

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Análisis del nivel de riesgo ambiental asociado a
la presencia de cloro residual en el agua potable
en la ciudad de Concepción, Junín - 2022**

Katerine Sissy Atayupanqui Velazco

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Felipe Nestor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Steve Dann Camargo Hinostraza
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 16 de octubre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "**ANÁLISIS DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL ASOCIADO A LA PRESENCIA DE CLORO RESIDUAL EN EL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN, JUNÍN - 2022**", perteneciente a la estudiante **KATERINE SISSY ATAYUPANQUI VELAZCO**, de la **E.A.P. de Ingeniería Ambiental**; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 05) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

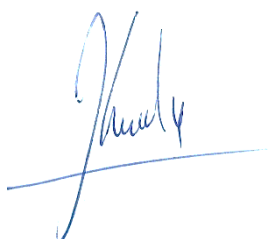
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, KATERINE SISSY ATAYUPANQUI VELAZCO, identificada con Documento Nacional de Identidad No. 47584945, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "ANÁLISIS DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL ASOCIADO A LA PRESENCIA DE CLORO RESIDUAL EN EL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN, JUNÍN - 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

16 de octubre de 2023.



KATERINE SISSY ATAYUPANQUI VELAZCO

DNI. No. 47584945

ANÁLISIS DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL ASOCIADO A LA PRESENCIA DE CLORO RESIDUAL EN EL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN, JUNÍN – 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
7	pdffox.com Fuente de Internet	<1%
8	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
15	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
17	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Karina del Valle Peña Rodríguez. "Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).", Universitat Politècnica de València, 2019	<1 %

19	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	futur.upc.edu Fuente de Internet	<1 %
24	www.consumer.es Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
27	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
28	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
29	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %

30	red.uao.edu.co Fuente de Internet	<1 %
31	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
32	CARLOS ALFREDO MACHICAO PEREYRA Y ASOCIADOS S.R.L.. "PAMA de Planta de Beneficio y Procesos de Rico Pollo-IGA0015873", R.D.G. N° 042-12-AG-DVM-DGAAA, 2022 Publicación	<1 %
33	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
34	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

www.ecoportat.net

40

Fuente de Internet

<1 %

41

www.pumagua.unam.mx

Fuente de Internet

<1 %

42

Submitted to UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología

Trabajo del estudiante

<1 %

43

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

44

www.ibmetro.gob.bo

Fuente de Internet

<1 %

45

Alvaro Francisco Ramírez Vásquez, Zenón Much Santos. "Determinación de la presencia de trihalometanos totales (TTHMS) como subproducto de la desinfección en el proceso de potabilización de agua superficial para consumo humano", Agua, Saneamiento & Ambiente, 2021

Publicación

<1 %

46

SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "Plan de Cese Temporal de Actividades del Pozo Sheshea 1X en el Lote 126-IGA0000983", R.D. N° 143-2013-MEM/AAE, 2022

Publicación

<1 %

Submitted to Universidad Santo Tomas

47

Trabajo del estudiante

<1 %

48

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

49

Doris Mejia Avila, Kelly Ortega Agámez, Julieth Martínez Gómez. "Evaluación Del Riesgo Ambiental En Campus Universitarios. Caso Estudio: Universidad De Córdoba-Colombia", Ingeniería e Innovación, 2018

Publicación

<1 %

50

ECOPSOL INGENIEROS S.A.C. - ECOPSOL S.A.C.. "ITS del Proyecto Ampliación de Componentes para el Almacenamiento Temporal de Contenedores con Concentrados de Minerales en Sacos Big Bag en el Local Principal y Modificación de Componentes en los Locales Principal y Demares II-IGA0017008", R.D. N° 453-2020-PRODUCE/DGAAMI, 2022

Publicación

<1 %

51

Submitted to Organismo de Evaluación y Fiscalización

Trabajo del estudiante

<1 %

52

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

53

edicioweb.ub.edu

Fuente de Internet

<1 %

54

Submitted to Universidad Nacional Hermilio Valdizan

Trabajo del estudiante

<1 %

55

estudogeral.uc.pt

Fuente de Internet

<1 %

56

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

57

repositorio.ufersa.edu.br

Fuente de Internet

<1 %

58

repositorio.umsa.bo

Fuente de Internet

<1 %

59

repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

60

www.sitiocooperativo.com.ar

Fuente de Internet

<1 %

61

Submitted to CEGNE San Antonio de Padua

Trabajo del estudiante

<1 %

62

Submitted to UNIBA

Trabajo del estudiante

<1 %

63

e-archivo.uc3m.es

Fuente de Internet

<1 %

64

renati.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

65

www.org.up.wroc.pl

Fuente de Internet

<1 %

66

www.repositorio.usac.edu.gt

Fuente de Internet

<1 %

67

FIDSON JUARISMY VESGA PÉREZ.
"DETECCIÓN Y VIABILIDAD DE *Helicobacter pylori* EN AGUAS CRUDAS Y POTABLES EN TRES PLANTAS DE POTABILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.", Universitat Politecnica de Valencia, 2018

Publicación

<1 %

68

www.au-laplata.com.ar

Fuente de Internet

<1 %

69

www.grupoaulamedica.com

Fuente de Internet

<1 %

70

www.ins.gov.co

Fuente de Internet

<1 %

71

www.jove.com

Fuente de Internet

<1 %

72

www.mific.gob.ni

Fuente de Internet

<1 %

73

ENVIRONMENTAL HYGIENE & SAFETY SRLTDA. "Actualización del Plan de Manejo ambiental de Instrumentos de Gestión Ambiental de la Planta Industrial de Producción y Comercialización de

<1 %

Sazonadores, Aditivos Alimentarios, Fideos Precocidos y Fertilizantes-IGA0016812", R.D. N° 00636-2021-PRODUCE/DGAAMI , 2022

Publicación

74	alvarezrealty.com.pa Fuente de Internet	<1 %
75	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
76	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
77	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
78	psyjournals.ru Fuente de Internet	<1 %
79	puertorico.emc.com Fuente de Internet	<1 %
80	repositorio.unaj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
81	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
82	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
83	www.ohchr.org Fuente de Internet	<1 %

84

GUTIERREZ QUISPE GUINA LYSZET. "PAP de la Isla N° 3 y Dispensador de Isla N° 2 y sus Accesorios-IGA0020802", R.D. N° 234-2022-MINEM/ DGAAH, 2022

Publicación

<1 %

85

INSIDEO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - INSIDEO S.A.C.. "ITS del Proyecto Ampliación de la Potencia Instalada de la Central Hidroeléctrica La Virgen-IGA0001257", R.D. N° 052-2016-MEM/DGAAE, 2020

Publicación

<1 %

86

SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "Plan de Cese Temporal de Actividades Raya 4 y Facilidades Conexas – Proyecto de Perforación de 12 Pozos Exploratorios (06) Raya – 2X, 3X, 4X, 5X, 6X, 7X; Buena Vista-2X; Abalón -1X; Curvina -1X; Caballa-1X y (2) Arabella-2X, 3X - Lote 39-IGA0001327", R.D. N° 390-2009-MEM/AAE, 2021

Publicación

<1 %

87

THE ANDEAN SUSTAINABLE GROUP S.A.C. - THE ANDEAN SG S.A.C.. "EIA del Proyecto Ariana-IGA0005501", R.D. N° 127-2016-MEM/DGAAM, 2020

Publicación

<1 %

88

Wendy Vernaza, Rodrigo Pozo, María Cristina Mateus, Diego Quiroga et al. ""Agua para Galápagos": un programa de monitoreo de la

<1 %

calidad del agua en las islas Galápagos", Esferas, 2021

Publicación

89	dialnet.unirioja.es Fuente de Internet	<1 %
90	docta.ucm.es Fuente de Internet	<1 %
91	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
92	extwprlegs1.fao.org Fuente de Internet	<1 %
93	portals.iucn.org Fuente de Internet	<1 %
94	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
95	rid.unrn.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
96	tropicalrawson.com Fuente de Internet	<1 %
97	www.foroagua.org.py Fuente de Internet	<1 %
98	www.oalib.com Fuente de Internet	<1 %
99	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %

100	Adrián Pedrozo Acuña. "Reflexiones para la sustentabilidad hídrica. Visión prospectiva del agua en México", Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2023 Publicación	<1 %
101	J & E CONSULTORES GENERALES S.R.L.. "EIA-SD del Proyecto Instalación de la Línea de Transmisión en 60 kV Pongo de Caynarachi - Yurimaguas y Subestaciones-IGA0002612", R.D. N° 196-2017-MEM/DGAAE, 2020 Publicación	<1 %
102	www.rfi.fr Fuente de Internet	<1 %
103	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 31 (2015)", Brill, 2017 Publicación	<1 %
104	María Teresa Sanz García. "Modelo Socio-Demográfico Dinámico para el Estudio de la Sostenibilidad demográfica desde factores de Calidad de Vida", Universitat Politecnica de Valencia, 2012 Publicación	<1 %
105	prodetecs.com Fuente de Internet	<1 %
106	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 5 words

Excluir bibliografía Activo

ASESOR

Ing. Steve Dann Camargo Hinostroza

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Continental, por brindar el soporte necesario para alcanzar la meta personal y profesional deseada: la titulación como Ingeniera Ambiental.

Así también, agradezco al asesor de la presente tesis, Mg. Ing. Steve Dann Camargo Hinostroza, por las precisiones para definir el objeto de estudio, así como por su guía constante durante el proceso de desarrollo de la presente.

De igual forma, agradezco a todas las personas que contribuyeron al alcance de los objetivos del estudio.

DEDICATORIA

Decido la tesis a mi esposo y a mis padres, por su apoyo incondicional en todo momento, más ahora en el proceso de titulación que como meta de vida y profesión siempre tuve en mente.

ÍNDICE

ASESOR	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	3
1.1.2.1. Problema general.....	3
1.1.2.2. Problemas específicos	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia.....	4
1.3.1. Justificación práctica.....	4
1.3.2. Justificación social	4
1.3.3. Justificación ambiental.....	5
1.3.4. Importancia.....	5
1.4. Hipótesis y variables.....	5
1.4.1. Hipótesis de investigación	5
1.4.2. Variables	6

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	10
2.1.3. Antecedentes regionales y locales.....	12
2.2. Bases teóricas.....	14
2.2.1. Riesgo ambiental.....	15
2.2.1.1. Evaluación de riesgo ambiental.....	15
2.2.2. Cloro residual libre.....	20
2.2.2.1. Reacción en el punto de quiebre.....	20
2.2.3. Subproductos en presencia de cloro residual.....	22
2.2.3.1. Parámetros que afectan la formación de los subproductos.....	23
2.2.3.2. Regulación y concentraciones permitidas.....	23
2.2.3.3. Control de los subproductos de la desinfección.....	24
2.2.3.4. Efectos en la salud.....	26
2.3. Definición de términos básicos.....	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	28
3.1. Método y alcance de la investigación.....	28
3.1.1. Método general.....	28
3.1.2. Método específico.....	28
3.1.3. Tipo de investigación.....	29
3.1.4. Nivel de investigación.....	29
3.2. Diseño de la investigación.....	29
3.3. Población y muestra.....	30
3.3.1. Población.....	30
3.3.2. Muestra.....	30
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
3.4.1. Técnicas e instrumentos.....	32

3.4.2.	Equipos, materiales y reactivos	32
3.4.2.1.	Equipos.....	32
3.4.2.2.	Materiales	32
3.4.2.3.	Reactivos	33
3.4.3.	Procedimiento.....	33
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		36
4.1.	Resultados de la investigación.....	36
4.1.1.	Reporte de resultados de la medición de cloro residual libre para determinar la concentración de cloro residual en el agua potable.....	36
4.1.2.	Reporte de resultados de la medición <i>in situ</i> de parámetros complementarios considerados como factores formativos de subproductos	39
4.1.3.	Reporte de resultados para determinar la probabilidad de que el cloro residual genere consecuencias negativas significativas.....	43
4.1.4.	Reporte de resultados para determinar el nivel del riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual en el agua potable en el distrito Concepción, Junín	48
4.2.	Prueba de hipótesis	49
4.3.	Discusión de resultados.....	53
CONCLUSIONES		57
RECOMENDACIONES.....		58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		59
ANEXOS		62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aspectos necesarios para recopilar información.	16
Figura 2. Estimación del riesgo ambiental.....	19
Figura 3. Curva de punto de quiebre.....	21
Figura 4. Puntos de medición de cloro residual y de muestro de agua potable.....	31
Figura 5. Gráfico de la medición de cloro residual libre (ppm) para el día 1.	37
Figura 6. Gráfico de la medición de cloro residual libre (ppm) para el día 2.	38
Figura 7. Gráfico de la medición de cloro residual libre (ppm) para el día 3.	39
Figura 8. Escenarios en el estimador del riesgo ambiental.	48
Figura 9. Prueba de normalidad para la medición de cloro residual correspondiente al día 1.	50
Figura 10. Prueba de normalidad para la medición de cloro residual correspondiente al día 2.	50
Figura 11. Prueba de normalidad para la medición de cloro residual correspondiente al día 3.	51
Figura 12. Prueba de t de student para muestras relacionadas ejecutada.	52
Figura 13. Representación gráfica de la prueba de t de student para muestras relacionadas.	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.	7
Tabla 2. Rangos de estimación probabilística.	17
Tabla 3. Rangos de estimación de las consecuencias.	18
Tabla 4. Valor de Límite Máximo Permisible nacional de subproductos en agua de consumo humano, comparando con la normativa internacional.	24
Tabla 5. Puntos de medición de cloro residual en campo y puntos de muestreo de agua potable.	31
Tabla 6. Valores medidos de cloro residual libre en los puntos de muestreo.	36
Tabla 7. Valores de los parámetros complementarios medidos <i>in situ</i> para el día 1.	40
Tabla 8. Valores de los parámetros complementarios medidos <i>in situ</i> para el día 2.	41
Tabla 9. Valores de los parámetros complementarios medidos <i>in situ</i> para el día 3.	42
Tabla 10. Valoración de las consecuencias para el entorno humano.	45
Tabla 11. Valoración de las consecuencias para el entorno natural.	45
Tabla 12. Valoración de las consecuencias para el entorno socioeconómico.	46
Tabla 13. Valores de la medición del cloro residual correspondientes al día 1.	49
Tabla 14. Valores de la medición del cloro residual correspondientes al día 2.	50
Tabla 15. Valores de la medición del cloro residual correspondientes al día 3.	51
Tabla 16. Valores promedio de cloro residual y subproductos.	52

RESUMEN

Como propósito del presente estudio se tuvo a analizar el nivel del riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual en el agua potable en el distrito Concepción, Junín - 2022, para lo cual se empleó como marco metodológico a la observación, considerando un alcance aplicado y descriptivo, además de no experimental, acerca del abordaje del nivel de riesgo ambiental mediante la Guía propuesta por el Ministerio del Ambiente, considerando mediciones en campo del cloro residual así como la estimación de la concentración de éstos al enviar muestras a laboratorio. En forma de resultados, se alcanza un nivel de riesgo moderado, al tener puntos de monitoreo de cloro residual donde éste hasta llega ser inexistente, sin embargo, los parámetros de campo medidos (sólidos disueltos totales, pH y temperatura) tienden por estar dentro de los límites establecidos en la normativa vigente, así como se verificó la no presencia de trihalometanos, no obstante, la falta de control de calidad evidencia potenciales peligros a mediano plazo. Se concluye que el análisis del nivel del riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual en el agua potable en el distrito Concepción, Junín - 2022, refleja el alcance de un nivel de riesgo moderado (valor de 6) debido a que existe una variabilidad de la presencia de cloro residual de manera uniforme en Concepción, llegando a identificar puntos de monitoreo donde hasta dicho parámetro de desinfección es inexistente, evidenciando la necesidad de fortalecer controles por parte de los actores vinculados a la potabilización del agua potable en la localidad (EPS Mantaro).

Palabras clave: nivel de riesgo ambiental, cloro residual, agua potable.

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the level of environmental risk associated with the presence of residual chlorine in drinking water in the Concepción district, Junín - 2022, for which observation was used as a methodological framework, considering an applied and descriptive scope, in addition to non-experimental, about the approach to the level of environmental risk through the Guide proposed by the MINAM, considering measurements in field of residual chlorine as well as the estimation of their concentration when sending samples to the laboratory. In the form of results, a moderate level of risk is reached, by having residual chlorine monitoring points where it is even non-existent, however, the measured field parameters (conductivity, total dissolved solids, pH and temperature) tend to be within the limits established in the current regulations, as well as the absence of trihalomethanes was verified, however, the lack of quality control shows potential dangers in the medium term. It is concluded that the analysis of the level of environmental risk associated with the presence of residual chlorine in drinking water in the Concepción district, Junín - 2022, reflects the reach of a moderate level of risk (value of 6) due to the fact that there is a variability of the presence of residual chlorine in a uniform way in Concepción, coming to identify monitoring points where even said disinfection parameter is non-existent, evidencing the need to strengthen controls by the actors linked to the purification of drinking water in the locality (EPS Mantaro).

Keywords: environmental risk level, residual chlorine, drinking water.

INTRODUCCIÓN

El agua, como recurso de vital importancia, genera un servicio ecosistémico de soporte frente a las necesidades de la población, ya sea para contextos productivos, domésticos o industriales; para el fin doméstico, de consumo de agua, se tienen alternativas estandarizadas de potabilización del agua dulce, colectado en estado crudo de fuentes de agua localizadas principalmente en cabeceras de cuenta, sin embargo, limitaciones sobre la marcha, en los procesos operativos de la distribución del agua potable, pueden generar escenarios de riesgo ambiental no solamente derivados de la falta (disponibilidad) de agua, sino también de estar consumiendo el recurso con presencia de subproductos o patógenos, como es el caso de los trihalometanos o propiamente microorganismos, producto de la presencia, o ausencia, de cloro residual así como considerando parámetros que favorezcan a la formación y/o presencia de lo mencionado en el agua tratada y distribuida.

A pesar de los beneficios del cloro en la desinfección del agua potable, su presencia residual genera dudas sobre los posibles impactos ambientales asociados. El cloro residual puede interactuar con compuestos orgánicos en el agua para formar subproductos de desinfección, algunos de los cuales se consideran contaminantes potenciales que representan ser una amenaza para el equilibrio ecosistémico, así como para la salud humana. En este contexto, un análisis del nivel de riesgo ambiental asociado con el cloro residual en el agua potable es fundamental para evaluar los posibles impactos negativos sobre los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad y comprender sus efectos a largo plazo.

El estudio aborda como propósito el investigar los posibles riesgos ambientales asociados a la presencia en el agua potable de cloro residual, teniendo en cuenta los subproductos de desinfección conocidos y los posibles efectos acumulativos en los cuerpos de agua receptores.

