS, 2020) citado en (Moreno, 2015, p. 10).

Parámetros: “Ambas son estructuras físicas, químicas y microbiológicas” (Eyssautier, 2006) citado en (Hallasi, 2018, p. 35).

Agua cruda: “Es eso que se encuentra en su estado natural, atraída para provisión que no ha pasado por proceso de tratamientos” (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Agua para consumo humano: “Agua apta para todos los usos caseros normales, incluida la limpieza propia” (Dirección General de Salud Ambiental, 2015 p.7).

Análisis microbiológico del agua: “Es el procedimiento de laboratorios que se realizan sobre muestras de aguas para consumos humanos para analizar las presencias o ausencias de microorganismos, su tipo y cantidad.” (Dirección General de Salud Ambiental, 2015 p.7).

Análisis físicos y químicos de las aguas: “Estos son aquellas operaciones de laboratorios que se realizan en muestras de aguas para valorar sus propiedades físicas, químicas o ambas” (Dirección General de Salud Ambiental, 2015 p.7).

Cadena de custodia: “El proceso mediante el cual una muestra se mantiene en situaciones que garantizan su aptitud para la prueba, es decir, desde el momento en que se toma la muestra de agua hasta su eliminación” (Dirección General de Salud Ambiental, 2015, p.7).

Toma de muestras de Aguas para Consumo Humano: “Son procedimientos para Obtener cantidades de aguas en puntos específicos del sistema, y proporcionar agua para consumo humano, que debe estar representada; Con el fin de evaluar propiedades físicas, químicas, biológicas y / o microbiológicas” (Dirección General de Salud Ambiental, 2015 p.7).

III. METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

TIPO

Según Vara (2012), el tipo de indagación del trabajo presente es aplicado (p. 202); pues frente al problema del desconocimiento de la calidad de las aguas de parte de las personas de la comunidad Huisapata se presenta como alternativa de solución el análisis de la calidad del agua con el ICARHS y el ICA-NSF para que con los resultados ellos puedan tomar las mejores decisiones dependiendo de los resultados obtenidos.

Para Hernández-Sampieri et.al. (2014), El Tipo de investigación según el enfoque es cuantitativa porque se midió la variable “calidad del agua” en la comunidad de Huisapata; se analizaron las mediciones obtenidas utilizando métodos tales como fórmulas matemáticas para el cálculo del ICARHS y la transformación adimensional de cada parámetro que conforma el ICA-NSF mediante curvas, posteriormente con esos datos se utilizaron ecuaciones matemáticas tales como el promedio ponderado con los que se extrajeron las conclusiones (p. 4).

DISEÑO

El diseño de investigación es no experimental transversal de tipo descriptivo, no experimental debido a que la variable independiente “calidad del agua para consumo humano” no fue sometida a cambios en su composición química ni física pues únicamente se procedió a medir sus parámetros para el cálculo del ICARHS e ICA-NSF; dejando intactos las fuentes de agua sin alterar ninguna de sus propiedades naturales de donde fueron extraídos (no hubo manipulación de la variable independiente para observar cambios en la variable dependiente). Es “transversal o transeccional por que el estudio se hará en un solo momento” (Hernández-Sampieri, et al., 2014, p. 154). Es de tipo descriptivo porque “se busca especificar las propiedades, las características de la calidad del agua de la comunidad Huisapata” en base al ICARHS y el ICA-NSF (Hernández-Sampieri, et al., 2014, p. 92).

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente

Calidad del agua: “Conjunto de propiedades físicas, químicas y microbiológicas variables y sus valores de aceptación o rechazo.” (Moreno, 2015).

Variable dependiente

Índice de calidad del agua: “Número único que expresa la calidad de un recurso hídrico al incorporar las mediciones de algunos parámetros de calidad del agua.” (Torres y Cruz, 2009, p. 82)

Tabla 9
Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Variable Independiente Calidad del agua	Parámetro de calidad del agua según ICARHS	<ul style="list-style-type: none"> ● Demandas bioquímicas de Oxígeno (DBO₅) ● Demanda química de Oxígeno (DQO) ● Oxígeno disueltos (valor mínimo) ● Fósforo total ● Amoniaco-N ● Arsénico ● Aluminio ● Manganeso ● Hierro ● Cadmio ● Plomos ● Potenciales de hidrógenos (pH) ● Coliforme Fecal ● Costo de resultados 	<ul style="list-style-type: none"> ● mg/l ● mg/l ● mg/l ● mg/l ● mg/l ● mg/l ● mg/l ● mg/l ● mg/l ● mg/l ● pH ● NMP/100 Mi ● Soles (S/.)
	Parámetro de calidad del agua según ICA-NSF	<ul style="list-style-type: none"> ● Temperatura ● Oxígeno Disuelto ● Potencial de Hidrógeno ● Turbidez ● DBO₅ ● Coliformes Fecales ● Fosfatos Totales ● Sólidos Totales ● Nitratos ● Costo de resultados 	<ul style="list-style-type: none"> ● °C ● mg/l ● pH (Unidades) ● NTU ● mg/l ● mg/l ● mg/l ● mg/l ● NMP/ 100MI ● Soles (S/.)
Variable dependiente Índice de calidad del agua	ICARHS	Calificación ICARHS	<ul style="list-style-type: none"> ● Excelente ● Bueno ● Regular ● Malo ● Pésimo
	ICA-NSF	Valor ICA-NSF	<ul style="list-style-type: none"> ● Excelente ● Buena ● Media ● Mala ● Muy mala

Fuente: Esta Tabla fue elaborada de acuerdo a Hernández-Sampieri, et al. (2014, p. 211)

Nota: ICARHS=Índice de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales (Perú)

ICA-NSF=Índice de Calidad del Agua según la Fundación Nacional de Saneamiento (USA)

La Tabla 9 es la operacionalización de la variable donde se identifican sus dimensiones, indicadores, escala de medición y escala de calificación.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

El universo (población) de este trabajo de indagación está conformada por 21 manantiales pertenecientes a la comunidad de Huisapata, los cuales se mencionan en la Tabla 10:

Tabla 10

La población (universo) del trabajo de investigación

N.º	COGIG O	SECTOR	NOMBRE MANANTIAL	CAUDAL OTORGADO "ANA" (Litros/seg)	Familias beneficia das
1	M-01	Sector Yuma 1	Yuma 1	0.070	40
2	M-02	Sector Ccacyuma	Ccacyuma	0.106	
3	M-03	Sector Yuma 3	Yuma 3	0.102	
4	M-04	Sector Chuca	Chuca	0.118	17
5	M-05	Sector Cota Cota	Ccota Ccota 1	0.035	5
6	M-06	Sector Cota Cota	Ccota Ccota 2	0.035	5
7	M-07	Sector Cota Cota	Puca Aniya 1	0.013	6
8	M-08	Sector Cota Cota	Puca Aniya 2	0.029	
9	M-09	Sector Cota Cota	Qisini 1	0.007	1
10	M-10	Sector Cota Cota	Qisini 2	0.007	1
11	M-11	Sector Muto	Moto 1	0.021	3
12	M-12	Sector Muto	Moto 2	0.007	1
13	M-13	Sector Muto	Moto 3	0.007	1
14	M-15	Chachacumaña	Pataoqho	0.014	1
15	M-16	Sector Muto	Moto 4	0.014	1
16	M-17	Sector Muto	Moto 5	0.007	2
18	M-21	Sector Muto	Moto 6	0.007	1
19	M-20	Sector Muto	Hualla	0.007	1
20	M-19	Sector Muto	Motosora	0.007	1
21	M-14	Huarsapata	Huarzapata 1	0.007	3

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018)

Nota: Los datos de esta Tabla fueron extraídos del Expediente Técnico elaborado por el MIVCS y la Municipalidad Distrital de Ocoruro., información que está disponible en internet.

Muestra:

detalla los manantiales que comprenden la muestra de este trabajo de investigación.

Tabla 11

Muestra del trabajo de investigación

NOMBRE	ESTE(m)	NORTE (m)	CAUDAL OTORGADO "ANA" (l/seg)	Familias beneficiadas
Sector Ccacyuma	257520.00	8328576.00	0.106	40
Sector Chuca	256235.00	8329155.00	0.118	17

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018)

Nota: Los datos de esta Tabla fueron extraídos del Expediente Técnico elaborado por el MIVCS y la Municipalidad Distrital de Ocoruro., información que está disponible en internet.

- Criterios de inclusión de la muestra: para considerar estos manantiales como los puntos de muestreo se ha considerado la cantidad de familias beneficiadas y el caudal que cada uno de los manantiales poseen, también el presupuesto con el que se contó para evaluar cada manantial ya que el análisis de cada uno resulta muy costoso.
- Criterios de exclusión de la muestra: no se han considerado como puntos de muestreo los manantiales que benefician a pocas familias y las de poco caudal.

Muestreo

Los tratados de investigación actuales utilizan muestras no probabilísticas, también conocidas como muestras intencionales, que asumen procedimientos de selección dictados por la naturaleza del estudio, en lugar de criterios estadísticos (Hernández-Sampieri, et al., 2014, p. 189).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

- Observación

Instrumentos de recolección de datos

- Ficha de registro de datos de campo
- Ficha de cadena de custodia
- Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICARHS

- Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICA-NSF
- Ficha para obtención del valor numérico ICARHS
- Ficha para obtención del valor numérico ICA-NSF


Tabla 12
Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"> • Observación en campo 	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de registro de datos de campo (anexo 6) • Ficha de cadena de custodia (anexo 5) • Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICARHS(anexo 7) • Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICA-NSF(anexo 8) • Ficha para obtención del valor numérico ICARHS(anexo 9 Y 10) • Ficha para obtención del valor numérico ICA-NSF(anexo 11 Y 12)

Materiales

Para esta investigación ha sido necesario muchos materiales, equipos y métodos que se detallan en la Tabla 13.

Tabla 13
Métodos, equipos y materiales

Métodos	Equipos	Materiales	Imagen
<ul style="list-style-type: none"> • Protocolo de Procedimientos para la Toma de Muestras, Conservación, Transporte Preservación, Almacenamiento y Recepción de Agua para fines de Consumo Humano • Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Multipárametro. • Computadora portátil • GPS Garmin • Caja térmica (cooler) 	<ul style="list-style-type: none"> • Libreta de campo. • Cámara fotográfica • Pizarra pequeña • Etiqueta para botellas • Plumón imborrable • Desechables Guantes • Gel refrigerante • Frascos de plástico de 1 litro • Frasco de plástico ámbar de ½ litro • 02 Frascos de plástico de ½ litro • 02 Frascos de plástico de ¼ litro • 04 frascos plástico de 100ml • Gotero • Reactivos para preservar muestras: H₂SO₄ (ácido sulfúrico), HNO₃ (ácido nítrico) • Frascos y botellas esterilizados. • Guantes. • Lapicero. • Hielo. • Termómetro. 	

3.5. Procedimientos

El procedimiento de la investigación se dividió en 3 etapas los cuales se muestran en la Figura 12:

- La primera etapa fue la selección de los manantiales más importantes de la comunidad de Huisapata para extraer muestras y con la ayuda del laboratorio poder obtener los valores de los parámetros de calidad ICARHS e ICA-NSF respetando los procedimientos de recolección, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de una muestra de agua.
- La segunda etapa consistió en el cálculo de los Índices de Calidad de Agua ICARHS e ICA-NSF con la ayuda de gráficos y fórmulas matemáticas siguiendo cada uno de los pasos indicados por las normas de cada uno de los índices de calidad.
- La tercera etapa consistió en la comparación de los Índices de Calidad de Agua ICARHS e ICA-NSF.

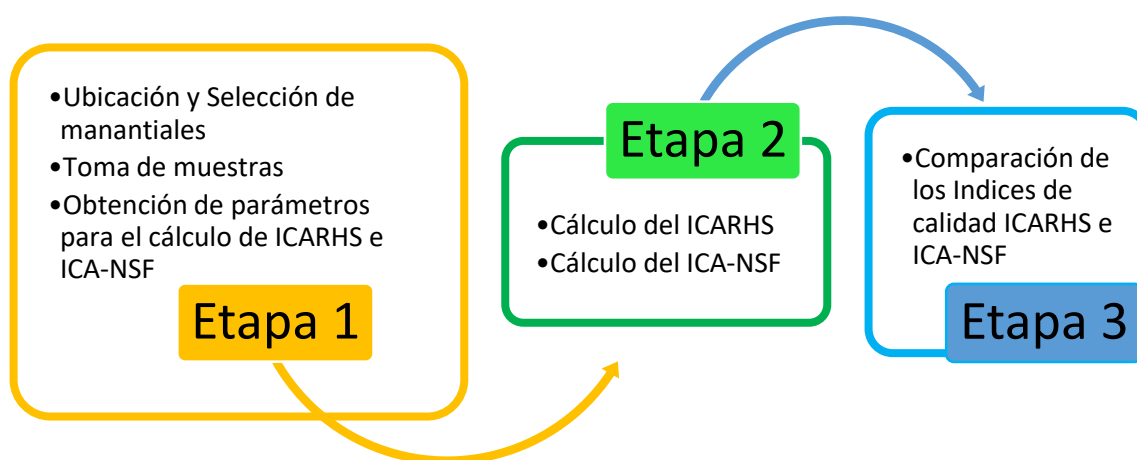
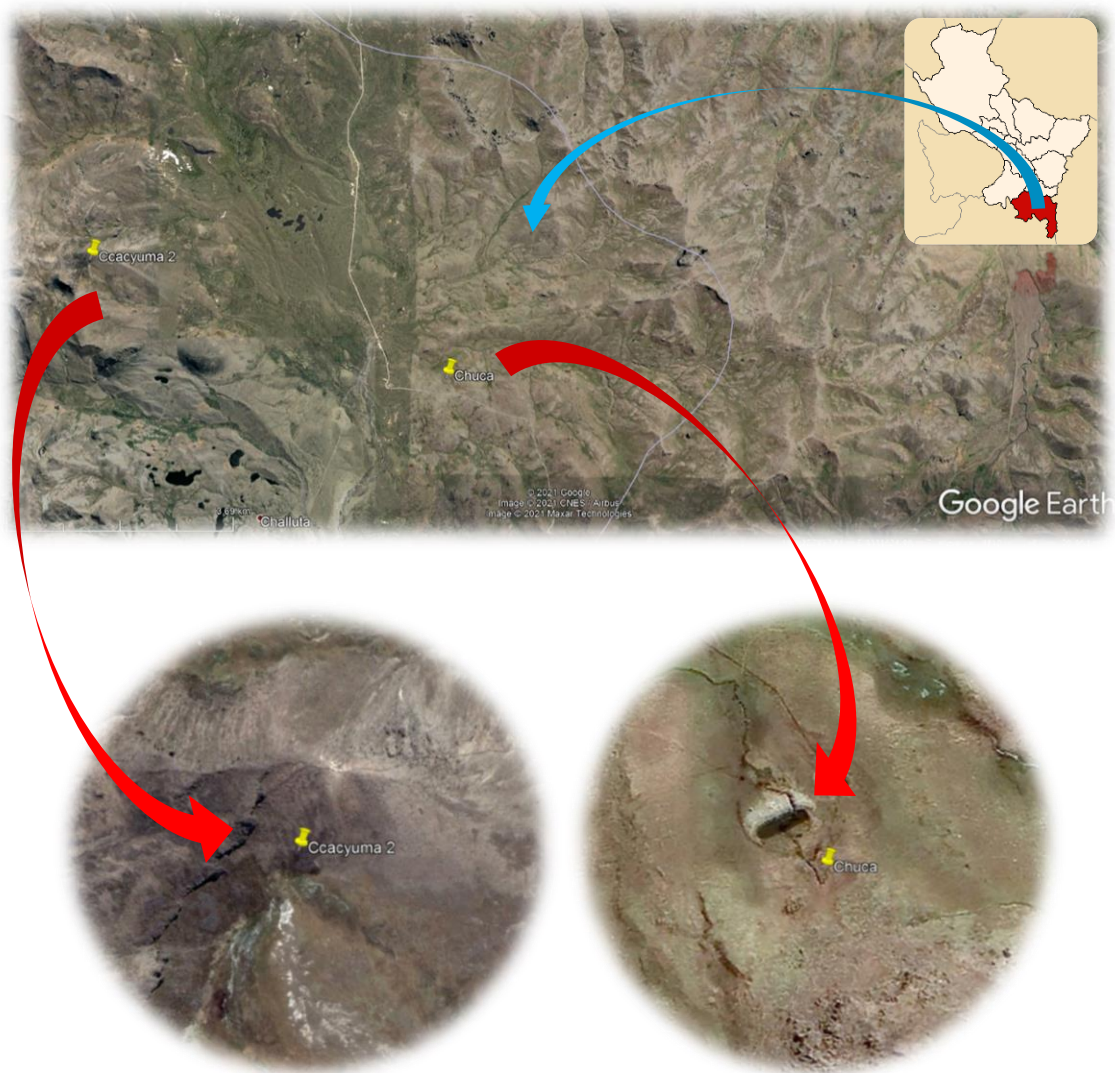


Figura 12. Representación gráfica de las etapas del procedimiento de estudio

Etapa 1

Ubicación y Selección de manantiales

Esta primera etapa consistió en la Ubicación de manantiales de estudio que a continuación se detalla en la Figura 13:



*Figura 13. Ubicación los manantiales de la zona de estudio
Fuente: Hernández (2016)*

Los manantiales se ubican en la comunidad de Huisapata, Ocoruro, Espinar, Cusco, en a la Tabla 14 se dan las coordenadas de ubicación de los puntos de interés.

Tabla 14

Coordenadas de ubicación de los manantiales estudiados

Manantial	ESTE(m)	NORTE (m)	Altura msnm/pies	Presión barométrica mmHg
Ccacyuma	257620	8328544	4806/15768	415.8
Chuca	263476	8326650	4501/14767	432.9



Figura 14. Ubicación los manantiales de la zona de estudio (Izquierda Manantial Ccacyuma y Derecha Manantial Chuca)

Toma de muestras

Para la obtención de las muestras se tuvo en cuenta los parámetros medidos que fueron 13 para el ICARHS: Oxígeno disuelto (valor mínimo), DBO₅, Cadmio, Arsénico, Cromo Total, Cobre, Manganeso, Hierro, Plomo, Zinc, Mercurio, pH y Coliformes Fecales; y 9 Parámetros ICA-NSF: Oxígeno disuelto, Turbidez, Temperatura, pH, DBO₅, Nitratos, Fosfatos totales, Sólidos totales, Coliformes fecales.

Posteriormente se realizó la obtención de muestras siguiendo algunas de las indicaciones más importantes del protocolo elaborado por el DIGESA, *cabe mencionar que no fue posible cumplir con todos los pasos indicados por dicho protocolo ya que el proyecto de investigación económicamente sería inviable*, a continuación, se detalla los procedimientos realizados:

Consideraciones para la toma de muestras microbiológicas (Coliformes fecales):

- Se usaron guantes y el EPP adecuado para tomar la muestra

- Se retiró la tapa de la botella evitando tocar la parte interior del tapón y la botella sosteniendo con la mano mientras se extrae la muestra, sin ubicarlo sobre ningún material contaminante
- Mientras se sostenía la tapa de la botella de muestrea se colocó debajo del chorro de agua hasta llenarlo dejando un espacio para que se pueda agitar durante el análisis.
- Finalmente se tapó la botella con la muestra de forma segura para evitar fugas.

Consideraciones para la toma de muestras físico químico (Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fósforo Total, Nitratos (NO₃), Amoniac- N, Oxígeno Disuelto, Potencial de Hidrógeno (pH), Sólidos Disueltos Totales, Temperatura, Turbiedad.

- Se usaron guantes y el EPP adecuado para tomar la muestra.
- Se enjuagaron 3 veces los frascos con el agua que fue muestreada para eliminar sustancias contaminantes.
- Los frascos se llenaron sin dejar un espacio vacío y se agregaron los conservantes adecuados, de acuerdo con la Tabla 15 respecto a la conservación y preservación de la muestra de agua en base al parámetro evaluado, y se cerraron herméticamente.

Consideraciones para el muestreo de inorgánicos parámetros (hierro, cadmio, arsénico, manganeso, aluminio, plomo) Ver Figura 15.

- Se usaron guantes el EPP adecuado para tomar la muestra.
- Se enjuagaron 3 veces los frascos con el agua que fue muestreada para eliminar sustancias contaminantes.
- Se llenaron los frascos sin dejar espacio vacío y se agregaron los preservantes adecuados cerrándose herméticamente.



