



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 001-2024-FCA/UNACH



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada “**Evaluación de concentración de metales pesados en las aguas del río Tingo – Maygasbamba, del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, 2023**”; desarrollada por el **Bach. Yan Idelson Ruiz Rubio** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesorado por la Dra. Azucena Chávez Collantes** y **coasesorado por el M.Sc. Eisner Will Castillo Rojas**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 25%** sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 18 de setiembre de 2024.

Atentamente

M.Sc. Rubén Iván Marchena Chanduvi
Director de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias

yan ruiz

IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA

 INFORME DE TESIS 2024

 PROYECTOS Y TESIS 2024

 Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3013108441

Fecha de entrega

18 sep 2024, 10:32 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

18 sep 2024, 10:38 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

INFORME_FINAL_-_TESIS_-_T.docx

Tamaño de archivo

8.8 MB

74 Páginas

13,831 Palabras

71,176 Caracteres




25% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía

Fuentes principales

- 22%  Fuentes de Internet
- 14%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 22% Fuentes de Internet
- 14% Publicaciones
- 8% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net	3%
2	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac	1%
3	Internet	repositorio.unc.edu.pe	1%
4	Internet	repositorio.unap.edu.pe	1%
5	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	0%
6	Internet	cdn.www.gob.pe	0%
7	Internet	repositorio.unach.edu.pe	0%
8	Internet	www.coursehero.com	0%
9	Internet	repositorio.upagu.edu.pe	0%
10	Internet	www.researchgate.net	0%
11	Internet	repositorio.unasam.edu.pe	0%

12	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	0%
13	Internet	apirepositorio.unh.edu.pe	0%
14	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	0%
15	Publicación	Juan Manuel Carricondo Antón. "Utilización de residuos vegetales para la elimina...	0%
16	Trabajos del estudiante	uncedu	0%
17	Internet	1library.co	0%
18	Publicación	LE Gómez-Moreno, R Cajal-Medrano, SR Canino-Herrera. "Temporal variation of t...	0%
19	Internet	fondoeditorial.unat.edu.pe	0%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	0%
21	Publicación	Eliane Sloboda, Eny Maria Vieira, Angela Di Bernardo Dantas, Luiz Di Bernardo. "I...	0%
22	Internet	docs.google.com	0%
23	Internet	repositorio.upsc.edu.pe	0%
24	Publicación	Esteban Manuel Villena Martínez. "Elaboración de un modelo matemático que pe...	0%
25	Internet	es.scribd.com	0%

26	Internet	repositorio.oefa.gob.pe	0%
27	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	0%
28	Internet	sednet.org	0%
29	Publicación	SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "ITS para la Modificación y Optimiza...	0%
30	Internet	unach.edu.pe	0%
31	Internet	worldwidescience.org	0%
32	Internet	eprints.uanl.mx	0%
33	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	0%
34	Internet	repositorio.untumbes.edu.pe	0%
35	Publicación	Alegria Velasquez, Fiorella. "Inventario y uso sostenible de pastizales en la zona c...	0%
36	Internet	www.buenastareas.com	0%
37	Internet	www.lamolina.edu.pe	0%
38	Internet	www.slideshare.net	0%
39	Internet	scialert.net	0%

40	Internet	www.ana.gob.pe	0%
41	Internet	siar.regioncajamarca.gob.pe	0%
42	Internet	teses.usp.br	0%
43	Trabajos del estudiante	Higher Education Commission Pakistan	0%
44	Trabajos del estudiante	ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	0%
45	Publicación	Carina Pereira Cotta. "Impactos dos agrotóxicos Fipronil e 2,4-D e da vinhaça da c...	0%
46	Publicación	Garcia Galvez, Milagros. "Diferencias en la comprension lectora de textos lineales...	0%
47	Internet	core.ac.uk	0%
48	Internet	patents.google.com	0%
49	Internet	visorsig.oefa.gob.pe	0%
50	Publicación	#N/A. "Primera MEIA-SD del Proyecto Agroforestal de Pijuayo para la Producción ...	0%
51	Publicación	Dolores Esmilda Castillo Vereau, Lurdes Tuesta Collantes, Seiri Eric Salazar Saldañ...	0%
52	Internet	dspace.esPOCH.edu.ec	0%
53	Internet	dspace.utb.edu.ec	0%

54	Internet	repositorio.uea.edu.ec	0%
55	Internet	repositorio.undac.edu.pe	0%
56	Internet	repositorio.utelesup.edu.pe	0%
57	Internet	revistas.unitru.edu.pe	0%
58	Internet	repositorio.udaff.edu.pe	0%
59	Publicación	Dante Salas-Ávila, Fermin Francisco Chaíña-Chura, Germán Belizario-Quispe, Edg...	0%
60	Publicación	Honori Pinto Herrera. "Los pasivos mineros ambientales y los conflictos sociales e...	0%
61	Publicación	Jimenez Carceles, Francisco Jose. "The role of coastal wetland soils in the Mar Me...	0%
62	Trabajos del estudiante	ULACIT Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología	0%
63	Internet	de.slideshare.net	0%
64	Publicación	Alexandre Matsuda, Fátima Maria de Souza Moreira, José Oswaldo Siqueira. "Tole...	0%
65	Publicación	S. Carusso, N. Rodriguez, Á. B. Juárez, Y. El Kassisse, V. Rodriguez Salemi, L. I. de C...	0%
66	Publicación	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "EIA para el Proyect...	0%
67	Publicación	Yong-Guan Zhu, Huaming Guo, Prosun Bhattacharya, Jochen Bundschuh, Arslan ...	0%

68	Internet	medintensiva.org	0%
69	Internet	repositorio.utn.edu.ec	0%
70	Internet	theconversation.com	0%
71	Publicación	Correa, Luis Jair Ayala. "Adsorción de Cadmio y Cromo en Solución Acuosa Media..."	0%
72	Publicación	Julián Pérez-Falcón, Hernan Ramirez-Asis, Jesús Gerardo Quiñonez-Poma, Edgard ...	0%
73	Publicación	KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.. "EIA del Proyecto Constancia-IGA0000697", ...	0%
74	Publicación	SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "Plan de Cese Temporal de Activida..."	0%
75	Publicación	SNC LAVALIN PERU S.A.. "Segundo ITS de la MEIA de la Unidad Minera Cerro Lind..."	0%
76	Internet	eprints.ucm.es	0%
77	Internet	www.ulacit.ac.cr	0%
78	Publicación	DQ ASESORIA & CONSULTORIA E.I.R.L.. "Modificación y Actualización del Plan de C..."	0%
79	Publicación	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA Modificación ..."	0%
80	Publicación	de Oliveira Toloto, Matheus. "Efeito da Aplicação de Biochar e Zeólitos na Imobiliz..."	0%
81	Internet	prezi.com	0%