En dicha perspectiva, el alcance del aporte se orientó a determinar si los niveles de cloro residual en el agua potable cumplen con los estándares dados a nivel sanitario y ambiental. Para ello, se realiza un el estudio que incluye análisis de laboratorio para cuantificar las concentraciones de estos compuestos, tomando muestras de agua distribuida, enmarcado ello tras haber planteado y formulado los problemas de estudio presentados en el Capítulo I, complementados por su justificación, importancia, hipótesis y variables.

En un segundo Capítulo se detallan los antecedentes del problema, así como las bases teóricas y definición de términos básicos acorde al objeto de estudio, mientras que en un tercer Capítulo se presenta el marco metodológico empleado, considerando un diseño no experimental de alcance aplicado y descriptivo, precisando también el procedimiento seguido para alcanzar resultados representativos en un Capítulo posterior (IV) y la discusión de los mismos.

Finalmente, se llegó a la conclusión que el análisis del nivel del riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual en el agua potable en el distrito Concepción, Junín - 2022, refleja el alcance de un nivel de riesgo moderado (valor de 6) debido a que existe una variabilidad de la presencia de cloro residual de manera uniforme en Concepción, llegando a identificar puntos de monitoreo donde hasta dicho parámetro de desinfección es inexistente, evidenciando la necesidad de fortalecer controles por parte de los actores vinculados a la potabilización del agua potable en la localidad (EPS Mantaro).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El agua es uno de los recursos más valiosos del planeta y los seres vivos necesitan de ella para garantizar su existencia. En dicho marco, el acceso a escenarios de saneamiento del agua es un derecho fundamental, sin embargo, una cantidad significativa de la población mundial continúan enfrentándose a diario a problemas de acceso a los servicios básicos (1). Así también, contextos como la pandemia de la COVID-19 ha revelado la importancia de contar con agua saneada para evitar propagación de patógenos y prevenir enfermedades (2).

Así también, el agua, según las Naciones Unidas, representa la preservación de la salud de las personas, siendo así reconocida como un derecho humano esencial respecto de su acceso (3). En dicho sentido, también se tiene a lo propuesto nacionalmente en un reglamento dado por el Ministerio de Salud, donde se precisa que la no presencia de microorganismos es un requisito del agua destinada a consumo (4), precisando que se debe considerar concentraciones menores a 500 UFC/mL a 35°C, para lo cual es preciso garantizar un nivel de cloro residual no menor de 0,5 mg/L, ello determinado en cualquier punto donde se haya distribuido el agua (4).

Según Zanabria (5), para la potabilización del agua se adicionan insumos químicos para estabilizar sus propiedades (físicoquímicas) y eliminar bacterias que se encuentran en el agua; en dicha idea, los insumos que se adicionan al agua para su potabilización pueden ser el sulfato de aluminio, el yodo y el cloro, siendo este último el insumo más económico para la desinfección del agua, pero de no utilizar una dosis adecuada podría tener efectos peligrosos para la salud.

Así también, la adición de cloro al tratamiento de potabilización de agua reduce la presencia de organismos patógenos, a su vez éste, en presencia de materia orgánica, reacciona creando subproductos de cloración. Uno de los subproductos corresponde a los trihalometanos que son considerados cancerígenos, por ello se debe monitorear que la calidad de agua sea óptima para garantizar escenarios de salubridad (5) frente a la distribución de calidad, es decir, que alcance a satisfacer necesidades poblaciones pertinentemente.

A nivel local, una EPS, Mantaro S.A., administra el servicio de agua potable, a partir de las operaciones dadas en la infraestructura de tratamiento de Chiapuquio, orientado a su distribución en la ciudad de Concepción (6), pero debido a su antigüedad y a la limitada automatización del sistema de tratamiento, sumado al poco mantenimiento que se le realiza, se podría suponer que el agua que distribuye no cumpliría con los estándares de calidad exigidos en el Perú. La Defensoría del Pueblo, citados por el Diario La Voz Regional (7) en el 2020, menciona que se habría suministrado agua no potable debido a la falta de insumos (cloro y sulfato de aluminio) desinfectantes y coagulantes esenciales para el tratamiento de agua por lo tanto, es probable que la población esté expuesta a presentar problemas en la salud y las consecuencias serán graves, de modo que existe la necesidad de determinar el riesgo ambiental que, según el Ministerio del Ambiente (8), es una herramienta oportuna que aporte en la toma de decisiones oportuna en ámbitos orientados a la sostenibilidad, basado en la prevención de impactos ambientales negativos, lo cual se asocia a la presencia, y potencial ausencia, de cloro residual en el agua potable para un sector representativo de inmediato suministro (Concepción) en la ciudad de Concepción, región Junín, siendo ello el objeto de la presente investigación.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es el nivel del riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual en el agua potable en el distrito de Concepción, Junín - 2022?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de cloro residual en el agua potable?
- ¿Qué factores que influyen en la presencia de subproductos en el agua potable?
- ¿Cuál es la probabilidad de que el cloro residual genere consecuencias negativas significativas?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el nivel del riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual en el agua potable en el distrito Concepción, Junín - 2022.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de cloro residual en el agua potable.
- Identificar los factores que influyen en la presencia de subproductos en el agua potable.
- Determinar la probabilidad de que el cloro residual genere consecuencias negativas significativas.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación práctica

Las personas necesitan contar con agua de calidad, donde ésta no atente con la salud de la comunidad. Si bien el cloro es uno de los insumos más económicos empleando para la desinfección del agua (en procesos de potabilización), sin embargo, una inadecuada concentración, principalmente de lo orgánico, así como la persistencia de otros factores podría influir en la aparición de subproductos. Por tal motivo, es relevante conocer las concentraciones de cloro y su énfasis residual que esté presente en el recurso distribuido en la ciudad de Concepción, así también, la deficiencia del tratamiento del agua sería un factor que influye para considerar la presencia de subproductos o la persistencia de patógenos (microorganismos), por tal motivo, la investigación se orienta en determinar el riesgo, representado en su nivel, frente a la exposición de la población de Concepción por la presencia de cloro residual que potencialmente generaría consecuencias negativas al entorno humano, socioeconómico y ambiental de modo que se alcance a mejorar posibles falencias del servicio de potabilización del agua.

1.3.2. Justificación social

En torno al objeto de estudio mencionado en el acápite anterior, de evidenciar una concentración adecuada de cloro residual, la población de Concepción podría estar segura de consumir agua de calidad. Si, por el contrario, se encuentran condiciones que favorezcan a la generación de subproductos y persistencia de patógenos, se deben tomar acciones con la consigna de salvaguardar recursos de calidad destinados a los pobladores de Concepción (consumo), así como lo que implica al cloro residual (concentración) en el análisis de vulnerabilidad respecto del contexto socioeconómico.

1.3.3. Justificación ambiental

El alcance de aporte en términos de información que favorezca a la toma oportuna de decisiones en materia de gestión ambiental, derivado de acciones de potabilización del agua distribuida a la población de Concepción, generará espacios donde se controlen oportunamente aspectos ambientales, tras el análisis del riesgo ambiental, de forma que el desempeño ambiental de las autoridades locales se fortalezca, además, se generen vías de alcance de escenarios de sostenibilidad por generar cada vez menores impactos significativos a los componentes ambientales, principalmente al socioeconómico.

1.3.4. Importancia

Lo relevante recae en evidenciar potenciales procesos inadecuados de potabilización del agua que generan como consecuencia subproductos y la persistencia de patógenos, lo cual incrementa el nivel de riesgo al que se encuentra expuesta la población beneficiaría, de modo que, tras los hallazgos del estudio, se contribuya en la toma de decisiones en materia de una adecuada distribución de agua potable de calidad, así como, llegar a identificar escenarios de riesgos derivados de la concentración existente o no del cloro en forma residual.

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis de investigación

H₀: La presencia de cloro residual en el agua potable no influye de manera significativa en el nivel de riesgo ambiental en el distrito de Concepción, Junín - 2022.

H_a: La presencia de cloro residual en el agua potable influye de manera significativa en el nivel de riesgo ambiental en el distrito de Concepción, Junín - 2022.

1.4.2. Variables

- V. dependiente: nivel de riesgo ambiental.
- V. interviniente: presencia de cloro residual.

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

Variable	Tipo	Concepto	Categorías o dimensiones	Concepto	Indicador	Unidad de medida
Dependiente	Nivel de riesgo ambiental	Concierne a la estimación de la probabilidad de que ocurran eventos que puedan afectar de manera adversa a la población, sus bienes y al ambiente.	Probabilidad	Circunstancia de que un evento o peligro tenga el carácter de probabilidad de materializarse.	Probabilidad de ocurrencia	Poco probable Posible Probable Altamente probable Muy probable
			Consecuencias	Repercusión o gravedad en los componentes ambientales a causa de un evento.	Límites del entorno y vulnerabilidad	Cantidad Peligrosidad Extensión Calidad del medio Población afectada Patrimonio y capital productivo
					Gravedad para el entorno humano	Crítico Grave Moderado Leve Relevante
					Gravedad para el entorno natural	
Gravedad para el entorno socioeconómico						
Interviniente	Presencia de cloro residual	Escenario donde existe cloro residual en el agua, derivado de procesos de su potabilización, que, potencialmente, genere condiciones para la existencia de subproductos o persistencia de patógenos en el agua potable distribuida.	Presencia de cloro residual	Es el escenario de existencia de cloro residual en el agua sometida a tratamiento con fines de consumo (potabilización).	Concentración de cloro residual	mg/L
			Factores que influyen en la presencia de subproductos	Comprende al escenario de las condiciones para la presencia de subproductos en contacto con cloro residual.	Sólidos Disueltos Totales	mg/L
					pH	Unidad de pH
					Temperatura	°C

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Tinoco (9) realizó la investigación orientada a estudiar sobre el cloro residual libre y sus niveles propiamente en la red de agua distribuida de una institución de educación en Colombia, en la cual planteó como objetivo detallar las concentraciones de aquel parámetro mencionado encontrando en la red de abastecimiento en una infraestructura educativa. La metodología que empleó fue a través de toma muestras de agua potable de cuatro puntos con mayor consumo en la institución educativa, siendo éstas realizadas durante siete semanas con un registro diario. Sus resultados mencionan que los valores obtenidos de los cuatro puntos monitoreados dan 1,1 mg/L, 1,0 mg/L, 0,99 mg/L y 0,90 mg/L, concluyendo que lo hallado se encuentre dentro de los niveles (0,3 mg/L y 2 mg/L) que sostiene la resolución 2115 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Hilgemberg (10) realizó la tesis titulada “Relación entre los parámetros de calidad del agua y la concentración de cloro residual libre en un sector de suministro de agua en Ponta Grossa”, en la cual planteó como objetivo determinar el vínculo que existe entre la concentración de cloro residual libre y los parámetros de calidad de agua en el sistema de abastecimiento

de agua de Los Ángeles. La metodología que empleó consistió en el estudio de la relación entre los parámetros de calidad del agua y la concentración de cloro residual libre en diferentes puntos de la red de distribución en el sector de abastecimiento Los Ángeles, ciudad de Ponta Grossa. Recolectó siete muestras semanales en 7 puntos, propios del sistema de distribución, durante el período de octubre del 2018 a septiembre del 2019, donde analizó los parámetros acerca del cloro residual libre (concentración), turbidez, color aparente y presencia o ausencia de coliformes totales. Los resultados mostraron que los parámetros de calidad del agua analizados cumplen con la normativa vigente, validando aquello mediante el contraste de varianza para los parámetros cloro residual libre y turbidez, concluyendo que hay una reducción proporcional de cloro residual libre (concentración) a lo largo del sistema de distribución a medida que los puntos se alejan de la infraestructura de tratamiento.

En el estudio titulado “Cuantificación de cloro residual en agua potable y su inhibición con tiosulfatos”, se precisa la importancia del recurso hídrico de calidad para el lugar de estudio, que tiene una cobertura del 86 %, por ello realizaron la implementación y cuantificación del cloro residual en agua potable con nitrógeno y N-dietil-p-fenilendiamina (DPD) en el laboratorio de Calidad Ambiental LCA de la Universidad Mayor de San Andrés. La metodología empleada en el laboratorio determinó rangos de 0 a 0,15 ppm respecto del cloro en forma residual, donde según la OMS el rango menor es 0,2 - 0,15 ppm para desinfectar el agua, concluyendo que hace falta aspectos de análisis para la buena caracterización y control del recurso tratado distribuido (11).

En el artículo científico orientado a analizar índices de riesgo asociado a la calidad del agua tratada y destinada a consumo (IRCA) en una ciudad de Colombia, se dio a conocer que la prevalencia de alteraciones en el sistema digestivo en 123 municipios de Boyacá está estrechamente vinculada a la calidad del suministro de agua proporcionado por las entidades encargadas del servicio. Son varios factores que afectan la prestación de un servicio de calidad, ya sea la falta de asesoramiento, acompañamiento o una gestión inadecuada por parte de la administración.

En este sentido, el análisis de los sistemas de abastecimiento de agua a través de la inspección, vigilancia y control de su calidad se traduce en el índice de riesgo de calidad de agua, lo cual facilita su interpretación y ayuda a desarrollar estrategias para reducir la probabilidad de que la población sufra enfermedades relacionadas con su consumo. Por lo que la investigación analizó los informes del IRCA correspondientes al período de 2016 a 2019, comparando su variación a lo largo del tiempo y evaluando su relación con la aparición de enfermedades transmitidas por el agua. Concluyendo que muchos municipios de Boyacá presentan problemas físico-químicos y microbiológicos en el agua potable, principalmente relacionados con la presencia de *E. coli*, coliformes totales, cloro residual y turbidez. Estos problemas se encuentran en diferentes niveles de riesgo, lo que agrava la situación actual en términos de disponibilidad de agua potable adecuada para los habitantes de los distintos municipios (12).

En la tesis titulada “Determinación de la presencia de trihalometanos totales (TTHMS) como subproducto de la desinfección en el proceso de potabilización de agua superficial para consumo humano” se menciona que si los parámetros siguientes son altos (cloro residual, pH, tiempo de contacto, sólidos disueltos y conductividad eléctrica), aquello acrecienta la formación de los trihalometanos. En su metodología, se evaluaron tres fuentes de distribución de agua donde se realizaron 7 muestras de cada una, obteniendo valores de 124,89 µg/L, 127,14 µg/L y 11,14 µg/L, dando como resultado dos muestras que superan el valor límite normado por la Agencia de Protección Ambiental (USEPA), concluyendo que los valores obtenidos son posibles precursores cancerígenos que afectarían a la salud de las personas (13).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Pérez y Romero (14) realizaron la tesis titulada “Determinación de la concentración de cloro residual y su impacto en la salud según sectores de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Moyobamba”, en la cual plantearon como objetivo determinar el nivel de cloro residual, así como de sus subproductos, además de su impacto en la salud respecto de la

evaluación de sectores donde se abastece agua potable en la ciudad de Moyobamba. La metodología que emplearon se asoció en la recolección de muestras de agua de viviendas seleccionadas con un periodo de ocho meses con intervalos de 15 días por muestra en tres sectores de Moyobamba. Sus resultados mencionan en el sector de Rumiyacu se obtuvieron valores de 0,74 mg/L y 0,78 mg/L, en el sector de Juningullo 0,80 mg/L y 0,85 mg/L y en el sector de Almendra 0,82 mg/L y 0,85 mg/L respectivamente. De las tres fuentes de abastecimiento de la ciudad de Moyobamba, se observa que hay una mayor concentración de cloro residual en el sector de Almendra, mientras que respecto a la evaluación de subproductos, los resultados obtenidos estuvieron en el intervalo de 0,06 mg/L y 0,02 mg/L. Concluyen finalmente que se determinó que los resultados obtenidos no exceden los Límites Permisibles Máximos ni los Estándares de Calidad de Agua (LMP y ECA respectivamente), por lo que no hay un impacto negativo a la salud en el abastecimiento de agua de población de la ciudad de Moyobamba.

En el estudio orientado a evaluar el cloro residual libre y la dosis de aquel parámetro en un sistema de agua tratada distribuida para consumo, en Huancavelica, se planteó como objetivo estimar la dosis de cloro, así como hallar lo pertinente al cloro residual libre (concentración) en lo distribuido y abastecido por la JASS. La metodología empleada se asoció en determinar el nivel de dosis de cloro mediante una solución madre. De igual modo, para poder calcular el cloro residual libre presente en las redes de abastecimiento de agua potable tomaron 132 muestras aleatorias por un tiempo de dos meses con intervalos de 15 días. Los resultados muestran que el cloro libre residual hallado en la red de distribución de agua potable fue 0 mg/L (mínimo) y 39 mg/L (máximo) y en el reservorio es 0,4 mg/L (mínimo) y 0,5 mg/L (máximo), concluyendo que no es correcta la dosificación suministrada en el reservorio dado que la normativa "D.S. N° 031-2010-SA" especifica que en las viviendas la concentración debe estar entre 0.5 a 5 mg/L en lo que respecta al cloro libre de forma residual (15).

En la tesis asociada a establecer la relación entre la presencia de coliformes termotolerantes y cloro residual, ello en el agua tratada destinada para consumo en Celendín, se planteó determinar dicha relación

abordando el análisis de 357 puntos en la red de distribución durante los meses de septiembre a diciembre; los parámetros evaluados fueron cloro, pH, turbidez, concentración de coliformes termotolerantes los cuales fueron tomados en 3 puntos (parte baja, media y alta). Los datos obtenidos fueron pH: 6,5 a 8,5; temperatura: 15°C - 18°C, turbidez: > 5NT en el mes de septiembre, coliformes totales: valores altos en diciembre (5.1 NMP/100 mL, 12 NMP/100 mL y 16 NMP/100 mL). Con relación a las concentraciones de cloro residual, se obtuvo 19.70 % al 23 % de las muestras no están dentro de los límites que recomienda el D.S. N° 031-2010-SA. Se concluyó que cuando se tienen concentraciones de 0 mg/L de cloro residual se evidencia concentraciones altas de coliformes termotolerantes mayores de 10 NMP/100 mL y a concentraciones de 0,3 mg/L los niveles de coliformes termotolerantes es de aproximadamente 1.1 NMP/100 mL, este último se encuentra dentro de los rangos que establecen la norma (16).

En el trabajo de investigación titulado “Estudio de la cantidad de cloro residual libre y calidad microbiológica del agua potable en tres sectores del distrito de Moche”, el autor tuvo por objetivo obtener la relación que existe entre la calidad microbiológica del agua potable y la cantidad de cloro residual libre que existe en tres sectores de Moche. La metodología que utilizó fue tomar muestras de 5 viviendas en las que se analizaron dos muestras por semana en el mes de abril, el análisis de calidad de agua microbiológica se hizo con la técnica de números más probable. Para hallar la concentración de coliformes totales, empleó la prueba presuntiva, además utilizó la prueba confirmativa para los coliformes termotolerantes y para el cloro residual libre la técnica fue la medición *in situ*, alcanzando resultados que mostraron que el 25 % de las muestras presentan coliformes totales, donde no se evidenciaron coliformes termotolerantes, por ello se estableció que en los tres sectores no se tuvo correlación o se tuvo una correlación débil entre las variables (17).