*Figura 15. Toma de muestras
(Izquierda manantial Ccacyuma y derecha manantial Chuca)*

Acondicionamiento y Preservación de muestras: Las muestras fueron etiquetadas utilizando un rotulo de identificación en que el que se escribió a mano sin borrones ni correcciones con un lapicero de tinta indeleble que luego fue cubierta con cinta adhesiva para evitar daños de la etiqueta por humedad tal como se muestra en la Figura 16.



Figura 16. Etiquetado de muestras

Se aseguró de que las muestras cumplan con los requisitos necesarios relativos a su vida útil y temperatura de acuerdo a lo indicado en la Tabla 15 de Conservación y Preservación de Muestra de Agua en Función del Parámetro Evaluado, una vez hecho esto se cerró herméticamente la botella previa agitación del líquido para uniformar la muestra tal como se muestra en la Figura 17.



Figura 17. Acondicionamiento y preservación de muestras

La preservación y la conservación de muestras del elemento vital están en función al parámetro evaluado los cuales se especifican e la Tabla 15.

Tabla 15

Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado

Parámetros	Tipos de recipiente	Condición de preservaciones y almacenamientos	Tiempos máximos de conservación
Oxígenos disueltos	Plásticos o vidrios	Analizar preferentemente in situ.	Inmediatamente
	Envases de vidrios Winkler	Fijar el oxígeno. Guardar muestras en ausencia de luz o usar envases negros.	4 días
pH	Plásticos o vidrios	Analizar preferentemente in situ.	24 h.
Temperatura	Plásticos o vidrios	Analizar preferentemente in situ.	Inmediatamente
Turbiedad	Plásticos o vidrios	Analizar preferentemente in situ. Almacenar en ausencia de luz o usar envases negros.	24 h.
Demanda bioquímica de Oxígeno en cinco días	Plásticos o vidrios	Llenar recipiente y sellar sin burbujas. Almacenar en ausencia de luz o usar envases negros..	24 h.
	Plásticos	Congelar a menos de -18° C. en ausencia de luz usar envases negros.	1 mes (6 meses si >50 mg/l)
Demanda química de Oxígeno	Plásticos o vidrios	Acidificar a pH 1 -2 y H ₂ S ₄	6 meses
	Plásticos	Congelar a menos de -18°C.	6 meses
Sólido disuelto total	Plásticos o vidrios	Guardar a 5°C ± 3°C	7 días
Manganesos	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1-2 y HCl o HN ₃ .	1 mes
Plomos	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 -2 y HN ₃	6 meses
Fósforos totales	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1-2 y H ₂ S ₄ o HN ₃	1 mes
		Congelar a menos de -18° C.	6 meses
Nitrógenos amoniacales o Amoniacos-N	Plásticos o vidrios	Filtrar in situ	24 h.
Nitrato	Plásticos o vidrios	Filtrar in situ.	4 días
Aluminios	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 -2 y HN ₃	1 mes
Arsénicos	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1-2 y HCl o HN ₃ . Se debería usar HCl si se usa la técnica de hidruros para análisis.	6 meses
Cadmios	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 -2 y HN ₃	6 meses
Hierros	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1-2 y HCl o HN ₃ .	1 mes
Coliforme Termotolerante	Vidrios estériles	Dejar espacios para ventilación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreos. Almacenar a ≤ 6°C y en ausencia de luz.	24 h.

Fuente: Parámetros químico-físicos: ISO (2012)

Dónde: (FEP) perfluoro (etileno/propileno), (PE) polietileno, (PE-HD) polietileno de alta densidad, (PET) polietileno terftalato, (PFA) perfluoroalcoxi -polímero, (Plástico) el tipo específico de plástico no es relevante, (PP) polipropileno, (PTFE) politetrafluorotileno, (PVC) policloruro de vinilo, (Vidrio) vidrio al borosilicato con tapa de rosca, revestida con PTFE y (PE-

HD o PTFE / PFA o FEP) para concentraciones normales: PE-HD o PTFE / para concentraciones bajas: PFA o FEP



Figura 18. Utilización de preservantes para las muestras

Nota: Para este trabajo de investigación se utilizó H_2SO_4 (ácido sulfúrico) para la preservación de DQO y Amoniac, y el preservante HNO_3 (ácido nítrico) para la preservación de Metales

En la Figura 18 se aprecia el preciso instante en el que se está aplicando los reactivos para preservar las muestras de acuerdo a los parámetros necesarios.

Obtención de parámetros para el cálculo de ICARHS e ICA-NSF: La obtención de los parámetros necesarios para el cálculo del ICARHS e ICA-NSF fue con la ayuda del laboratorio certificado por el INACAL, quienes realizaron los controles de calidad necesarios a través de blancos viajeros y muestras duplicadas, quienes al cabo de 7 días entregaron los valores de los parámetros (todos los instrumentos utilizados estaban correctamente calibrados)

Luego de obtener las muestras se transportaron en cajas adecuadas (cooler) debidamente rotulados para entregarlo al laboratorio certificado por el INACAL.



Figura 19. Obtención de parámetros en campo con un multímetro

Nota: Los parámetros tomados en campo fueron la temperatura, el pH, y el Oxígeno disuelto

En la Figura 19 se muestra la obtención de parámetros en campo al momento de obtener las muestras *in-situ*, ya que estos no tendrían validez si fueran medidos después del muestreo.

Etapa 2

Esta etapa consistió en el cálculo numérico del ICARHS e ICA-NSF con la ayuda de la hoja de cálculo Excel a continuación se da más detalle.

Cálculo del ICARHS

Para calcular el índice de calidad ambiental de recursos hídricos superficiales ICARHS se utilizó la hoja de cálculo Microsoft Excel, en el que se introdujeron las fórmulas matemáticas para obtener F_1 , F_2 y F_3 tanto para el subíndice de materia orgánica y de Físicoquímico Metales y con ello obtener los subíndices S_1 y S_2 con dichos valores se elaboró la representación gráfica del ICARHS

Cálculo del ICA-NSF

Se hizo siguiendo los pasos siguientes para el cálculo del ICA-NSF:

Se estimaron los subíndices I_i mediante la conversión adimensional de todos los 9 parámetros a través de matemáticas ecuaciones o curvas, los valores de " I_i " varían entre 0.0 y 100.0 por lo que entre más altos son sus valores mejor es la calidad del agua.

Luego de eso se asignaron los pesos relativos " W_i " (su sumatoria siempre debe de ser 1) a cada uno de los valores de " l_i " y finalmente se sumaron las multiplicaciones de cada uno de estos dos valores.

Etapa 3

Esta etapa final consistió en la Comparación de los Índices de calidad ICARHS e ICA-NSF, para ello se compararon sus parámetros, sus procedimientos matemáticos, sus resultados numéricos, y sus costos.

3.6. Método de análisis de datos

Para analizar los datos del ICARHS se aplica la fórmula desarrollada por el Canadiense Consejo de Ministros de Medio Ambiente, que utiliza tres elementos: Alcance (F1): el porcentaje de parámetros que superan el estándar.

Frecuencia (F2): El porcentaje de pruebas individuales para cada parámetro que exceden la norma.

Amplitud (F3): La cantidad en la que cada parámetro incompatible excede la norma.

Para el ICA-NSF se utiliza un promedio ponderado conocido como ecuación de producto para sus cálculos. Esto se debe a que es más sensible que la suma de la ecuación o la suma ponderada de las desviaciones de los símbolos l_i , que generalmente se asocian con fuertes diferencias. En calidad del agua, evitar el fenómeno del eclipsamiento que se produce en el cálculo de valores satisfactorios, aunque no se hayan calculado.

3.7. Aspectos éticos

Para la obtención de datos de esta investigación fue necesario la autorización del Presidente de la Comunidad, Huisapata Godofredo Córdova Huarca, a través de una "Carta de aprobación para toma de muestras de agua", previa presentación de una solicitud.

Los datos relacionados con los valores de los parámetros de la calidad del agua provienen de un laboratorio acreditado por el INACAL-DA y el IAS, por lo que son de buena calidad y de alta confiabilidad además los instrumentos utilizados para esta investigación cuentan con certificados de calibración y fueron

validados por tres expertos de la Universidad Cesar Vallejo. Finalmente, la información presenta en el marco teórico y demás de esta tesis fue citada y referenciada de acuerdo a lo establecido por la última versión del ISO 690.

A continuación, se da detalle los aspectos éticos tomados en cuenta en base al reglamento de ética de la Universidad:

1. Se ha respetado la autoría de la información extraída de los diferentes artículos, libros, tesis y demás realizando el citado adecuado para si evitar el plagio.
2. Se ha cumplido con el principio de la bioética es decir se ha cumplido con el principio de autonomía, beneficencia, no-maleficencia y justicia.
3. Se ha solicitado el permiso necesario a las autoridades para realizar la evaluación de la calidad de las aguas.
4. Se han obtenidos los permisos necesarios para ingresar a la zona de estudio a través de una carta de aprobación para toma de muestras de agua debidamente firmada y con huella digital.
5. Se han cumplido con los aspectos relevantes de ética de la universidad que autorizó la investigación

IV. RESULTADOS

Según los objetivos planteados se tiene los siguientes resultados:

4.1. Parámetros de los Índices ICARHS de la calidad de agua para consumo humano en la Comunidad Huisapata. En la Tabla 16 se presentan los resultados.

Tabla 16

Resultados obtenidos para ICARHS del manantial Ccacyuma y el manantial Chuca

Nombre del manantial:				Manantial Ccacyuma	Manantial Chuca
Coordenadas:				E:0257620	E:0263476
UTM WGS 84:				N:8328544	N:8326650
Producto:				Agua de Manantial	Agua de Manantial
Fecha y hora de muestreo :				18-04-2021 10:20 am	18-04-2021 13:10 pm
Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Amoniaco (*)	mg/l	0,05	0,12	<0,12	<0,12
Coliformes Fecales (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	49,0	23,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/l	0,4	2,0	<2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/l	2	5	<5	8
Oxígeno Disuelto (*)	mg/l	NA	0,1	6,8	4,1
pH (*)	Unidad de pH	NA	0,01	6,35	6,36
Aluminio	mg/l	0,001	0,003	<0,003	<0,003
Arsénico	mg/l	0,0002	0,0010	0,0059	<0,0010
Cadmio	mg/l	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002
Fosforo	mg/l	0,002	0,006	<0,006	0,036
Hierro	mg/l	0,001	0,002	<0,002	<0,002
Manganeso	mg/l	0,00002	0,00005	<0,00005	<0,00005
Plomo	mg/l	0,001	0,003	<0,003	<0,003
Costo de los resultados : S/1,633.12					

Fuente: Analytical Laboratory (ver anexo 23)

Nota: () Métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA (Dirección de acreditación del Instituto Nacional de Calidad)*

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

4.2. Parámetros de los Índices ICA-NSF de la calidad de agua para consumo humano en la Comunidad Huisapata. En la Tabla 17 se presentan los resultados.

Tabla 17

Resultados obtenidos para ICA-NSF del manantial Ccacyuma y manantial Chuca

Nombre del manantial:				Manantial Ccacyuma	Manantial Chuca
Coordenadas:				E:0257620	E:0263476
UTM WGS 84:				N:8328544	N:8326650
Producto:				Agua de Manantial	Agua de Manantial
Fecha y hora de muestreo :				18-04-2021 10:20 am	18-04-2021 13:10 pm
Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Coliformes Fecales (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	49,0	23,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/l	0,4	2,0	<2,0	<2,0
Oxígeno Disuelto (*)	mg/l	NA	0,1	6,8	4,1
pH (*)	Unidad de pH	NA	0,01	6,35	6,36
Sólidos Totales (*)	mg/l	2,00	5,00	82,00	120,00
Temperatura (*)	°C	NA	0,1	9,2	13,5
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	0,90	1,00
Nitrato	mg/l	0,02	0,05	0,78	2,55
P-Ortofosfato	mg/l	0,04	0,10	<0,04	<0,04
Costo de los resultados : S/1,248.44					

Fuente: Analytical Laboratory (ver anexo 23)

Nota: (*) Métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA (Dirección de acreditación del Instituto Nacional de Calidad)

² Ensayo acreditado por el IAS (Es aceptado en el mundo como símbolo de cumplimiento con los estándares más importantes)

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

Las Tablas 16 y 17 muestran los resultados de todos los parámetros para el ICARHS y el ICA-NSF los cuales están acreditados por el INACAL-DA y el IAS, además fueron adquiridos con instrumentos debidamente calibrados por lo que son muy confiables.

4.3. Determinación de la calificación del agua de los manantiales Ccacyuma y chuca según método ICARHS

1: calificación del agua de manantial ccacyuma según ICARHS

Para obtener la calificación del agua del manantial Ccacyuma se ha utilizado los procedimientos indicados Ministerio de Agricultura y Riego (2018), cuyos procedimiento se detalla en el anexo 26.

Tabla 18

Resultados de parámetros ICARHS del manantial Ccacyuma

Parámetro		Valor ECA	Resultados	Parámetros que no cumple
Materia orgánica	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	3	2	Cumple
	Demanda química de oxígeno (DQO)	10	5	Cumple
	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	> 6	6.8	Cumple
	Coliformes termo tolerantes	20	49	No cumple
	Fósforo total	0.1	0.006	Cumple
	Amoniaco - N	1.5	0.12	Cumple
Físico-químico Metal	Potencial de hidrógeno (pH)	6.5 - 8.5	6.35	No cumple
	Arsénico	0.01	0.0059	Cumple
	Aluminio	0.9	0.003	Cumple
	Manganeso	0.4	0.00005	Cumple
	Hierro	0.3	0.002	Cumple
	Cadmio	0.003	0.002	Cumple
	Plomo	0.01	0.003	Cumple

Fuente: Esta Tabla fue elaborada

$$\text{ICARHS} = \text{mín. } (S_1, S_2) = \text{mín.}(81.2, 88.3)=81.2 \text{ (Bueno)}$$

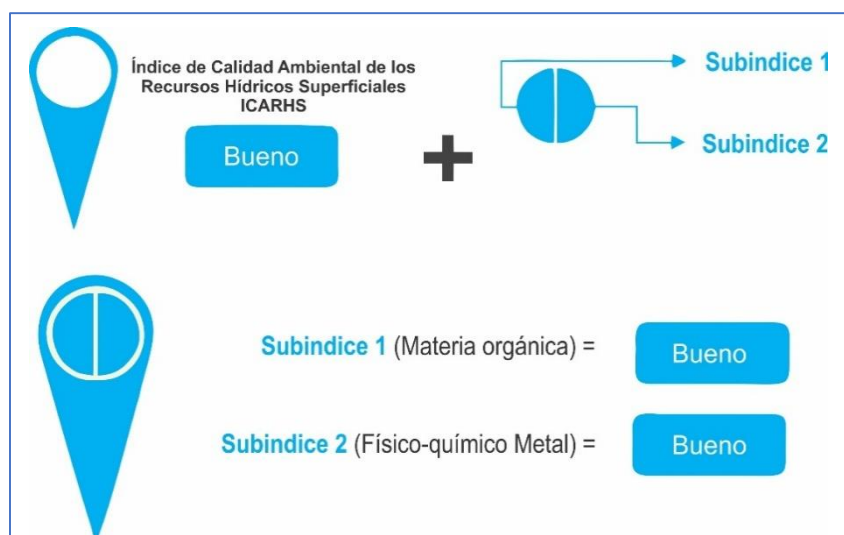


Figura 20. Representación gráfica final obtenidos con el ICARHS para manantial Ccacyuma
Nota: Los procedimientos de cálculo del ICARHS están en el anexo 26

Los resultados indican que la calificación según el ICARHS es 81.2 (Bueno)

2. : Calificación del agua de manantial chuca según ICARHS

Para obtener la calificación del agua del manantial Ccacyuma se ha utilizado los procedimientos indicados Ministerio de Agricultura y Riego (2018), cuyos procedimiento se detalla en el anexo 27.

Tabla 19

Resultados de parámetros ICARHS del manantial Chuca

Parámetro		Valor ECA	Resultados	Parámetros que no cumple
Materia orgánica	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	3	2	Cumple
	Demanda química de oxígeno (DQO)	10	8	Cumple
	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	> 6	4.1	No cumple
	Coliformes termo tolerantes	20	23	No cumple
	Fósforo total	0.1	0.036	Cumple
	Amoniaco - N	1.5	0.12	Cumple
Físico-químico Metal	Potencial de hidrógeno (pH)	6.5 - 8.5	6.36	No cumple
	Arsénico	0.01	0.001	Cumple
	Aluminio	0.9	0.003	Cumple
	Manganeso	0.4	0.00005	Cumple
	Hierro	0.3	0.002	Cumple
	Cadmio	0.003	0.0002	Cumple
	Plomo	0.01	0.003	Cumple

Fuente: Esta Tabla fue elaborada

$$\text{ICARHS} = \text{mín. } (S_1, S_2) = \text{min. } (72.3, 88.3) = 72.3 \text{ (Regular)}$$

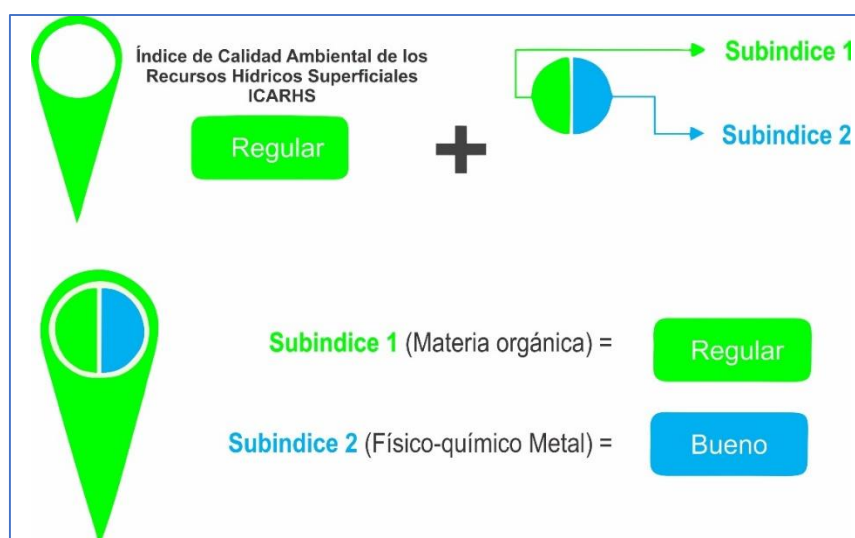


Figura 21. Representación gráfica final obtenidos con la metodología ICARHS para el manantial Chuca

Nota: Los procedimientos de cálculo del ICARHS están en el anexo 27

Los resultados indican que la calificación según el ICARHS es 72.3 (Regular)

4.4 Determinación del rango de calidad del agua del manantial Ccacyuma según método ICA – NSF.

1: Rango de calidad del agua del manantial Ccacyuma según método ICA – NSF

Para la determinación de este valor primero se hallarán los factores de escala Q_i para cada uno de los 9 parámetros mediante la utilización de curvas presentadas en las Figuras 22 hasta la Figura 30 ver anexo 28.

Todos los valores Q_i obtenidos (ver anexo 28) son utilizados en la Tabla siguiente

Tabla 20

Rango de calidad según el método ICA-NSF para el manantial Ccacyuma

Parámetro	Valor	W_i	Q_i	$Q_i \cdot W_i$
Diferencia de Temperatura (°C)	0.20	0.1	90.23	9.02
Oxígeno disuelto (% de saturación)	106.32	0.17	97.87	16.64
Potencial de hidrógeno (pH)	6.35	0.11	68.51	7.54
Turbidez (NTU)	0.90	0.08	95.77	7.66
DBO ₅ (mg/l)	2.00	0.11	80.14	8.82
Fosfatos totales (mg/l PO ₄ -P)	0.04	0.1	95.92	9.59
Nitratos (mg/l NO ₃)	0.78	0.1	95.31	9.53
Sólidos totales (mg/l)	82.00	0.07	85.36	5.97
Coliformes fecales (NMP/ 100ml)	49.00	0.16	51.85	8.30
$ICA - NSF = \sum_{i=1}^n Q_i W_i =$				83.07
Rango de Calidad según el ICA-NSF				Buena

Según los resultados de la Tabla 20 el rango de calificación según el ICA-NSF es de 83.07 “Buena”.

2: Rango de calidad del agua del manantial Chuca

Para la determinación de este valor primero se hallarán los factores de escala Q_i para cada uno de los 9 parámetros mediante la utilización de curvas presentadas en las Figuras 31 hasta la Figura 39 ver anexo 29.