82	Internet	repositorio.ug.edu.ec	0%
83	Internet	repositorio.unjfsc.edu.pe	0%
84	Internet	repositorio.untrm.edu.pe	0%
85	Internet	www.przetargi.info	0%
86	Internet	www.statkraft.com.pe	0%
87	Internet	www2.deloitte.com	0%
88	Publicación	Ana M. Guerrero-Padilla, Carlos F. Cabrera-Carranza. "Calidad de agua de uso agrí...	0%
89	Publicación	KLOHN CRIPPEN BERGER S.A.. "MEIA del Proyecto Minero Antamina por Incremen...	0%
90	Publicación	Ramirez Villarin, Lorraine Judith. "The Relationship Between Place Attachment an...	0%
91	Publicación	SNC LAVALIN PERU S.A.. "Tercera MEIA-D de la Unidad Minera las Bambas-IGA000...	0%
92	Publicación	Salmani-Ghabeshi, S., M.R. Palomo-Maron, E. Bernalte, F. Rueda-Holgado, C. Mir...	0%
93	Internet	bioone.org	0%
94	Internet	docplayer.es	0%
95	Internet	repositorio.udec.cl	0%

96	Internet	tesis.usat.edu.pe	0%
97	Internet	www.chicagotribune.com	0%
98	Internet	www.frsf.utn.edu.ar	0%
99	Internet	www.rionegro.com.ar	0%
100	Internet	www.un.org	0%
101	Internet	Amaya, Martín, Saldarriaga, David. "Las aguas marino-costeras de caleta Cancas, ...	0%
102	Publicación	O Campana, A Rodríguez, J Blasco. "Bioavailability of heavy metals in the Guadale...	0%
103	Publicación	Quispe Salas, Yane Natividad. "Gestion del agua para riego de areas verdes en el ...	0%
104	Publicación	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA de Perforació...	0%
105	Internet	bibliotecas.unsa.edu.pe	0%
106	Internet	consumer.healthday.com	0%
107	Internet	edoc.pub	0%
108	Internet	elmundoentusmanosus.blogspot.com	0%
109	Internet	es.oneworld.net	0%

110	Internet	ewwaunel.wordpress.com	0%
111	Internet	jalayo.blogspot.com	0%
112	Internet	laguajirahoy.com	0%
113	Internet	noticiascd.mx	0%
114	Internet	renati.sunedu.gob.pe	0%
115	Internet	repositorio.ana.gob.pe	0%
116	Internet	repositorio.continental.edu.pe	0%
117	Internet	repositorio.ucss.edu.pe	0%
118	Internet	repositorio.unb.br	0%
119	Internet	revistas.unac.edu.co	0%
120	Internet	revistas.unjbg.edu.pe	0%
121	Internet	ria.utn.edu.ar	0%
122	Internet	sisbib.unmsm.edu.pe	0%
123	Internet	tesis.pucp.edu.pe	0%

124	Internet	trid.trb.org	0%
125	Internet	wildlife.onlinelibrary.wiley.com	0%
126	Internet	www.aguascordobesas.com.ar	0%
127	Internet	www.caatvalencia.es	0%
128	Internet	www.docstoc.com	0%
129	Internet	www.hannainst.cl	0%
130	Internet	www.leon.gob.mx	0%
131	Internet	www.linguee.com	0%
132	Internet	www.museonoelkempff.org	0%
133	Internet	www.unido.org	0%
134	Publicación	Чудић, Владица В.. "Могућност Примене Процеса Ремедијације Земљишта З...	0%
135	Publicación	"13th European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases", Clinic...	0%
136	Publicación	Antonio García Barberá. "Study of the Degradation of New Lubricant Oil Formulat...	0%
137	Publicación	Avila-Perez, P.. "Heavy metal concentrations in water and bottom sediments of a ...	0%

138	Publicación	CURBA Y ASOCIADOS S.A.C.. "EIA del Proyecto Centrales Hidroeléctricas Tingo I, Ti...	0%
139	Publicación	Diaz Lopez, Oliver. "Tecnología de Biorreactores de Membrana Como Tratamient...	0%
140	Publicación	GREEN ENVIRONMENT S.A.C.. "DAA de la Planta de Elaboración de Fertilizantes y ...	0%
141	Publicación	KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.. "Tercera MEIA-SD del Proyecto de Exploraci...	0%
142	Publicación	Luis Fernández, Luis Yanchatipán. "Cadmium in the Soil and its Presence in Cocoa...	0%
143	Publicación	MD Galindo-Riaño, L Castellón, K González, M García-Vargas. "Development and o...	0%
144	Publicación	SCAMEC S.A.C.. "PAP de los Componentes Auxiliares de la Central Hidroeléctrica L...	0%
145	Publicación	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA del Proyecto ...	0%
146	Internet	cec.org	0%
147	Internet	cn365.com.ar	0%
148	Internet	idoc.pub	0%
149	Internet	ikua.iiap.gob.pe	0%
150	Internet	karenluna.wordpress.com	0%
151	Internet	link.springer.com	0%

152	Internet	novascientia.delasalle.edu.mx	0%
153	Internet	portais.univasf.edu.br	0%
154	Internet	pt.scribd.com	0%
155	Internet	repositorio.uandina.edu.pe	0%
156	Internet	repositorio.ujcm.edu.pe	0%
157	Internet	repositorio.ulc.edu.pe	0%
158	Internet	repositorio.unj.edu.pe	0%
159	Internet	vdocuments.mx	0%
160	Internet	www.consortio.org	0%
161	Internet	www.elsiglo.com	0%
162	Internet	www.paot.org.mx	0%
163	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	0%
164	Internet	www.scielo.org.co	0%
165	Publicación	KLOHN CRIPPEN BERGER S.A.. "ITS para la Modificación del Método Constructivo ...	0%

166	Internet	doczz.es	0%
167	Publicación	CESEL S A. "Primera MEIA de la Unidad Minera Casapalca-IGA0000614", R.D. N° 18...	0%
168	Publicación	ERM PERU S.A.. "PMA para la Instalación y Operación de la Planta Compresora KP ...	0%
169	Publicación	Natalia Seco-Reigosa, María J. Fernández-Sanjurjo, Avelino Núñez-Delgado, Laura ...	0%
170	Publicación	Piotr Maloszewski, Stanislaw Witczak, Grzegorz Malina. "Groundwater Quality Su...	0%
171	Publicación	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "ITS del Proyecto PI...	0%
172	Internet	moam.info	0%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



Evaluación de concentración de metales pesados en las aguas del río Tingo-Maygasbamba, del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, 2023.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

AUTOR

Bach. Yan Idelson Ruiz Rubio

ASESOR

Dr. Azucena Chávez Collantes


COASESOR

M.Sc. Eisner Will Castillo Rojas

CHOTA – PERÚ

AGOSTO, 2024


M. Sc. Azucena Chávez Collantes
CIP N°203685


Ing. Eisner Will Castillo Rojas



Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

REG. N° 002-2024-FCA

Siendo las 13:00 horas, del día 04 de setiembre de 2024, los miembros del Jurado de Tesis titulada: Evaluación de concentración de metales pesados en las aguas del río Tingo-Maygasbamba, del distrito de Hualgayoc, provincia de Hualgayoc, 2023, integrado por:

1. M.Sc. Jose Magno Quiroz Gonzales (Presidente)
2. M.Sc. Ever Nuñez Bustamante (Secretario)
3. M.Sc. Dennis Alvarino Cieza Tarrillo (Vocal)

Sustentada de manera presencial por Yan Idelso Ruiz Rubio, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerdan Aprobar la tesis, calificándola con la nota de: quince (15), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional.