2.1.3. Antecedentes regionales y locales

Bejarano *et al.* (18) desarrollaron un estudio orientado a evaluar las características físicas, químicas y biológicas de agua potable de tres distritos de la ciudad de Huancayo y averiguar qué distritos se encuentran en alto o bajo riesgo. La metodología que emplearon fue el estándar de toma de muestras de 10 puntos de cada distrito y los resultados fueron comparados con las normas de calidad de agua de consumo humano. Como resultados del análisis de las muestras, mencionan que éstas, para el distrito de Huancayo, presentan un color de 3,35 UCV Pt-CO; pH de 7,42; sólidos totales disueltos de 145,89 mg/L; coliformes totales y termotolerantes de 0 UFC/100 mL, evidenciando que se requiere un tratamiento convencional para su purificación; para el distrito de El Tambo, el color fue de 1,64 UCV Pt-CO; pH de 7,43; sólidos totales disueltos de 240,19 mg/L; cloro residual 0,96 mg/L; dureza total 199,09 mg.CaCO₃/L; coliformes totales y termotolerantes de 0 UFC/100 mL, evidenciando que se requiere un tratamiento moderno de agua potable; finalmente para el distrito de Chilca, se tuvo que el color fue de 3,31 UCV Pt-CO; pH de 7,41; sólidos totales disueltos de 145,89 mg/L; coliformes totales y termotolerantes de 0 UFC/100 mL, evidenciando que no se requiere de tratamientos porque los resultados evidencian parámetros que se encuentran dentro del reglamento de calidad de agua.

En el artículo científico denominado “Evaluación de trihalometanos y cloro residual en el agua potable de la ciudad de Huancayo - Perú” los autores indican que el estudio tuvo como finalidad evaluar el cloro residual y sus subproductos en el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Huancayo, considerando la influencia de la concentración de cloro en la formación de trihalometanos. Tomaron trece muestras representativas en las redes de distribución entre octubre de 2015 y enero de 2016, incluyendo una muestra de control y parámetros *in situ* tales como temperatura y pH, los cuales fueron evaluados mediante un multiparámetro, mientras que el cloro libre con un comparador de cloro y el carbón orgánico total (TOC) fueron analizados en el laboratorio. La relación entre el cloro residual y el subproducto objeto de estudio se analizó mediante el coeficiente de correlación de Pearson, con un nivel de significancia de 0.05, demostrando que no existe una correlación significativa entre cloro residual y trihalometanos totales en el agua potable

de la ciudad de Huancayo. Los resultados de la investigación indican que la concentración de cloro no genera formación de trihalometanos, ya que los valores reportados están por debajo de los establecidos en la normativa nacional e internacional y el análisis estadístico no muestra relación entre ambos parámetros. El estudio identifica variables adicionales como la temperatura, el pH, la estación, el TOC y la fuente de agua sin tratar que debe investigarse y, por esta razón, se recomienda estudiar la formación de otros subproductos de la desinfección, así como una evaluación más profunda de la influencia de los parámetros de calidad en la formación de trihalometanos en otras condiciones ambientales del área (19).

En la investigación que se orientó a evaluar subproductos derivados de la cloración al tratar agua para disponerla en fines de consumo para Pilcomayo, se planteó como objetivo determinar los subproductos de la potabilización del agua (THM, bromato, clorito y clorato), así como identificar la relación que se tiene entre la formación de subproductos y la dosificación de cloro. La metodología empleada fue tomar fuentes bibliográficas donde consideró cinco tratamientos: el primero con 0,5 mg/L de cloro residual con resultados de 0,025 mg/L de THM, 0,012 mg/L de bromato, 0,006 mg/L de clorito y 0,137 mg/L de clorato, el segundo con 1 mg/L de dosis de cloro mostro resultados: 0,076 mg/L, 0,036 mg/L, 0,018 mg/L y 0,410 mg/L respectivamente; el tercero tratamiento con 3 mg/L de dosis de cloro tuvo como resultado: 0,178 mg/L, 0,085 mg/L, 0,042 mg/L y 0,956 mg/L, el cuarto tratamiento más 5 mg/L de dosis de cloro, tuvo como resultado: 0,280 mg/L, 0,133 mg/L, 0,067 mg/L y 1,502 mg/L y el quinto tratamiento 7 mg/L de dosis de cloro, tuvo como resultado: 0,381 mg/L, 0,182 mg/L, 0,091 mg/L y 2,048 mg/L. Se concluye que a medida que se aumenta la concentración de dosis de cloro la concentración de subproductos de cloración se eleva, por consiguiente, se presume la exposición de riesgo de enfermedades cancerígenas por ingesta de subproductos de cloración (5).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Riesgo ambiental

La probabilidad de que un peligro, para el ecosistema, represente que se plasmen daños directos o indirectos involucra a hablar de riesgo ambiental, que puede tener como origen lo natural o antropogénico (8).

Así también, la norma UNE 150008:2008 (20) lo define como la resultante producto de una función que asocia consecuencias negativas, en entornos asociados a la sostenibilidad, y la probabilidad de que aquello ocurra en un determinado escenario denominado como accidental, confiriendo un rango de análisis que aborda a los componentes ecosistémicos que se asocian con dicho frente de sostenibilidad, es decir, a los entornos social, económico y ambiental, de forma que se constituya en una perspectiva de análisis prospectivo que permita alcanzar dicho escenario.

2.2.1.1. Evaluación de riesgo ambiental

Dicho escenario se considerando cuando existe un amenaza o peligro que impacte a la calidad del aire, suelo o agua, o exponga la salud de las personas a consecuencias de exposición a productos tóxicos o cualquier fuente de contaminación y tenga una magnitud de riesgo presente. Para aquello, se tienen en cuenta los criterios de evaluación mostrados como sigue (8):

- Criterios para la evaluación de riesgos ambientales:

Se subdividen en tres etapas:

1. Análisis:

a. Identificación de peligros:

Comprende a la definición de los objetivos y los alcances, preparando materiales a emplear para la identificación de los peligros, tales como características del ámbito, sustancias y/o agentes que se manejan, antecedentes, instrumentos de gestión que son aplicados, etc. (8).

b. Determinación de escenarios:

El objetivo de este punto se orienta a la recopilación de la información pertinente de las actividades que se desarrollan en la zona, considerando a los Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) que se aplican, además de las herramientas de diagnóstico ambiental y elementos que pueden constituir, cotejen y evidencien un peligro ambiental (8). A continuación, se presenta la figura 1 donde se incide en las fuentes de recopilación de información (documentaria) considerando aspectos del ecosistema, así como de las dinámicas que se dan en éste, ello propuesto por el Ministerio del Ambiente (8).



Figura 1. Aspectos necesarios para recopilar información.

Fuente: Ministerio del Ambiente (8).

Se observa también en la figura 1 acerca de las consideraciones técnicas de dicho marco de recopilación de información, donde se detallan factores inherentes a procesos o actividades que puedan ocasionar riesgos ambientales, que involucren a recursos humanos, materiales, tecnológicos, entre otros que deben ser pertinentes de contemplar para la evaluación de riesgos ambientales.

c. Análisis de escenarios:

Se aborda mediante vistas a campo, donde para analizar la información que se encuentra disponible, de forma que se definan las causas probables de generación de riesgos (es decir, identificar los peligros) que afectan al entorno natural, humano y económico, para lo cual es recomendable emplear listas de cotejo de los escenarios de evaluación de riesgo ambiental (8).

2. Evaluación:

a. Estimación de la probabilidad de ocurrencia:

Respecto de aquello, el MINAM (8) establece el rango de probabilidad que va desde poco probable (“1”) hasta muy probable (“5”), los cuales deben ser asignados a los escenarios estudiados, considerando justamente dicho criterio de probabilidad de ocurrencia (ver tabla 2).

Tabla 2. Rangos de estimación probabilística.

Valor	Probabilidad/significancia	
5	Muy probable	Mayor a una vez/semana
4	Altamente probable	Mayor a una vez/semana y menor a una vez/mes
3	Probable	Mayor a una vez/mes y menor a una vez/año
2	Posible	Mayor a una vez/año y menor a una vez cada 05 años
1	Poco probable	Mayor a una vez cada 05 años

Fuente: MINAM (8).

b. Estimación de la gravedad:

Para la estimación de la gravedad de las consecuencias, es decir la magnitud por la cual se evidenciarán impactos en su momento, es preciso dividir en entornos según propone el MINAM (8), los cuales son: humano, socioeconómico y natural.

Tabla 3. Rangos de estimación de las consecuencias.

Gravedad	Límites del entorno	Vulnerabilidad
Entorno natural	= cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ Calidad del medio
Entorno humano		+ Población afectada
Entorno socioeconómico		+ Patrimonio y capital productivo

Fuente: MINAM (8).

En la tabla 3 se observan los rangos para la estimación de la gravedad de las consecuencias, observando que la vulnerabilidad varía según corresponda a la categoría (entorno) de gravedad, también observando los límites del entorno (8), precisando los términos mostrados según se presenta a continuación:

- “Cantidad: aborda al posible volumen de sustancia emitido al espacio” (8).
- “Peligrosidad: confiere la capacidad intrínseca (característica) de la sustancia de producir daño” (8).
- “Extensión: engloba al área de influencia del impacto en el entorno” (8).
- “Calidad del medio: donde se engloba al impacto y su posible reversibilidad” (8).
- “Población afectada: cotejando el número (estimado) de personas afectadas” (8).
- “Patrimonio y capital productivo: lo cual aborda a la valoración del patrimonio socioeconómico” (8).

c. Estimación del riesgo:

Para la determinación del nivel de riesgo ambiental, denotando su valoración numérica o cuantitativa, se da el producto de la gravedad de las consecuencias y la probabilidad de ocurrencia. Es preciso nuevamente inferir que el frente de análisis de las consecuencias, abordan a los entornos socioeconómico, humano y natural (8). En la figura 2 se detalla "riesgo = probabilidad x consecuencia" implica que el riesgo está influenciado tanto por la probabilidad de que ocurra un evento como por la magnitud de sus consecuencias en caso de que ocurra.

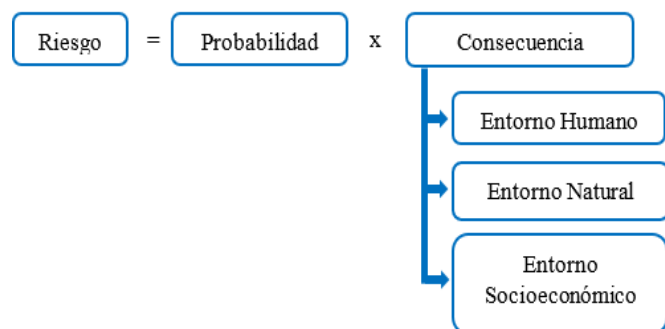


Figura 2. Estimación del riesgo ambiental.

Fuente: MINAM (8).

3. Caracterización del riesgo:

Como etapa final, se determina el promedio del riesgo de los tres entornos (humano, natural y socioeconómico) expresado en porcentaje y considerando la probabilidad, donde la sumatoria y posterior determinación de la media de los tres entornos es el resultado del nivel del riesgo ambiental, categorizado en tres niveles: leve, moderado y significativo (8).

2.2.2. Cloro residual libre

El cloro es un insumo barato y de fácil disponibilidad, por ende, es viable de adquirir en la práctica, el cual destruye la mayoría de los organismos presentes en el recurso hídrico que podría causar enfermedades. Sin embargo, mientras destruye los organismos presentes en el agua, se consume la concentración de cloro, conociendo esto como cloro residual libre.

El producto cloro necesita aproximadamente 30 minutos en contacto con el agua para destruir organismos presentes, considerando una temperatura mayor a 18°C, si la temperatura es menor, el tiempo de contacto incrementará. Además, la efectividad del cloro dependerá también del pH que tenga el agua, donde si este es mayor de 7,2 o menor de 6,8 no será efectiva la cloración. De igual forma, la turbidez debe ser inferior a 5 NTU (21).

La distribución del agua debe garantizar un nivel residual de cloro que proteja al recurso distribuido de posibles escenarios de polución microbiana, además, el remanente no debe contener menos de 0,5 mg/L de cloro residual libre en un 90 % de las muestras recolectadas en un mes, mientras que del 10 % restante ninguna debe contener menos de 0,3 mg/L (4).

2.2.2.1. Reacción en el punto de quiebre

Cuando se tienen aguas naturales, el cloro reacciona fácilmente con otras sustancias dando como resultado el consumo de cloro residual libre (A). En su gran mayoría, el agua natural contiene materia orgánica y otras sustancias que hacen que haya mayor demanda de cloro. La reacción de estos productos da como resultado al cloruro férrico, sin embargo, éste no tiene propiedades desinfectantes por sí solo, por el contrario, las cloramidas obtienen propiedades desinfectantes obteniéndose el cloro residual combinado (B).

De igual forma, el contexto de añadir mayor concentración de cloro donde están los residuos combinados hará que se encuentre con la existencia de cloro libre y cloro combinado.

La descripción gráfica del cambio en la concentración y el tipo de cloro residual (libre y combinado) cuando se expone a amoníaco o a materia orgánica se denomina "curva de punto de quiebre" (ver figura 3). Esta curva suele tener un pico y un punto de retorno (C). La parte superior del pico indica el punto en el que los residuos combinados comienzan a convertirse de monocloramidas a dicloroaminas, y el punto de retorno o "punto de quiebre" indica dónde comenzó a aparecer cloro libre y posiblemente subproductos en el residual. Agregar cloro por encima del punto de quiebre (D) aumentará la cantidad de cloro residual libre disponible en proporción directa a la cantidad de cloro agregado.

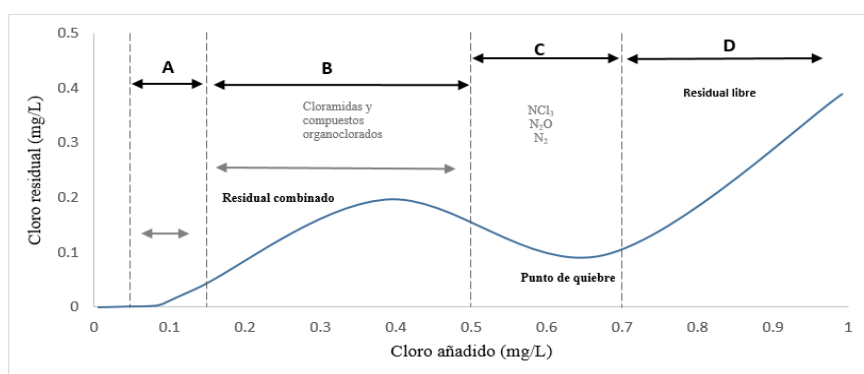


Figura 3. Curva de punto de quiebre.

Fuente: cotejo propio.

En el punto de quiebre también se representan niveles de cloro residual, denominados como "residuos molestosos" (NH_2Cl , NCl_3 , R-NCl) que presentan sabor y olor, y pueden afectar la salud, pero también consumen cloro. La gráfica de la curva es importante porque ayuda a saber la cantidad de cloro necesaria para desinfectar en un período de tiempo determinado y qué subproductos se pueden formar.

También se sabe que algunos agentes del sabor y olor son compuestos producidos por la reacción del cloro con los fenoles, que son desechos de las industrias. La adición de pequeñas cantidades de cloro al agua que contiene estas sustancias da como resultado la formación de compuestos clorofenólicos que le dan al fenol el olor y sabor característicos y muy desagradables. Se ha demostrado que a medida que aumenta el contenido de cloro, el sabor y el olor también aumentan al máximo para luego disminuir hasta desaparecer por completo, cuando se agrega cloro y el tiempo de contacto es suficiente para completar el proceso en una reacción. La cantidad de los olores varía según el tipo de compuesto. Estas reacciones, como otras reacciones químicas, dependen de la concentración, el tiempo, la temperatura y el pH.

2.2.3. Subproductos en presencia de cloro residual

En los años 70, se evidenció que el cloro, sumado a su potencial de eliminación de patógenos en medios como el agua, reaccionaba con la materia orgánica presente (en contacto), generando subproductos de desinfección, encontrando entre ellos a los trihalometanos (22).

Así también, el grado y el porcentaje de existencia de subproductos se da en función a la concentración de cloro (residual) y de materia orgánica, considerando factores de interacción del medio como el pH, temperatura y concentración de ion bromuro. El principal subproducto en medios, como lo es el agua de consumo, que hayan sido clorados es el cloroformo, seguido de los siguientes subproductos de cloración (23): dibromoclorometano, bromodiclorometano y bromoformo, donde sus LMP no deberán exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula y según lo propuesto por el MINSA (4):

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{\text{LMP}_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{\text{LMP}_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodiclorometano}}}{\text{LMP}_{\text{Bromodiclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{\text{LMP}_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración (mg/L), y LMP: Límite Máximo Permisible (mg/L).

2.2.3.1. Parámetros que afectan la formación de los subproductos

Es preciso considerar a parámetros del medio donde se generan los subproductos, los cuales influyen en su tasa de formación y concentración final, considerando procesos de desinfección (13):

- Temperatura: donde sí se mantiene la dosis de cloro y el nivel de pH, considerando el aumento de la temperatura, esto hace mayor la posibilidad de formación del cloroformo.
- Efecto del nivel de pH: escenario donde el incremento del valor de pH hace mayor la concentración de los subproductos, debido a la acción catalítica del haloformo.
- Cloro residual: lo cual aborda a la presencia de cloro residual, que hace que la concentración del cloroformo aumente.
- Precursores orgánicos o sustancias químicas: cuando se da la presencia de humus y otros derivados en el agua, escenario donde hay una mayor posibilidad de encontrar subproductos en el agua.
- Tiempo de contacto del cloro: cuanto mayor sea aquel, más subproductos se generan, y debido al efecto residual del cloro, es probable que se siga generando en la línea de distribución de agua al darse medios de contacto con la materia orgánica.

2.2.3.2. Regulación y concentraciones permitidas

El Reglamento de Calidad de Agua para el Consumo Humano, dado a través del D.S. N° 031-2010-SA, establecido por el MINSA (4), menciona valores de concentración para los productos de desinfección, donde “la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (subproductos) con respecto a sus límites máximos permisibles, no deberá exceder el valor de 1,00” (4).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido valores orientativos recomendados para las concentraciones máximas individuales de cada trihalometano en aguas destinadas al consumo humano (13). En la tabla 4 se presenta un cuadro comparativo de ambas normativas (OMS y normativa nacional -LMP-).