Tabla 21

Rango de calidad según el método ICA-NSF para el manantial Chuca

Parámetro	Valor	W_i	Q_i	$Q_i \cdot W_i$
Diferencia de Temperatura (°C)	1.30	0.1	88.41	8.84
Oxígeno disuelto (% de saturación)	68.9	0.17	71.80	12.21
Potencial de hidrógeno (pH)	6.36	0.11	68.86	7.57
Turbidez (NTU)	1.00	0.08	95.52	7.64
DBO ₅ (mg/l)	2.00	0.11	80.14	8.82
Fosfatos totales (mg/l PO ₄ -P)	0.04	0.1	95.92	9.59
Nitratos (mg/l NO ₃)	2.55	0.1	84.03	8.40
Sólidos totales (mg/l)	120.00	0.07	82.28	5.76
Coliformes fecales (NMP/ 100mL)	23.00	0.16	60.91	9.75
$ICA - NSF = \sum_{i=1}^n Q_i W_i =$				78.58
Rango de Calidad según el método ICA-NSF				Buena

Según los resultados de la Tabla 21 el rango de calificación según el ICA-NSF es de 78.58 "Buena".

4.5 Diferencias entre el aspecto económico de los costos de los análisis de los parámetros aplicando método ICARHS Y ICA-NSF y en la calificación de la calidad del agua

En las Tablas 22 y 23 se presentan las cantidades en soles de los costos necesarios para poder realizar una evaluación de la calidad de las aguas tanto con el ICARHS y el ICA-NSF ya que el factor económico siempre es muy importante en toda actividad.

Diferencias en el Aspecto económico

Tabla 22

Presupuesto para la obtención de parámetros ICARHS

N°	Parámetro	Numero de manantiales	Precio unitario	Precio total
1	Oxígeno Disuelto	2	45	90
2	pH	2	24	48
3	Demanda Química de Oxígeno	2	30	60
4	Amoniaco	2	25	50
5	Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	33	66
6	Aniones (Fósforo total)	2	90	180
7	Metales Totales (Arsénico, Aluminio, Manganeso, Hierro, Cadmio y Plomo)	2	180	360
8	Coliformes Fecales (NMP)	2	90	180
9	Un (01) Analista de Campo por parte de ALAB	2	150	300
10	Gastos Administrativos	2	25	50
			Sub Total 1. S/.	1384
			IGV (18%) S/.	249.12
			Total General S/.	1,633.12

Tabla 23

Presupuesto para la obtención de parámetros ICA-NSF

N°	Parámetro	Numero de manantiales	Precio unitario	Precio total
1	Oxígeno Disuelto	2	45	90
2	Temperatura	2	24	48
3	pH	2	24	48
4	Turbidez	2	20	40
5	Sólidos Totales	2	28	56
6	Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	33	66
7	Aniones (Fosfatos y Nitratos)	2	90	180
8	Coliformes Fecales (NMP)	2	90	180
9	Un (01) Analista de Campo por parte de ALAB	2	150	300
10	Gastos administrativos	2	25	50
			Sub Total 1. S/.	1058
			IGV (18%) S/.	190.44
			Total General S/.	1,248.44

Según los resultados económicos de las Tablas 22 y 23 el ICA-NSF (S/.1,248 por la evaluación de 2 manantiales) resulta ser más económico que el ICARHS (S/.1,633 por la evaluación de 2 manantiales)

Diferencias en el aspecto de calificación de la calidad del agua

En las Tablas 24 y 25 se muestran las diferencias de la forma en que se califica la calidad del agua según el ICARHS y el ICA-NSF.

Tabla 24

Calificación de la calidad del agua para los manantiales Ccacayuma y Chuca ICARHS

Valor ICARHS	Calificación	Resultados Manantial Ccacayuma			Resultados Manantial Chuca			Tratamiento
		S1	S2	ICARHS	S1	S2	ICARHS	
90-100	Excelente							Simple desinfección
75-89	Bueno	81.2	88.3	81.2		88.3		Convencional
45-74	Regular				72.3		72.3	Convencional
30-44	Malo							Avanzado
0-29	Pésimo							Avanzado

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego

Nota: S1 corresponde al subíndice 1 Materia Orgánica y S2 al subíndice 1 Físico-químico Metal

Tabla 25

Calificación de la calidad del agua para los manantiales Ccacayuma y Chuca ICA-NSF

Valor ICA-NSF	Rango de calidad de agua/Calificación	Resultados Manantial Ccacayuma	Resultados Manantial Chuca	Vida acuática	Uso recreativo	Tratamiento
91-100	Excelente			Alta diversidad	Totalmente utilizable	Simple desinfección
71-90	Buena	83.07	78.58	Alta diversidad	Muy pocos límites	Convencional
51-70	Media			Algo de estrés	Usar con precaución	Avanzado
26-50	Mala			Baja diversidad	Solo contacto limitado	Avanzado
0-25	Muy mala			Muy limitado	Sin contacto corporal	Avanzado

Fuente. Fundación Nacional de Saneamiento de USA

De las Tablas 24 y 25 se afirma que el ICARHS evalúa el agua agrupando los 13 parámetros en dos grupos el primer grupo corresponde a “Materia orgánica” simbolizado con el S1 y el segundo grupo “Físico químico metal” simbolizado con S2 dando a cada uno su calificación respectiva, a diferencia del ICA-NSF que fusiona todos los valores de los 9 parámetros a través de la fórmula del promedio ponderado obteniendo un solo valor y una sola calificación por cada punto de evaluación. Se debe destacar también que ambos métodos recomiendan los mismos tratamientos.

V. DISCUSIÓN

Según los resultados se tiene que los parámetros de calidad, necesarios para el ICARSH, del manantial Ccacyuma el pH es 6,35 y los coliformes fecales es 49,0 NMP/100ml los cuales no cumplen con los límites establecidos por el ECA-Agua (Categoría 1 Subcategoría A) por lo tanto estas aguas no pueden ser consumidas directamente por las personas sin antes dar un tratamiento a esas aguas. Para el caso del manantial Chuca los coliformes fecales 23,0 NMP/100ml, el OD 4,1mg/l y el pH 6,36 tampoco cumplen con los límites establecidos por el ECA-Agua por ende estas aguas tampoco pueden ser consumidas directamente por las personas sin previo tratamiento, cabe resaltar que estos parámetros difieren muy levemente de los límites establecidos por el ECA por lo que su grado de contaminación es muy baja.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los valores de pH de los manantiales Chuca y Ccacyuma son 6.35 y 6.36 respectivamente, los cuales según el Ministerio del Ambiente (2017) son menores a 6.5 por lo que son ligeramente ácidos (p. 13). Este resultado se podría tomar como punto de partida, para un nuevo tema de investigación, para averiguar el porqué de esos valores, tal vez sea que el pH natural de la zona sea ligeramente ácido o es que las lluvias se estén haciendo más ácidas producto de la contaminación del medio ambiente.

Alarcón (2019), concluye que “entre los 7 métodos elegidos, se propuso la inclusión del ICA – NSF como el método más adecuado para el río Rímac” (p. 13). De la misma forma nuestra investigación ha llegado a demostrar que el ICA-NSF tranquilamente puede reemplazar al método ICARHS para evaluar las aguas de la comunidad Huisapata ya que es un método más económico y fácil de trabajar esto por su menor cantidad de parámetros, con criterios de clarificación que van en la misma dirección que el ICARHS.

Moreno (2015), “concluye que la calidad del agua del sistema de abastecimiento en las captaciones y en los puntos de entrega (35 grifos de hogares) no son aptas para el consumo humano requiriéndose tratamiento del tipo A-2” (p.126). De la misma forma nuestra investigación ha demostrado que el agua de los manantiales Ccacyuma y Chuca no es de consumo humano directo y es

necesario darle un tratamiento convencional (Ministerio del Ambiente, 2017, p. 10).

La calificación según el método ICARHS para el manantial Ccacyuma fue de 81.2 el cual corresponde a una calificación de “Bueno” por lo que la calidad del agua difiere ligeramente del agua natural sana, su condición puede ser buena, pero con algunas menores amenazas o daños, y para el caso del manantial Chuca la calificación fue de “Regular” por lo que muchos de los usos necesitan tratamiento. El rango de calidad para el manantial Ccacyuma y Chuca según el ICA-NSF fue “Buena” por lo que no puede ser consumida por las personas de forma directa a menos que reciba un tratamiento convencional pero que pueden albergar vida acuática sin ningún problema. Sintetizando lo dicho antes, las aguas evaluadas según el ICARHS y el ICA-NSF son ideales para la agricultura y la crianza de animales acuáticos, pero deben de recibir un tratamiento convencional para ser consumidas directamente por las personas.

Comparando los índices de calidad ICARHS e ICA-NSF en el aspecto económico según los datos obtenidos para esta investigación el primero resulta ser más costoso (S/.1,633) un 23% más que el segundo (S/.1,248) lo que indica que el ICA-NSF es más económico y viendo que ambos índices sugieren que las aguas de los manantiales Ccacyuma y Chuca no pueden ser consumidos de forma directa sin antes darle un tratamiento, entonces el ICA-NSF se puede utilizar como un índice alternativo con buenos resultados y con menos gasto (esto sería muy valioso al momento de evaluar muchos manantiales).

La hipótesis general cuyo enunciado fue: “El ICARCHS es más costoso que el ICA-NSF además la calificación de la calidad del agua según el ICARHS depende del menor valor de dos subíndices S_1 y S_2 mientras que la calificación del ICA-NSF depende sólo de una ecuación de tipo aditivo”; según los resultados obtenidos esta hipótesis también es cierta por lo que queda demostrada.

La primera y la segunda hipótesis específica planteada para esta investigación fue “Los valores de los parámetros de los Índices ICARHS e ICA-NSF en la calidad de agua para consumo humano en la Comunidad Huisapata son valores numéricos proporcionados por un laboratorio los cuales son confiables” se llegó a demostrar ya que para esta investigación se trabajó con el laboratorio

Analytical Laboratory E.I.R.L. acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) y el Servicio Internacional de Acreditación (IAS) (ver anexo 23) lo que permite afirmar que los resultados son valores numéricos muy confiables .

La tercera hipótesis específica fue: “La calificación según el método ICARHS del agua de la comunidad Huisapata está entre 75-89 por lo que su calificación es buena”; corroborando esto con los resultados podemos afirmar que esta hipótesis en parte es cierta y en parte no, ya que para el manantial Ccacyuma la calificación fue Buena y para Manantial Chuca fue Regular.

La cuarta hipótesis específica cuyo enunciado fue: “El rango de Calidad según el método ICA-NSF del agua de la comunidad Huisapata está entre 71-90 por lo que su rango es bueno”; según los resultados obtenidos esta hipótesis es cierta ya que para el caso del Manantial Ccacyuma y Chuca el rango de calificación fue “Buena”.

VI. CONCLUSIONES

- Los valores de los parámetros para el ICARHS de la comunidad Huisapata del manantial Ccacyuma fueron: Amoniacado $<0,12$ mg NH₃/l, Coliformes Fecales 49 NMP/100ml, DBO₅ $<2,0$ mg/l, DQO <5 mg/l, OD 6,8 mg/l, pH 6,35, Aluminio $<0,003$ mg/l, Arsénico 0,0059 mg/l, Cadmio $<0,0002$ mg/l, Fosforo $<0,006$ mg/l, Hierro $<0,002$ mg/l, Manganeso $<0,00005$ mg/l, Plomo $<0,003$ mg/l, y del manantial Chuca fueron Amoniacado $<0,12$ mg, Coliformes Fecales 23,0 NMP/100ml, DBO $<2,0$ mg, DQO 8 mg, OD 4,1 mg/l, pH 6,36, Aluminio $<0,003$ mg/l, Arsénico $<0,0010$ mg/l, Cadmio $<0,0002$ mg/l, Fosforo 0,036 mg/l, Hierro $<0,002$ mg/l, Manganeso $<0,00005$ mg/l, Plomo $<0,003$ mg/l.
- Los valores para el ICA-NSF de la comunidad Huisapata del manantial Ccacyuma fueron: Coliformes Fecales 49,0 NMP/100mL, DBO $<2,0$ mg, OD 6,8 mg/l, pH 6,35, Sólidos Totales 82,00 mg, Temperatura 9,2 °C, Turbidez 0,90 NTU, Nitrato 0,78 mg/l, P-Ortofosfato $<0,04$ mg/l y del manantial Chuca fueron Coliformes Fecales 23,0 NMP/100mL DBO $<2,0$ mg, OD 4,1 mg/l, pH 6,36, Sólidos Totales 120,00 mg, Temperatura 13,5 °C, Turbidez 1,00 NTU, Nitrato 2,55 mg/l, P-Ortofosfato $<0,04$ mg/l
- La calificación ICARHS de las aguas de la comunidad Huisapata es: Manantial Ccacyuma ICARHS = 81.2 (Bueno); Finalmente, Manantial Chuca: ICARHS = 72.3 (Regular)
- El rango de calidad según el ICA-NSF del agua de la comunidad Huisapata es: ICA-NSF para el manantial Ccacyuma es 83.07 el cual recibe un rango de calidad de Buena; ICA-NSF para el manantial Chuca es 78.58 el cual recibe un rango de calidad de Buena.
- El ICARHS se diferencia del ICA-NSF en el aspecto económico ya que el primero costo de análisis de los parámetros del agua es S/.1633 y el segundo costo de análisis de los parámetros de agua es S/. 1,248 (por la evaluación de dos manantiales) con lo que el primero es más costoso que el segundo y la calificación de la calidad del agua según el ICARHS depende del menor valor de dos subíndices, S₁(Materia orgánica) y S₂ (Físico-químico Metal), mientras que la calificación del ICA-NSF depende sólo de una ecuación de tipo aditivo.

VII. RECOMENDACIONES

- Dado que el agua está destinada al consumo humano, se recomienda un tratamiento convencional “mediante dos o más de los procesos siguientes: floculación, coagulación, sedimentación y / o filtración, decantación, o equivalentes procesos; incluida la desinfección, de acuerdo con la vigente normativa” (Ministerio del Ambiente, 2017, p. 10).
- Se recomienda hacer una investigación únicamente de los valores de pH de las aguas de la comunidad ya que sus valores son ligeramente acidas para así de esa forma comprobar si eso se debe al pH natural de la zona o a posibles agentes contaminantes.
- Se recomienda tener bastante en consideración la parte económica para la puesta en marcha de una investigación como esta ya que el costo por el análisis de la evaluación de los parámetros es muy costoso.
- Se recomienda realizar evaluaciones de la calidad del agua para consumo humano en periodos de ausencia de lluvias es decir entre los meses de mayo a octubre, pues en ese periodo es que los parámetros se muestran con valores más elevados.
- Se recomienda no usar los resultados de los manantiales Ccacyuma y Chuca no son aplicables para los demás manantiales de la comunidad Huisapata.

REFERENCIAS

- Abdul, H., Sharmin, S., Hafizur, R., Mozzamel, H., Sydur, R., & Shahidul, I. (2018). Assessment of water quality parameters in baor environment, Bangladesh: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, VI(2), 269-263.
- Aguilar, O., & Navarro, B. (2018). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, Provincia de Abancay 2017. *Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Ambiental*. Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Perú.
- Alam, J. B. (2007). Water quality parameters along rivers. *International Journal of Environmental Science & Technology*, IV(1), 159-167.
- Alarcón, J. F. (2019). Aplicación de métodos de Índices de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac. *Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Geógrafo*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Arvindbhai, H. (2012). Water Quality Analysis of an Organically Polluted Lake by Investigating Different Physical and Chemical Parameters. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, II(1), 105-111.
- Cárdenas, A. (2019). Evaluación de la calidad de agua del río Savia, para uso potable del distrito de Canayre – Huanta – Ayacucho, 2016. *Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho.
- Cuenca, M. P., & Huaman, M. A. (2020). Análisis comparativo entre el Método Dinius y el Método Canadiense (CCME-WQI) para determinar la calidad de agua superficial en la Cuenca del Río Rimac- provincia de Lima-2017. *Para optar el grado académico de maestro en Gestión del Sistema Ambiental*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.

- Dey, S. (2021). Seasonal variation in water quality parameters of Gudlavalleru Engineering College pond. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry, IV*, 1-15. doi:<https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100058>
- Dhaka, S. (2017). Assessment of Ground Water Quality in Terms of Water Quality Index and Regression Analysis of Water Quality Parameters. *Journal of Basic and Applied Engineering Research* , IV(4).
- Dirección General de Salud Ambiental. (2015). *Protocolo de Procedimientos para la Toma de Muestras, Preservación, Conservación, Transporte Almacenamiento y Recepción de Agua para Consumo Humano* . Lima: Ministerio de Salud.
- DIRESA. (2010). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima, Perú.
- Dohare, D. (2014). Analysis of Ground Water Quality Parameters: A Review. *Research Journal of Engineering Sciences, III*(3), 26-31.
- Ewaid, S. H. (2020). Development and Evaluation of a Water Quality Index for the Iraqi Rivers. *Hydrology, VII*(67), 1-14. doi:10.3390/hydrology7030067
- Gupta, R. (2018). Groundwater quality analysis of quaternary aquifers in Jhajjar District, Haryana, India: Focus on groundwater fluoride and health implications. *Alexandria Engineering Journal*(57), 375–381. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2016.08.031>
- Halim, A. (2018). Assessment of water quality parameters in baor environment, Bangladesh: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, VI*(2), 269-263.
- Hallasi, G. I. (2018). Determinación de los parámetros microbiológicos y físico-químicos de las aguas de consumo humano en las Islas Flotantes Uros del Lago Titicaca. *Para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Hernández, F. M. (2016). Determinación del Índice de Calidad del Agua NSF y modelación del cromo hexavalente en la parte alta Del Río Suquiapa,

- Santa Ana, El Salvador. *Para optar al Título de Ingeniero Químico*.
Universidad de el Salvador, Ciudad Universitaria.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). Mexico: Mc Graw Hill.
- Jiménez, M. A., & Vélez, M. V. (2018). Análisis Comparativo de Indicadores de la Calidad de Agua Superficial. *Avances en Recursos Hidráulicos*, *I*(14), 53-69.
- Kerim, A. S. (2017). Assessment of the Physico-chemical Characteristics and Water Quality Analysis of Mariout Lake, Southern of Alexandria, Egypt. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, *VII*(1), 1-19.
doi:10.4172/2161-0525.1000421
- Laurente, J. A. (2015). Variación del índice de calidad de agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA – NSF) en un tramo de la Quebrada Cruz de Motupe. *Tesis para optar al Título de Ingeniero Ambiental*.
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.
- Lee, M. (2017). Consideration of rainwater quality parameters for drinking purposes: A case study in rural Vietnam. *Journal of Environmental Management*, 400-406.
doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.072
- Magadum, A. (2017). Assessment of Physicochemical parameters and Water Quality Index of Vishwamitri River, Gujarat, India. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, *II*(4), 1505-1510.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales*. Lima: Autoridad Nacional del Agua.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Expediente Técnico del Proyecto: "Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Disposición de Excretas en la Comunidad de Huisapata, Distrito de Ocoruro - Espinar - Cusco. Cusco, Perú.

- Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*. Lima: MINAM.
- Moreno, R. L. (2015). Índice de calidad del agua (/CA) en el sistema de abastecimiento de agua potable rural - Centro Poblado de Paria Willcahuain- Independencia. *Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola*. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz, Perú.
- Morocho, C. E. (2019). Calidad del agua potable en los pozos de acumulación y distribución de agua de la ciudad de Piura, 2019. *Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial*. Universidad Cesar Vallejo, Piura.
- OMS. (2020). *OPS Perú*. Recuperado el 28 de Febrero de 2021, de https://www.paho.org/per/index.php?option=com_content&view=article&id=943:marco-mejoramiento-calidad-agua-consumo-humano&Itemid=0#:~:text=El%20agua%20de%20consumo%20humano,%2C%20incluida%20la%20higiene%20personal%E2%80%9D.
- Pradeep, V. (2012). Water Quality Analysis of an Organically Polluted Lake by Investigating Different Physical and Chemical Parameters. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, II(1), 105-111.
- Puerta, C. Y. (2019). Determinación de la influencia de la descarga del Río Mayo en la calidad de agua del Río Huallaga, a través de los ICA - PE. *Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental*. Universidad Nacional de San Martín Tarapoto, Moyobamba, Perú.
- Quiroz, L. S., Izquierdo, E., & Menéndez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XXXVIII(3), 41-51.
- Romanescu, G. (2017). Water Quality Analysis in Wetlands Freshwater:Common Floodplain of Jijia-Prut Rivers. *revistadechimie*, LXVIII(3), 553-561.