Colpa Matara, 04 de setiembre del 2024

M.Sc. Jose Magno Quiroz Gonzales
Presidente

M.Sc. Ever Nuñez Bustamante
Secretario

M.Sc. Dennis Alvarino Cieza Tarrillo
Vocal

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por darme la vida, la fortaleza y la perseverancia necesarias para alcanzar este importante logro en mi formación profesional. Su presencia me ha guiado y sostenido en cada paso de este camino.

Con profundo cariño, dedico este trabajo a mis padres, María y Gerardo. Ellos han sido mi mayor inspiración, brindándome consejos valiosos y un apoyo constante, tanto moral como económico. Han sido el pilar en mi vida, guiándome siempre hacia la superación personal y profesional, y su ayuda ha sido incondicional, especialmente en los momentos más difíciles.

También quiero expresar mi gratitud a mis hermanos, Luis Ángel y Luz Irene, quienes han estado a mi lado en todo momento, ofreciéndome su apoyo incondicional y motivándome a continuar con mis estudios. Su compañía y aliento han sido fundamentales durante todo este proceso.

A cada uno de ustedes, mi más sincero agradecimiento por haber sido parte esencial en este camino hacia la consecución de mis metas.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento:

En primer lugar, a Dios, por iluminar mi camino y ser mi guía constante en la búsqueda de la superación. Su fortaleza, fe y optimismo me han permitido enfrentar con éxito cada obstáculo y dificultad que se ha presentado en mi vida.

A mis queridos padres, quienes han sido el pilar fundamental de mi existencia. Su apoyo incondicional, incluso en medio de las adversidades, ha sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante y alcanzar mis metas.

Extiendo un especial agradecimiento a la Dra. Chávez Collantes Azucena y al M.Sc. Eisner Will Castillo Rojas, cuya valiosa guía y asesoramiento fueron esenciales durante la elaboración y ejecución de mi tesis. Su dedicación y compromiso con mi formación han sido invaluable.

Asimismo, a todos los docentes que me han acompañado a lo largo de mi formación profesional, agradezco por haberme transmitido no solo conocimientos, sino también la pasión por aprender y crecer.

Finalmente, mi gratitud a todas aquellas personas que, de una manera u otra, se involucraron y contribuyeron con pequeños pero significativos aportes a lo largo de este proceso. Cada gesto, palabra de aliento y acto de apoyo ha dejado una huella imborrable en mi camino hacia la culminación de esta etapa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	18
AGRADECIMIENTO.....	20
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	29
1.1. Planteamiento del problema.....	29
1.2. Formulación del problema	33
1.3. Justificación	33
1.4. Objetivos de la investigación	34
1.4.1. Objetivo general	34
1.4.2. Objetivos específicos.....	34
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	35
2.1. Antecedentes del estudio	35
2.1.1. Internacionales	35
2.1.2. Nacionales	36
2.1.3. Regionales	37
2.2. Bases teórico – científicas.....	39
2.2.1. El agua	39
2.2.2. Parámetros fisicoquímicos del agua	39
2.2.3. Metales pesados.....	41
2.2.4. Fuentes de contaminación con metales pesados	43
2.2.5. Monitoreo de la calidad del agua	45
2.2.6. Estándares de Calidad Ambiental (ECA)	46
2.2.7. Métodos de evaluación de metales pesados en el agua	48
2.2.8. Caudales y su relación con los metales pesados	49
2.2.9. Parámetros del agua y su relación con los metales pesados	49

2.3.	Marco conceptual	51
2.3.1.	Agua	51
2.3.2.	Aguas superficiales.....	51
2.3.3.	Parámetros fisicoquímicos del agua	51
2.3.4.	Metales pesados.....	51
2.3.5.	Fuentes de contaminación de agua	52
2.3.6.	Contaminación del agua	52
2.3.7.	Contaminación de agua con metales pesados	52
2.3.8.	Monitoreo de la calidad de agua	52
2.3.9.	Muestra	53
2.3.10.	Muestreo	53
2.3.11.	Estaciones de monitoreo	53
2.3.12.	Frecuencia de monitoreo.....	53
2.3.13.	Métodos de monitoreo	53
2.3.14.	Espectrofotometría	53
2.3.15.	Estándares de Calidad Ambiental	54
2.3.16.	Cadena de custodia.....	54
2.4.	Hipótesis	54
2.5.	Operacionalización de variables.....	55
CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO.....		56
3.1.	Tipo y nivel de la investigación	56
3.1.1.	<i>Tipo de investigación</i>	56
3.1.2.	<i>Nivel de investigación</i>	56
3.2.	Diseño de la investigación	56
3.3.	Métodos de investigación	57

3.3.1. Ubicación.....	57
3.3.2. Ubicación de puntos de muestreo	59
3.3.3. Medición del caudal	59
3.3.4. Muestreo de agua	60
3.3.5. Traslado de muestras al laboratorio	61
3.4. Población, muestra y muestreo	62
3.4.1. Población	62
3.4.2. Muestra	62
3.4.3. Muestreo	62
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	62
3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	62
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos	63
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	63
3.7. Aspectos éticos.....	64
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1. Descripción de resultados	65
4.1.1. Prueba de normalidad	65
4.1.2. Concentraciones de parámetros fisicoquímicos del río Tingo-Maygasbamba	65
4.1.3. Concentración de los metales pesados del río Tingo-Maygasbamba.....	67
4.1.4. Análisis de correlación entre variables	69
4.1.5. Comparación de la concentración de los metales pesados con los ECA de agua – C3 ...	72
4.2. Contrastación de hipótesis.....	75
4.3. Discusión de resultados.....	75
4.3.1. Parámetros fisicoquímicos	75
4.3.2. Concentración de los metales pesados.....	76