Tabla 4. *Valor de Límite Máximo Permisible nacional de subproductos en agua de consumo humano, comparando con la normativa internacional.*

Parámetro	LMP OMS (mg/L)	LMP Perú (mg/L)
Cloroformo	0,3	0,2
Dibromoclorometano	0,06	0,06
Bromodichlorometano	0,1	0,01
Bromoformo	0,1	0,1

Fuente: World Health Organization (24) y MINSA (4).

2.2.3.3. Control de los subproductos de la desinfección

Al seleccionar un producto para desinfección del agua, y que éste sea seguro microbiológicamente, se debe inferir de que potencialmente genere subproductos que impacten en la salud humana, más allá de solo considerando la accesibilidad económica.

Así también, cuando se selecciona un desinfectante que sea microbiológicamente seguro para su agua, la consideración de posibles subproductos de la desinfección y los efectos sobre la salud tiene que ser visto como una necesidad para así establecer contingencias. Además, esto requiere que se sepa en qué condiciones se generan los subproductos y cuáles pueden ser los riesgos para la salud u otros efectos secundarios, de forma que se viabilice cómo minimizarlos. La OMS recomienda una evaluación de riesgo y beneficio que tenga en cuenta los patógenos, los desinfectantes, los subproductos de la desinfección, la calidad del agua y los costos para equilibrar los

riesgos microbiológicos y químicos. Además, es preciso mitigar las concentraciones de subproductos de desinfección sin afectar la calidad microbiológica del agua, ya que el material halógeno es más difícil de oxidar y presenta menor biodegradabilidad, por ello, en lo posible se debe remover la cantidad de materia orgánica en fase inicial de los tratamientos de forma que se alcancen a obtener los beneficios siguientes:

- Las necesidades de cloro disminuirán.
- La cantidad de sustancias orgánicas oxidadas se puede crear más adelante en el proceso se reducirá.
- Efectos nocivos durante el tratamiento del agua debido a las altas sustancias orgánicas y al alto cloro.

De igual forma, se han desarrollado estrategias para controlar la desinfección de los productos. Para ello, se deben considerar aspectos de viabilidad y efectividad, además de considerar como estrategias principales a las siguientes:

- Proteger y controlar el suministro de agua para reducir o eliminar predecesores.
- Reduciendo su predecesor mejorando el tratamiento antes de la desinfección.
- Reducir la dosis de cloro y/o el tiempo de contacto al mínimo necesario para destruir los patógenos.
- Use un desinfectante alternativo.

De igual forma, para que exista un mejoramiento significativo de los tratamientos de agua, es preciso que procesos como la coagulación, floculación y sedimentación evidencia eficacia en la remoción de la materia orgánica natural, de dicha idea se desprende, en la lógica, que una de las soluciones para minimizar la aparición de subproductos (prevenir su generación), es colocar a la cloración como la etapa final del tratamiento integral.

2.2.3.4. Efectos en la salud

Los subproductos, como es el caso de los trihalometanos, pueden introducirse al cuerpo por diferentes vías, ya sea por inhalación, ingesta o absorción dérmica, por ejemplo, al consumir agua o estar en contacto en duchas o piscinas. Las exposiciones a subproductos de desinfección involucran a cotejar efectos a la salud considerando estudios epidemiológicos, como el cáncer de vejiga y posibles defectos en recién nacidos, pero aquel escenario podría pasar por explosiones mayores a 30 años. La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) considera al cloroformo y al bromodiclorometano como posibles carcinógenos, mientras que el bromoformo y el dibromoclorometano no se han clasificado como cancerígenos según experimentos realizados con animales (25).

2.3. Definición de términos básicos

- a. Agua potable: comprende al recurso hídrico destinado a consumo por parte de la población y que se encuentra, teóricamente, libre de agentes que puedan generar impactos negativos en la salud (4).
- b. Cloro: es un elemento químico que se encuentra de forma abundante en la corteza terrestres, así como en el mar, principalmente en forma de cloruro, que es usado como blanqueador y agente de desinfección en lo que respecta a liberar de patógenos al agua” (13).
- c. Cloro residual libre: corresponde al cloro que se encuentra en el recurso hídrico, ya sea en forma de hipoclorito, y que al persistir tras el proceso de desinfección permitirá preservar el agua de potenciales desequilibrios derivados de la presencia de microorganismos, todo ello al ser derivado en propiamente la distribución del recurso tratado (4).
- d. Riesgo ambiental: aborda a determinar la probabilidad de que ocurra un peligro de índole ambiental o ecosistémico que pueda llegar a generar impactos a la biodiversidad y a los componentes ambientales, el mismo que puede generarse naturalmente o por acción del ser humano (8).

- e. Subproductos de desinfección: comprende a los compuestos que son producto de la reacción de lo orgánico y la presencia de desinfectantes, ello visto tras el proceso final de potabilización del agua, que pueden llegar a presentar altos niveles de peligrosidad de no ser controlados oportunamente (5).
- f. Trihalometanos: subproducto formado por la reacción de lo orgánico con productos derivados de procesos de desinfección (aplicado al recurso hídrico con fines de consumo) donde se haya empleado cloro (25).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método general

Se utilizó el método científico a partir del abordaje del objeto de estudio, considerando un enfoque desde lo específico (entornos de análisis, probabilidad, consecuencias) a lo general (nivel de riesgo), donde se analizó y determinó el nivel de riesgo derivado de uno de los procesos de potabilización de agua y su potencial repercusión en la generación de un agente cancerígeno (26).

3.1.2. Método específico

Se empleó a la observación como método específico de la investigación, ello como factor inicial de emplearse el método científico señalado en el bloque del método general, la cual inició desde la identificación del fenómeno de estudio y la determinación de los medios por el cual se alcanzaron los objetivos planteados. El observar y analizar el objeto de estudio permitió determinar el nivel de riesgo considerando enfoques validados por organismo públicos en materia de gestión ambiental (26).

3.1.3. Tipo de investigación

En la investigación se consideró el tipo de investigación aplicada, ya que la información existente y pertinente, en lo que respecta al nivel de riesgo y su determinación, permite aportar en la toma de decisiones que garanticen el alcance de escenarios de calidad de vida y conservación ambiental derivados de óptimas operaciones respecto de la potabilización del agua en contexto local de estudio (26), ello en secuencia al alcance de los objetivos del estudio.

3.1.4. Nivel de investigación

Se consideró al nivel descriptivo, acorde al método específico planteado respecto al abordaje del objeto de estudio, es decir, se describieron y analizaron los escenarios correspondientes y necesarios para la validación del nivel de riesgo alcanzado en la investigación (26).

3.2. Diseño de la investigación

El diseño fue no experimental, ya que no hubo la manipulación de las variables en estudio, llegando a describir escenarios pertinentes para la determinación del nivel de riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual y la potencial generación de subproductos, lo cual fue también determinado en un momento específico, es decir, el tipo de diseño fue transversal (26).

Se siguió el siguiente esquema de observación en torno a las variables y acorde al diseño no experimental:

$$O(V.I.) \rightarrow V.D$$

Donde:

*O: observación.

*V.I.: variable interviniente (presencia de cloro residual).

*V.D.: variable dependiente (nivel de riesgo ambiental).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Según Hernández-Sampieri *et al.* (26) aquello comprende al conjunto de lo sujeto a evaluación que presenta características similares. Siguiendo dicha afirmación, acorde al marco metodológico expuesto, la población de estudio abarcó al agua potable distribuida en la ciudad de Concepción, donde el criterio de inclusión abarcó a hogares, entidades, centros educativos y otros predios que se tenga una conexión a la red de distribución de agua potable en el distrito.

3.3.2. Muestra

La misma que fue determinada no paramétricamente, de forma intencional o por conveniencia, considerando el sector de “aguas abajo” del punto de boca toma de la planta de potabilización de Chiapuquio, donde propiamente se dan los puntos de beneficio de la distribución del agua potable en la ciudad de Concepción (6), de los cuales se evaluaron 9 puntos respecto de la medición de cloro residual en campo (ver figura 4), así como de los parámetros (factores): pH, temperatura y sólidos disueltos totales, constituyendo 27 mediciones de cloro residual, según se detalla a continuación. De forma complementaria y referencial, tomaron 3 muestras enviadas a laboratorio para la determinación de trihalometanos como subproducto, una en diferente día, mientras que por cada día de muestreo (ver tabla 5).

Tabla 5. Puntos de medición de cloro residual en campo y puntos de muestreo de agua potable.

Días de medición			Denominación de punto	Coordenadas UTM		
18/10/2022	25/10/2022	2/11/2022		Norte (m)	Este (m)	Altura(m)
1	1	1	Centro de Salud David Guerrero Duarte	466094	8682534	3339.1
2	2	2	IEE Sagrado Corazón de Jesús	466140	8682011	3328.8
3	3	3	Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza	465264	8683351	3342.1
4	4	4	Heladería Ayrampito's	465066	8683302	3335.4
5	5	5	Grifo PRIMAX Concepción	464626	8682864	3331.3
6	6	6	Restaurante	464943	8682368	3327.7
7	7	7	Grifo Huancas E.I.R.L.	465090	8682301	3323.3
8	8	8	Electrocentro Valle del Mantaro	465536	8682091	3319.7
9	9	9	Comisaría Sectorial Concepción	465740	8682410	3345.2
Total = 27 mediciones						
Muestras enviadas a laboratorio			Observaciones			
18/10/2022	25/10/2022	2/11/2022	Fecha			
Electrocentro Valle del Mantaro	Colegio Lorenzo Alcalá	Ferretería (al lado del IEE Sagrado Corazón de Jesús)	Punto correspondiente.			

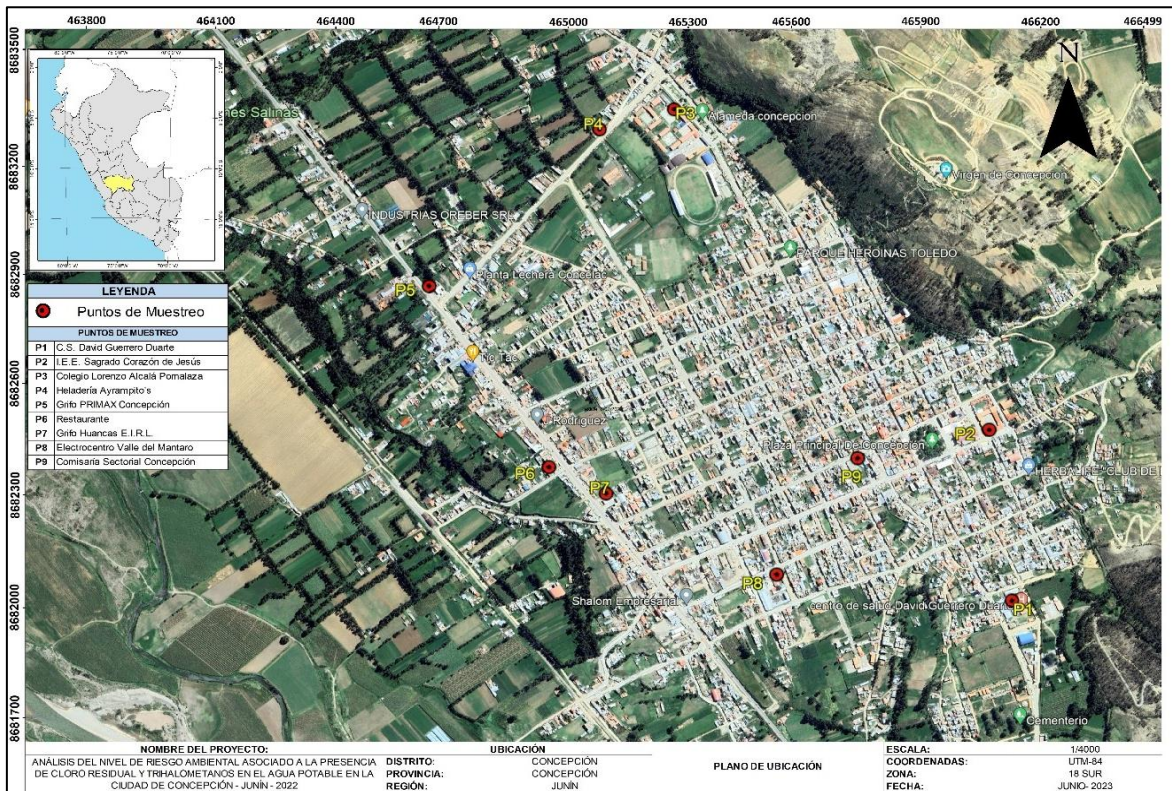


Figura 4. Puntos de medición de cloro residual y de muestreo de agua potable.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas e instrumentos

- Técnica: observación directa
- Instrumento: guías de observación, plasmadas en las cadenas de custodia proporcionadas por el laboratorio que realizó los ensayos de determinación de trihalometanos como complemento para la identificación potencial de subproductos, así como se empleó una lista de cotejo de campo para el registro de la data de parámetros de medición en cada punto (cloro residual, pH, temperatura y sólidos disueltos totales).

3.4.2. Equipos, materiales y reactivos

3.4.2.1. Equipos

- Kit Colorímetro para Cloro Libre HI 701.
- Termómetro.
- pHmetro.

3.4.2.2. Materiales

- Cubeta de vidrio de 10 mL.
- Guantes quirúrgicos.
- Botellas de vidrio.
- Botellas de plástico.
- Coolers para almacenamiento.
- Etiquetas.
- Encendedor.
- Jarra.

3.4.2.3. Reactivos

- Reactivo N, N-dietil-p-fenilendiamina.
- Acetato.
- Hexano.
- Ácido ascórbico.

3.4.3. Procedimiento

En el estudio, el proceso metodológico fue el siguiente:

- Para determinar la concentración de cloro residual en el agua potable:
 - o Se verificó el funcionamiento adecuado del equipo de medición de cloro residual.
 - o Se identificaron los equipos de protección personal a emplear (bioseguridad).
 - o Habiendo identificado los puntos de muestreo, se disgregaron por zonas a intervenir por cada día, considerando hogares, entidades, centros educativos, entre otros, acorde a la muestra detallada anteriormente.
 - o En correspondencia a ello, se identificaron 9 puntos para la medición del cloro residual en la ciudad de Concepción, mediante los cuales se consideró abarcar la mayor superficie que representará el escenario de riesgo ambiental derivado de la distribución del agua potable.
 - o Se tomaron muestras considerando el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (R.J. N° 010-2016-ANA).
 - o Para la medición directa de cloro residual, se empleó el equipo portátil colorímetro modelo HI 701 marca Hanna, donde fue necesario el añadir un reactivo (N, N-dietil-p-fenilendiamina) para así generar representatividad y pertinencia en la medición, y se alcance la lectura correspondiente, registrándose ésta en la cadena de custodia.

- Los puntos donde se realizaron las mediciones y el muestreo se describen a continuación, acorde a la tabla 5 presentada en la sección de la muestra de la investigación:
 - El primer punto de medición fue el Centro de Salud David Guerrero Duarte.
 - El segundo punto de medición se constituyó en la I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús, dándose el muestreo (02/11/22) en una ferretería contigua.
 - El tercer punto de medición y muestreo (25/10/22) abarcó el Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza.
 - El cuarto punto de medición fue la Heladería Ayrampito's, cercano a la planta lechera.
 - El octavo punto de medición y muestreo (18/10/22) se realizó en el local de Electrocentro Valle del Mantaro.
 - El noveno de medición fue en la Comisaría Sectorial de Concepción.
- Al cotejar los datos provenientes de campo y laboratorio, se procedió a su análisis comparativo para alcanzar los objetivos del estudio.
- Se realizó la base de datos respecto de las mediciones, de forma que se compare también con la normativa vigente respecto del cloro residual, así también, determinando los sectores donde se da un valor adecuado y su contraparte.
- Se empleó el software Microsoft Excel para realizar los consolidados de bases de datos.
- Identificar los factores que influyen en la presencia de subproductos en el agua potable:
 - Se cotejaron los formatos de la cadena de custodia a emplear, proporcionada por el laboratorio.
 - Se tomaron muestras considerando el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (R.J. N° 010-2016-ANA).
 - En correspondencia a ello, de los 9 puntos monitoreados al día, se tomó una muestra al azar por día de muestreo para la evaluación de presencia de trihalometanos.

- Se enviaron 3 muestras con el fin de determinar la potencial concentración de subproductos (trihalometanos).
 - Según lo recopilado de parte del laboratorio (informes de ensayo), el método estandarizado de determinación de trihalometanos (subproducto representativo) fue el Método de ensayo de laboratorio: EPA Method 8260 D Rev. 4. 2018. Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry.
 - Se cotejaron los datos provenientes de laboratorio para su análisis comparativo con la normativa vigente respecto del trihalometanos.
 - Se empleó el software Microsoft Excel para realizar los consolidados de bases de datos, así como el empleo del software SPSS para el análisis estadístico.
- Determinar la probabilidad de que el cloro residual genere consecuencias negativas significativas:
 - Posterior al cotejar los datos provenientes de campo y laboratorio, se procedió a su análisis comparativo para alcanzar los objetivos del estudio con el fin de poder estimar la probabilidad de que el cloro residual genere consecuencias negativas significativas, asociados a factores que influyen en la potencial presencia de subproductos en el agua potable, de modo que se alcance a determinar el nivel de riesgo ambiental.
 - Se realizó la evaluación de riesgos ambientales en base a los datos respecto de las mediciones obtenidas, de forma que se compare con lo teóricamente citado.
 - Se empleó el software SPSS para el análisis estadístico.
 - Con respecto para determinar el nivel del riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual en el agua potable en el distrito Concepción, los datos obtenidos de mediciones de cloro residual y parámetros físicos como temperatura, pH y sólidos totales disueltos como factores que influyen a la presencia de subproductos (trihalometanos), lo cual permitió realizar la evaluación de riesgo ambiental. Se llevaron a cabo comparaciones entre los resultados obtenidos y los presentados en estudios anteriores relacionados. Además, se elaboraron conclusiones y recomendaciones que reflejan los hallazgos de la investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

4.1.1. Reporte de resultados de la medición de cloro residual libre para determinar la concentración de cloro residual en el agua potable

Se presentan los resultados de alcance del objetivo determinar la concentración de cloro residual en el agua potable. A continuación, se muestran los resultados de la medición de cloro residual libre por cada día realizado.