- Saad, A. S., & Massoud, M. A. (2017). Water Quality Analysis in Wetlands Freshwater: Common Floodplain of Jijia-Prut Rivers. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, 553-561.
- Saravanakumar, K., & Ranjith, R. (2011). Analysis of water quality parameters of groundwater near Ambattur industrial area, Tamil Nadu, India. *Indian Journal of Science and Technology*, IV(5), 660-662.
- Suarez, J. A. (2020). Calidad del agua del sistema de abastecimiento y el nivel de satisfacción de la Comunidad Universitaria de las Quebradas Naranjal, Cochero y Cordova del Brunas – Tingo María, 2019. *Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.
- Torres, P., & Cruz, C. H. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, VII(15), 79-94 -.
- Uncumusaoglu, A. A. (2018). Statistical assessment of water quality parameters for pollution source. *Global NEST Journal*, XX(1), 151-160.
- Universidad de Pamplona. (2020). *Índices de Calidad y de Contaminación del Agua de Importancia Mundial*. Colombia.
- Uriburu, L. S. (2018). Determinación del Índice de Calidad del Agua de consumo humano, del centro poblado de agua fresca, Distrito de Chontabamba – 2018. *Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.
- Ustaoglu, F. (2019). Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. *Ecological Indicators*, 1-12.
- Vara, A. A. (2012). *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa* (Tercera ed.). Lima: USMP.

Venkateswarlu, V. (2019). A study on water quality parameters in shrimp L. vannamei semi-intensive grow out culture farms in coastal districts of Andhra Pradesh, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, VII(4), 394-399.

Vinod, K., & Suman, V. (2020). Correlation of various water quality parameters and water quality index of districts of Uttarakhand. *Environmental and Sustainability Indicators*, IX(2021), 1-8.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100093>

ANEXOS:

Anexo : Matriz de operacionalización de variables


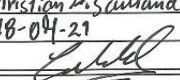
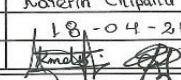
Título: “Comparación entre los índices ICARHS e ICA-NSF en la calidad de agua para consumo humano en la Comunidad Huisapata-Ocoruro-Espinar-Cusco 2021”

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Metodología
<p>Problema General</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son las diferencias (económicas y forma de calificación de la calidad del agua) entre el ICARHS y el ICA-NSF? <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los valores de los parámetros de calidad del agua para el ICARHS de la comunidad Huisapata-Ocoruro-Espinar-Cusco 2021? ¿Cuáles son los valores de los parámetros de calidad del agua para el ICA-NSF de la comunidad Huisapata-Ocoruro-Espinar-Cusco 2021? ¿Cuál es la calificación según el método ICARHS del agua de la comunidad Huisapata? ¿Cuál es el rango de calidad según el método ICA-NSF del agua de la comunidad Huisapata? 	<p>Objetivo General</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar las diferencias (económicas y forma de calificación) entre el ICARHS y el ICA-NSF <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar los valores de los parámetros de calidad del agua para el ICARHS e ICA-NSF de la Comunidad Huisapata Determinar los valores de los parámetros de calidad del agua para el ICARHS e ICA-NSF de la Comunidad Huisapata Determinar la calificación según el método ICARHS del agua de la comunidad Huisapata. Determinar el rango de calidad según el método ICA-NSF del agua de la comunidad Huisapata. 	<p>Hipótesis General</p> <ul style="list-style-type: none"> El ICARHS es más costoso que el ICA-NSF y la calificación de la calidad del agua según el ICARHS depende del menor valor de dos subíndices S1 y S2 mientras que la calificación del ICA-NSF depende sólo de una ecuación de tipo aditivo. <p>Hipótesis Especificas</p> <ul style="list-style-type: none"> Los valores de los parámetros de calidad del agua para el ICARHS de la Comunidad Huisapata son datos numéricos confiables acreditados por el INACA-DA y el IAS. Los valores de los parámetros de calidad del agua para el ICA-NSF de la Comunidad Huisapata son datos numéricos confiables acreditados por el INACA-DA y el IAS. HE3:La calificación según el método ICARHS del agua de la comunidad Huisapata está entre 75-89 por lo que su calificación es buena. HE4: El rango de calidad según el método ICA-NSF del agua de la comunidad Huisapata está entre 71-90 por lo que su rango es bueno. 	<p>V. Independiente</p> <p>Calidad del agua</p>	<p>Calidad del agua "es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua" (Moreno, 2015).</p>	<p>Se mide a través de la evaluación de los parámetros de calidad de una muestra de agua extraída de 2 manantiales de la comunidad Huisapata siguiéndolos pasos especificados por el protocolo del DIGESA</p>	<p>Parámetros de calidad del agua según ICARHS</p> <ul style="list-style-type: none"> Oxígeno disuelto (valor mínimo) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) Arsénico Cadmio Cobre Cromo Total Hierro Manganeso Plomo Mercurio Zinc Potencial de Hidrógeno (pH) Unid. de pH Coliformes Fecales (44,5°C) Costo de resultados 	<ul style="list-style-type: none"> mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l pH NMP/100 ml Soles (S./.) 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN investigación aplicada</p> <p>ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN: Cuantitativo</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN No experimental de tipo transversal descriptivo</p> <p>POBLACIÓN 21 manantiales de la comunidad Huisapata</p> <p>MUESTRA 2 Manantiales</p> <p>MUESTRA El muestro es no probabilístico</p>	
						<p>Parámetros de calidad del agua según ICA-NSF</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura Oxígeno Disuelto Potencial de Hidrógeno Turbidez DBO₅ Coliformes Fecales Fosfatos Totales Sólidos Totales Nitratos Costo de resultados 	<ul style="list-style-type: none"> °C mg/l pH NTU mg/l mg/l mg/l mg/l NMP/ 100MI Soles (S./.) 		
						<p>Dimensiones</p> <p>ICARHS</p>	<p>Indicadores</p> <p>Calificación ICARHS</p> <ul style="list-style-type: none"> Excelente Bueno Regular Malo Pésimo 		
<p>Dimensiones</p> <p>ICA-NSF</p>	<p>Indicadores</p> <p>Valor ICA-NSF</p> <ul style="list-style-type: none"> Excelente Buena Media Mala Muy mala 								
<p>V. Dependiente</p> <p>Indicé de Calidad del Agua</p>	<p>"Es un método para expresar la calidad del agua que ofrece una unidad de medida estable y aplicable que responde a los cambios en las principales características del agua" (Brown, McLelland, Deininger, y O'Connor, 1972) citado en (Alarcón, 2018, p. 29)</p>	<p>Se mide a través del cálculo del índice de calidad de agua según el ICARHS y el ICA-NSF siguiendo las metodologías para determinar los índices de calidad del elemento vital aplicados para aguas superficiales..</p>							

Anexo : Ficha de cadena de custodia (Instrumento de recolección de datos)

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L: F-0PE-1.4.2 R: 01 LV: 2020-Feb-13											
Datos del cliente Razón Social: <u>KATERIN MICROS CHIPANA BALCONA</u> DNI: <u>71792359</u> Persona de contacto: <u>Katerin M. Chipana Balcona</u> Correo / Teléfono: <u>Katerinchipanabalcona15@gmail.com - 926222370</u> Nombre del proyecto: <u>"COMPARACIÓN ENTRE LOS INDICES ICARH S E ICA NSF EN LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD HUISAPATA OCORURO - ESPINAR -CUSCO 2021"</u>												Orden de servicio: <u>21-1646</u> Pág. <u>4</u> de <u>4</u> Plan de Monitoreo: <u>PM-21-0565 CAD:3678</u> Informe de ensayo: <u>EE-21-3239</u> Procedencia o lugar de muestreo: <u>Comunidad Huisapata - Sector (chuca y Ccacuyuma)</u>											
Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		PARAMETROS DE ENSAYO										PARAMETRO IN SITU			OBSERVACIONES	
				Grupo	Sub-grupo		V	P	DBO	DQO	AMONIAO	SOLIDOS TOTALES	Turbidez	ANIONES	METALES TOTALES	COLIFORMES FEGALES	T° Mtra (°C)	pH (Unidad de pH)	CE (us/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)		Cloro Total (mg/L)
1	SECTOR CACUYUMA	13684	F: 18-04-21 H: 10:20	AN	SUBTERRANEA	N: 8328544 E: 0257620	-	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9.2	6.35	---	6.76	---	MANANTIAL SECTOR CACUYUMA
2	SECTOR CHUCA	13685	F: 18-04-21 H: 13:10	AN	SUBTERRANEA	N: 8326650 E: 0263476	-	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	13.5	6.36	---	4.08	---	MANANTIAL SECTOR CHUCA
3	DC	13686	F: 18-04-21 H: 13:10	AN	SUBTERRANEA	N: 8326650 E: 0263476	-	1	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	---	---	---	COORDENADAS TOMADAS EN CAMPO
4			F: H:			N: E:																	
5			F: H:			N: E:																	
6			F: H:			N: E:																	
7			F: H:			N: E:																	
8			F: H:			N: E:																	

Descripción de equipos utilizados:		Legenda		Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042					
Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo	F: Fecha H: Hora	N: Norte E: Este	V: Vidrio P: Plástico	T° Mtra: Temperatura de Muestra T° Amb: Temperatura ambiente	CE: Conductividad Eléctrica OD: Oxígeno Disuelto	GRUPO	SUB - GRUPO
1	EM-0PE-37	MULTIPARAMETRO						AN: Aguas Naturales	SUBTERRANEA (Manantial - Termal)
2	EM-0PE-242	GPS						AR: Aguas Residuales	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL
3								AH: Aguas para Uso y Consumo Humano	PISCINA Y LAGUNA ARTIFICIAL BEBIDA (Piscina, Mesa, Embalse)
4								AS: Aguas Salinas	MAR - SALOBRES - SALMUERA AGUA INYECCION Y REINYECCION
								AP: Aguas de Proceso	CIRCULACION O ENFRIAMIENTO - AGUA DE CALDERAS ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LIXIVIACION AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION

Muestreado por:	Cliente:	Recepción de muestra:
Nombre: <u>Christian A. Santandreu V.</u>	Nombre: <u>Katerin Chipana y Zaida</u>	
Fecha: <u>18-04-21</u>	Fecha: <u>18-04-21</u>	
Firma: 	Firma: 	

Observaciones / Comentarios	Muestreado por: <input checked="" type="checkbox"/> ALAB <input type="checkbox"/> Cliente
-----------------------------	---

Sede principal: Prolongación Zanunilla Mz. D2, Lt. 3., Bellavista, Callao / Sede Guardia Chaleca: Av. Guardia Chaleca N° 1877, Bellavista, Callao / Sede Arequipa: Urbanización Tahuayacu Mz. C. Lt. 27, distrito de Sachaca, Arequipa / Sede Piura: Urbanización Los corales Mz N Lt 20 (Esquina de Universidad UPAO), distrito de Piura, Piura.
 Web site: www.alab.com.pe E-mail: grupo.comercial@alab.com.pe RUC: 2060061901 - T1: (01)4531389 - (01)7130636 Col: 940598958 - 932646458

Documento controlado. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de ALAB.

INFORMES


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 LUIS FERMÍN
 HOLGUÍN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111414

Firmado digitalmente por
 Freddy Pillpa Allaga
 Nombre de reconocimiento (DN):
 cn=Freddy Pillpa Allaga,
 o=Colegio de Ingenieros del Perú, ou=CE 196897,
 email=fpillpa@gmail.com
 TQf, c=PE
 FIRMA DEL EXPE: TO INF-1011-196897-
 DNI N° _____
 Fecha: 2021.07.01
 08:39:58 -05'00'

Anexo 6: Ficha de datos de campo

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Coordenadas		Altura msnm	Fecha	Oxígeno Disuelto $\frac{mg}{litro}$	PH	Temperatura del agua $^{\circ}C$	Temperatura ambiental $^{\circ}C$				
		Norte/Sur	Este/Oeste										
Cecapuzuzza	Marcosantial - Nuisapata	8328544	0257620	4306	18/04/21	6.76	6.35	9.2	9.4				
Chuca	Marcosantial - Nuisapata	8326650	0263476	4501	18/04/21	4.08	6.36	13.5	14.8				



Ficha de datos de campo



Lugar: COMUNIDAD-NUISAPATA REALIZADO POR: Katerian M. Chipassa y Zaida Cristoforo
 Fecha: 18-04-2021 RESPONSABLE: KMCHB y ZCH

Fuente: Esta ficha fue adaptada de acuerdo al Anexo 2 del Protocolo de Procedimientos para la Toma de Muestras, Preservación, Conservación, Transporte Almacenamiento y Recepción de Agua para Consumo Humano.



Nota: Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental en WGS84, el valor de la temperatura ambiental se requerirá para hallar la variación de la temperatura y a la altura para el cálculo de la saturación de oxígeno.


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 LUIS FERMÍN
 HOLGUÍN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111511

Firmado digitalmente por
 Freddy Pilpa Allaga
 Nombre de reconocimiento (DN):
 cn=Freddy Pilpa Allaga,
 o=Colegio de Ingenieros
 del Perú, ou=CIP 196897,
 email=ffp@pilpas@gmail.co
 TITULO
 FIRMA DEL EXPERIMENTADOR
 Fecha: 2021.07.01
 08:39:58 -05'00'

Anexo 7: Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICARHS
Ccacyuma y Chuca

 Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICARHS			
Nombre del manantial:			
Coordenadas:		E:	E:
UTM WGS 84:		N:	N:
Producto:			
Fecha y hora de muestreo :			
Ensayo	Unidad	Resultados	
Amoniaco (*)	mg/l	<0,12	<0,12
Coliformes Fecales (NMP)	NMP/100mL	49,0	23,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	<2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	<5	8
Oxígeno Disuelto	mg/l	6,8	4,1
pH	Unidad de pH	6,35	6,36
Aluminio	mg/l	<0,003	<0,003
Arsénico	mg/l	0,0059	<0,0010
Cadmio	mg/l	<0,0002	<0,0002
Fosforo	mg/l	<0,006	0,036
Hierro	mg/l	<0,002	<0,002
Manganeso	mg/l	<0,00005	<0,00005
Plomo	mg/l	<0,003	<0,003



Nota: ICARHS= Índice de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


LUIS FERMIR
HOLGUÍN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 1111212


 Firmado digitalmente por
 Freddy Pilpa Allaga
 Nombre de
 reconocimiento (DN):
 cn=Freddy Pilpa Allaga,
 ou=Colegio de Ingenieros
 del Perú, ou=CIP 196897,
 email=fpilpa@gmail.co
 DNI N° _____
 Fecha: 2021.07.01
 08:39:58 -05'00'


Anexo 8: Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICA-NSF
Ccacyuma y Chuca

 Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICA-NSF			
Nombre del manantial:			
Coordenadas:		E:	E:
UTM WGS 84:		N:	N:
Producto:			
Fecha y hora de muestreo :			
Ensayo	Unidad	Resultados	
Coliformes Fecales (NMP) ²	mg/l	49,0	23,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	NMP/100mL	<2,0	<2,0
Oxígeno Disuelto (*)	mg/l	6,8	4,1
pH (*)	mg/l	6,35	6,36
Sólidos Totales (*)	mg/l	82,00	120,00
Temperatura (*)	Unidad de pH	9,2	13,5
Turbidez (*)	mg/l	0,90	1,00
Nitrato	mg/l	0,78	2,55
P-Ortofosfato	mg/l	<0,04	<0,04


Nota: ICA-NSF= Índice de calidad del agua según la Fundación Nacional de Saneamiento (USA)


Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450


**LUIS FERMÍN
HOLGUÍN ARANDA**
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP. N° 111111


Firmado digitalmente por
Freddy Pilpa Aliaga
Nombre de
reconocimiento (DN):
cn=Freddy Pilpa Aliaga,
o=Colegio de Ingenieros
del Perú, ou=CIP 196897,
email=filpilpa@gmail.co
pe,
c=PE
FIRMA DEL EXPE: TO INE-1111111111
DNI N°
Fecha: 2021.07.01
08:39:58 -05'00'


Anexo 9: Ficha para obtención del valor numérico ICARHS Ccacyuma

 Ficha para obtención del valor numérico ICARHS				
Parámetro		Valor ECA	Resultados	Parámetros que no cumple
Materia orgánica	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	3	2	Cumple
	Demanda química de oxígeno (DQO)	10	5	Cumple
	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	> 6	6.8	Cumple
	Coliformes termotolerantes	20	49	No cumple
	Fósforo total	0.1	0.006	Cumple
	Amoniaco - N	1.5	0.12	Cumple
Físico-químico Metal	Potencial de hidrógeno (pH)	6.5 - 8.5	6.35	No cumple
	Arsénico	0.01	0.0059	Cumple
	Aluminio	0.9	0.003	Cumple
	Manganeso	0.4	0.00005	Cumple
	Hierro	0.3	0.002	Cumple
	Cadmio	0.003	0.002	Cumple
	Plomo	0.01	0.003	Cumple
$F1 = \frac{\# \text{ de parámetros sin cumplimiento del ECA Agua}}{\# \text{ total de parámetros}} * 100$ $F2 = \frac{\# \text{ de datos evaluados sin cumplimiento del ECA Agua}}{\# \text{ total de datos evaluados}} * 100$ $F3 = \frac{nse}{nse + 1} * 100$ $nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedentes } i}{\text{Total de ensayos}}$ <p>Nota: F3 se halla según los 2 siguientes casos:</p> <p>Caso 1:</p> $\text{Excedente} = \frac{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}} - 1$ <p>Caso 2:</p> $\text{Excedente} = \frac{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}} - 1$ $ICARHS = 100 - \sqrt{\frac{(F1^2 + F2^2 + F3^2)}{3}}$				
ICARHS		Calificación		
90-100		Excelente		
75-89		Bueno		
45-74		Regular		
30-44		Malo		
0-29		Pésimo		


Nota: ICARHS= Índice de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 LUIS FERMÍN
 HOLGUÍN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111111


 Firmado digitalmente por
 Freddy Pillpa Allaga
 Nombre de
 reconocimiento (DN):
 cn=Freddy Pillpa Allaga,
 o=Colegio de Ingenieros
 del Perú, ou=CIP 196897,
 email=fpillpas@gmail.co
 DNI: _____
 FIRMA DEL EXPE... TO INE...
 Fecha: 2021.07.01
 08:39:58 -05'00'


Anexo 10: Ficha para obtención del valor numérico ICARHS Chuca

 Ficha para obtención del valor numérico ICARHS				
Parámetro		Valor ECA	Resultados	Parámetros que no cumple
Materia orgánica	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	3	2	Cumple
	Demanda química de oxígeno (DQO)	10	8	Cumple
	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	> 6	4.1	No cumple
	Coliformes termotolerantes	20	23	No cumple
	Fósforo total	0.1	0.036	Cumple
	Amoniaco - N	1.5	0.12	Cumple
Físico-químico Metal	Potencial de hidrógeno (pH)	6.5 - 8.5	6.36	No cumple
	Arsénico	0.01	0.001	Cumple
	Aluminio	0.9	0.003	Cumple
	Manganeso	0.4	0.00005	Cumple
	Hierro	0.3	0.002	Cumple
	Cadmio	0.003	0.0002	Cumple
	Plomo	0.01	0.003	Cumple
$F1 = \frac{\# \text{ de parámetros sin cumplimiento del ECA Agua}}{\# \text{ total de parámetros}} * 100$ $F2 = \frac{\# \text{ de datos evaluados sin cumplimiento del ECA Agua}}{\# \text{ total de datos evaluados}} * 100$ $F3 = \frac{nse}{nse + 1} * 100$ $nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedentes } i}{\text{Total de ensayos}}$ <p>Nota: F3 se halla según los 2 siguientes casos:</p> <p>Caso 1:</p> $\text{Excedente} = \frac{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}} - 1$ <p>Caso 2:</p> $\text{Excedente} = \frac{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}} - 1$ $ICARHS = 100 - \sqrt{\frac{(F1^2 + F2^2 + F3^2)}{3}}$				
ICARHS		Calificación		
90-100		Excelente		
75-89		Bueno		
45-74		Regular		
30-44		Malo		
0-29		Pésimo		


Nota: ICARHS= Índice de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 LUIS FERMÍN
 HOLGUÍN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111111


 Firmado digitalmente por
 Freddy Pillpa Allaga
 Nombre de
 reconocimiento (DN):
 cn=Freddy Pillpa Allaga,
 o=Colegio de Ingenieros
 del Perú, ou=CIP 196897,
 email=fpillpas@gmail.co
 DNI N° 78111111
 Fecha: 2021.07.01
 08:39:58 -05'00'