4.3.3. Comparación de la concentración de metales pesados con los ECA de agua – C3	77
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
5.1. Conclusiones.....	79
5.2. Recomendaciones	80
CAPÍTULO VI REFERENCIAS.....	81
CAPÍTULO VII ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Procesos para el monitoreo de la calidad de agua	46
Tabla 2 Estándares de Calidad Ambiental para los parámetros evaluados	47
Tabla 3 Operacionalización de variables.....	55
Tabla 4 Ubicación de los puntos de muestreo	59
Tabla 5 Puntos de muestreo y características	61
Tabla 6 Resultados del test de normalidad (Shapiro-Wilk) para las concentraciones de metales pesados	65
Tabla 7 Análisis de Varianza (ANOVA) de los parámetros fisicoquímicos del agua del Río Tingo – Maygasbamba	67
Tabla 8 Análisis de varianza (ANOVA) de los metales pesados del agua del Río Tingo- Maygasbamba	69
Tabla 10 Valores estadísticos de la prueba de hipótesis t – Studen.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fuentes de contaminación por metales pesados	45
Figura 2 Mapa de ubicación del estudio.....	58
Figura 3 Correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos y metales pesados.....	72
Figura 4 Comparación de las concentraciones de los metales evaluados con las ECA de agua – Categoría 3.....	74
Figura 5 Procedimiento previo a la toma de muestras para evaluación de metales pesados	110
Figura 6 Obtención de la muestra para la evaluación de concentración de metales pesados.....	110
Figura 7 Procedimiento previo a la toma de muestras para evaluación de DBO ₅	111
Figura 8 Obtención de la muestra para la evaluación de DQO	111
Figura 9 Procedimiento previo a la obtención de la muestra para la evaluación de DBO ₅	112
Figura 10 Obtención de la muestra para la medición DBO ₅ añadido preservante de H ₂ SO ₄	112
Figura 11 Obtención de la muestra para la evaluación de oxígeno disuelto	113
Figura 12 Calibración de multiparámetro HQ40d	113
Figura 13 Medición de parámetros con ayuda del multiparámetro HQ40d.....	114
Figura 14 Sellado y preparación de las muestras para su transporte a laboratorio	114

RESUMEN

La minería viene ocasionando impactos negativos en la calidad del agua, afectando los ecosistemas y la salud de los seres humanos. El objetivo del estudio fue evaluar la concentración de metales pesados en las aguas del río Tingo-Maygasbamba (RTM). Se establecieron tres puntos de monitoreo teniendo en cuenta la influencia minera de la zona. Se tomaron seis muestras y se evaluaron los parámetros fisicoquímicos caudal, pH, temperatura, conductividad (CE), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Oxígeno Disuelto (OD); y metales pesados Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Arsénico (As). Se obtuvieron valores de caudal de 5.4 a 60.5 l/s, pH de 7.61 a 7.67, temperatura de 18 a 20 °C, CE de 874 a 891 $\mu\text{S cm}^{-1}$, y OD de 7 a 7.3 mg L⁻¹. La DQO y la DBO₅ fueron inferiores al Límite de Cuantificación del Método (LCM), con valores de <8.6 y <6.2 mgO₂ L⁻¹, respectivamente. En cuanto a los metales pesados, los valores de Pb, Cd, Cr y As también fueron inferiores a los LCM, con 0.004; 0.002; 0.003 y 0.005 mg L⁻¹, respectivamente, mientras que la concentración de Fe varió de 117 a 139 mg L⁻¹ y la de Al de 0.043 a 0.094 mg L⁻¹. Las concentraciones obtenidas presentan homogeneidad entre los puntos evaluados y se encuentran por debajo de los ECA de agua Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Palabras clave: calidad del agua, actividades mineras, parámetros fisicoquímicos, metales pesados.

ABSTRAC

Mining has been causing negative impacts on water quality, affecting ecosystems and human health. The objective of the study was to evaluate the concentration of heavy metals in the waters of the Tingo-Maygasbamba River (RTM). Three monitoring points were established taking into account the mining influence in the area. Six samples were taken and the following physicochemical parameters were evaluated: flow, pH, temperature, conductivity (EC), Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD), and the concentration of heavy metals in the water of the Tingo-Maygasbamba river (RTM). Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) and Dissolved Oxygen (DO); and heavy metals Lead (Pb), Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Iron (Fe), Aluminum (Al) and Arsenic (As). Flow values were obtained from 5.4 to 60.5 l/s, pH from 7.61 to 7.67, temperature from 18 to 20 °C, EC from 874 to 891 $\mu\text{S cm}^{-1}$, and DO from 7 to 7.3 mg L^{-1} . COD and BOD₅ were below the Limit of Quantification Method (LCM), with values of <8.6 and <6.2 $\text{mgO}_2 \text{ L}^{-1}$, respectively. As for heavy metals, the values of Pb, Cd, Cr and As were also lower than the LCM. As were also lower than LCM, with 0.004; 0.002; 0.003 and 0.005 mg L^{-1} , respectively, while Fe concentration ranged from 117 to 139 mg L^{-1} and Al concentration from 0.04 to 0.005 mg L^{-1} , respectively. and that of Al from 0.043 to 0.094 mg L^{-1} . The concentrations obtained show homogeneity among the points evaluated and are below the Environmental Quality Standards (EQS). Environmental Quality Standards (EQS) for Category 3 water: vegetable irrigation and animal drinking water, established in and animal drinking water, established in Supreme Decree 004-2017-MINAM.

Keywords: water quality, mining activities, physicochemical parameters, heavy metals.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El agua es un recurso de vital importancia para la vida en la tierra y cumple un rol fundamental en casi todos los espacios de nuestro planeta (Dueñas y Hinojosa, 2021); es indispensable para mantener la biodiversidad, la regulación del clima, la supervivencia de los animales y la salud de los seres humanos (Naciones Unidas, 2021); promueve e impulsa el desarrollo económico a través de la agricultura para la producción de alimentos, en la industria es crucial para procesos industriales, y genera oportunidades para promover la recreación y el turismo, aspectos fundamentales para el progreso económico de las naciones (Banco Mundial, 2023).

El agua a pesar de ser el recurso más importante, es también el más contaminado debido a las actividades antrópicas (Ramos, 2024). La contaminación no solo afecta la calidad del recurso, sino que, también genera impactos negativos en la salud y el crecimiento económico, estos son aspectos fundamentales para el desarrollo sostenible (Villena, 2018). Una de las principales causas es el manejo inadecuado de los residuos industriales ha provocado la contaminación del ambiente con elementos orgánicos e inorgánicos, los cuales persisten y se dispersan especialmente en los medios acuáticos, causando desequilibrios en los ecosistemas. (Velázquez et al., 2023). Las actividades relacionadas a la minería son una de las principales responsables de la liberación de contaminantes difíciles de tratar, tales como los metales pesados (As, Cd, Pb, Fe, Al, Zn, Cr) y otras sustancias tóxicas (Huaranga et al. 2021). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) aproximadamente 20 países en el mundo tienen problemas de contaminación por metales pesados; afectando entre 94 y 220 millones de seres humanos, con mayores incidencias en Argentina, Bangladesh, Camboya, Chile, China, Estados Unidos, India, México, Pakistán y Vietnam (Podgorski & Berg, 2020).

La contaminación por metales pesados en Perú es un problema grave que afecta a diversas regiones a nivel nacional. Se estima que al menos el 95% de los ríos y lagos en el país están contaminados con metales pesados (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2021), exponiendo al 31.15% de la población, donde las regiones de Moquegua, Cusco, Ucayali y Lambayeque presentan porcentajes de riesgo a contaminación de 90, 96, 99 y 100% respectivamente (Defensoría del Pueblo, 2021). Las estadísticas descritas son realmente alarmantes, debido a que estos causan un problema ambiental grave, ya que son altamente tóxicos para los organismos con los que entran en contacto después de ser liberados (Pabón et al., 2021), además en la salud de las personas expuestas producen graves consecuencias como el cáncer a la piel y órganos (Benavente et al., 2022).