Tabla 6. *Valores medidos de cloro residual libre en los puntos de muestreo.*

Ítem	Punto de medición	Día 1 (18/10/22)	Día 2 (25/10/22)	Día 3 (02/11/22)
1	Centro de Salud David Guerrero Duarte	0.46	0.52	0.48
2	I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús	0.61	0.43	0.00
3	Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza	0,46	0,00	0,55
4	Heladería Ayrampito's	0,51	0,00	0,42
5	Grifo PRIMAX Concepción	0,61	0,00	0,43
6	Restaurante	0,62	0,85	0,47
7	Grifo Huancas EIRL	0,50	0,46	0,50
8	Electrocentro Valle del Mantaro	0,00	0,00	0,05
9	Comisaría Sectorial Concepción	0,66	0,42	0,85
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE			> 0,5	

Respecto del análisis de puntos y días de medición, se observa en la tabla 6, que el punto 8 correspondiente a Electrocentro Valle del Mantaro, donde no se tiene un valor adecuado de cloro residual y potencialmente puedan existir patógenos en el agua potable distribuida, situación similar se da en el punto 3 correspondiente al Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza, la I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús, la Heladería Ayrampito's y el Grifo PRIMAX de Concepción, respecto de dos días de mediciones que se encuentran por debajo de los límites permisibles para garantizar la presencia de cloro residual libre en el agua potable. También se observa en los días de medición 2 y 3, correspondiente al fin de mes de octubre e inicio de mes de noviembre de 2022 respectivamente, se tienen mayores puntos de medición que no cumplen con la normativa nacional vigente. Es oportuno mencionar que el punto 8 Electrocentro Valle del Mantaro, se ubica en el sector sur oeste del centro de la ciudad de Concepción, mientras que los demás puntos mencionados se encuentran en la periferia del centro de la ciudad, especialmente en el sector norte, evidenciando que el cloro residual libre tiende por ser más escaso en las periferias y hacia los lados de la ciudad, considerado lo presentado en la figura 4 (mapa). También se observa la intermitencia de la presencia del cloro residual libre, ya que por lo menos en un día de medición (excepto en el punto 8) se denotan valores que se encuentran dentro de lo requerido por la normativa vigente.

A continuación, se complementa con el análisis de cloro residual por día medido.

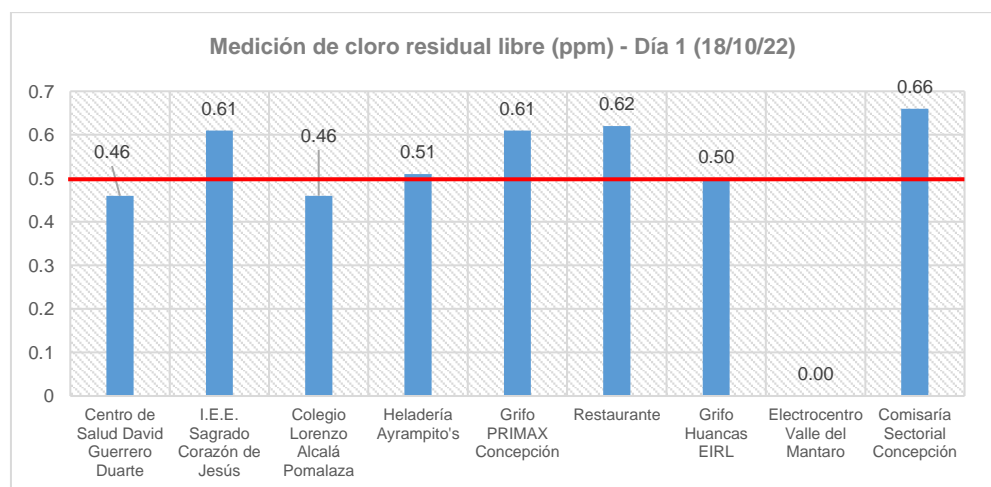


Figura 5. Gráfico de la medición de cloro residual libre (ppm) para el día 1.

Se observa en la figura 5 que para el día 1, mediados de octubre de 2022, se tienen valores adecuados y cercanos de cumplir con la normativa vigente respecto de la concentración de cloro residual libre, excepto en el punto de medición Electrocentro Valle del Mantaro.

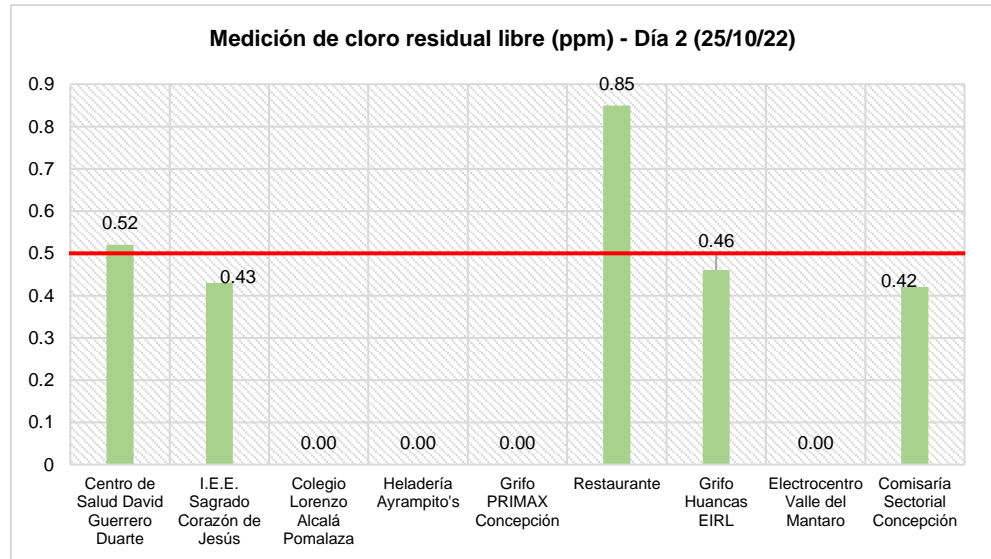


Figura 6. Gráfico de la medición de cloro residual libre (ppm) para el día 2.

Se observa en la figura 6 que la medición del cloro residual libre en el día 2, correspondiente a la medición de fin de mes (octubre de 2022), se tienen menores puntos que cumplan con lo requerido por la normativa, o que tiendan por alcanzar un valor que evidencie la presencia de cloro residual libre en el agua potable, así como también se observa la nulidad de total de dicho parámetro en 4 puntos de medición, donde el Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza, Heladería Ayrampito's y Grifo PRIMAX Concepción, al ubicarse en la zona norte y periférica de la ciudad de Concepción, evidencian que para dichos días del mes, se tiene la necesidad de coberturar con acciones de desinfección del agua potable, así como, se requiere de fortalecer dicho escenario en forma integral para la ciudad.

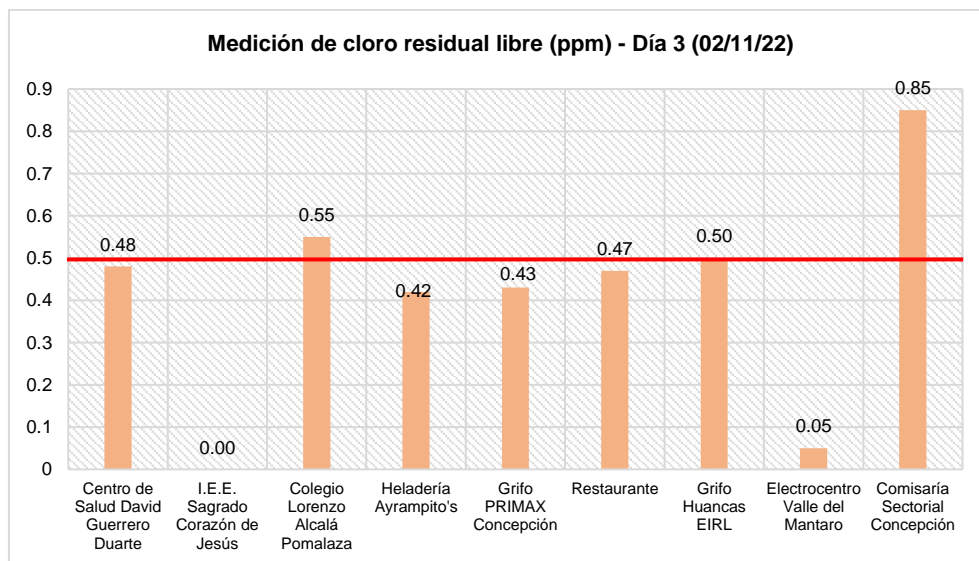


Figura 7. Gráfico de la medición de cloro residual libre (ppm) para el día 3.

En la figura 7 se observa la medición de cloro residual libre realizado en el tercer día *in situ*, correspondiente a inicios de noviembre de 2022, donde se muestra que los valores medidos en la mayoría de puntos tienden por cumplir la normativa vigente, sin embargo, de forma de cumplimiento adecuado se tienen solo 2 puntos, mientras que 5 de éstos presentan concentraciones casi al límite de cumplimiento, así como 2 restantes evidencian no presentar cloro residual libre (1 total nulo y 1 con valor de 0,05 ppm), evidenciando un comportamiento similar al día 1 de medición, excepto en la I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús, ubicado en el sector este de la ciudad de Concepción, demostrando la necesidad de controlar aspectos de distribución integral de agua potable con presencia de cloro residual, así como establecer medidas de alerta temprana y de contingencia, de forma que se prevengan escenarios de impactos negativos derivados de la presencia potencial de patógenos.

4.1.2. Reporte de resultados de la medición *in situ* de parámetros complementarios considerados como factores formativos de subproductos

Se presentan los resultados de alcance del objetivo identificar los factores que influyen en la presencia de subproductos en el agua potable. De igual forma, se realizaron mediciones de parámetros que influyen en la

generación de subproductos, presentando para ello las siguientes tablas con los valores medidos sólidos disueltos totales, pH y temperatura para cada día de medición *in situ*, así como considerando su valor de límite máximo permisible.

Tabla 7. Valores de los parámetros complementarios medidos *in situ* para el día 1.

Punto de medición	Sólidos disueltos totales (ppm)	pH (Unidad de pH)	Temperatura (°C)
Centro de Salud David Guerrero Duarte	235	8,34	18,4
I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús	243	8,22	16,6
Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza	238	8,04	18,8
Heladería Ayrapito's	232	8,03	21,4
Grifo PRIMAX Concepción	241	7,66	20,2
Restaurante	213	8,09	21,0
Grifo Huancas EIRL	234	8,20	24,7
Electrocentro Valle del Mantaro	242	8,55	23,2
Comisaría Sectorial Concepción	231	8,22	18,9
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	1000	6,5 - 8,5	-

En la tabla 7 se llega a observar que los valores de sólidos disueltos totales se mantienen dentro del límite máximo permisible propuesto por el D.S. 031-2010-SA, evidenciando que dichos parámetros no llegarían a incidir en la generación de subproductos; respecto del pH, el punto de monitoreo 8 Electrocentro Valle del Mantaro, punto donde no se cumple con lo requerido por la normativa en materia de presencia de cloro residual libre, evidencia estar por fuera del valor límite máximo permisible (8,55), presentando una tendencia por un escenario alcalino o de pH básico, sin embargo, el valor reportado se mantiene cercano a los LMP, así como respecto de los valores de temperatura, en el punto donde no se tuvo presencia de cloro residual libre (Electrocentro Valle del Mantaro), se evidencia una temperatura mayor frente a las demás (variación mayor conjunto al punto 7), empero, la inexistencia de la concentración de cloro residual libre deriva de sostener una afirmación que se deben controlar los mencionados parámetros que podrían generar escenarios de riesgo complementarios a la generación de subproductos, así como, nuevamente

se observa que se tienen contextos de cobertura en materia de integralidad acerca de la óptima distribución de agua potable de calidad.

Tabla 8. Valores de los parámetros complementarios medidos *in situ* para el día 2.

Punto de medición	Sólidos disueltos totales (ppm)	pH (Unidad de pH)	Temperatura (°C)
Centro de Salud David Guerrero Duarte	253	8,01	17,3
I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús	253	8,28	16,0
Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza	241	8,35	19,4
Heladería Ayrapito's	238	8,24	20,4
Grifo PRIMAX Concepción	248	8,35	21,4
Restaurante	227	8,32	19,0
Grifo Huancas EIRL	248	8,35	22,6
Electrocentro Valle del Mantaro	242	8,51	24,2
Comisaría Sectorial Concepción	233	8,39	17,2
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	1000	6,5 - 8,5	-

En la tabla 8 se presentan los valores de sólidos disueltos totales se mantienen dentro del LMP propuesto por el D.S. 031-2010-SA, donde se observa que existe un cumplimiento de la normativa, mientras que para el pH se tiene al mismo punto de inexistencia de cloro residual libre en el punto de medición donde se excede levemente a la normativa vigente, representando del mismo modo un valor de temperatura mayor, alcanzando consistencia de que se debe abordar la necesidad de mejorar los servicios de distribución de agua potable de forma integral.

Tabla 9. Valores de los parámetros complementarios medidos in situ para el día 3.

Punto de medición	Sólidos disueltos totales (ppm)	pH (Unidad de pH)	Temperatura (°C)
Centro de Salud David Guerrero Duarte	236	8,58	17,5
I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús	225	7,93	20,5
Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza	257	8,20	18,1
Heladería Ayrampito's	246	8,32	16,1
Grifo PRIMAX Concepción	247	8,49	16,1
Restaurante	244	8,25	17,5
Grifo Huancas EIRL	249	8,28	18,6
Electrocentro Valle del Mantaro	245	8,62	20,3
Comisaría Sectorial Concepción	241	7,79	17,4
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	1000	6,5 - 8,5	-

En la tabla 9 se aprecia un escenario similar de cumplimiento de lo propuesto por la normativa vigente para los parámetros de sólidos disueltos totales, sin embargo, para el presente día de medición se tienen dos puntos de control del pH que salen del parámetro límite permisible, conjugando ello en el Centro de Salud David Guerrero Duarte, punto donde la concentración de cloro residual libre es casi el óptimo (figura 7), y en el punto Electrocentro Valle del Mantaro, punto recurrente donde no se da la presencia de cloro residual libre exigido a nivel normativo. El primer escenario nuevamente evidencia que es necesario controlar de forma integral la óptima distribución de agua potable, ya que no se encuentra una secuencia adecuada respecto del control de parámetros de campo; para la temperatura medida, en el día 3 de medición no se dio una variación entre los puntos visitados.

Como manera complementaria, se enviaron tres muestras para el análisis de trihalometanos obtenidas durante las tres veces que se realizó los monitores, donde se observa que no existe como tal una generación de trihalometanos.

Como promedio de las concentraciones reportadas por el laboratorio acreditado, mostrando que relación directa entre el valor de cloro residual y que el valor de THM se encuentre dentro del parámetro señalado por la

normativa vigente, y considerando que los valores de los parámetros de campo: sólidos disueltos totales, pH y temperatura, se encuentran en una constante de no rebasar los límites máximo permisibles, por ende, para dicho punto de control se debería de mantener un contexto de no generación de subproductos de la cloración.

4.1.3. Reporte de resultados para determinar la probabilidad de que el cloro residual genere consecuencias negativas significativas

Se presentan los resultados de alcance del objetivo para determinar la probabilidad de que el cloro residual genere consecuencias negativas significativas, así como el alcance del objetivo general de la investigación. Para el análisis del riesgo ambiental, fue preciso determinar el nivel del mismo en función del producto de la probabilidad de ocurrencia de eventos perjudiciales por las consecuencias (vulnerabilidad) que potencialmente podría originar subproductos en correspondencia a la medición y determinación de la presencia de cloro residual libre y otros parámetros condicionantes como los sólidos disueltos totales, pH y temperatura.

Previo a la determinación de la probabilidad, fue preciso identificar los peligros ambientales y la determinación de escenarios acorde a lo propuesto por la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales (8). De forma puntual, los peligros pueden generar riesgos, siendo así que el objeto de estudio abarcó a lo derivado del poco control que se tiene acerca de parámetros como el cloro residual y otros factores que podrían favorecer a la generación de subproductos en el agua potable distribuida, de forma que, acorde a los resultados ya presentados, se alcance a determinar el nivel de riesgo considerando dichos factores medidos en campo y determinados a nivel de laboratorio acreditado.

Puntualmente, para el análisis de la probabilidad, se tuvieron los siguientes criterios de valoración:

- Se identificó que 11 puntos de muestreo presentaron cloro residual libre, de los 27 puntos de muestreo, es decir, 16 puntos no presentaron valores de cloro residual en el agua potable.

- 100 % de cumplimiento de la normativa vigente (LMP - D.S. 031-2010-SA) para el parámetro de sólidos disueltos totales.
- Mayor del 90 % de cumplimiento de la normativa vigente (Límites Máximo Permisibles - D.S. 031-2010-SA) para el parámetro de pH, tendencia por no cumplir en el punto donde no se evidenciaron rastros de cloro residual libre.
- Variación mínima de la temperatura entre la toma de muestras y mediciones, sin embargo, en el punto donde no se evidenció rastro de cloro residual libre, se da la tendencia de incremento de la temperatura.

Es así que se observa una tendencia por el cumplimiento de la normativa vigente en materia de control de la salubridad y condiciones adecuadas de distribución del agua potable, sin embargo, es claro el escenario de no mantener un control efectivo debido a la variabilidad de los datos medidos de una semana a otra, repercutiendo ello en la determinación de la probabilidad, demostrando que dicho escenario equivale a “altamente probable” según la escala mostrada en la tabla 2, asignando un valor de 4 para dicho frente, contrastado por el cumplimiento, en mayor proporción, de la normativa vigente, asignando a dicho escenario el valor de 2, considerado como “posible” o de posibilidad de generación de impactos negativos en un posterior momento, derivando de alcanzar un valor de 3 de probabilidad (tras la comparación de ambos frentes), que significa “probable”, lo cual repercute en mencionar que existe una probabilidad (media) de riesgos ambientales, derivado principalmente del poco control que se evidencia por parte de la EPS Mantaro respecto de la distribución de agua potable de calidad adecuada.

Para el análisis de las consecuencias, es preciso abordar el análisis de la gravedad considerando los límites del entorno y vulnerabilidad para cada escenario de potencial repercusión de los efectos del riesgo ambiental, es decir, en los entornos humano, natural y socioeconómico. Para dicho análisis por entorno, se consideró lo propuesto por el MINAM (8) en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, alcanzando los siguientes resultados por cada entorno siguiendo los mismos criterios de valoración presentados en la sección probabilidad (tablas siguientes).

Tabla 10. *Valoración de las consecuencias para el entorno humano.*

Cantidad	Peligrosidad
(2) Muy poca	(1) No peligrosa
Extensión	Población afectada
(3) Extenso	(2) Bajo

Se observa en la tabla 10, la valoración de cantidad muy poca (valor de 2) se refiere al cumplimiento de la normativa vigente respecto de los LMP, teniendo muy poca cantidad de parámetros que superan dichos límites, mientras que la peligrosidad se asocia con ello y con la potencial presencia de subproductos respecto de las muestras enviadas a laboratorio, resultando que no existe peligrosidad en torno al objeto de estudio, así como en términos de extensión si se da un valor más alto (3) que significa extenso ya que se consideró la mengua de control por parte de la calidad del agua distribuida principalmente en la periferia de la ciudad de Concepción; finalmente, para la población afectada se tiene un valor bajo (2) en secuencia al valor de cantidad, ya que se consideran parámetros directamente proporcionales teniendo en cuenta los criterios de valoración descritos.