Anexo 11: Ficha para obtención del valor numérico ICA-NSF
Ccacyuma

		Ficha para obtención del valor numérico ICA-NSF		
Parámetro	Valor	W _i	Q _i	Q _i *W _i
Diferencia de Temperatura (°C)	0.20	0.1	90.23	9.02
Oxígeno disuelto (% de saturación)	106.32	0.17	97.87	16.64
Potencial de hidrógeno (pH)	6.35	0.11	68.51	7.54
Turbidez (NTU)	0.90	0.08	95.77	7.66
DBO ₅ (mg/l)	2.00	0.11	80.14	8.82
Fosfatos totales (mg/l PO ₄ -P)	0.04	0.1	95.92	9.59
Nitratos (mg/l NO ₃)	0.78	0.1	95.31	9.53
Sólidos totales (mg/l)	82.00	0.07	85.36	5.97
Coliformes fecales (NMP/ 100mL)	49.00	0.16	51.85	8.30
$ICA - NSF = \sum_{i=1}^n Q_i W_i =$				83.07
Valor ICA-NSF	Rango de calidad de agua			
91-100	Excelente			
71-90	Buena			
51-70	Media			
26-50	Mala			
0-25	Muy mala			


Nota: ICA-NSF= Índice de calidad del agua según la Fundación Nacional de Saneamiento (USA)


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 LUIS FERMÍN
 HOLGUÍN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111F11


 Firmado digitalmente por
 Freddy Pillpa Allaga
 Nombre de
 reconocimiento (DN):
 cn=Freddy Pillpa Allaga,
 o=Colegio de Ingenieros
 del Perú, ou=CIP 196897,
 email=F.pillpa@gmail.co
 DNI N° _____
 Fecha: 2021.07.01
 08:39:58 -05'00'


Anexo 12: Ficha para obtención del valor numérico ICA-NSF
Chuca

 Ficha para obtención del valor numérico ICA-NSF				
Parámetro	Valor	W _i	Q _i	Q _i *W _i
Diferencia de Temperatura (°C)	1.30	0.1	88.41	8.84
Oxígeno disuelto (% de saturación)	68.9	0.17	71.80	12.21
Potencial de hidrógeno (pH)	6.36	0.11	68.86	7.57
Turbidez (NTU)	1.00	0.08	95.52	7.64
DBO ₅ (mg/l)	2.00	0.11	80.14	8.82
Fosfatos totales (mg/l PO ₄ -P)	0.04	0.1	95.92	9.59
Nitratos (mg/l NO ₃)	2.55	0.1	84.03	8.40
Sólidos totales (mg/l)	120.00	0.07	82.28	5.76
Coliformes fecales (NMP/ 100mL)	23.00	0.16	60.91	9.75
$ICA - NSF = \sum_{i=1}^n Q_i W_i =$				78.58
Valor ICA-NSF	Rango de calidad de agua			
91-100	Excelente			
71-90	Buena			
51-70	Media			
26-50	Mala			
0-25	Muy mala			

Nota: ICA-NSF= Índice de calidad del agua según la Fundación Nacional de Saneamiento (USA)


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 LUIS FERMÍN
 HOLGUÍN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111411


 Firmado digitalmente por
 Freddy Pillpa Allaga
 Nombre de
 reconocimiento (DN):
 cn=Freddy Pillpa Allaga,
 o=Colegio de Ingenieros
 del Perú, ou=CIP 196897,
 email=fpillpa@gmail.co
 DNI N°
 Fecha: 2021.07.01
 08:39:58 -05'00'

Anexo 13: Solicitud y Validación de experto 1



SOLICITUD: Validación de instrumentos de recojo de información

Sr.: Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO

Nosotras, **Chipana Bacona Katerin Milagros** con DNI N° **71792359** y **Crisóstomo Huayllani, Zaida** identificado con DNI N° **47187175**; estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo de la Facultad de Ingeniería y arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: **“Comparación entre los Índices ICARHS e ICA-NSF en la calidad de agua para consumo humano en la Comunidad Huisapata-Ocoruro-Espinar-Cusco 2021”**, solicitamos a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

- Matriz de operacionalización de variables
- Ficha de datos de campo
- Ficha de Cadena de custodio
- Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICARHS
- Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICA-NSF
- Formato de evaluación (Validación de instrumento)

Por tanto:

A usted, rogamos acceder nuestra petición.

Lima, 26 de abril del 2021

Chipana Balcona, Katerin Milagros
DNI N° 71792359

Crisostomo Huayllani, Zaida
DNI N° 47187175

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. Información del experto

Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 1 cadena de custodia**

Autores (as) del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.									X				

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80 %

Lima, 26 de abril del 2021



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI N° 08306575 Telf.974142836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IV. Información del experto

Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 2 Datos de campo**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.									X				

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80 %

Lima, 26 de abril del 2021



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI N° _____ Telf. _____

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

VII. Información del experto

Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 3 de registro de parámetros necesarios para el ICARHS**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

VIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.									X				

IX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80 %

Lima, 26 de abril del 2021



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI N° _____ Telf. _____

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

X. Información del experto

Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 4 Registro de Parámetros Necesarios para el ICA-NSF**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

XI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.									X				

XII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80 %

Lima, 26 de abril del 2021



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI N° _____ Telf. _____

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XIII. Información del experto

Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 5 para obtención del valor numérico ICARHS**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.									X				

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%

Lima, 26 de abril del 2021



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI N° _____ Telf. _____

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XVI. Información del experto

Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 6 para obtención del valor numérico ICA-NSF**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

XVII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.									X				

XVIII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80 %

Lima, 26 de abril del 2021



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI N° _____ Telf. _____

Anexo 14: Solicitud y Validación de experto 2



SOLICITUD: Validación de instrumentos de recojo de información

Sr.: ING. HOLGUIN ARANDA , LUIS

Nosotras, **Chipana Bacona Katerin Milagros** con **DNI N° 71792359** y **Crisóstomo Huayllani, Zaida** identificado con **DNI N° 47187175**; estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo de la Facultad de Ingeniería y arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: **“Comparación entre los Índices ICARHS e ICA-NSF en la calidad de agua para consumo humano en la Comunidad Huisapata-Ocoruro-Espinar-Cusco 2021”**, solicitamos a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

- Matriz de operacionalización de variables
- Ficha de datos de campo
- Ficha de Cadena de custodio
- Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICARHS
- Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICA-NSF
- Formato de evaluación (Validación de instrumento)

Por tanto:

A usted, rogamos acceder nuestra petición.

Lima, 26 de abril del 2021

Chipana Balcona, Katerin Milagros
DNI N° 71792359

Crisostomo Huayllani, Zaida
DNI N° 47187175

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. Información del experto

Apellidos y Nombres: **ING. HOLGUIN ARANDA, LUIS**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 1 cadena de custodia**

Autores (as) del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95 %

Lima, 26 de abril del 2021


LUIS FERMIER
HOLGUIN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP. N° 111144

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI N° 41259267 Telf. 956749548

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IV. Información del experto

Apellidos y Nombres: **ING. HOLGUIN ARANDA, LUIS**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 2 Datos de campo**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95 %

Lima, 26 de abril del 2021


**LUIS FERMIR
 HOLGUIN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111111**

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI N° 41259267 Telf. 956749548

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

VII. Información del experto

Apellidos y Nombres: **ING. HOLGUIN ARANDA, LUIS**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 3 de registro de parámetros necesarios para el ICARHS**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

VIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

IX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95 %

Lima, 26 de abril del 2021


LUIS FERRER
HOLGUIN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP. N° 1111711

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI N° 41259267 Telf. 956749548

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

X. Información del experto

Apellidos y Nombres: **ING. HOLGUIN ARANDA, LUIS**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 4 Registro de Parámetros Necesarios para el ICA-NSF**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

XI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

XII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95 %

Lima, 26 de abril del 2021


**LUIS FERMIR
 HOLGUIN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111F11**

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI N° 41259267 Telf. 956749548

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XIII. Información del experto

Apellidos y Nombres: **ING. HOLGUIN ARANDA, LUIS**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 5 para obtención del valor numérico ICARHS**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95 %

Lima, 26 de abril del 2021


**LUIS FERMIN
 HOLGUIN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111411**

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI N° 41259267 Telf. 956749548

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XVI. Información del experto

Apellidos y Nombres: **ING. HOLGUIN ARANDA, LUIS**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 6 para obtención del valor numérico ICA-NSF**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

XVII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

XVIII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95 %

Lima, 26 de abril del 2021


**LUIS FERMÍN
HOLGUÍN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. C.I.P. N° 111211**

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI N° 41259267 Telf. 956749548

Anexo 15: Solicitud y Validación de experto 3



SOLICITUD: Validación de instrumentos de recojo de información

Sr.: ING. PILLPA ALIAGA , FREDDY

Nosotras, **Chipana Bacona Katerin Milagros** con DNI N° **71792359** y **Crisóstomo Huayllani, Zaida** identificado con DNI N° **47187175**; estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo de la Facultad de Ingeniería y arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: **“Comparación entre los Índices ICARHS e ICA-NSF en la calidad de agua para consumo humano en la Comunidad Huisapata-Ocoruro-Espinar-Cusco 2021”**, solicitamos a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

- Matriz de operacionalización de variables
- Ficha de datos de campo
- Ficha de Cadena de custodio
- Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICARHS
- Ficha de registro de parámetros necesarios para el ICA-NSF
- Formato de evaluación (Validación de instrumento)

Por tanto:

A usted, rogamos acceder nuestra petición.

Lima, 26 de abril del 2021

Chipana Bacona, Katerin Milagros
DNI N° 71792359

Crisostomo Huayllani, Zaida
DNI N° 47187175

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. Información del experto

Apellidos y Nombres: **ING. PILLPA ALIAGA , FREDDY**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 1 cadena de custodia**

Autores (as) del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X					
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X					
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X					
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X					
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.										X					
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X	X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X					
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X					
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X					
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.										X					

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 26 de abril del 2021

Firmado digitalmente
por Freddy Pillpa Aliaga
Nombre de reconocimiento (DN):
Freddy Pillpa Aliaga,
ou=Colegio de Ingenieros
del Perú, ou=CIP 196897,
email=fpillpaa@gmail.co
m, c=PE
Fecha: 2021.07.01
08:38:26 -05'00'

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IV. Información del experto

Apellidos y Nombres: **ING. PILLPA ALIAGA , FREDDY**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 2 Datos de campo**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.										X			

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 26 de abril del 2021


 Firmado digitalmente por
 Freddy Pillpa Aliaga
 Nombre de reconocimiento (DN):
 cn=Freddy Pillpa Aliaga,
 o=Colegio de Ingenieros
 del Peru, ou=CIP 196897,
 email=fpillpa@gmail.co
 DNI N: _____
 Fecha: 2021.07.01
 08:39:58 -05'00'

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

VII. Información del experto

Apellidos y Nombres: **ING. PILLPA ALIAGA , FREDDY**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 3 de registro de parámetros necesarios para el ICARHS**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

VIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.											X		

IX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85 %

Lima, 26 de abril del 2021


 Firmado digitalmente por Freddy Pillpa Aliaga
 Nombre de reconocimiento (DN): cn=Freddy Pillpa Aliaga, o=Colegio de Ingenieros del Perú, ou=PE, email=pillpaa@gmail.com, c=PE
 Fecha: 2021.07.01 08:13:39 -05'00'
FIRMA DEL EXPERTO FORMANTE
 DNI N° _____

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

X. Información del experto

Apellidos y Nombres: **ING. PILLPA ALIAGA , FREDDY**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 4 Registro de Parámetros Necesarios para el ICA-NSF**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

XI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.										X			

XII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 26 de abril del 2021


 Firmado digitalmente por
 Freddy Pillpa Aliaga
 Nombre de reconocimiento
 (DN): cn=Freddy Pillpa Aliaga,
 o=Colegio de Ingenieros del
 Perú, ou=CP 196897,
 email=fpillpaa@gmail.com,
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DN N° _____ Fecha: 2021.07.01 08:42:55
 JEP

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XIII. Información del experto

Apellidos y Nombres: **ING. PILLPA ALIAGA , FREDDY**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 5 para obtención del valor numérico ICARHS**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.										X			

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 26 de abril del 2021


 Firmado digitalmente por
 Freddy Pillpa Aliaga
 Nombre de reconocimiento
 (DN): cn=Freddy Pillpa Aliaga,
 o=Colegio de Ingenieros del
 Perú, ou=CIP 196897,
 email=fpillpa@gmail.com, c=PE
 Fecha: 2021.07.01 08:44:07
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI N° _____ Telf. _____

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XVI. Información del experto

Apellidos y Nombres: **ING. PILLPA ALIAGA ,FREDDY**

Cargo e institución donde labora: **Docente UCV-LN**

Especialidad o línea de investigación: **Docente e investigador /UCV Lima Norte**

Nombre del instrumento para evaluar: **Ficha 6 para obtención del valor numérico ICA-NSF**

Autoras del Instrumento: **Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida**

XVII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanto los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.										X			

XVIII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 26 de abril del 2021


 Firmado digitalmente por Freddy Pillpa Aliaga
 Nombre de reconocimiento (DN):
 cn=Freddy Pillpa Aliaga,
 o=Colegio de Ingenieros del Perú,
 ou=0101396997,
 email=fripillpa@gmail.com, c=PE
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI N° _____ Telf. _____

Anexo 16: Panel fotográfico manantial Chuca



Foto 01: Obtención de muestra



Foto 02: Medición de parámetros en campo



Foto 03: Protección y cuidado de muestras



Foto 04: Utilización de preservantes

Anexo 17: Panel fotográfico manantial Ccacyuma



Foto 01: Medición de parámetros en campo



Foto 02: Ubicación de punto con el GPS



Foto 04: Medición de parámetros en campo



Foto 03: Preparación de materiales



Foto 05: Manantial Ccacyuma



Foto 06: Llenado de cadena de custodia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Solicitud: Permiso para toma de muestras de agua con fines Académicos.

SEÑOR: GODOFREDO CORDOVA HUARCA, presidente de la comunidad de Huisapata.

Nosotras, Katerin Milagros Chipana Balcona, con **DNI N° 71792359** y Zaida Crisostomo Huayllani, con **DNI N° 47187175**, Estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo – Lima; de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, ante usted nos presentamos y exponemos:

Que, En vista de que la Universidad Cesar Vallejo pide como requisito obligatorio la elaboración de una **"Tesis de investigación para la obtención del título Profesional"** es necesario tomar muestras de agua de manantiales "Sector Ccacyuma" y "Sector Chuca" de la comunidad Huisapata, para poder evaluar su calidad y con esa información elaborar dicho trabajo de investigación ; esto con fines únicamente académicos.

Por tal motivo, solicito se nos autorice tomar las muestras de agua de los manantiales el día 18 de abril del 2021.

Por lo expuesto:

Rogamos a usted acceder a lo solicitado.

Huisapata, 12 abril del 2021



Chipana Balcona, Katerin Milagros
DNI N° 71792359



Crisostomo Huayllani, Zaida
DNI N° 47187175

Anexo 19: Carta de aprobación para toma de muestras de agua

CARTA DE APROBACIÓN PARA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA

De nuestra consideración:

Huisapata, 14 abril del 2021

Srtas: Chipana Balcona, Katerin Milagros y Crisostomo Huayllani, Zaida
Estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo - Lima

Por medio de la presente, habiendo leído y revisado el CONTENIDO de vuestra solicitud me es muy grato informarles sobre la **AUTORIZACIÓN** para que puedan tomar muestras de agua de manantiales “Sector Ccacyuma” y “Sector Chuca” de la Comunidad Huisapata el día 18 de abril del año 2021, con fines únicamente académicos y así con ello puedan obtener vuestro título profesional.

Saludos cordiales.


.....
Córdova Huarca Godofredo
DNI N° 24876252
PRESIDENTE DE LA COMUNIDAD
HUISAPATA

Anexo 20: Certificado de calibración del multímetro (Temperatura)



**CERTIFICADO DE CALIBRACION
N° CAL-191120**

Cliente : ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L

Instrumento : MULTIPARAMETRO (En Parámetro de T°C) **Alcance** : 0.0 a 60 °C
Marca : Hach **Resolución:** 0.1° C
Modelo : HQ 40D
Serie : 130700090807
Serie del Electrodo : 150752567031
Código Interno : EM-OPE-37
Condición : Nuevo

Lugar de Calibración : ENVIRONMENTAL GROUP TECHNOLOGY S.R.L
Fecha de Calibración : 19 de Noviembre del 2020
Próxima Calibración : 19 de Noviembre del 2021

Condiciones Ambientales
Temperatura: 23.7-23.9 °C **Humedad relativa:** 67-67% **Presión:** 1013-1013 mbar

Procedimientos Utilizados
 Calibración por comparación siguiendo el procedimiento INDECOPI-SNM PC-017 "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales" (2da Edición Diciembre 2012)

Patrones Utilizados:	Marca/Modelo	Serie o Lote	Vencimiento
Termo higrómetro	Traceable/4184	1150298731	29/02/2021
Termómetro Digital	Traceable/1208T87	150191344	22/11/2020
Barómetro	Thomas S. /N.I	N.I.	30/06/2021

Resultados

Termómetro	Corrección	TCV	Incertidumbre
10.0	0.00	10.0	0.02
25.0	0.00	25.0	0.02
35.0	0.00	35.0	0.02

Temperatura Convencionalmente Verdadera(TCV)=Indicación del Termómetro +corrección



Incertidumbre
 La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza aproximadamente 95 % con un factor de cobertura K= 2

Observaciones
 -Los resultados del presente documento, son validos únicamente para el objeto calibrado y se refiere al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en funcional al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
 -Antes de la calibración no se realizo ningún tipo de Ajuste.
 -Con fines de identificación de condición de calibrado se ha colocado una etiqueta autoadhesiva.

Realizado por: 
 Eduardo Miranda N.
 Jefe de Mantenimiento **Fecha:** 19/11/2020

Calle las guabas 4125 - Urb. El Naranjal - Los Olivos
 Mail: logistica@envirogrouptech.com / web: www.envirogrouptech.com / Cel: RPC: 961768828

Este documento no puede ser reproducido ni alterado parcial o totalmente sin la aprobación escrita de Envirogroup

Anexo 21: Certificado de calibración del multímetro (pH)



CERTIFICADO DE CALIBRACION N°CAL-191120

Cliente : ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L

Instrumento : MULTIPARAMETRO (En Parámetro de ph) **Alcance** : 0,00 a 14,00
Marca : Hach **Resolución**: 0,001/0,01/0,1
Modelo : HQ40D
Serie : 130700090807
Serie del Electrodo : 150752567031
Código Interno : EM-OPE-37
Condición : Nuevo

Lugar de Calibración : ENVIRONMENTAL GROUP TECHNOLOGY S.R.L
Fecha de Calibración : 19 de Noviembre del 2020
Próxima Calibración : 19 de Noviembre del 2021

Condiciones Ambientales

Temperatura: 23.7-23.9 °C **Humedad relativa:** 67-67% **Presión:** 1013-1013 mbar

Procedimientos Utilizados

La calibración se ha realizado siguiendo el PV-005 PROCEDIMIENTO PARA LA para la calibración de PH

Patrones Utilizados:

Descripción	Marca/Modelo	Serie o Lote	Vencimiento
Termo higrómetro	Traceable/4184	1150298731	29/02/2021
Termómetro Digital	Traceable/1208T87	150191344	22/11/2020
Barómetro	Thomas S. /N.I	N.I.	30/06/2021
Buffer de ph 4.01	PAN REAC APPLICHEM/N.A	0001494831	07/2024
Buffer de ph 7.01	PAN REAC APPLICHEM /N.A	0001476355	07/2024
Buffer de ph 10.01	PAN REAC APPLICHEM /N.A	0001538765	09/2024

Resultados

Referencia(pH)	Indicación(pH)	Corrección	Incertidumbre
4.01	4.01	0.0	0.02
7.01	7.01	0.0	0.02
10.01	10.01	0.0	0.02



Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud esta dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Observaciones

-Los resultados del presente documento, son validos únicamente para el objeto calibrado y se refiere al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en funcional al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

-Con fines de identificación de condición de calibrado se ha colocado una etiqueta autoadhesiva.

(*Indicado en el manual de instrucciones del fabricante.