Es importante que las autoridades de los diferentes niveles de gobierno tomen medidas urgentes para controlar y mitigar la contaminación por metales pesados en el país, mediante la aplicación de leyes más estrictas y la implementación de tecnologías más limpias en la minería y otras industrias. Además, es fundamental concientizar a la población sobre los riesgos de la contaminación por metales pesados y promover prácticas más sostenibles en el uso de los recursos naturales. Por lo tanto, la evaluación exhaustiva de la concentración de metales pesados en el agua y sus consecuencias para la biodiversidad y la salud pública, es de gran importancia para reducir los problemas ambientales y de salud, evitando de esta manera la acumulación constante de metales pesados que puede desencadenar un efecto perturbador y debilitante en la flora y fauna ribereña, lo que afecta la calidad del agua y las funciones hídricas de ríos y otros cuerpos de agua (Correa et al., 2021).

En el ámbito local, Hualgayoc es una de las provincias del Perú que sufre mayor impacto por la actividad minera. En un estudio realizado en 2016 se identificó la presencia de 1067 pasivos ambientales, lo que representó el 12% de los reportados a nivel nacional y el 90% a nivel de Cajamarca (Valdivia, 2022). Estos pasivos provienen de las minas Cleopatra, Los Negros, Tahona,

Colquirumi, San Nicolás, Sinchao, Cerro Corona y la Gold Fields que afectan a toda la cuenca del Llaucano, además a los ríos Tingo-Maygasbamba, Hualgayoc y Arascogue (Echavé, 2019). Becerra (2019) estudió la calidad del agua en el río Tingo Maygasbamba, donde encontró concentraciones en Fe de hasta 382.5 mg L^{-1} y de Mn hasta 71.7 mg L^{-1} , valores que sobrepasan los ECA establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM. Vásquez (2019) encontró concentraciones en Pb de 6.44 mg L^{-1} ; al igual que Aguirre y Huamán (2019) quienes encontraron concentraciones As de 8.24 mg L^{-1} ; Cu de 18.79 mg L^{-1} ; Fe de 442.8 mg L^{-1} ; Pb de 0.180 mg L^{-1} y Zn de 43.67 mg L^{-1} ; todos excedieron los ECA a excepción del Pb.

Es evidente la contaminación por metales pesados en la provincia de Hualgayoc, así lo confirma las Naciones Unidas (2022) en su estudio realizado a nivel de la región de Cajamarca, donde afirma que el 70% de la población consume agua con metales pesados y el 100% de pobladores bambamarquinos tienen As en la sangre; así mismo, en el año 2015 en la población de Hualgayoc se analizaron a 362 personas de las cuales más del 50% presentaron contaminación por As (Cholán, 2015). La situación es preocupante teniendo en cuenta que el río Tingo Maygasbamba favorece aproximadamente a 16 mil pobladores ubicados a lo largo de la microcuenca y el agua principalmente es utilizada para la ganadería y agricultura (Vásquez, 2019).

Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo general: Evaluar la concentración de metales pesados en las aguas del río Tingo-Maygasbamba; teniendo de conocimiento que actualmente algunas de las minas con influencia en el río en estudio ya no están funcionando, además considerando el precedente en el año 2018 donde la minera Gold Fields tuvo un problema de derrame de relaves mineros, situación que requirió de la intervención del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) para realizar una exhaustiva investigación y determinar responsables y posteriores sanciones, situación que ha podido servir para que otras mineras que vienen laborando utilicen métodos más eficientes para el control y eviten contaminar las fuentes naturales de agua. En función a lo descrito yace la importancia que llevó a desarrollar

la presente investigación, que será útil para determinar el estado actual del río Tingo-Maygasbamba.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la concentración de metales pesados en las aguas del río Tingo-Maygasbamba del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc?

1.3. Justificación

La presencia de metales en el agua representa un alto índice de peligro para la salud tanto humana como también de el medio ambiente (Aveiga et al., 2022). Estos compuestos son altamente tóxicos y pueden causar daños significativos en distintos sistemas biológicos, incluyendo el sistema nervioso, pulmonar, hepático y reproductivo (Palacios y Moreno, 2022). Además, la contaminación por metales pesados puede provocar efectos adversos en los diferentes ecosistemas (Novoa et al., 2022).

Por lo tanto, fue necesario realizar la investigación de análisis de metales pesados en el agua del río Tingo-Maygasbamba para evaluar la calidad actual del recurso hídrico, considerando que en la época de sequía la población utiliza con mayor intensidad este recurso para la agricultura y ganadería. De esta manera se contribuye generando información y datos relevantes para la toma de decisiones por parte de autoridades, industrias y la sociedad en general, que permitan implementar estrategias efectivas de gestión ambiental para mitigar los impactos negativos.

Asimismo, otros investigadores pueden tomar como guía los resultados que se ha obtenido, para incrementar el conocimiento sobre este tema y para aquellos que aún no tienen experiencia en la investigación, pero estén interesados en el tema abordado, les será útil como guía para definir la metodología y estructura de las investigaciones similares.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la concentración de metales pesados en las aguas del río Tingo-Maygasbamba del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de conductividad eléctrica, pH, temperatura, DQO, DBO₅ y OD del agua del río Tingo-Maygasbamba del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.
- Determinar la concentración de plomo, cadmio, cromo, hierro, aluminio y arsénico en el agua del río Tingo-Maygasbamba, del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.
- Comparar las concentraciones de los parámetros evaluados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Internacionales

Mancilla et al. (2023) en su estudio evaluaron los metales pesados en los ríos Ayuquila y Armería en México con el objetivo de identificar la concentración de metales pesados. Estudio de enfoque cuantitativo donde establecieron 18 puntos de monitoreo, tomaron 36 muestras en época seca y lluviosa dando como resultados valores promedio de 0.004 mg L⁻¹ en As; 0.003 mg L⁻¹ en Cr; 0.003 mg L⁻¹ en Hg, 0.002 mg L⁻¹ en Pb y 0.0007 mg L⁻¹ en Cd. Concluyeron que solo el Hg y el Pb sobrepasaron los límites de la normativa mexicana con las concentraciones más altas en temporada lluviosa.

Brito et al. (2022) en su estudio evaluaron los metales pesados en el río Cuchipampa, Ecuador con el objetivo de determinar la contaminación en el agua y comparar con los límites de la normativa ecuatoriana. Estudio de enfoque cualitativo cuantitativo donde establecieron cuatro estaciones de monitoreo en un tramo de 5 km y tomaron 12 muestras en temporada de lluvia. Obtuvieron concentraciones en pH de 6.95 a 7.75; As 0.03 mg L⁻¹; Hg 0.00014 mg L⁻¹ y Pb de 0.001 a 0.0046 mg L⁻¹. Concluyeron que el Pb y el Hg sobrepasan los límites permisibles, de esta manera confirmaron contaminación por metales en la fuente estudiada.