Es así que para el entorno humano se tuvo la siguiente estimación acorde a lo presentado en la tabla 3:

$$\text{Cantidad} + 2(\text{peligrosidad}) + \text{extensión} + \text{población afectada} = 2 + 2(1) + 3 + 2 = 9$$

Representando un valor entre 8 a 10, que significa ser leve, asignándose el valor de 2 (ver Anexo 8) para el entorno humano.

Siguiendo con el análisis, se presenta la estimación de la valoración de la gravedad para el entorno natural, ello presentado en la tabla 11.

Tabla 11. *Valoración de las consecuencias para el entorno natural.*

Cantidad	Peligrosidad
(1) Poca	(1) No peligrosa
Extensión	Calidad del medio
(3) Extenso	(1) Daños leves

Se observa que el cumplimiento, en mayor proporción y sobre el 90 % de forma integral, de los parámetros medidos en campo y lo determinado a nivel de laboratorio para la consideración de subproductos (ver Anexo 4), repercute en valorar a la cantidad, peligrosidad y calidad del medio con la puntuación más básica correspondiente (1), significando poca cantidad de afectación, no peligrosidad y daños leves a la calidad del medio; respecto de la extensión, se mantiene como en el caso anterior, ya que los sectores periféricos de la ciudad tienden por sufrir de menores controles en términos de la calidad de agua potable distribuida; es preciso mencionar que el objeto de estudio repercute más al análisis del riesgo sobre la salud humana, verificándose ello en forma más elevada, respecto de su valoración, para el entorno humano.

Es así que, para el entorno natural, o ecológico, se tuvo la siguiente estimación acorde a lo presentado en la tabla 3:

$$\text{Cantidad} + 2(\text{peligrosidad}) + \text{extensión} + \text{calidad del medio} = 1 + 2(1) + 1 + 1 = 5$$

El valor alcanzando recae entre 5 a 7, lo que significa que el valor es “no relevante”, asignándose el valor de 1 (ver Anexo 8) para el entorno natural.

Para finalizar con el análisis de los entornos, se presenta la estimación de la valoración de la gravedad para el socioeconómico, mostrado en la tabla 12.

Tabla 12. *Valoración de las consecuencias para el entorno socioeconómico.*

Cantidad	Peligrosidad
(2) Muy poca	(1) No peligrosa
Extensión	Patrimonio y capital productivo
(3) Extenso	(2) Bajo

Para la presente sección, la valoración de la cantidad (2) representa ser similar al del entorno humano, donde se refiere al cumplimiento de la normativa vigente respecto de los LMP, teniendo muy poca cantidad de parámetros que superan dichos límites, así como el frente de peligrosidad se asocia con ello y con la determinación de subproductos respecto de las

muestras enviadas a laboratorio, resultando que no existe peligrosidad en torno al objeto de estudio; para la extensión se da un contexto similar, nuevamente incidiendo en la periferia de la ciudad de Concepción como la que presenta mayores susceptibilidades de pérdidas a causa del riesgo ambiental analizado, mientras que la valoración del patrimonio y capital productivo es consecuente al valor de la cantidad, en términos de inferir en efectos perjudiciales donde se den pérdidas a largo plazo si no se establecen controles adecuados, considerando también el potencial crecimiento poblacional a coberturar con el servicio de agua potable distribuida.

Para el entorno socioeconómico se tuvo la siguiente estimación acorde a lo presentado en la tabla 3:

$$\text{Cantidad} + 2(\text{peligrosidad}) + \text{extensión} + \text{calidad del medio} = 2 + 2(1) + 3 + 2 = 9$$

Representando un valor entre 8 a 10, que significa ser leve, asignándose el valor de 2 (ver Anexo 8) para el entorno socioeconómico.

Se observa entonces que se tiene la valoración de leve (entornos humano y socioeconómico) y no relevante (entorno natural), por ende, al promediar dichos frentes es posible inferir que el valor de las consecuencias es correspondiente a lo leve, es decir, 2 (ver Anexo 8).

Finalmente, para determinar el nivel del riesgo ambiental asociado al objeto de estudio, se multiplican los valores de la probabilidad y consecuencias, según lo presentado en la figura 2, obteniendo lo siguiente:

$$\text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia} = 3 \times 2 = 6 \text{ (riesgo moderado)}$$

El nivel de riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual en el agua potable distribuida a la ciudad de Concepción representa ser moderado (6), en correspondencia a lo mostrado en la figura 8. Dicho frente se sostiene más por el cumplimiento, aún, de los Límites Máximo Permisibles para el sector, sin embargo, tiende por ingresar en dicho rango de moderado ya que se evidencia que los parámetros en campo tienden por variar (en concentración) al no ser controlados de forma efectiva. Se presenta la siguiente figura para fines de interpretación matricial.

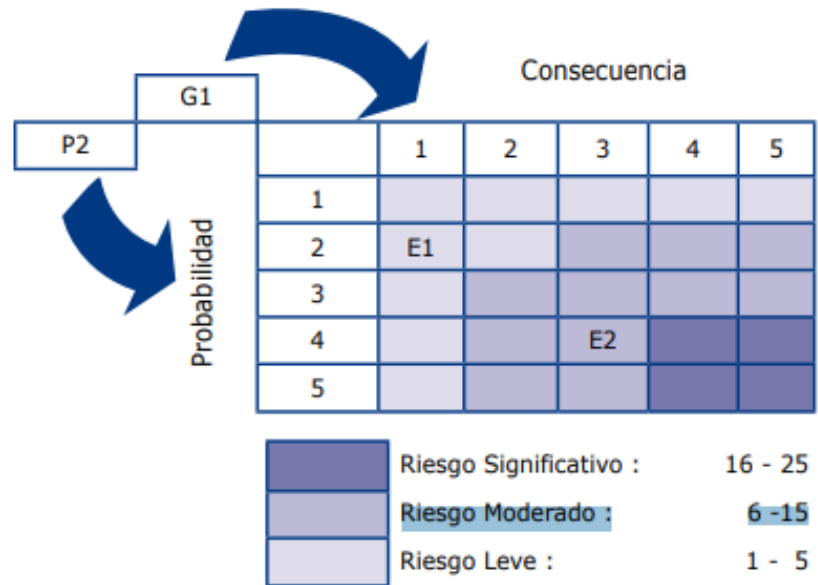


Figura 8. Escenarios en el estimador del riesgo ambiental.

De forma preliminar, es preciso denotar que la presencia, e inexistencia, de cloro residual en el agua potable no influye de manera significativa en el nivel de riesgo ambiental en el distrito de Concepción, Junín, aseveración sometida a comprobación en la siguiente sección de prueba de hipótesis mediante el empleo de la estadística.

4.1.4. Reporte de resultados para determinar el nivel del riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual en el agua potable en el distrito Concepción, Junín

Para el análisis del riesgo ambiental por la presencia de cloro residual en el agua potable en el distrito Concepción, Junín, se encontró que el nivel de riesgo moderado es 6. Sin embargo, la presencia de cloro residual varía uniformemente en Concepción, incluso llegando a puntos de monitoreo sin este parámetro. Las concentraciones de cloro residual no cumplen con los niveles normativos. Los valores de subproductos (cloroformo, dibromoclorometano, bromodichlorometano y bromoformo) están por debajo del límite de detección, manteniéndose en 0.0125 mg/L, bajo los límites permitidos por la normativa.

Factores como la falta de control en la calidad del agua potable y condiciones climáticas influyen en la presencia de subproductos y en la turbidez del agua. La probabilidad de consecuencias negativas debido a la falta de cloro residual se considera "probable", debido a la insuficiente supervisión en la distribución de agua potable de calidad por parte de EPS Mantaro. Las consecuencias son más significativas en los aspectos humano y socioeconómico (valor 9), y menos en el entorno natural (valor 5).

4.2. Prueba de hipótesis

Para la prueba de hipótesis, inicialmente se verificó si los datos determinados para el cloro residual presentan, o no, distribución normal, de forma que también se emplee una prueba de hipótesis paramétrica de darse aquel escenario, o por el contrario si no existe distribución normal se emplearía una prueba estadística no paramétrica. Es oportuno mencionar que el valor de significancia alcanzado y comparado frente al nivel de significancia al 95 % de nivel de confianza (0.05), comprende a la prueba de Shapiro-Wilk.

Prueba de normalidad para los valores de cloro residual por cada día de medición:

Se emplearon los datos de la medición del cloro residual correspondiente al día de medición 1, presentados en la tabla 13.

Tabla 13. *Valores de la medición del cloro residual correspondientes al día 1.*

Punto de medición	Cloro residual medido (ppm)
Centro de Salud David Guerrero Duarte	0,46
I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús	0,61
Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza	0,46
Heladería Ayrampito's	0,51
Grifo PRIMAX Concepción	0,61
Restaurante	0,62
Grifo Huancas EIRL	0,50
Electrocentro Valle del Mantaro	0,00
Comisaría Sectorial Concepción	0,66

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CloroRes.Dia1	,325	9	,057	,729	9	,053

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Figura 9. Prueba de normalidad para la medición de cloro residual correspondiente al día 1.

La prueba de normalidad fue realizada empleando el software SPSS, donde para la medición de cloro residual correspondiente al día 1 se tuvo un valor de Shapiro-Wilk de 0,053 (ver figura 9) el cual es mayor al valor de significancia al 95 % de nivel de confianza ($0,05 < 0,053$), demostrando que existe distribución normal en los datos medidos de cloro residual en el primer día, lo que valida el empleo de una prueba paramétrica de análisis de medias: t de student.

Tabla 14. Valores de la medición del cloro residual correspondientes al día 2.

Punto de medición	Cloro residual medido (ppm)
Centro de Salud David Guerrero Duarte	0,52
I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús	0,43
Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza	0,00
Heladería Ayrampito's	0,00
Grifo PRIMAX Concepción	0,00
Restaurante	0,85
Grifo Huancas EIRL	0,46
Electrocentro Valle del Mantaro	0,00
Comisaría Sectorial Concepción	0,42

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CloroRes.Dia2	,276	9	,046	,836	9	,052

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Figura 10. Prueba de normalidad para la medición de cloro residual correspondiente al día 2.

La prueba de normalidad también fue realizada empleando el software SPSS, donde para la medición de cloro residual correspondiente al día 2 (datos presentados en la tabla 13) se tuvo un valor de Shapiro-Wilk de 0,052 (ver figura 10) el cual es mayor al valor de significancia al 95 % de nivel de confianza ($0,05 < 0,052$), demostrando que existe distribución normal en los datos medidos de cloro

residual en el segundo día, lo que valida el empleo de una prueba paramétrica de análisis de medias: t de student.

Tabla 15. Valores de la medición del cloro residual correspondientes al día 3.

Punto de medición	Cloro residual medido (ppm)
Centro de Salud David Guerrero Duarte	0,48
I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús	0,00
Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza	0,55
Heladería Ayrampito's	0,42
Grifo PRIMAX Concepción	0,43
Restaurante	0,47
Grifo Huancas EIRL	0,50
Electrocentro Valle del Mantaro	0,05
Comisaría Sectorial Concepción	0,85

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CloroRes.Dia3	,283	9	,036	,884	9	,175

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Figura 11. Prueba de normalidad para la medición de cloro residual correspondiente al día 3.

La prueba de normalidad también fue realizada empleando el software SPSS, donde para la medición de cloro residual correspondiente al día 3 (datos presentados en la tabla 14) se tuvo un valor de Shapiro-Wilk de 0,175 (ver figura 11) el cual es mayor al valor de significancia al 95 % de nivel de confianza ($0,05 < 0,175$), demostrando que existe distribución normal en los datos medidos de cloro residual en el tercer día, lo que valida el empleo de una prueba paramétrica de análisis de medias: t de student.

Para la prueba de hipótesis mencionada, respecto del empleo válido de la prueba de t de student, se tuvo que formular hipótesis estadísticas, así como considerando el valor crítico de prueba según lo propuesto por Triola (27) en su Apéndice A-3 (ver Anexo 9). Se realizó la prueba de t de student para muestras relacionadas, considerando los valores promedio de cloro residual libre por cada día de medición (datos presentados en la tabla 15), que provienen de una distribución normal, comparados con los valores de subproductos determinados ($> 0,5$; ver Anexo 4).

Tabla 16. Valores promedio de cloro residual y subproductos.

Día de medición/muestreo	Valor de cloro residual promedio	Valor de subproductos (fórmula)
Día 1	0,4922	0,0125
Día 2	0,2978	0,0125
Día 3	0,4167	0,0125

Hipótesis estadísticas:

*H₀: La presencia de cloro residual en el agua potable no influye de manera significativa en el nivel de riesgo ambiental en el distrito de Concepción, Junín-2022.

*H_a: La presencia de cloro residual en el agua potable influye de manera significativa en el nivel de riesgo ambiental en el distrito de Concepción, Junín-2022.

Nivel de significancia:

0,05; 95 % de nivel de confianza.

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Promedios.CloroRes - Valores.THM	,3897333	,0980041	,0565827	,1462777	,6331890	6,888	2	,020

Figura 12. Prueba de t de student para muestras relacionadas ejecutada.

Se observa que el valor crítico de prueba de t alcanzado fue de 6,888 (ver figura 12), el cual recae en la zona de rechazo (ver figura 13) de la hipótesis nula (valor crítico de prueba; z = 2.920, ver Anexo 9 para 2 grados de libertad y el nivel de significancia de 0.05 a una sola cola), por ende, se valida la hipótesis alterna, que menciona que la presencia de cloro residual en el agua potable influye de manera significativa en el nivel de riesgo ambiental en el distrito de Concepción, Junín - 2022, contrastado ello por el cotejo de variabilidad de las mediciones de cloro residual libre respecto de las mediciones realizadas, considerando principalmente que en ciertos puntos no se llegó a tener rastro alguno de aquel parámetro que garantice la calidad de agua en torno al control de patógenos, principalmente en puntos periféricos respecto del centro de la ciudad de Concepción, además de que los promedios de medición no llegan a cumplir con lo referido en la normativa vigente para dicho parámetro, por ende, la formación de subproductos se observa

como nulo, ello también contrastado con el cumplimiento de la normativa para los parámetros que condicionan la formación de éstos, de forma que ello incidió en el alcance de un nivel de riesgo ambiental como moderado (valor de 6) evidenciando casi un escenario de riesgo leve, en perspectivas de que dicho escenario de riesgo ambiental moderado recae en la afirmación de variabilidad de las mediciones de los parámetros que aseguran una calidad de agua potable ideal, demostrando la necesidad de optar por mecanismos de control efectivo y constante por parte de la EPS Mantaro respecto del agua potable distribuida en torno al parámetro de cloro residual.

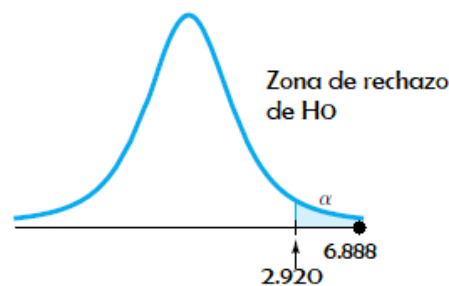


Figura 13. Representación gráfica de la prueba de t de student para muestras relacionadas.

Fuente: adaptado en base a lo propuesto por Triola (27).

4.3. Discusión de resultados

Se alcanzó como principal resultado de la investigación que la presencia de cloro residual en el agua potable influye de manera significativa en el nivel de riesgo ambiental en la ciudad de Concepción, Junín, acorde a la determinación de dicho nivel como moderado (valor de 6, valor mínimo del rango moderado 6 - 15, figura 8); el alcance de dicha influencia significativa se contrasta con el abordaje de aspectos considerados como criterios de valoración, enlistados en la sección de determinación de la probabilidad y mencionados para el análisis de las consecuencias, en específico que evidencian puntos donde no se da la existencia de cloro residual de forma constante y uniforme en los distintos sectores de la ciudad, además de considerar que los parámetros que favorecen a la generación de subproductos no tienden por rebasar los límites permisibles dispuestos a nivel normativo, lo que concuerda con lo propuesto por Pérez y Romero (14), que verificaron en su estudio que las características del agua potable que no rebasa

Límites Máximos Permisibles (LMP), ni Estándares de Calidad Ambiental (ECA), no generan escenarios de impactos negativos, afirmación que si bien se observa como obvia, consolida la afirmación de que al cumplir con la normativa respecto de los parámetros de medición en campo en el presente estudio, se tiende por predisponer valores de vulnerabilidad a los entornos analizados (humano, natural y socioeconómico) que sean bajos y que no acrecienten el nivel de riesgo ambiental en su análisis integral, influyendo en la determinación del nivel de riesgo ambiental con orientación a que sea “leve”, sin embargo, el contexto de nivel “moderado” aborda factores de extensión y de control inefectivo por parte de la EPS Mantaro que llegan a validar el alcance de dicho nivel; respecto de la mencionada extensión y la variabilidad, hasta inexistencia, del cloro residual libre, ello evidencia que cuanto más periférica el área de muestreo, respecto del casco urbano usualmente prioritario, se tienen menores esfuerzos de control de calidad, lo que concuerda con lo afirmado por Hilgemberg (10), que sostiene que existe una reducción proporcional en la concentración de cloro residual libre a lo largo del sistema de distribución a medida que los puntos se alejan de la planta de tratamiento de agua; de igual forma, la brecha de control efectivo por parte de la EPS Mantaro, evidenciado en la variabilidad de las mediciones realizadas, concuerda con lo propuesto por Luque (11), que enfatiza en la falta de aspectos de análisis para la buena caracterización y control del agua potable, llegando a registrar en su estudio mediciones similares entre 0 a 0,15 ppm, evidenciando hasta la inexistencia de cloro residual en ciertos puntos de control, por más que refiera que la cobertura de distribución de agua potable sea significativa (sobre 80 %), llegando a identificar factores como el crecimiento poblacional y estructural que requiere de mayores esfuerzos de control en campo, así como de mantenimiento y dosificación efectiva de componentes y empleo de insumos, respectivamente, en la potabilización del agua.