Realizado por:

Eduardo Miranda N.
Jefe de Mantenimiento

Fecha: 19/11/2020

Calle las guabas 4125 - Urb. El Naranjal - Los Olivos

Mail: logistica@envirogrouptech.com / web: www.envirogrouptech.com / Cel: RPC: 961768828

Este documento no puede ser reproducido ni alterado parcial o totalmente sin la aprobación escrita de Envirogroup

Anexo 22: Certificado de calibración del múltímetro (Oxígeno Disuelto)



CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ZERO N° CAL-191120

Mediante el presente documento se deja constancia que ENVIROGROUP S.R.L ha realizado la verificación de Zero del siguiente instrumento

Cliente : ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L

Instrumento : MULTIPARAMETRO
Marca : Hach
Modelo : HQ40D
Serie : 130700090807
Serie del Electrodo : 132042597005
Código Interno : EM-OPE-37
Condición : NUEVO

Soluciones de verificación empleada:

- Solución de Sulfito de Oxígeno Disuelto HI704OL Lote S0064/18 Exp. July 2023

Metodología empleada:

- Se realizó la Verificación siguiendo el método recomendado por el fabricante en el manual DOC022.92.80021 del equipo.

Resultados:

Luego del Mantenimiento preventivo del equipo se efectuó la verificación de acuerdo a:

Valor Referencia	Valor Leído
0.00 mg/L	0.03mg/L

Temperatura de la muestra: 22.0 °C

Valor de Oxígeno disuelto compensado por el equipo a 25°C

FECHA DE VERIFICACIÓN: 19 de Noviembre del 2020

Vigencia de Verificación: 1 año

Realizado por:


Eduardo Miranda N.
Jefe de Mantenimiento



Calle las guabas 4125 - Urb. El Naranjal - Los Olivos

Mail: logistica@envirogrouptech.com / web: www.envirogrouptech.com / Cel: RPC: 961768828

Este documento no puede ser reproducido ni alterado parcial o totalmente sin la aprobación escrita de Envirogroup

Anexo 23: Informe de ensayo del laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-3739

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-13684	M-21-13685			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	SECTOR CCAYUMA	SECTOR CHUCA			
COORDENADAS:	E.0257620	E.0263476			
UTM WGS 84:	N.8328544	N.8328650			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Subterránea (Agua de Manantial)	Subterránea (Agua de Manantial)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	I-OPE-1.8				
FECHA y HORA DE MUESTREO :	18-04-2021 10:20	18-04-2021 13:10			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Amoniaco (*)	mg NH3/L	0,05	0,12	<0,12	<0,12
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	49,0	23,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	<2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	COD as mg O2/L	2	5	<5	8
Oxígeno Disuelto (*)	mg/L	NA	0,1	6,8	4,1
pH (*)	Unidad de pH	NA	0,01	6,35	6,36
Sólidos Totales (*)	mg Total Solids/L	2,00	5,00	82,00	120,00
Temperatura (*)	°C	NA	0,1	9,2	13,5
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	0,90	1,00
Aniones ²					
Nitrato	mg/L	0,02	0,05	0,78	2,55
P-Ortofosfato	mg/L	0,04	0,10	<0,04	<0,04
Metales Totales ²					
Aluminio	mg/L	0,001	0,003	<0,003	<0,003
Arsénico	mg/L	0,0002	0,0010	0,0059	<0,0010
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002
Fosforo	mg/L	0,002	0,006	<0,006	0,036
Hierro	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002
Manganeso	mg/L	0,00002	0,00005	<0,00005	<0,00005

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

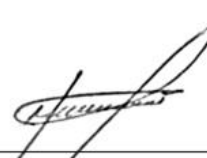
² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica


 Marco Valencia Huerta
 Ingeniero Químico
 N° CIP 152207

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-3739

ITEM	1	2		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-13684	M-21-13685		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	SECTOR CCAYUMA	SECTOR CHUCA		
COORDENADAS:	E:0257620	E:0263476		
UTM WGS 84:	N:8328544	N:8326650		
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural		
SUB PRODUCTO:	Subterránea (Agua de Manantial)	Subterránea (Agua de Manantial)		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	I-OPE-1.8			
FECHA y HORA DE MUESTREO:	18-04-2021 10:20	18-04-2021 13:10		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Plomo	mg/L	0,001	0,003	<0,003

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado


NA: No Aplica

"FIN DE DOCUMENTO"



Marco Valencia Huerta
 Ingeniero Químico
 N° CIP 152207

Anexo 24: Informe de costos de los ensayos realizados



L : F-CO-1.1
R : 03
 I. V. : 2020-Jul-30
Página 1 de 4

PROFORMA DE SERVICIOS

Id Proforma: P- 2021 - 0000002204 **Version:** 0001 **Fecha:** 07/04/2021 09:26 **Unidad de Negocio:** Medio Ambiente

DATOS DEL CLIENTE:
Razón Social Solicitante: Katerin Milagros Chipana Balcona **RUC del Solicitante:** 10717923591
Dirección: Urb Juan Manuel Polar C-26, 15 de Agosto, Paucarpata, Arequipa. **Teléfono:** 926222370
Contacto: Katerin Milagros Chipana Balcona **E-mail:** katerinchipanabalcona15@gmail.com
Razón Social para Facturación: Katerin Milagros Chipana Balcona **RUC para Facturación:** 10717923591

DATOS PARA INFORME DE ENSAYO: **TIPO SERVICIO:** Monitoreo Ensayo

Razón Social:
Katerin Milagros Chipana Balcona

Dirección:
Urb Juan Manuel Polar C-26, 15 de Agosto, Paucarpata, Arequipa.

Proyecto:

Procedencia:

Solicitante:
Katerin Milagros Chipana Balcona

LCM: Límite de Cuantificación del Método LDM: Límite de Detección del Método
 A=Ausencia (-) P=Presencia (+)

Nº	Paquete	Parámetro	Método	Acreditador Por	LDM	LCM	Unidad	Cantidad	Precio	Sub Total S/.
<u>AGUA - Agua Natural - Subterránea (Agua de Manantial)</u>										
<u>A- MEDICIONES EN CAMPO</u>										
1		Oxígeno Disuelto	SMBW/A-APHA-AW/A-WEF Part 4500 -O G, 23 rd 2017	INACAL		0.10	mg/L	2	45.00	90.00
2		Temperatura	SMBW/A-APHA-AW/A-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	INACAL		0.10	°C	2	24.00	48.00
3		pH	SMBW/A-APHA-AW/A-WEF Part 4500-H+ B, 23 rd Ed. 2017	INACAL		0.01	Unidad de pH	2	24.00	48.00
<u>ANÁLISIS-FISICOQUÍMICOS</u>										
4		Demanda Química de Oxígeno	SMBW/A-APHA-AW/A-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	INACAL	2.00	5.00	COD as mg O2/L	2	30.00	60.00
5		Turbidez	SMBW/A-APHA-AW/A-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	INACAL	0.00	0.01	NTU	2	20.00	40.00
6		Sólidos Totales	SMBW/A-APHA-AW/A-WEF Part 2540 B, 23 rd Ed. 2017	INACAL	2.00	5.00	mg Total Solids/L	2	28.00	56.00
7		Amoníaco	SMBW/A-APHA-AW/A-WEF Part 4500-NH3 D, 23 rd Ed. 2017	INACAL	0.05	0.12	mg NH3/L	2	25.00	50.00
8		Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMBW/A-APHA-AW/A-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	INACAL	0.40	2.00	mg BOD5/L	2	33.00	66.00
<u>ANÁLISIS- CROMATOGRAFIA IÓNICA</u>										
9		Aniones	MVAL LAB-36 (Validado fuera del Alcance)	IAS			mg/L	2	90.00	180.00
<u>ANÁLISIS- METALES</u>										
10		Metales Totales	EP AM ethod 200.8 Rev. 5.4 1994	IAS			mg/L	2	180.00	360.00
<u>ANÁLISIS- MICROBIOLOGIA</u>										
11		Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	SMEVW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	IAS	0.00	1.80	NMP/100mL	2	90.00	180.00
Sub Total 1. S/:										1178.00

PROFORMA DE SERVICIOS

GASTOS OPERATIVOS

Nº	Descripción	Cantidad	Días	Valor	Sub Total S/.
1	Un (01) Analista de Campo por parte de ALAB por un (01) día de trabajo + Un (01) día de tránsito + Un (01) personal de apoyo por parte del CLIENTE.	1	2	150.00	300.00
2	Gastos Operativos y Logísticos asumidos por el CLIENTE (traslado y retorno del personal Arequipa - Espinar, Espinar - Arequipa + alimentación + hospedaje + envío de materiales - muestras + otros).	1	1	0.00	0.00
Sub Total 2. S/:					300.00

GASTOS ADMINISTRATIVOS

Nº	Descripción	Cantidad	Valor	Sub Total S/.
3	Gastos Administrativos.	1	50.00	50.00
Sub Total 3. S/:				50.00

Sub Tota General S/: **1,528.00**
IGV (18%) S/: **275.04**
Total General S/: **1,803.04**

OBSERVACIONES

1.- El servicio NO INCLUYE informe de monitoreo de requerirse se ADICIONARA el monto de S/ 350.00

Anexo 25: Capacidad de oxígeno disuelto al 100% (mg/l)

Temperatura del agua	338 msnm	453 msnm	570 msnm	688 msnm	807 msnm	928 msnm	1050 msnm	1174 msnm	4501 msnm	4806 msnm
	730 mmHg	720 mmHg	710 mmHg	700 mmHg	690 mmHg	680 mmHg	670 mmHg	660 mmHg	432.9 mmHg	416 mmHg
0°C	13.99	13.8	13.61	13.42	13.23	13.04	12.84	12.65	9.56	9.36
1°C	13.63	13.44	13.26	13.07	12.88	12.7	12.51	12.32	9.23	9.03
2°C	13.28	13.1	12.92	12.73	12.55	12.37	12.19	12.01	8.92	8.72
3°C	12.94	12.76	12.59	12.41	12.23	12.05	11.88	11.7	8.61	8.41
4°C	12.61	12.44	12.27	12.1	11.92	11.75	11.58	11.4	8.31	8.11
5°C	12.3	12.13	11.96	11.8	11.63	11.46	11.29	11.12	8.03	7.83
6°C	12	11.83	11.67	11.51	11.34	11.18	11.01	10.85	7.76	7.56
7°C	11.71	11.55	11.39	11.23	11.07	10.91	10.75	10.59	7.5	7.30
8°C	11.43	11.27	11.11	10.96	10.8	10.65	10.49	10.33	7.24	7.04
9°C	11.16	11.01	10.85	10.7	10.55	10.39	10.24	10.09	7	6.80
10°C	10.9	10.75	10.6	10.45	10.3	10.15	10	9.86	6.77	6.57
11°C	10.65	10.51	10.36	10.21	10.07	9.92	9.78	9.63	6.54	6.34
12°C	10.41	10.27	10.13	9.99	9.84	9.7	9.56	9.41	6.32	6.12
13°C	10.18	10.04	9.9	9.77	9.63	9.49	9.35	9.21	6.12	5.92
14°C	9.96	9.83	9.69	9.55	9.42	9.28	9.14	9.01	5.92	5.72
15°C	9.75	9.62	9.48	9.35	9.22	9.08	8.95	8.82	5.73	5.53
16°C	9.55	9.42	9.29	9.15	9.02	8.89	8.76	8.63	5.54	5.34
17°C	9.35	9.22	9.1	8.97	8.84	8.71	8.58	8.45	5.36	5.16
18°C	9.16	9.04	8.91	8.79	8.66	8.54	8.41	8.28	5.19	4.99
19°C	8.98	8.86	8.74	8.61	8.49	8.37	8.24	8.12	5.03	4.83
20°C	8.81	8.69	8.57	8.45	8.33	8.2	8.08	7.96	4.87	4.67
21°C	8.64	8.52	8.4	8.28	8.17	8.05	7.93	7.81	4.72	4.52
22°C	8.48	8.36	8.25	8.13	8.01	7.9	7.78	7.67	4.58	4.38
23°C	8.32	8.21	8.09	7.98	7.87	7.75	7.64	7.52	4.43	4.23
24°C	8.17	8.06	7.95	7.84	7.72	7.61	7.5	7.39	4.3	4.10
25°C	8.03	7.92	7.81	7.7	7.59	7.48	7.37	7.26	4.17	3.97
26°C	7.89	7.78	7.67	7.56	7.45	7.35	7.24	7.13	4.04	3.84
27°C	7.75	7.64	7.54	7.43	7.33	7.22	7.11	7.01	3.92	3.72
28°C	7.62	7.51	7.41	7.3	7.2	7.1	6.99	6.89	3.8	3.60
29°C	7.49	7.39	7.28	7.18	7.08	6.98	6.87	6.77	3.68	3.48
30°C	7.36	7.26	7.16	7.06	6.96	6.86	6.76	6.66	3.57	3.37
31°C	7.24	7.14	7.04	6.94	6.85	6.75	6.65	6.55	3.46	3.26

Fuente: Vinod y Suman (2020)

Nota: Los datos de las dos últimas columnas fueron calculadas mediante una regresión lineal

Anexo 26: Procedimientos de cálculo de ICARHS del manantial Ccacyuma

Se sabe que:

ICARHS = mín. (S1, S2)

DONDE:

mín.: mínimo

S1: Subíndice 1 (Materia orgánica)

S2: Subíndice 2 (Fisicoquímico Metal)

$$\text{Entonces: } S1 = 100 - \sqrt{\frac{(F1^2 + F2^2 + F3^2)}{3}}$$

F1-Alcance será:

$$F1 = \frac{\# \text{ de parámetros sin cumplimiento del ECA Agua}}{\# \text{ total de parámetros}} * 100 = \frac{1}{6} * 100 = 16.7$$

F2-Frecuencia: En este caso de hizo sólo un monitoreo por lo tanto los pasos son los mismos para hallar F1 y F2 teniendo de esta forma: F1=F2=16.7

F3-Amplitud:

$$F3 = \frac{nse}{nse + 1} * 100$$

Donde la Suma Normalizada de Excedentes (nse) es:

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedentes } i}{\text{Total de ensayos}}$$

Para este caso solo se tiene un excedente que supera el ECA-Agua entonces se tiene:

$$\text{Excedente} = \frac{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}} - 1 = \frac{49}{20} - 1 = 1.5$$

$$\sum_{i=1}^n \text{Excedentes } i = 1.5$$

$$nse = \frac{1.5}{6} = 0.25$$

$$F3 = \frac{nse}{nse + 1} * 100 = \frac{0.25}{0.25 + 1} * 100 = 20$$

Finalmente

$$S1 = 100 - \frac{\sqrt{(F1^2 + F2^2 + F3^2)}}{1.732} = 100 - \frac{\sqrt{(16.7^2 + 16.7^2 + 20^2)}}{1.732} = 82.1 \text{ (Bueno)}$$

Calculando S2

$$S2 = 100 - \sqrt{\frac{(F1^2 + F2^2 + F3^2)}{3}}$$

F1-Alcance será:

$$F1 = \frac{\# \text{ de parámetros sin cumplimiento del ECA Agua}}{\# \text{ total de parámetros}} * 100 = \frac{1}{7} * 100 = 14.3$$

F2-Frecuencia: En este caso de hizo sólo un monitoreo por eso se hacen los mismos pasos para hallar F1 y F2 teniendo de esta forma: F1=F2=14.3

F3-Amplitud:

$$F3 = \frac{nse}{nse + 1} * 100$$

Donde la Suma Normalizada de Excedentes (nse) es:

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedentes } i}{\text{Total de ensayos}}$$

Para este caso sólo se tiene un excedente (pH) que está por debajo del valor establecido por el ECA-Agua entonces se tiene:

$$\text{Excedente} = \frac{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}} - 1 = \frac{6.5}{6.35} - 1 = 0.02$$

$$\sum_{i=1}^n \text{Excedentes } i = 0.02$$

$$nse = \frac{0.02}{7} = 0.003$$

$$F3 = \frac{nse}{nse + 1} * 100 = \frac{0.003}{0.003 + 1} * 100 = 0.3$$

Finalmente

$$S2 = 100 - \frac{\sqrt{(F1^2 + F2^2 + F3^2)}}{1.732} = 100 - \frac{\sqrt{(14.3^2 + 14.3^2 + 0.3^2)}}{1.732} = 88.3 \text{ (Bueno)}$$

Finalmente, la calificación del agua del manantial Ccacyuma es:

$$\text{ICARHS} = \text{mín. (S}_1, \text{S}_2) = \text{mín.}(81.2, 88.3) = 81.2 \text{ (Bueno)}$$

	Parámetro	Valor ECA	Resultados	Parámetros que no cumple
Materia orgánica	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	3	2	Cumple
	Demanda química de oxígeno (DQO)	10	5	Cumple
	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	> 6	6.8	Cumple
	Coliformes termotolerantes	20	49	No cumple
	Fósforo total	0.1	0.006	Cumple
Fisico-químico Metal	Amoníaco - N	1.5	0.12	Cumple
	Potencial de hidrógeno (pH)	6.5 - 8.5	6.35	No cumple
	Arsénico	0.01	0.0059	Cumple
	Aluminio	0.9	0.003	Cumple
	Manganeso	0.4	0.00005	Cumple
	Hierro	0.3	0.002	Cumple
	Cadmio	0.003	0.002	Cumple
	Piomo	0.01	0.003	Cumple

Anexo 27: Procedimientos de cálculo de ICARHS del manantial Chuca

Se sabe que:

ICARHS = mín. (S1, S2)

DONDE:

mín.: mínimo

S1: Subíndice 1 (Materia orgánica)

S2: Subíndice 2 (Fisicoquímico Metal)

$$\text{Entonces: } S1 = 100 - \sqrt{\frac{(F1^2 + F2^2 + F3^2)}{3}}$$

F1-Alcance será:

$$F1 = \frac{\# \text{ de parámetros sin cumplimiento del ECA Agua}}{\# \text{ total de parámetros}} * 100 = \frac{2}{6} * 100 = 33.3$$

F2-Frecuencia: En este caso de hizo sólo un monitoreo por eso se hacen los mismos pasos para hallar F1 y F2 teniendo de esta forma: F1=F2=33.3

F3-Amplitud:

$$F3 = \frac{nse}{nse + 1} * 100$$

Donde la Suma Normalizada de Excedentes (nse) es:

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedentes } i}{\text{Total de ensayos}}$$

Para este caso se tiene dos excedentes (Oxígeno disuelto y Coliformes fecales) que no cumplen con el ECA-Agua entonces se tiene:

$$\text{Excedente } 1 = \frac{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}} - 1 = \frac{6}{4.1} - 1 = 0.46$$

$$\text{Excedente } 2 = \frac{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}} - 1 = \frac{23}{20} - 1 = 0.15$$

$$\sum_{i=1}^n \text{Excedentes } i = 0.46 + 0.15 = 0.61$$

$$nse = \frac{0.61}{6} = 0.1$$

$$F3 = \frac{nse}{nse + 1} * 100 = \frac{0.1}{0.1 + 1} * 100 = 9.1$$

Finalmente

$$S1 = 100 - \frac{\sqrt{(F1^2 + F2^2 + F3^2)}}{1.732} = 100 - \frac{\sqrt{(33.3^2 + 33.3^2 + 9.1^2)}}{1.732} = 72.3 \text{ (Regular)}$$

Calculando S2

$$S2 = 100 - \sqrt{\frac{(F1^2 + F2^2 + F3^2)}{3}}$$

F1-Alcance será:

$$F1 = \frac{\# \text{ de parámetros sin cumplimiento del ECA Agua}}{\# \text{ total de parámetros}} * 100 = \frac{1}{7} * 100 = 14.3$$

F2-Frecuencia: En este caso de hizo sólo un monitoreo por eso se hacen los mismos pasos para hallar F1 y F2 teniendo de esta forma: F1=F2=14.3

F3-Amplitud:

$$F3 = \frac{nse}{nse + 1} * 100$$

Donde la Suma Normalizada de Excedentes (nse) es:

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedentes } i}{\text{Total de ensayos}}$$

Para este caso sólo se tiene un excedente (pH) que está por debajo del valor establecido por el ECA-Agua entonces se tiene:

$$\text{Excedente} = \frac{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}} - 1 = \frac{6.5}{6.36} - 1 = 0.02$$

$$\sum_{i=1}^n \text{Excedentes } i = 0.02$$

$$nse = \frac{0.02}{7} = 0.003$$

$$F3 = \frac{nse}{nse + 1} * 100 = \frac{0.003}{0.003 + 1} * 100 = 0.3$$

Finalmente

$$S2 = 100 - \frac{\sqrt{(F1^2 + F2^2 + F3^2)}}{1.732} = 100 - \frac{\sqrt{(14.3^2 + 14.3^2 + 0.3^2)}}{1.732} = 88.3 \text{ (Bueno)}$$