Enamorado et al. (2022) estudiaron los metales pesados en el río Cauca, Colombia con el objetivo de evaluar la contaminación y las fuentes de la misma. Estudio de tipo cuantitativo donde seleccionaron 13 puntos de monitoreo en un tramo del río y tomaron 26 muestras en época de lluvia y estiaje. Obtuvieron valores en Pb de 0.00049 a 0.02 mg L⁻¹; Cd de 0.00011 a 0.00031 mg L⁻¹; As de 0.002 a 0.008 mg L⁻¹; Hg de 0.032 a 0.18 mg L⁻¹ y Mn de 0.74 a 4.12 mg L⁻¹. Concluyen que existe contaminación debido a que el Pb, Hg y Mn sobrepasan los límites permisibles de la normativa colombiana, además afirman que el origen de contaminación proviene de la actividad

minera.

Quirós et al. (2022) en su investigación de estableció obtener el grado de concentración de metales en diferentes ríos en Costa Rica con el propósito de determinar la calidad de agua. Estudio descriptivo cuantitativo para el cual establecieron 26 estaciones de monitoreo y tomaron 182 muestras durante 14 meses en época seca y lluviosa. Obtuvieron valores en Pb de 0.012 a 0.044 mg L⁻¹; Cr de 0.016 a 0.202 mg L⁻¹; Cu de 0.021 a 0.142 mg L⁻¹; As de 0.007 a 0.7 mg L⁻¹; Ni de 0.029 a 0.197 mg L⁻¹ y Hg de 0.005 a 0.205 mg L⁻¹. Además, establecen la presencia de Cu en el 92.3% de los ríos; Cr en 84.6%; Pb en el 15.4%; Ni en el 57.7%; Hg en el 61.5% y As solamente en un río. Concluyen que existe presencia de contaminación por metales pesados en todos los ríos evaluados y todas las concentraciones sobrepasan los límites de la normativa de Costa Rica.

2.1.2. Nacionales

Polo y Cotrina (2023) estudiaron los metales pesados en el río Yauli en Junín con la finalidad de establecer la presencia de contaminación. Estudio descriptivo comparativo para lo cual determinaron dos estaciones de monitoreo, tomaron cuatro muestras en estiaje y lluvia. Obtuvieron concentraciones promedio de 0.13 mg L⁻¹ en Cu; 0.02 mg L⁻¹ en Pb; 0.00095 mg L⁻¹ en Cd; 0.976 mg L⁻¹ en Mn y 0.239 mg L⁻¹ en Zn. Concluyeron que solamente el Mn sobrepasa los ECA, además mencionan que los pobladores utilizan el agua del río para regadíos y bebida de sus animales, por lo tanto, afirman que, aunque exista bajas concentraciones en algunos de los metales pesados, estos por acumulación ocasionaran daños en la salud de la población debido al consumo de vegetales y carne.

Contreras y Escobar (2022) estudiaron los parámetros fisicoquímicos y metales pesados en el río Opamayo, Huancavelica con el ineteres de verificar si se cumple con los ECA. Investigación aplicada de nivel descriptivo donde establecieron cinco puntos de muestreo, tomaron 20 muestras en época seca y lluviosa, y obtuvieron concentraciones en pH de 7.6 a 7.98; DBO₅ de 3.226 a 16.92 mg L⁻¹; OD de 5.492 a 6.642 mg L⁻¹; y valores promedio en metales pesados de 0.033 en As; 0.002

mg L⁻¹ en Cd; 0.022 mg L⁻¹ en Cu; 0.00028 mg L⁻¹ en Hg y 0.032 mg L⁻¹ en Pb. Concluyen que la DBO₅, OD y el contenido de Pb sobrepasan los ECA.

Riveros y Huamán (2022) evaluaron los metales pesados en el río Escalera en Huancavelica para determinar las concentraciones y comparar con los ECA. Estudio de tipo aplicado de nivel explicativo para lo cual establecieron dos puntos de monitoreo en un tramo de 2 km donde tomaron ocho muestras en temporada de lluvia. Obtuvieron concentraciones promedio de 0.070 mg L⁻¹ en As; 0.042 mg L⁻¹ en Cd; 0.202 mg L⁻¹ en Cu; 0.00010 mg L⁻¹ en Hg; 0.198 mg L⁻¹ en Pb y 11.580 mg L⁻¹ en Zn. Concluyen que la presencia de metales como Cd y Pb sobrepasaron los ECA para agua – C3 (riego de vegetales y bebida de animales).

Nima (2020) evaluó presencia de metales en el río Quiroz en Piura para obtener el porcentaje de contaminación que se presenta. Estudio cuantitativo de nivel descriptivo para el cual estableció siete puntos de monitoreo, tomó 28 muestras en época lluviosa. Obtuvo valores en pH de 6.45 a 8.61; temperatura de 27.6 a 31.4 °C; Cr de 0.449 a 1.326 mg L⁻¹; Pb entre 0.059 a 0.091 mg L⁻¹; As de 0.003 a 0.077 mg L⁻¹; Hg de 0.043 a 0.089 mg L⁻¹ y Cn de 0.290 a 0.809 mg L⁻¹. Concluye que el agua en el río presenta contaminación por metales con valores que sobrepasan los ECA – Categoría 3 representando potencial riesgo para la salud de las personas consecuencia de los vertimientos mineros.

2.1.3. Regionales

Guevara y Marín (2021) evaluaron metales pesados en el río Michiquillay en Cajamarca con la finalidad de determinar las concentraciones y comparar con los ECA. Estudio cuantitativo de nivel descriptivo transversal en el cual establecieron cuatro estaciones de monitoreo y realizaron un solo muestreo en temporada de lluvia. Llegaron a obtener concentraciones en pH de 4 a 7; As de 0.0002 a 0.0075 mg L⁻¹; Cd de 0.00007 a 0.0014 mg L⁻¹; Cu de 0.0124 a 1.2647 mg L⁻¹; Fe de 0.34 a 5.32 mg L⁻¹ y Pb de 0.00005 a 2.63 mg L⁻¹. Concluyen que el Cu y Fe exceden los ECA para agua de Categoría 3 y según el índice de calidad, el agua del río Michiquillay es de calidad

regular.