Prosiguiendo en la idea, Ramírez (13) consideró en su investigación que si los parámetros de campo (cloro residual, pH, sólidos disueltos) tienden por evidenciar valores altos, aquello acrecienta la formación de los subproductos, así como generando escenarios que dichos valores son posibles precursores cancerígenos que afectarían a la salud de las personas; aquello difiere de lo alcanzado en la presente investigación, donde se tuvieron valores medidos que no rebasaron, en mayor proporción integral, los valores límites normados, de dicho modo es posible inferir que en la ciudad de Concepción no se tienen escenarios de riesgo que urgen

de abordaje por ser “precursores cancerígenos”, sin embargo y como se ha mencionado, factores de poco e inexistente control de la calidad del agua potable es lo que “suma” en generar escenarios de riesgo, como el alcanzado respecto del nivel moderado; es preciso considerar en estudios posteriores, a análisis acerca de la turbidez del agua, el cual es considerado como un parámetro indicativo de la presencia de subproductos (THM) según refieren Colmenares y Rojas (12), donde también precisan que factores, como los climatológicos, llegan a alterar la concentración de parámetros como la turbidez mencionada, llegándose a incrementarse, por ende, refieren que se incrementan los niveles de materia orgánica en agua cruda, llegando a identificar otro factor que implicaría en la variación del nivel de riesgo ambiental al considerar periodos estacionales, demostrando que urge la planificación de contingencias principalmente el convivir con cada vez más frecuentes anomalías climáticas.

Respecto del análisis del contexto local, en la ciudad de Concepción se dieron los primeros muestreos en relación al cloro residual libre mediante la presente investigación con énfasis en su control y relacionado con niveles de riesgo para el ecosistema en su conjunto, sin embargo, en Huancayo, ciudad cercana y representativa del centro del país, se realizaron evaluaciones de perspectiva similar al objeto de estudio, donde Oré *et al.* (19) demostraron que no existe una correlación significativa entre cloro residual y subproductos en el agua potable de la ciudad de Huancayo, ya que sus resultados indican que la concentración de cloro no genera formación de los mencionados subproductos, principalmente trihalometanos, ya que los valores reportados están por debajo de los establecidos en la normativa nacional e internacional y el análisis estadístico no muestra relación entre ambos parámetros, situación que se asemeja a lo alcanzado en el presente estudio, así como precisan que es necesario realizar evaluaciones más profundas acerca de la influencia de los parámetros de calidad en la formación de trihalometanos en otras condiciones ambientales locales, lo cual deberá ser abordado a través de investigaciones complementarias para Concepción, así como urge la necesidad de fortalecer la participación en ello de parte de la EPS Mantaro, conjuntamente con los actores sociales encargados en la toma de decisiones; por su parte, Bejarano *et al.* (18) llegaron a la conclusión que no se requiere de tratamientos complementarios para la potabilización del agua, más allá de los convencionales (en la provincia de Huancayo), porque los resultados evidencian que los parámetros estudiados se encuentran dentro del reglamento de calidad de

agua, lo cual concuerda con la investigación presente, empero, los encargados de la toma de decisiones no deben de permanecer quietos frente a aquel frente, ya que al encontrar oportunidades de mejora se tendrá un claro alineamiento por el alcance de contextos de sostenibilidad, lo cual aportaría de forma significativa en la gestión socioeconómica y ambiental en las localidades del Valle del Mantaro, ya que, según concluye Zanabria (5), a medida que se aumenta la concentración de dosis de cloro, la concentración de subproductos de cloración se eleva que por consiguiente se presume la exposición de riesgo de enfermedades cancerígenas por ingesta de subproductos de cloración, lo cual podría verse acrecentado a mediano o largo plazo de no abordarse escenarios de control efectiva de la calidad auténtica del agua potable distribuida.

CONCLUSIONES

1. El análisis del nivel del riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual en el agua potable en el distrito Concepción, Junín - 2022, refleja que el alcance de un nivel de riesgo moderado (valor de 6) se da por la no presencia de subproductos, no obstante, existe una variabilidad de la presencia de cloro residual de manera uniforme en Concepción, llegando a identificar puntos de monitoreo donde hasta dicho parámetro de desinfección es inexistente, evidenciando la necesidad de fortalecer controles por parte de los actores vinculados a la potabilización del agua potable en la localidad (EPS Mantaro).
2. Se tienen promedios de concentración de cloro residual que reflejan estar cerca de lo requerido a nivel normativo: 1) 0.4922 ppm, 2) 0.2978 ppm y 3) 0.4167, mientras que los valores determinados de subproductos en el agua potable (en base a la determinación de la concentración de cloroformo, dibromoclorometano, bromodiclorometano y bromoformo) reflejan estar por debajo de los límites de detección, alcanzando un valor constante de 0.0125 mg/L, el cual está por debajo de los límites máximos permisibles acorde a la normativa vigente.
3. Los factores que influyen en la presencia de suproductos en el agua potable abarcan al poco, y hasta inexistente, control de la calidad del agua potable, lo cual “suma” en generar escenarios de riesgo, como el alcanzado respecto del nivel moderado, así como los factores climatológicos pueden llegar a alterar la concentración de parámetros como la turbidez, llegándose a incrementarse, por ende, se llegaría a incrementar los niveles de materia orgánica.
4. La probabilidad de que la inexistencia de cloro residual genere consecuencias negativas significativas alcanza un valor de 3 “probable”, derivado principalmente del poco control que se evidencia por parte de la EPS Mantaro respecto de la distribución de agua potable de calidad adecuada; las consecuencias para los entornos analizados representan mayores valores (9) para los entornos humano y socioeconómico, y en menor valor (5) para el entorno natural o ecológico.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la EPS Mantaro el realizar el seguimiento y control oportuno de los parámetros que garanticen la distribución de calidad de agua potable directamente en los beneficiarios, de forma que se prevengan escenarios de riesgo.
2. Así también, se recomienda abordar complementariamente la caracterización del agua potable con fines de análisis específico de la materia orgánica.
3. Es preciso coberturar brechas de presencia del cloro residual en los sectores periféricos de la ciudad de Concepción, de forma que se aporte en la integralidad del servicio prestado (distribución del agua potable).
4. Promover alternativas de Ordenamiento Territorial que favorezcan al control de riesgos, aspectos e impactos ambientales en lo que respecta a la distribución del agua potable en Concepción.
5. Reglamentar específicamente la normativa de acción en materia uso racional del agua en Concepción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ACCIONA.ORG [En línea]. Tratamiento de agua, 2020 [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.accionacom.com/es/tratamiento-de-agua/?_adin=02021864894.
- (2) ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS [En línea]. Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>.
- (3) NACIONES UNIDAS [En línea]. The human right to water and sanitation. [fecha de consulta: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en: https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief.pdf.
- (4) MINISTERIO DE SALUD [En línea]. Reglamento de Calidad de Agua para el Consumo Humano. *DS N° 031-2010-SA*. Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, 2011 [fecha de consulta: 25 de noviembre de 2021]. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf.
- (5) ZANABRIA, M. Evaluación de los subproductos de cloración en el tratamiento de agua potable en el distrito de Pilcomayo, 2020. Tesis (Título de Ingeniera Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, 2020.
- (6) ORGANISMO TÉCNICO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO. *Optimización de las líneas principales del sistema de agua potable y de las redes de distribución, mediante la renovación de macromedidores de caudal EPS Municipal Mantaro S.A. - Zonales Jauja y Concepción*. Concepción: EPS Mantaro S.A., 2018.
- (7) LA VOZ REGIONAL [En línea]. Según Defensoría, SEDAM Huancayo habría suministrado agua no potable durante tres días, 2020 [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://diariolavoz-regional.com/index.php/juin/1913-segun-defensoria-sedam-huancayo-habria-suministrado-agua-no-potable-durante-tres-dias>.
- (8) MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. Lima: Viceministerio de Gestión Ambiental, 2010.

- (9) TINOCO, J. Niveles de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable en una institución de educación superior en la ciudad de Cali. In *Angewandte Chemie International Edition*, 2019, 6(11), 951-952 pp.
- (10) HILGEMBERG, A. Relación entre los parámetros de calidad del agua y la concentración de cloro residual libre en un sector de suministro de agua en Ponta Grossa. Tesis de Maestría (Maestro en Ingeniería Sanitaria y Ambiental). Paraná: Universidad Estatal de Ponta Grossa, 2020.
- (11) LUQUE, H. Cuantificación de cloro residual en agua potable y su inhibición con tiosulfato. Proyecto de Grado. Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés, 2018.
- (12) COLMENARES, R. y ROJAS, D. Análisis de los índices de riesgo de calidad de agua potable (IRCA) en Boyacá entre 2016-2019. *Agricolae & Habita*, 2021, 4(1). ISSN: 2665-3176.
- (13) RAMÍREZ, A. Determinación de la presencia de trihalometanos totales (TTHMS) como subproducto de la desinfección en el proceso de potabilización de Agua superficial para consumo humano. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 2021, 16(1). ISSN: 2222-2499.
- (14) PÉREZ, J. y ROMERO, M. Determinación de la concentración de cloro residual y trihalometanos (THM) y su impacto en la salud según sectores de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Moyobamba - 2015. Tesis (Título de Ingeniero Sanitario). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, 2017.
- (15) PÉREZ, R. y RAMOS, G. Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable del sector de Puyhúan grande del distrito y provincia de Huancavelica - 2018. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental y Sanitario). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2018.
- (16) BANDA, Y. Relación entre el cloro residual y presencia de coliformes termotolerantes en el agua potable de la ciudad de Celendín. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2021.
- (17) LEÓN, V. y FERNÁNDEZ, B. Estudio de la cantidad de cloro residual libre y calidad microbiológica del agua potable en tres sectores del distrito de Moche. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad Católica de Trujillo "Benedicto XVI", 2019.
- (18) BEJARANO, A., y otros. Calidad de agua potable para consumo humano de la zona urbana de la provincia de Huancayo. Redacción Científica y Académica, 2019.

- (19) ORÉ, E., y otros. Evaluación de trihalometanos y cloro residual en el agua potable de la ciudad de Huancayo - Perú. *International Journal of Lakes and Rivers*, 2019, 12(1). ISSN: 0973-4570.
- (20) CARRETEÑO, A. [En línea]. Norma UNE 150008:2008 Análisis y evaluación del riesgo ambiental, 2008 [fecha de consulta: 10 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://anavam.com/docs/semana-sostenibilidad-II-ponencia-norma-UNE-150008-2008-analisis-y-evaluacion-del-riesgo-ambiental.pdf>.
- (21) ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud*. Ginebra: WEDC, 2009.
- (22) RODRÍGUEZ, M., y otros. Subproductos de la desinfección del agua potable: formación, aspectos sanitarios y reglamentación. *NCI*, 2007, 32(11). ISSN: 0378-1844.
- (23) MONTERO-CAMPOS, V., Y OTROS. Evaluación en el agua para consumo humano de subproductos de cloración y su relación como inductores de mutagénesis (mutaciones celulares). *Tecnología en Marcha*, 2013.
- (24) WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for drinking-water quality. Addendum*, 2017. ISBN: 978-92-4-154995-0.
- (25) CONSORCIO SANITARIO DE BARCELONA. *Los trihalometanos (THM) en el agua de consumo*. Barcelona: Agencia de Salud Pública.
- (26) HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- (27) TRIOLA, M. *Estadística*. México: Pearson Educación, 2004. ISBN: 970-26-0519-9.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es el nivel del riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual en el agua potable en el distrito de Concepción, Junín - 2022?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>*¿Cuál es la concentración de cloro residual en el agua potable?</p> <p>*¿Qué factores que influyen en la presencia de subproductos en el agua potable?</p> <p>*¿Cuál es la probabilidad de que el cloro residual genere consecuencias negativas significativas?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el nivel del riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual en el agua potable en el distrito Concepción, Junín - 2022.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>*Determinar la concentración de cloro residual en el agua potable.</p> <p>*Identificar los factores que influyen en la presencia de subproductos en el agua potable.</p> <p>*Determinar la probabilidad de que el cloro residual genere consecuencias negativas significativas.</p>	<p>Hipótesis de investigación:</p> <p>H₀: La presencia de cloro residual en el agua potable no influye de manera significativa en el nivel de riesgo ambiental en el distrito de Concepción, Junín - 2022.</p> <p>H_a: La presencia de cloro residual en el agua potable influye de manera significativa en el nivel de riesgo ambiental en el distrito de Concepción, Junín - 2022.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>*Nivel de riesgo ambiental.</p> <p>Variable interviniente:</p> <p>*Presencia de cloro residual.</p>	<p>Método general:</p> <p>Método científico.</p> <p>Método específico:</p> <p>Método observacional.</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Descriptivo.</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>No experimental, transversal.</p> <p>Población:</p> <p>Agua potable distribuida en la ciudad de Concepción.</p> <p>Muestra:</p> <p>9 puntos de medición de cloro residual respecto de los puntos de distribución de agua potable en la ciudad de Concepción.</p>

Anexo 2. Panel fotográfico de las mediciones en campo y toma de muestras.

Día 1.- 18 de octubre de 2022 (18/10/2022)		
Punto 1. Centro de Salud David Guerrero	Punto 2. I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús.	Punto 3. Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza.
 <p>18 oct. 2022 12:03:27 p. m. 11.9223222575 75.31088582W 231° SW Concepción Junín Altitud:3329.9m Velocidad:0.0km/h #FHAC Número de índice: 9</p>	 <p>18 oct. 2022 12:21:59 p. m. 18L 465083 8682490 697 Jr. Cuzco Cercado de Concepción Concepción Junín Altitud:3341.7m Velocidad:1.7km/h Número de índice: 36</p>	 <p>18 oct. 2022 12:44:49 p. m. 18L 465268 8683350 Concepción Junín Altitud:3342.8m Velocidad:0.0km/h Número de índice: 43</p>
Punto 4. Heladería Ayrapmito's.	Punto 5. Grifo PRIMAX Concepción.	Punto 6. Restaurante.
 <p>18 oct. 2022 13:05:57 p. m. 18L 465058 8683314 180 Avenida 8 de Diciembre Cercado de Concepción Concepción Junín Altitud:3333.28m Velocidad:0.0km/h Número de índice: 57</p>	 <p>18 oct. 2022 1:29:33 p. m. 18L 464638 8682847 Concepción Junín Altitud:3336.3m Velocidad:1.5km/h Número de índice: 58</p>	 <p>18 oct. 2022 2:01:06 p. m. 18L 465493 8682372 1348 Carretera Central Concepción Junín Altitud:3336.9m Velocidad:0.0km/h Número de índice: 62</p>
Punto 7. Grifo Huancas EIRL.	Punto 8. Electrocentro Valle del Mantaro.	Punto 9. Comisaría Sectorial Concepción.
 <p>18 oct. 2022 2:24:47 p. m. 18L 465091 8682305 1525 Carretera Central Cercado de Concepción Concepción Junín Altitud:3323.1m Velocidad:0.0km/h Número de índice: 67</p>	 <p>18 oct. 2022 2:46:54 p. m. 18L 465515 8682076 938 Jirón Junín Cercado de Concepción Concepción Junín Altitud:3317.9m Velocidad:0.0km/h Número de índice: 70</p>	 <p>18 oct. 2022 3:21:52 p. m. 18L 465751 8682402 550 Jirón Simón Bolívar Cercado de Concepción Concepción Junín Altitud:3311.3m Velocidad:1.6km/h Número de índice: 73</p>

Día 2.- 25 de octubre de 2022 (25/10/2022)

Punto 1. Centro de Salud David Guerrero



Punto 2. I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús.



Punto 3. Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza.



Punto 4. Heladería Ayrapito's.



Punto 5. Grifo PRIMAX Concepción.



Punto 6. Restaurante.



Punto 7. Grifo Huancas EIRL.



Punto 8. Electrocentro Valle del Mantaro.



Punto 9. Comisaría Sectorial Concepción.



Día 3.- 02 de noviembre de 2022 (02/11/2022)

Punto 1. Centro de Salud David Guerrero



Punto 2. I.E.E. Sagrado Corazón de Jesús.



Punto 3. Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza.



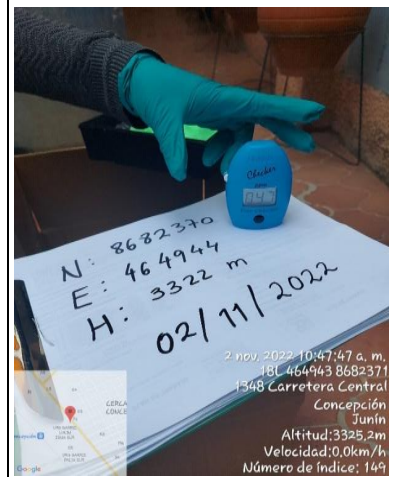
Punto 4. Heladería Ayrapito's.



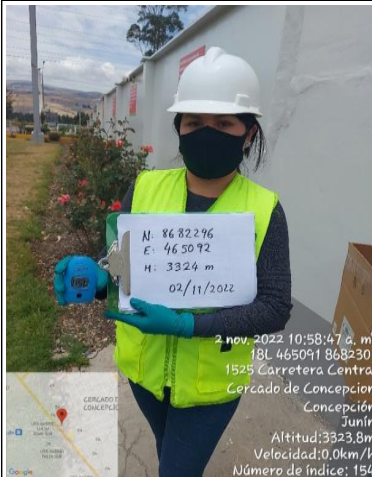
Punto 5. Grifo PRIMAX Concepción.



Punto 6. Restaurante.



Punto 7. Grifo Huancas EIRL.



Punto 8. Electrocentro Valle del Mantaro.



Punto 9. Comisaría Sectorial Concepción.



Anexo 3. Listas de cotejo de campo (medición de parámetros).



LISTA DE COTEJO - REGISTRO DE DATA DE CAMPO

Título de la investigación: Análisis del nivel de riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual y trihalometanos en el agua potable en la ciudad de Concepción - Junín - 2022.

Investigadora: Bach. Katerine Sissy Atayupanqui Velazco.

Fecha: 18/10/22

Instrucciones: rellenar los espacios destinados al cotejo de información acerca de los valores de los parámetros de campo, en correspondencia a las mediciones propuestas por la muestra de la investigación.

Punto	Referencia	Cloro residual (ppm)	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sólidos disueltos totales (ppm)	pH	Temperatura
1	Centro de Salud David Guerrero	0.46	470	235	8.34	18.4
2	ITE Sagrado Corazón de Jesús	0.61	487	243	8.22	16.6
3	Colegio Loraqo Alecká Pomalaza	0.46	477	238	8.01	18.8
4	Melakén Ayraupitís	0.51	464	232	8.03	21.4
5	Grifo PRIMAX Concepción	0.61	482	241	7.66	20.2
6	Restaurante (Carnetoz Central)	0.62	427	213	8.09	21.0
7	Grifo Huancas FIEL	0.50	468	234	8.20	24.7
8	Electrocentro Calle del Platero	0.00	484	242	8.55	23.2
9	Comisaría Sectorial Concepción	0.66	462	231	8.22	18.9

LISTA DE COTEJO - REGISTRO DE DATA DE CAMPO

Título de la investigación: Análisis del nivel de riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual y trihalometanos en el agua potable en la ciudad de Concepción - Junín - 2022.