Finalmente, la calificación del agua del manantial Chuca es:

ICARHS = mín. (S1, S2) = mín. (72.3, 88.3) = 72.3 (Regular)

	Parámetro	Valor ECA	Resultados	Parámetros que no cumple
Materia orgánica	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	3	2	Cumple
	Demanda química de oxígeno (DQO)	10	8	Cumple
	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	> 6	4.1	No cumple
	Coliformes termotolerantes	20	23	No cumple
	Fósforo total	0.1	0.036	Cumple
	Amoníaco - N	1.5	0.12	Cumple
Fisicoquímico Metal	Potencial de hidrógeno (pH)	6.5 - 8.5	6.36	No cumple
	Arsénico	0.01	0.001	Cumple
	Aluminio	0.9	0.003	Cumple
	Manganeso	0.4	0.0005	Cumple
	Hierro	0.3	0.002	Cumple
	Cadmio	0.003	0.0002	Cumple
	Plomo	0.01	0.003	Cumple

Anexo 28: Obtención de factores de escala "Qi" para del manantial Ccacyuma

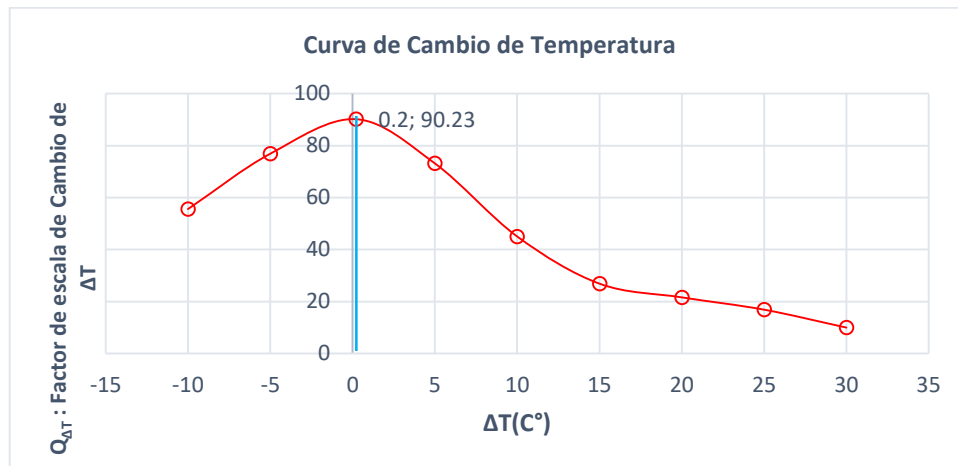


Figura 22. Factor de escala para ΔT(C°) del manantial Ccacyuma

Nota: La temperatura ambiental fue de 9.4 °C y la temperatura del agua fue de 9.2°C
 La curva se rige de acuerdo a función $Q_{\Delta T} = 1,9619 \cdot 10^{-6} (\Delta T)^6 - 1,3964 \cdot 10^{-4} (\Delta T)^5 + 2,5908 \cdot 10^{-3} (\Delta T)^4 + 1,5398 \cdot 10^{-2} (\Delta T)^3 - 6,7952 \cdot 10^{-1} (\Delta T)^2 - 6,7204 \cdot 10^{-1} (\Delta T) + 9,0392 \cdot 10^1$

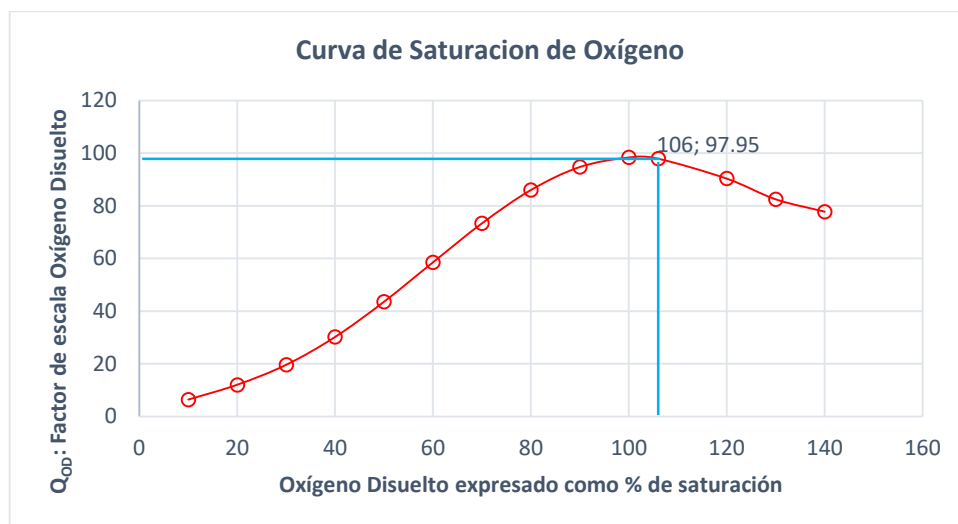


Figura 23. Factor de escala para oxígeno disuelto del manantial Ccacyuma

Nota: El porcentaje de saturación es la lectura de oxígeno disuelto en campo 6.76 mg/l dividido por la Capacidad de oxígeno disuelto al 100% para el agua (a 9°C y 4806 msnm) que para este caso es de 6.35 mg/l (Ver anexo 25)

La curva se rige de acuerdo a función $Q_{SDT} = -4,4289 \cdot 10^{-9} (ST)^4 + 4,650 \cdot 10^{-6} (ST)^3 - 9591 \cdot 10^{-3} (ST)^2 + 1,8973 \cdot 10^{-1} (ST) + 8,0608 \cdot 10^1$

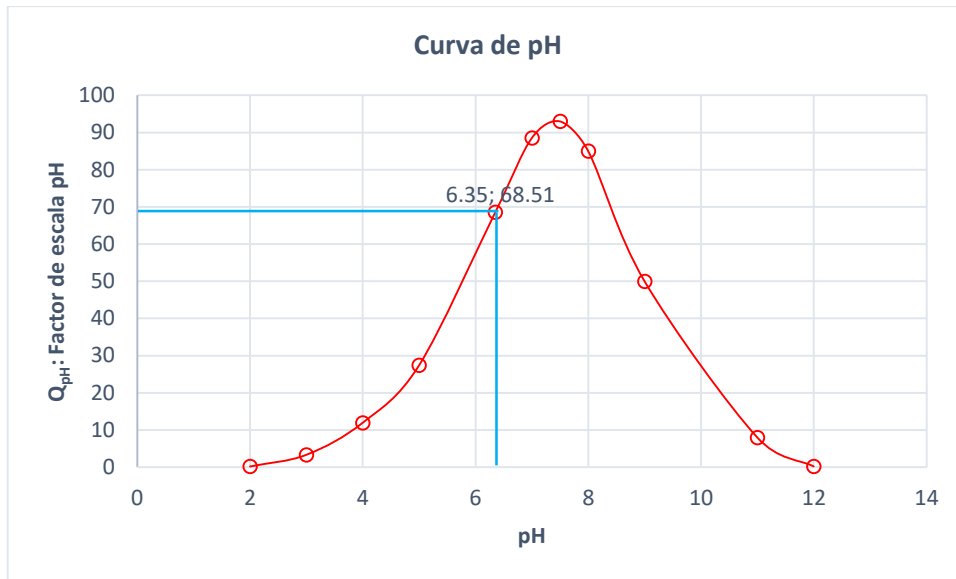


Figura 24. Factor de escala para pH del manantial Ccacyuma

Nota: La curva se rige de acuerdo a función $Q_{pH} = -0,1789*(pH)^5 + 3,7932*(pH)^4 - 30,517*(pH)^3 + 119,75*(pH)^2 - 224,58*(pH) + 159,46$

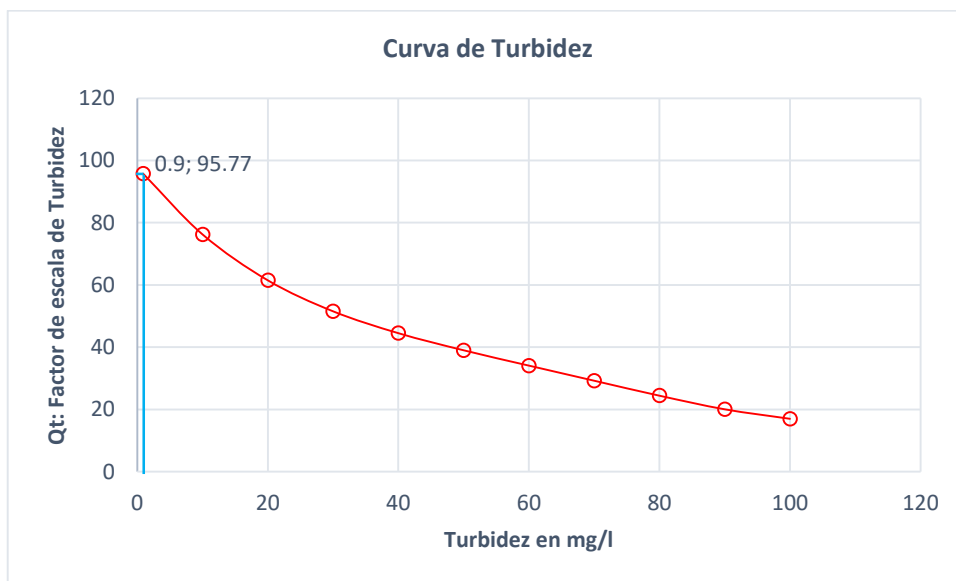


Figura 25. Factor de escala para turbidez del manantial Ccacyuma

Nota: La curva se rige de acuerdo a función $Q_t = 1,8939*E-06*(T)^4 - 4,9942*E-04*(T)^3 + 4,9181*E-02*(T)^2 - 2,62847 + 9,8098*E+01$

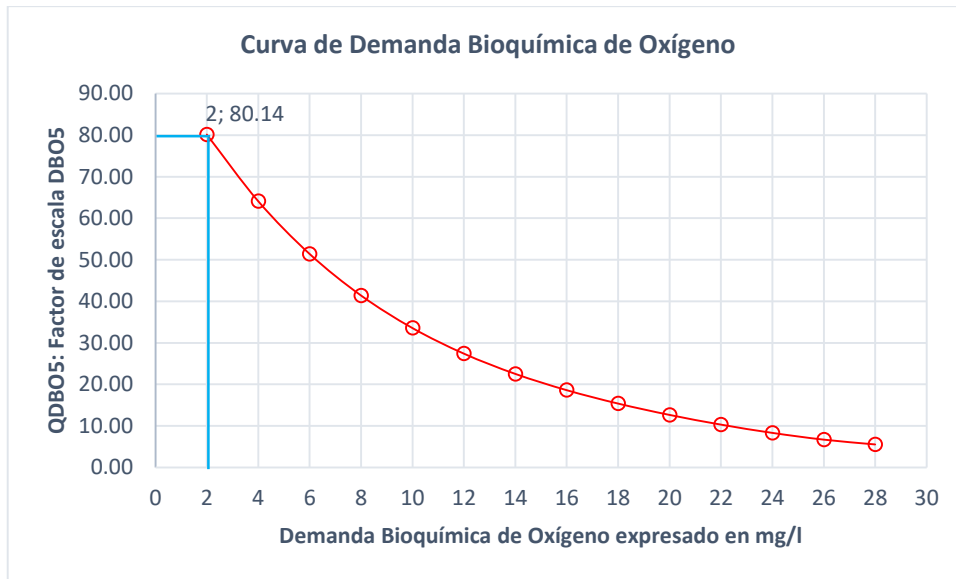


Figura 26. Factor de escala para DBO₅ del manantial Ccacyuma

Nota: La curva se rige de acuerdo a función $Q_{DBO5} = 1,8677 \cdot E-04 \cdot (DBO5)^4 - 1,6615 \cdot E-02 \cdot (DBO5)^3 + 5,9636 \cdot E-01 \cdot (DBO5)^2 - 1,1152 \cdot E+01 \cdot (DBO5) + 1,0019 \cdot E+02$

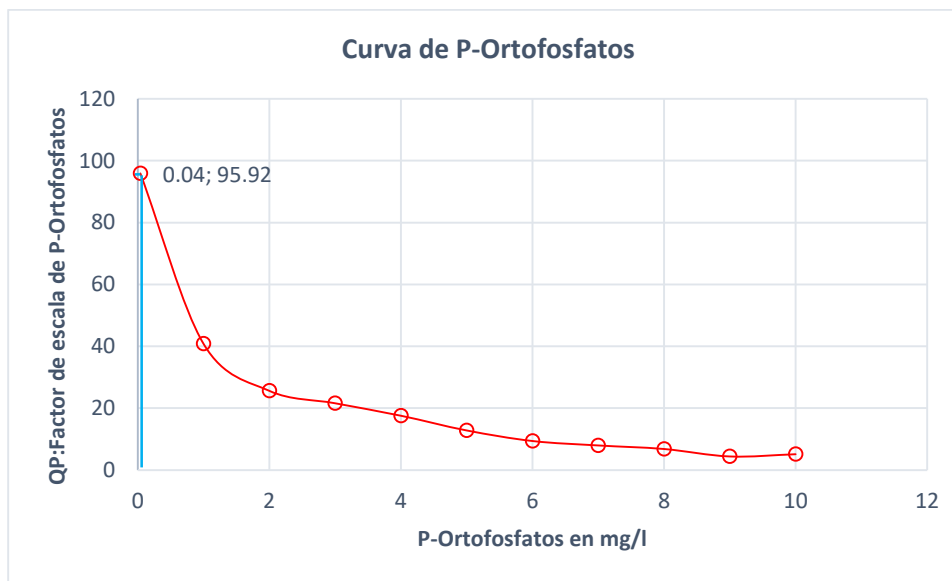


Figura 27. Factor de escala para P-Ortofostados del manantial Ccacyuma

Nota: La curva se rige de acuerdo a función $QP = 4,67320 \cdot E-03 \cdot (P)^6 - 61670 \cdot E-01 \cdot (P)^5 + 2,20595 \cdot (P)^4 - 1,50504 \cdot E+01 \cdot (P)^3 + 5,38893 \cdot E+01 \cdot (P)^2 - 9,98933 \cdot E+01 \cdot (P) + 9,98311 \cdot E+01$

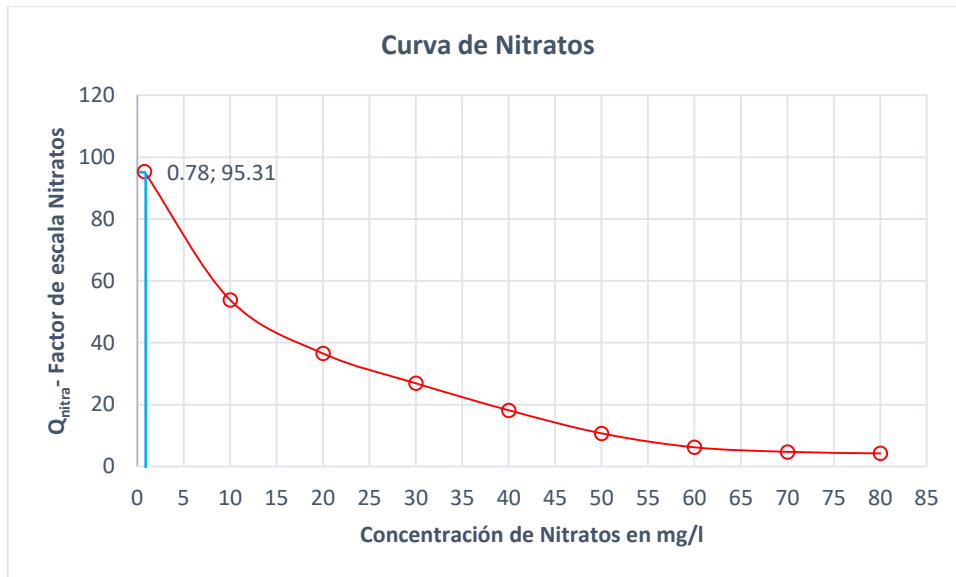


Figura 28. Factor de escala para nitratos del manantial Ccacyuma

Nota: La curva se rige de acuerdo a función $Q_{nitra} = 3,5603 \cdot E-09 \cdot (N)^6 - 1,2183 \cdot E-06 \cdot (N)^5 + 1,6238 \cdot E-04 \cdot (N)^4 - 1,0693 \cdot E-02 \cdot (N)^3 + 3,7304 \cdot E-01 \cdot (N)^2 - 1,5210 \cdot N + 1,0095 \cdot E+02$

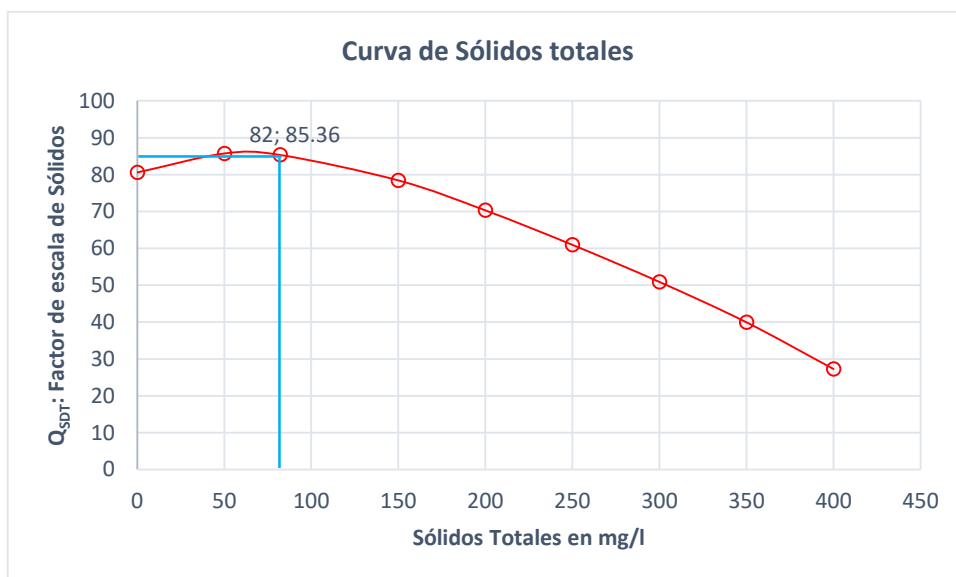


Figura 29. Factor de escala para solidos totales del manantial Ccacyuma

Nota: La curva se rige de acuerdo a función $Q_{SDT} = -4,4289 \cdot E-09 \cdot (ST)^4 + 4,650 \cdot E-06 \cdot (ST)^3 - 9591 \cdot E-03 \cdot (ST)^2 + 1,8973 \cdot E-01 \cdot (ST) + 8,0608 \cdot E+01$

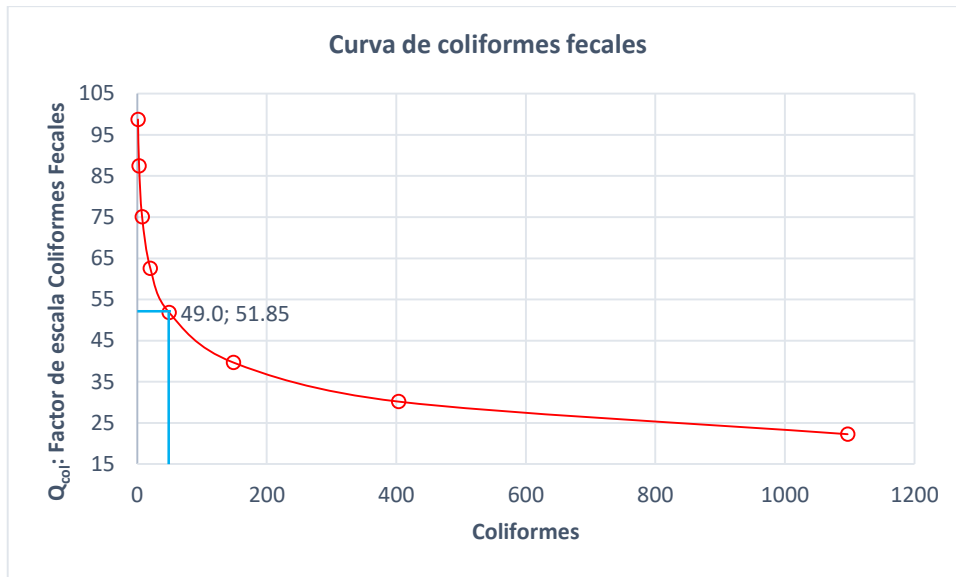


Figura 30. Factor de escala para coliformes fecales del manantial Ccacyuma

Nota: La curva se rige de acuerdo a la función $Q_{col} = e^{(-0,0152(\ln C)^2 - 0,1063(\ln C) + 4,5922)}$