Núñez et al. (2021) estudiaron el índice de acción que provoca la presencia de efluentes mineros en el medio de especies macro invertebrados acuáticos en la parte alta del río Tingo, Cajamarca con el objetivo de identificar los parámetros fisicoquímicos y metales pesados en el agua. Establecieron tres estaciones de monitoreo (E1: cercana al origen del río; E2: cerca de la zona de influencia mina Coimolache; E3: cerca de la zona de influencia mina Gold Fields) y tomaron muestras en época seca (octubre), lluvia (marzo) y transición (junio), aplicaron la metodología de la ANA (2016). Obtuvieron valores en caudal de 5.39 a 111.75 l/s; pH de 4.45 a 7.8; temperatura de 12.4 a 13.6 °C; OD de 2.18 a 4.37 mg L⁻¹; Al de 0.13 a 2.49 mg L⁻¹; Cu de 0.02 a 0.09 mg L⁻¹; Fe de 0.12 a 2.93 mg L⁻¹; Mn de 0.01 a 0.19 mg L⁻¹ y Pb de <0.005 a 0.19 mg L⁻¹. Concluyeron que las muestras de la E1 presentaron mejor calidad de agua a diferencia de la E2 y E3 evidenciando influencia de los vertimientos mineros; además definen que el pH, OD y Pb exceden los ECA para agua de Categoría 4 (Conservación del ambiente acuático).

Sánchez (2019) estudió los metales pesados en los ríos Paltíc, Chongoyapito y Ingueryacu, Querocotillo, Cajamarca con el propósito de identificar las concentraciones y compararlos con los ECA. Estudio descriptivo donde estableció cuatro estaciones de monitoreo, tomó 12 muestras en temporada de lluvia y estiaje. Obtuvo resultados para la E1 (río Paltíc), valores en Al de 0.120 a 0.148 mg L⁻¹; As de <0.003 a 0.007 mg L⁻¹; Cd <0.002 mg L⁻¹; Fe de 0.104 a 0.112 mg L⁻¹ y Pb <0.003 mg L⁻¹. En la E2 (río Chongoyapito) obtuvo valores en Al de 0.118 a 0.178 mg L⁻¹; As de <0.003 a 0.007 mg L⁻¹; Cd <0.002 mg L⁻¹; Fe de 0.050 a 0.097 mg L⁻¹ y Pb <0.003 mg L⁻¹. En la E3 (río Ingueryacu P. A) valores en Al de 0.112 a 0.160 mg L⁻¹; As <0.003 mg L⁻¹; Cd <0.002 mg L⁻¹; Fe de 0.064 a 0.087 mg L⁻¹ y Pb <0.003 mg L⁻¹. En la E4 (río Ingueryacu P. B) valores en Al de 0.116 a 0.161 mg L⁻¹; As de <0.003 a 0.006 mg L⁻¹; Cd <0.002 mg L⁻¹; Fe de 0.067 a 0.099 mg L⁻¹ y Pb de <0.003 a 0.004 mg L⁻¹. Concluye que la E1 presentó mayores concentraciones de metales pesados, pero aun así no superan los ECA.

Aguirre y Huamán (2019) evaluaron el nivel de calidad que se encontraba el agua en el río Tingo-Maygasbamba en Hualgayoc, Cajamarca con la finalidad de determinar la influencia de la mina San Nicolas. Investigación aplicada de diseño descriptivo longitudinal donde establecieron cuatro estaciones de monitoreo en un tramo de 200 metros en la zona de influencia de la mina, tomaron ocho muestras en lluvia y estiaje. Para la temporada de lluvia obtuvieron valores en pH de 3.14 a 7.65; temperatura de 13.45 a 18 °C; As de 0.013 a 26.125 mg L⁻¹; Cu de 0.045 a 75.78 mg L⁻¹; Fe de 0.925 a 1160.3 mg L⁻¹; Pb de 0.005 a 0.446 mg L⁻¹ y Zn de 0.298 a 109.15 mg L⁻¹; mientras que en época de estiaje obtuvieron valores en pH de 4.57 a 7.89; temperatura de 13.9 a 16.85 °C; As de 0.004 a 6.85 mg L⁻¹; Cu de 0.073 a 15.87 mg L⁻¹; Fe de 1.44 a 374.35 mg L⁻¹; Pb de 0.003 a 0.156 mg L⁻¹ y Zn de 0.23 a 38.57 mg L⁻¹. Con los resultados confirman la contaminación por As, Pb, Fe, Cu y Zn debido a que las concentraciones en las dos temporadas evaluadas excedieron los ECA.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. El agua

Es transparente, inodoro e incoloro, se constituye por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O); es primordial para la vida en el planeta (Mamani et al., 2022); cubre aproximadamente más del 70% de la superficie terrestre (Fernández, 2012), fundamental en casi todos los procesos biológicos (Salas et al., 2021) y está estrechamente vinculada con la salud y el desarrollo económico, por lo tanto, de esta depende el bien de los seres vivos, tanto terrestres como acuáticos y ayuda a tener un crecimiento sostenible (Villena, 2018).

2.2.2. Parámetros fisicoquímicos del agua

2.2.2.1. pH

Es un indicador que determina el nivel de acidez y asimismo también puede indicar el nivel de alcalinidad de una sustancia. La concentración de iones de hidrógeno presentes en una solución

es la cual es representada como el logaritmo negativo la cual se puede encontrar en el agua. La escala de pH oscila entre 0 y 14, donde 0 representa un alto nivel de acidez y 14 indica un alto nivel de alcalinidad, con el valor 7 como punto de neutralidad. Cuando el valor del pH sea menor a 7 esto indica que la sustancia es ácida, asimismo cuando el pH sea superior a 7, revela que es básica o alcalina (Mamani et al., 2018).

2.2.2.2. Temperatura

Es una propiedad física que determina si un objeto está caliente o frío. Se mide en grados Celsius (°C) o Fahrenheit (°F) y se utiliza para describir el nivel de calor presente en un sistema. Además, es uno de los factores fundamentales que interviene en los procesos biológicos (De La Mora et al., 2020).

2.2.2.3. Oxígeno disuelto (OD)

Esto representa la cantidad o el nivel de concentración de oxígeno que se encuentre presente en el agua, lo cual esto se encontrara en forma disuelta, esto segundo tal como indica la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2018) menciona que es un elemento de mucha importancia para indicar el grado o nivel de la calidad del agua en su superficie, asimismo menciona que oxígeno proviene de la atmósfera y de otras actividades uno de ellas es la actividad biológica en el cuerpo de agua, como la fotosíntesis. Por lo tanto, el agua que contenga altas concentraciones oxígeno disuelto es beneficioso para que se desarrolle o se lleve a cabo la vida acuática en los cuerpos de agua, ya que su medición ayuda que un cuerpo de agua pueda aumentar su capacidad de recuperación y mantener establece la retención de vida en él. Un nivel bajo de OD en el agua puede ser perjudicial o conllevar a la pérdida de la vida acuática.

2.2.2.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Según Mayarí et al. (2005) La DBO₅ esto indica la acumulación o presencia de oxígeno necesaria para los microorganismos lleven a cabo la descomposición de la materia orgánica presente o acumulada en el agua en un lapso de 5 días. Por su parte, la ANA (2018) establece que

la DBO₅ es un indicador que evalúa que porcentaje de oxígeno necesitan los microorganismos presentes en el agua para descomponer la materia orgánica en condiciones de oxígeno y se encuentre mediante el proceso de oxidación natural de degradación. Por lo cual, la evaluación de la DBO₅ hasta ahora, es la mejor forma de controlar la contaminación en los cuerpos de agua donde deben limitarse los niveles de materia orgánica para mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto (Isea et al., 2015).