Investigadora: Bach. Katerine Sissy Atayupanqui Velazco.

Fecha: 25/10/22

Instrucciones: rellenar los espacios destinados al cotejo de información acerca de los valores de los parámetros de campo, en correspondencia a las mediciones propuestas por la muestra de la investigación.

Punto	Referencia	Cloro residual (ppm)	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sólidos disueltos totales (ppm)	pH	Temperatura
1	Centro de Salud David Guerrero	0.52	506	253	8.01	17.3
2	IEE Sagrado Corazón de Jesús	0.43	506	253	8.28	16.0
3	Colegio Lorenzo Aleck Domínguez	0.00	483	241	8.35	19.4
4	Meladencia Ayraupit's	0.00	476	238	8.24	20.4
5	Grifo PRIMAX Concepción	0.00	496	248	8.35	21.4
6	Pasterizate (Cometeriz Central)	0.85	455	227	8.32	19.0
7	Grifo HUANUCAS EIRL	0.46	466	248	8.35	22.6
8	Electrocestro Valle del Mantaro	0.00	484	242	8.51	24.2
9	Louisiana Sectorial Concepción	0.42	467	233	8.34	17.2

LISTA DE COTEJO - REGISTRO DE DATA DE CAMPO

Título de la investigación: Análisis del nivel de riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual y trihalometanos en el agua potable en la ciudad de Concepción - Junín - 2022.

Investigadora: Bach. Katerine Sissy Atayupanqui Velazco.

Fecha: 02/11/22

Instrucciones: rellenar los espacios destinados al cotejo de información acerca de los valores de los parámetros de campo, en correspondencia a las mediciones propuestas por la muestra de la investigación.

Punto	Referencia	Cloro residual (ppm)	Conductividad (µS/cm)	(ppm)	pH	Temperatura
				Sólidos disueltos totales		
1	Centro de Salud David Guerrero	0.48	473	236	8.58	17.5
2	VE Sagrado Corazón de Jesús	0.00	450	225	7.93	20.5
3	Colegio Lorenzo Alcalá Pandoza	0.55	515	257	8.20	18.1
4	Heladería Ayraupitós	0.42	493	246	8.32	16.1
5	Grifo PRIMAX Concepción	0.43	495	247	8.44	16.1
6	Restaurante (Carretera Central)	0.47	489	244	8.25	17.5
7	Grifo Huacacsierra	0.50	498	249	8.28	18.6
8	Electrocentro Valle del Huancayo	0.05	491	245	8.62	20.3
9	Comisaría Sectorial Concepción	0.85	483	241	7.79	17.4

Anexo 4. Resultados de las muestras enviadas a laboratorio - determinación de la concentración de subproductos.

Laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL): CERTIMIN.

Resultados de la Muestra 1 enviada a laboratorio:

Parámetros de ensayo	Concentraciones (mg/L)	Cálculo parcial	Límites Máximos Permisibles (mg/L)
Cloroformo	0,0003	0,0015	0,2
Dibromoclorometano	0,0003	0,003	0,1
Bromoclorometano	0,0003	0,005	0,06
Bromoformo	0,0003	0,003	0,1
Punto de control: 8 (Electrocentro Valle del Mantaro).			
Fórmula de determinación de THM		Valor de THM	Decisión
$\left(\frac{0,0015}{0,2}\right) + \left(\frac{0,003}{0,1}\right) + \left(\frac{0,005}{0,06}\right) + \left(\frac{0,003}{0,1}\right) =$		0,0125	Dentro de los Límites Máximos Permisibles
Límite Máximo Permissible THM (D.S. 031-2010-SA)		≤ 1	

Resultados de la Muestra 2 enviada a laboratorio:

Parámetros de ensayo	Concentraciones (mg/L)	Cálculo parcial	Límites Máximos Permisibles (mg/L)
Cloroformo	0,0003	0,0015	0,2
Dibromoclorometano	0,0003	0,003	0,1
Bromoclorometano	0,0003	0,005	0,06
Bromoformo	0,0003	0,003	0,1
Punto de control: 3 (Colegio Lorenzo Alcalá Pomalaza)			
Fórmula de determinación de THM		Valor de THM	Decisión
$\left(\frac{0,0015}{0,2}\right) + \left(\frac{0,003}{0,1}\right) + \left(\frac{0,005}{0,06}\right) + \left(\frac{0,003}{0,1}\right) =$		0,0125	Dentro de los Límites Máximos Permisibles
Límite Máximo Permissible THM (D.S. 031-2010-SA)		≤ 1	

Resultados de la Muestra 3 enviada a laboratorio:

Parámetros de ensayo	Concentraciones (mg/L)	Cálculo parcial	Límites Máximos Permisibles (mg/L)
Cloroformo	0,0003	0,0015	0,2
Dibromoclorometano	0,0003	0,003	0,1
Bromoclorometano	0,0003	0,005	0,06
Bromoformo	0,0003	0,003	0,1
Punto de control: 2 (IEE Sagrado Corazón de Jesús - Ferretería contigua)			
Fórmula de determinación de THM		Valor de THM	Decisión
$\left(\frac{0,0015}{0,2}\right) + \left(\frac{0,003}{0,1}\right) + \left(\frac{0,005}{0,06}\right) + \left(\frac{0,003}{0,1}\right) =$		0,0125	Dentro de los Límites Máximos Permisibles
Límite Máximo Permissible THM (D.S. 031-2010-SA)		≤ 1	

Anexo 5. Solicitud de información para la toma de mediciones y muestreo.



**SOLICITUD: Permiso para realizar toma
de muestra en su institución.**

Señor (a):

.....

Yo, **KATERINE ATAYUPANQUI VELAZCO**,
identificada con **D.N.I. 47584945** con domicilio Avenida
Evitamiento N° 802, El Tambo, Huancayo; ante usted
respetuosamente me presento y expongo:

Que, habiendo culminado la carrera de Ingeniería Ambiental en la Universidad
Continental, solicito a usted permiso para realizar el trabajo de investigación sobre “Análisis del
nivel de riesgo ambiental asociado a la presencia de cloro residual y trihalometanos en el agua
potable en la ciudad de Concepción - Junín - 2022”, el cual consiste en tomar muestras de la red
de distribución de agua potable, esto tendrá un periodo de tres semanas (una muestra por semana).

POR LO EXPUESTO:

Ruego a usted a acceder a mi solicitud

Huancayo, 12 de octubre del 2022

Katerine Atayupanqui Velazco
D.N.I: 47584945

HOJA DE CAMPO

Fecha : 18/10/22 N° 01
Analista de Campo : Trihalometanos
Procedencia / Locación : Concepción - Junín

Coordenadas Geográficas : 181 465515 8682076
Condiciones Ambientales : Despejado - Sensación térmica 18°C.

Muestra (puntual ó compuesta) : Puntual
Descripciones y Observaciones :

Descripción u Observaciones

Toma de muestra de la red de suministro de agua potable, sin obser-
vación alguna.

VºBº

HOJA DE CAMPO

Fecha : 25/10/2022 N° 02
Analista de Campo : Katherine Atayupangui V.
Procedencia / Locación : Concepción - Sunín
Coordenadas Geográficas : 18L 465214 - 8683270
Condiciones Ambientales : Despejado
Muestra (puntual ó compuesta) : Puntual
Descripciones y Observaciones :

Descripción u Observaciones

- Se realizan trabajos de cambio de tuberías de la red de agua en la parte central de la ciudad.
- Día antes no contaban con el servicio de agua potable

V°B°

HOJA DE CAMPO

Fecha : 02-11-2022 N° 03
Analista de Campo : Katerina Ataypangui
Procedencia / Locación : Concepción - Sunta
Coordenadas Geográficas : N: 8682043
Condiciones Ambientales : E: 466083
Muestra (puntual ó compuesta) : Puntual
Descripciones y Observaciones :

Descripción u Observaciones

- En la zona donde se realizaron las muestras estuvertor, haciendo trabajos de remplazo de tuberos de distribución de agua potable.

V°B°

Anexo 7. Informes de ensayo emitidos por laboratorio acreditado ante INACAL.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 022



Página 1 de 4

INFORME DE ENSAYO N° OCT1240.R22

SOLICITANTE :	CORPORACION DE LABORATORIOS ANALITICOS S.A.C.
DOMICILIO LEGAL :	Av. Santa Rosa N° 319 Ate, Lima,
SOLICITADO POR :	Beberlie Carreño
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	SSA N° 774-22 Cadena de Custodia N° 2683-22/CERTIMIN
REFERENCIA :	Concepción / Concepción / Junín Monitoreo de la Calidad de Agua Potable
FECHA DE MUESTREO :	2022/10/18
MUESTRA TOMADA POR :	EL CLIENTE
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Agua Potable
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :	1
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Frascos de vidrio refrigerados y sellados.
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestra en buena condición para el análisis solicitado.
FECHA DE RECEPCIÓN :	jueves, 20 de octubre de 2022
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica.
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2022-10-20 al 2022-11-02
FECHA DE REPORTE :	miércoles, 02 de noviembre de 2022
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 2 de noviembre de 2022

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente y que pueda afectar a la validez de los resultados.
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.
Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



**INFORME DE ENSAYO
N° OCT1240.R22**

RESULTADOS

Muestras		Ensayos					
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Muestreo	MON0000 Tipo Muestra	MA1084 Bromodichlorometano mg/L 0.0003	MA1084 Bromoformo mg/L 0.0003	MA1084 Cloroformo mg/L 0.0003	MA1084 Dibromoclorometano mg/L 0.0003
1	N° 08	2022-10-18 14:42	Agua Potable	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003

LD: Límite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Limite de Cuantificación del Método LCM.

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



**INFORME DE ENSAYO
N° OCT1240.R22**

CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Ensayos			
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA1084 Bromodichlorometano mg/L 0.0003	MA1084 Bromoformo mg/L 0.0003	MA1084 Cloroformo mg/L 0.0003	MA1084 Dibromoclorometano mg/L 0.0003
1	LCS 0.0005 mg/L Recuperación Obtenido (%)	80.0	80.0	80.0	80.0
2	LCS 0.0005 mg/L Rango (%)	70.0-130.0	70.0-130.0	70.0-130.0	70.0-130.0
3	N° 08 (Original)	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
4	Bianco	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



Página 4 de 4

INFORME DE ENSAYO
N° OCT1240.R22

METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
	Ensayo	Denominación	Cod.Serv	(1) Norma o Referencia
1	Trihalometanos	Trihalometanos	MA1084	EPA Method 8260 D Rev. 4. 2018. Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry.

- (1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
APHA : American Public Health Association.
AWWA: American Water Works Association.
WEF : Water Environment Federation.
EPA : Environmental Protection Agency.
ASTM: American Society for Testing and Materials.
ISO: International Organization for Standardization.
NTP: Norma Técnica Peruana.
NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 022



Página 1 de 4

INFORME DE ENSAYO N° NOV1073.R22

SOLICITANTE :	CORPORACION DE LABORATORIOS ANALITICOS S.A.C.
DOMICILIO LEGAL :	Av. Santa Rosa N° 319 Ate, Lima
SOLICITADO POR :	Beberlie Carreño
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	SSA N° 774-22 Cadena de Custodia N° 2865-22/CERTIMIN
REFERENCIA :	Concepción / Concepción / Junín Monitoreo Calidad de Agua Potable
FECHA DE MUESTREO :	2022/10/25
MUESTRA TOMADA POR :	EL CLIENTE
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Agua Potable
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :	1
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Frascos de vidrio refrigerados y sellados.
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestra en buena condición para el análisis solicitado.
FECHA DE RECEPCIÓN :	Viernes, 28 de octubre de 2022
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica.
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2022-10-28 al 2022-11-10
FECHA DE REPORTE :	Jueves, 10 de noviembre de 2022
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELASQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 5 de Diciembre de 2022

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente y que pueda afectar a la validez de los resultados.
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.
Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° NOV1073.R22

RESULTADOS

Muestras		Ensayos									
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Muestreo	MON0000 Tipo Muestra	MA1000 Nor* WGS-84	MA1000 Est* WGS-84	MA1000 Altitud* msnm	MA1084 Bromodichlorometano mg/L 0.0003	MA1084 Bromoformo mg/L 0.0003	MA1084 Cloroformo mg/L 0.0003	MA1084 Dibromoclorometano mg/L 0.0003	
1	N° 03	2022-10-25 11:28	Agua Potable	8682076	468515	3318	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	

Las Coordenadas*, Altitud*: son datos proporcionados por el cliente.
LD: Limite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Limite de Cuantificación del Método LCM.

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° NOV1073.R22

CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Ensayos			
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA1084 Bromodichlorometano mg/L 0.0003	MA1084 Bromoformo mg/L 0.0003	MA1084 Cloroformo mg/L 0.0003	MA1084 Dibromoclorometano mg/L 0.0003
1	LCS 0.0005 mg/L Recuperación Obtenido (%)	80.0	100.0	80.0	100.0
2	LCS 0.0005 mg/L Rango (%)	70.0-130.0	70.0-130.0	70.0-130.0	70.0-130.0
3	N° 03 (Original)	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
4	Blanco	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° NOV1073.R22

METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
	Ensayo	Denominación	Cod. Serv	(1) Norma o Referencia
1	Nor *	Norte	MA1000	Estandar GPS
2	Est *	Este	MA1000	Estandar GPS
3	Altitud *	Altitud	MA1000	Estandar GPS
4	Trihalometanos	Trihalometanos	MA1084	EPA Method 8260 D Rev. 4, 2018. Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry.

- (1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
APHA : American Public Health Association.
AWWA: American Water Works Association.
WEF : Water Environment Federation.
EPA : Environmental Protection Agency.
ASTM: American Society for Testing and Materials.
ISO: International Organization for Standardization.
NTP: Norma Técnica Peruana.
NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 022



Página 1 de 4

INFORME DE ENSAYO N° NOV1131.R22

SOLICITANTE : CORPORACION DE LABORATORIOS ANALITICOS S.A.C.
DOMICILIO LEGAL : Av. Santa Rosa N° 319
Ate, Lima,
SOLICITADO POR : Beberlie Carreño
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL: SSA N° 774-22
Cadena de Custodia N° 2945-22/CERTIMIN
REFERENCIA : Concepción / Concepción / Junín
Monitoreo Calidad de Agua Potable
FECHA DE MUESTREO : 2022/11/02
MUESTRA TOMADA POR : EL CLIENTE
PROTOCOLO : --
TIPO DE MUESTRA: Agua Potable
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO : 1
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS : Frascos de vidrio refrigerados y sellados.
**CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS :
RECEPCIONADAS** Muestra en buena condición para el análisis solicitado.
FECHA DE RECEPCIÓN : viernes, 04 de Noviembre de 2022
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS : Según se indica.
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO : 2022-11-04 al 2022-11-12
FECHA DE REPORTE : sábado, 12 de Noviembre de 2022
PERIODO DE CUSTODIA : Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 12 de Noviembre de 2022

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente y que pueda afectar a la validez de los resultados.
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.
Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° NOV1131.R22

RESULTADOS

Muestras		Ensayos									
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Muestreo	MON0000 Tipo Muestra	MA1000 Nor* WGS-84	MA1000 Est* WGS-84	MA1000 Altitud* msnm	MA1084 Bromodichlorometano mg/L 0.0003	MA1084 Bromoformo mg/L 0.0003	MA1084 Cloroformo mg/L 0.0003	MA1084 Dibromoclorometano mg/L 0.0003	
1	N° 02	2022-11-02 12:59	Agua Potable	8682043	466083	3331	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	

Las Coordenadas*, Altitud*: son datos proporcionados por el cliente.
LD: Limite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Limite de Cuantificación del Método LCM.

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



Página 3 de 4

INFORME DE ENSAYO
N° NOV1131.R22

CONTROL DE CALIDAD

N°	Muestras QC Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	Ensayos			
		MA1084 Bromodichlorometano mg/L 0.0003	MA1084 Bromoformo mg/L 0.0003	MA1084 Cloroformo mg/L 0.0003	MA1084 Dibromoclorometano mg/L 0.0003
1	LCS 0.0005 mg/L Recuperación Obtenido (%)	80.0	100.0	80.0	100.0
2	LCS 0.0005 mg/L Rango (%)	70.0-130.0	70.0-130.0	70.0-130.0	70.0-130.0
3	N° 02 (Original)	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
4	Blanco	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



Página 4 de 4

INFORME DE ENSAYO
N° NOV1131.R22

METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
	Ensayo	Denominación	Cod. Serv	(1) Norma o Referencia
1	Nor *	Norte	MA1000	Estandar GPS
2	Altitud *	Altitud	MA1000	Estandar GPS
3	Est *	Este	MA1000	Estandar GPS
4	Trihalometanos	Trihalometanos	MA1084	EPA Method 8260 D Rev. 4, 2018. Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry.

- (1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
APHA : American Public Health Association.
AWWA: American Water Works Association.
WEF : Water Environment Federation.
EPA : Environmental Protection Agency.
ASTM: American Society for Testing and Materials.
ISO: International Organization for Standardization.
NTP: Norma Técnica Peruana.
NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

Anexo 8. Valoración de los escenarios identificados (entornos, valoración de las consecuencias).

VALOR	VALORACIÓN	VALOR ASIGNADO
Crítico	20 - 18	5
Grave	17 - 15	4
Moderado	14 - 11	3
Leve	10 - 8	2
No relevante	7 - 5	1

Fuente: MINAM (8).

Anexo 9. Tabla A-3, Apéndice del libro de Triola (27) - Valores críticos de t.

TABLA A-3		Distribución t: Valores críticos t				
		Área en una cola				
		0.005	0.01	0.025	0.05	0.10
Grados de libertad	Área en dos colas					
	0.01	0.02	0.05	0.10	0.20	
1	63.657	31.821	12.706	6.314	3.078	
2	9.925	6.965	4.303	2.920	1.886	
3	5.841	4.541	3.182	2.353	1.638	
4	4.604	3.747	2.776	2.132	1.533	
5	4.032	3.365	2.571	2.015	1.476	
6	3.707	3.143	2.447	1.943	1.440	
7	3.499	2.998	2.365	1.895	1.415	
8	3.355	2.896	2.306	1.860	1.397	
9	3.250	2.821	2.262	1.833	1.383	
10	3.169	2.764	2.228	1.812	1.372	
11	3.106	2.718	2.201	1.796	1.363	
12	3.055	2.681	2.179	1.782	1.356	
13	3.012	2.650	2.160	1.771	1.350	
14	2.977	2.624	2.145	1.761	1.345	
15	2.947	2.602	2.131	1.753	1.341	
16	2.921	2.583	2.120	1.746	1.337	
17	2.898	2.567	2.110	1.740	1.333	
18	2.878	2.552	2.101	1.734	1.330	
19	2.861	2.539	2.093	1.729	1.328	
20	2.845	2.528	2.086	1.725	1.325	