Anexo 29: Obtención de factores de escala “Qi” para del manantial Chuca

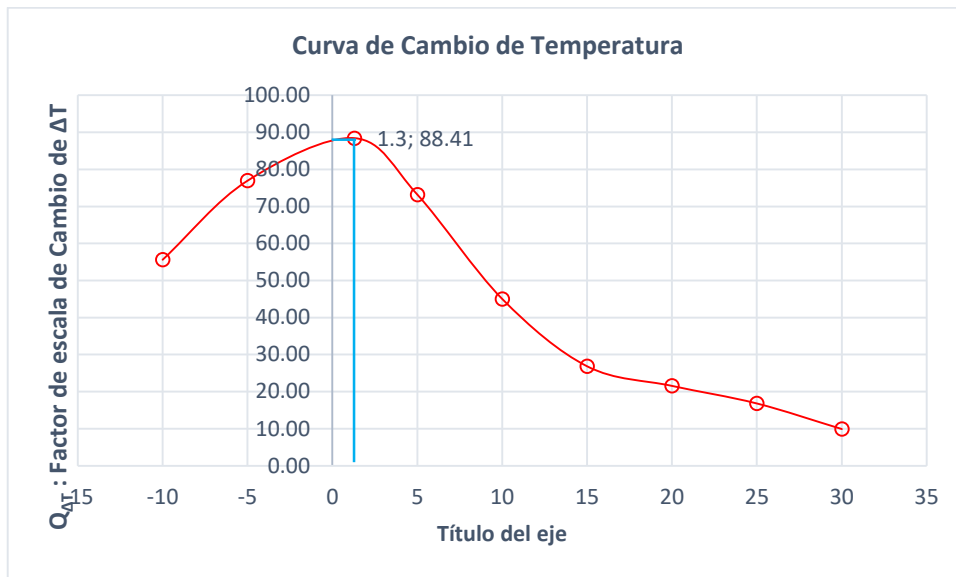


Figura 31. Factor de escala para ΔT (C°) del manantial Chuca

Nota: La temperatura ambiental fue de 14.8 °C y la temperatura del agua fue de 13.5°C
 La curva se rige de acuerdo a función $Q_{\Delta T} = 1,9619 \cdot 10^{-6} (\Delta T)^6 - 1,3964 \cdot 10^{-4} (\Delta T)^5 + 2,5908 \cdot 10^{-3} (\Delta T)^4 + 1,5398 \cdot 10^{-2} (\Delta T)^3 - 6,7952 \cdot 10^{-1} (\Delta T)^2 - 6,7204 \cdot 10^{-1} (\Delta T) + 9,0392 \cdot 10^1$

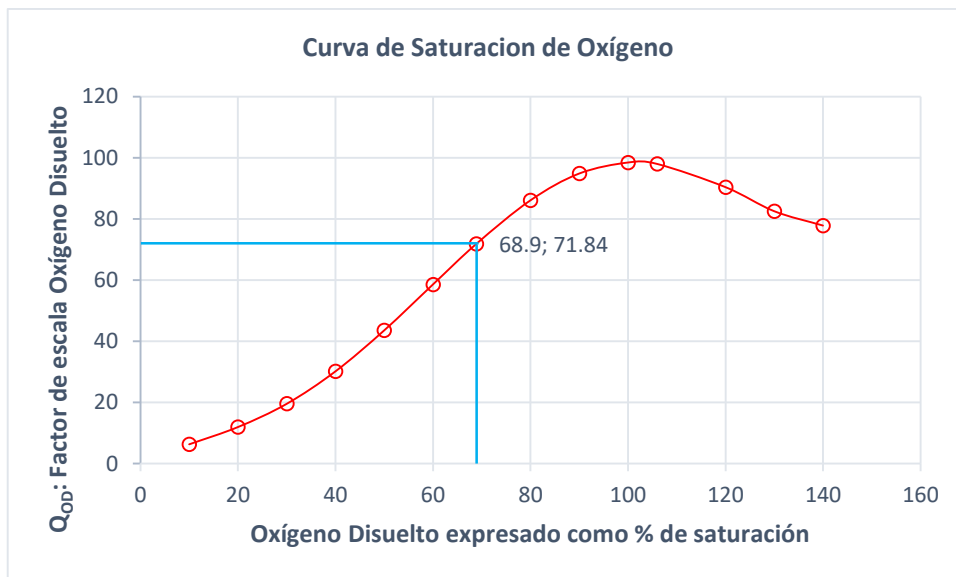


Figura 32. Factor de escala para oxígeno disuelto del manantial Chuca

Nota: El porcentaje de saturación es la lectura de oxígeno disuelto en campo 4.08 mg/l dividido por la Capacidad de oxígeno disuelto al 100% para el agua (a 13°C y 4501 msnm) que para este caso es de 5.92 mg/l (Ver anexo 25)
 La curva se rige de acuerdo a función $Q_{SDT} = -4,4289 \cdot 10^{-9} (ST)^4 + 4,650 \cdot 10^{-6} (ST)^3 - 9,951 \cdot 10^{-3} (ST)^2 + 1,8973 \cdot 10^{-1} (ST) + 8,0608 \cdot 10^1$

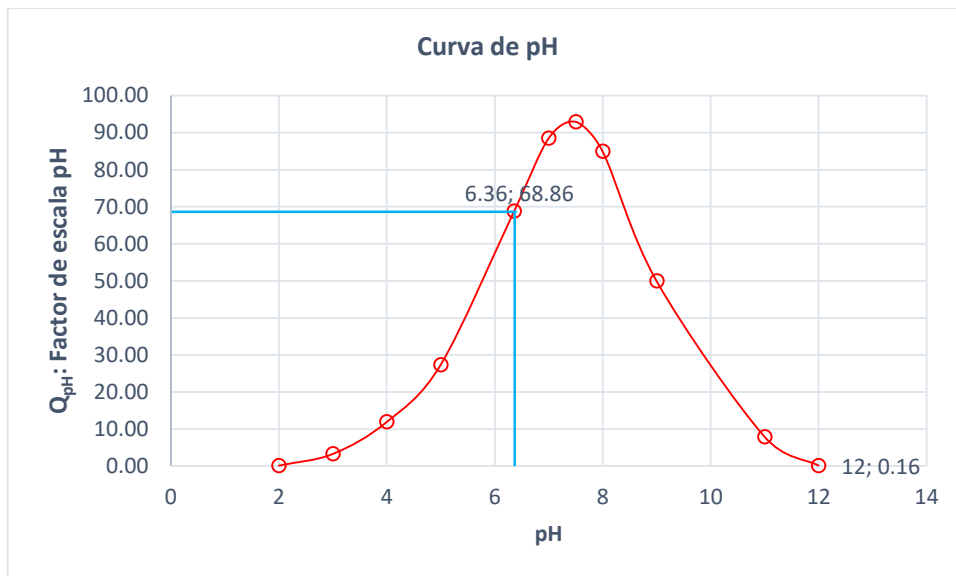


Figura 33. Factor de escala para pH del manantial Chuca

Nota: La curva se rige de acuerdo a función $Q_{pH} = -0,1789*(pH)^5 + 3,7932*(pH)^4 - 30,517*(pH)^3 + 119,75*(pH)^2 - 224,58*(pH) + 159,46$

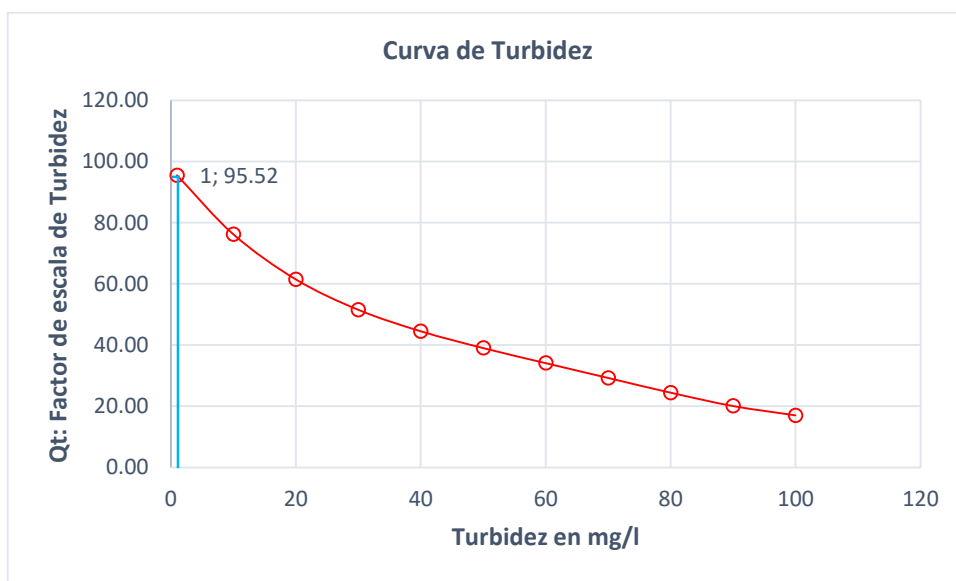


Figura 34. Factor de escala para turbidez del manantial Chuca

Nota: La curva se rige de acuerdo a función $Q_t = 1,8939 * E-06 * (T)^4 - 4,9942 * E-04 * (T)^3 + 4,9181 * E-02 * (T)^2 - 2,62847 + 9,8098 * E+01$

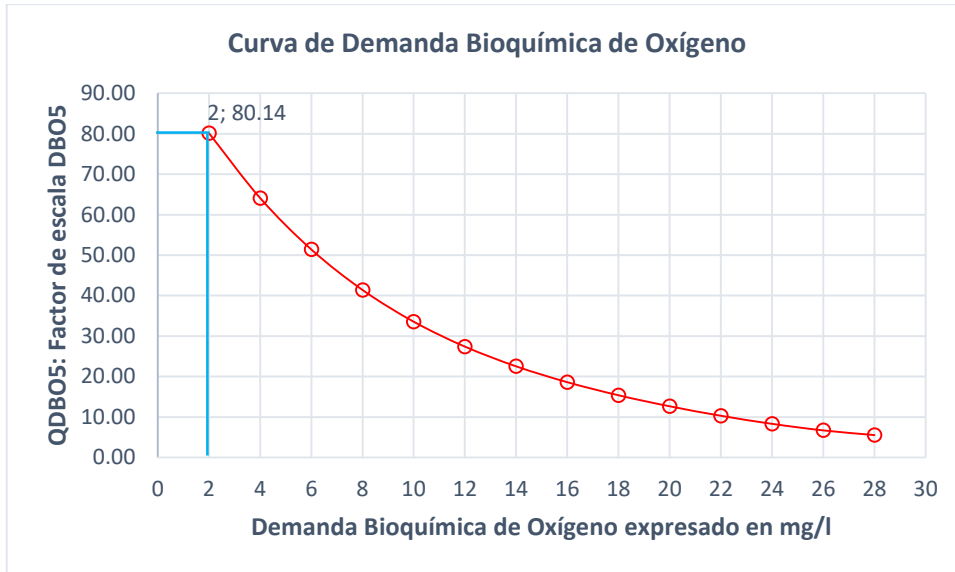


Figura 35. Factor de escala para DBO₅ del manantial Chuca

Nota: La curva se rige de acuerdo a función $Q_{DBO5} = 1,8677 \cdot E-04 \cdot (DBO5)^4 - 1,6615 \cdot E-02 \cdot (DBO5)^3 + 5,9636 \cdot E-01 \cdot (DBO5)^2 - 1,1152 \cdot E+01 \cdot (DBO5) + 1,0019 \cdot E+02$

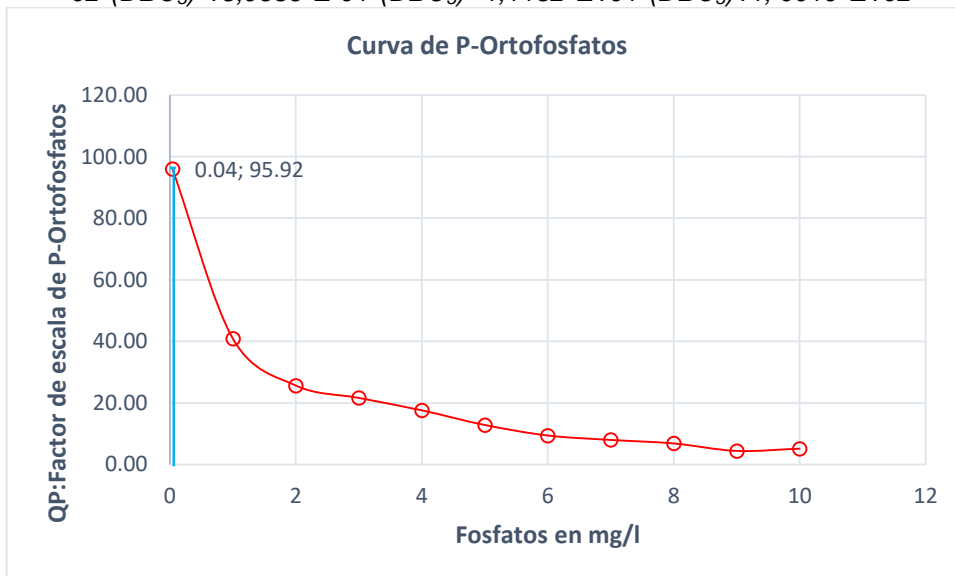


Figura 36. Factor de escala para P-Ortofosfatos del manantial Chuca

Nota: La curva se rige de acuerdo a función $QP = 4,67320 \cdot E-03 \cdot (P)^6 - 61670 \cdot E-01 \cdot (P)^5 + 2,20595 \cdot (P)^4 - 1,50504 \cdot E+01 \cdot (P)^3 + 5,38893 \cdot E+01 \cdot (P)^2 - 9,98933 \cdot E+01 \cdot (P) + 9,98311 \cdot E+01$

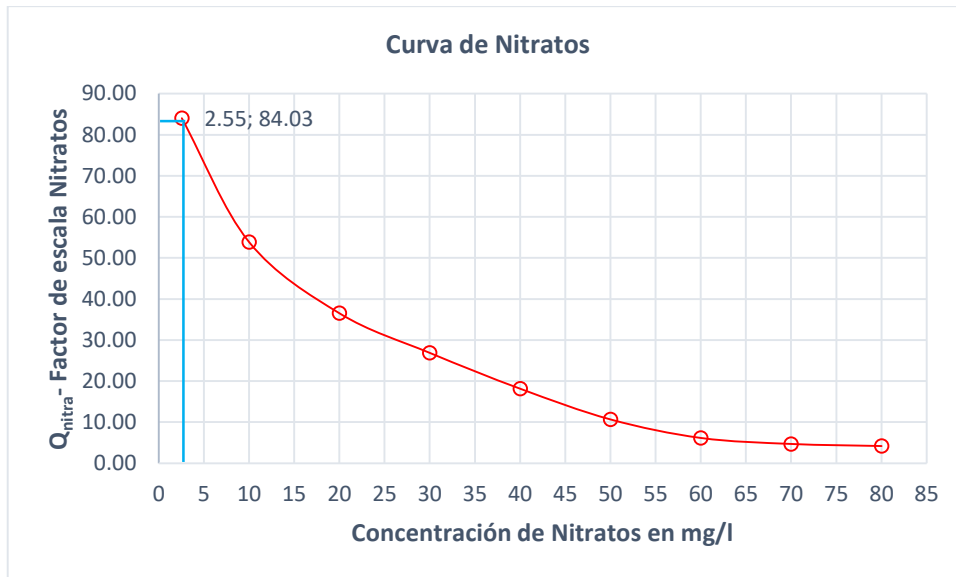


Figura 37. Factor de escala para nitratos del manantial Chuca

Nota: La curva se rige de acuerdo a función $Q_{nitra} = 3,5603 \cdot E-09 \cdot (N)^6 - 1,2183 \cdot E-06 \cdot (N)^5 + 1,6238 \cdot E-04 \cdot (N)^4 - 1,0693 \cdot E-02 \cdot (N)^3 + 3,7304 \cdot E-01 \cdot (N)^2 - 1,5210 \cdot N + 1,0095 \cdot E+02$

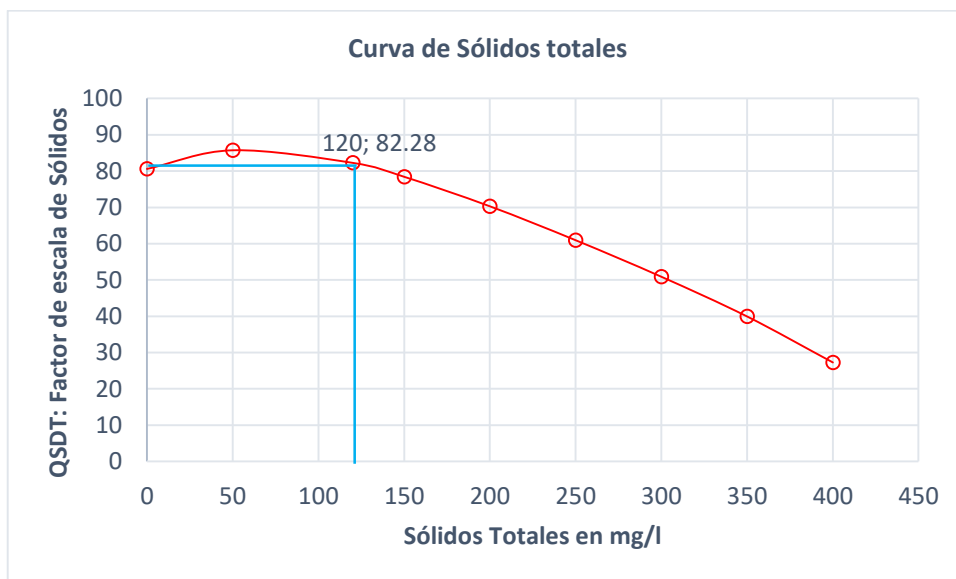


Figura 38. Factor de escala para solidos totales del manantial Chuca

Nota: La curva se rige de acuerdo a función $Q_{SDT} = -4,4289 \cdot E-09 \cdot (ST)^4 + 4,650 \cdot E-06 \cdot (ST)^3 - 9591 \cdot E-03 \cdot (ST)^2 + 1,8973 \cdot E-01 \cdot (ST) + 8,0608 \cdot E+01$

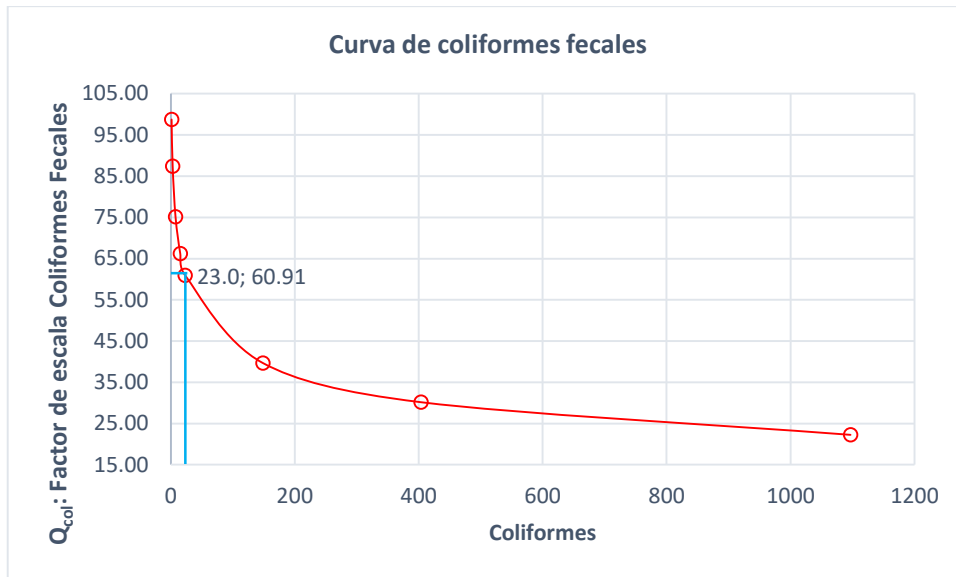


Figura 39. Factor de escala para coliformes fecales del manantial Chuca

Nota: La curva se rige de acuerdo a la función $Q_{col} = e^{(-0,0152(\ln C)^2 - 0,1063(\ln C) + 4,5922)}$