2.2.2.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Según Tejada et al. (2018, citado en Morales et al., 2018) establece que la DQO es un indicador que señala la cantidad de oxígeno que va a ser utilizado por las sustancias orgánicas presentes en el agua y que pueden ser oxidadas en condiciones específicas de operación. A la vez, la ANA (2018) menciona que la cantidad de DQO se utiliza como indicador de cuanto es la acumulación de materia orgánica que se encuentre presente en las aguas de un río o lago, lo cual es crucial para identificar niveles de contaminación por aguas residuales, desechos industriales y también de vertimientos plantas de tratamiento de aguas residuales que se encuentren las zonas más altas, lo cual estos vertimientos pueden contener una alta carga orgánica en cuerpos de agua naturales.

2.2.3. Metales pesados

Son un tipo de contaminación que puede presentar problemas negativos en el ecosistema acuático del río o área donde se encuentren estos metales, asimismo también trae problemas para la salud de los seres vivos. Metales como Hg, Pb, Cd, Ar y Cr, son los metales que comúnmente pueden ser encontrados en la mayor parte de las áreas a ser estudiadas (Pabón et al, 2021). En la actualidad, los ríos son una de las principales fuentes de la contaminación por metales y aumenta la preocupación del día a día cada en la mayoría de los países que se encuentran en vías de desarrollo y no puede controlar estas contaminaciones debido a la rápida industrialización y la agricultura intensiva, lo que ha provocado un incremento en el aumento de desechos que viene a

ser vertidos en los cuerpos de agua naturales (Aveiga et al., 2022).

2.2.3.1. Plomo (Pb)

El Pb pertenece al grupo de los metales más tóxicos que se encuentren presentes en los cuerpos de agua, la exposición permanente a este metal genera consecuencias en la salud de las personas, desde dañar órganos hasta producir el cáncer (Moreno y Ramos, 2018). En contacto con los ecosistemas, el Pb puede ser peligroso para el crecimiento o supervivencia de los seres vivos que se encuentren habitando en dichas aguas, pero su nivel de toxicidad puede cambiar considerablemente con la ayuda de un aumento en tipo de agua (ANA, 2018). Por los efectos que produce este metal, Pabón et al. (2021) recomiendan tener en cuenta la toxicidad de los metales de preferencia cuando están cerca de los asentamientos humanos donde las diferentes actividades que se llevan o realizan pueden promover la contaminación con estos metales. Además, enfatizan que los monitoreos deben ser constantes para determinar los límites permitidos de metales pesados.

2.2.3.2. Cadmio (Cd)

Es un metal pesado altamente tóxico que puede llegar a contaminar el agua; existen diversas fuentes antrópicas que producen este metal, pero la principal suele ser la industria, ya sea a través de vertidos directos o a través de la lixiviación de residuos (Pabón et al., 2021). La exposición a esta sustancia puede causar graves problemas de salud (Moreno y Ramos, 2018).

2.2.3.3. Arsénico (As)

El As es altamente venenoso y tóxico, se encuentra en aguas naturales en forma de arsenato y arsenito; su origen puede ser debido a descargas industriales o al uso de insecticidas (ANA, 2018). Es claro que la fuente de mayor apogeo de la cual proviene este metal es por las actividades industriales realizadas por el ser humano, lo cual esto tiene un gran problema que se van a presentar en la vida de cada uno de los seres vivos y asimismo también en el medio ambiente, afectando a la cadena alimentaria debido a la liberación de estos elementos tóxicos. De hecho, en varias regiones de Colombia se han reportado altos niveles de indicadores que existe la presencia de

metales asociados a lo que anteriormente se habló que la principal fuente de contaminación era la industria, asimismo también la agricultura y la minería (Pabón et al., 2021).

2.2.3.4. Hierro (Fe)

El Fe es conocido por ser altamente tóxico para los seres vivos (Pabón et al., 2021). Para la ANA (2018) Es un elemento que se encuentra en gran cantidad en la corteza terrestre, sin embargo, por lo general, cabe mencionar que este contaminante se encuentra en pequeñas concentraciones de forma natural en rocas o sedimentos presentes en el agua. La forma en la que el hierro se presenta y su capacidad de disolverse en estas aguas naturales depende principalmente del pH y del potencial redox del agua. El hierro puede encontrarse en estados de oxidación +2 y +3, y su presencia en las aguas naturales se debe al aporte de la propia naturaleza del lugar. Guillen et al. (2021) advierten que, si las cantidades de este metal sobrepasa los límites establecidos en la normativa, pueden provocar dificultades relacionadas con la estética y operativo.

2.2.3.5. Aluminio (Al)

El Al es uno de los metales más comunes en la superficie terrestre y se concentra en el medio ambiente a través de fenómenos naturales como la erosión del suelo y las erupciones volcánicas, así como por la influencia del ser humano, a través de la explotación de los recursos naturales, por ejemplo, la minería. (Colpas et al., 2014). Por su parte la ANA (2018) menciona que este metal considerado el más común de encontrarse en la corteza terrestre, también es normal que se encuentre en cantidades muy pequeñas en las aguas naturales. Aunque se puede encontrar en rocas, minerales y arcillas, su presencia en aguas superficiales con un pH que sea similar al natural generalmente no excede unas pocas décimas a 1 mg L^{-1} .

2.2.4. Fuentes de contaminación con metales pesados

Las fuentes de contaminación con metales pesados son diversas y pueden clasificarse en naturales y antropogénicas. Estos contaminantes son de particular preocupación debido a su

toxicidad, persistencia en el medio ambiente y capacidad para bioacumularse en las cadenas tróficas (Alveiga et al., 2022).

Según Pabón et al. (2021) los sistemas productivos industriales utilizan metales pesados para la obtención de un producto o para la refinación del mismo. Sin embargo, el uso de estos metales conlleva un importante problema ambiental, ya que son altamente tóxicos para los seres vivos con los que entran en contacto después de ser liberados.

Figura 1

Fuentes de contaminación por metales pesados



Fuente: Brito et al. (2020).

2.2.5. Monitoreo de la calidad del agua

El monitoreo de la calidad del agua consiste en realizar un seguimiento y verificación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua (MINSA, 2011). Según Larrea et al. (2022) el uso de un índice de calidad de agua y técnicas estadísticas avanzadas son útiles en el monitoreo para comunicar de manera efectiva los resultados a los responsables de la gestión ambiental. Se sugiere utilizar estas herramientas en la evaluación de la calidad del agua en ecosistemas acuáticos.

Tabla 1*Procesos para el monitoreo de la calidad de agua*

Procesos	Descripción
Definir objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Deben estar orientados a investigar la calidad del agua
Descripción del área	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación del área para definir las estaciones de monitoreo • Parámetros físicos
Definir parámetros a evaluar	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros químicos • Parámetros microbiológicos • Metales pesados
Establecer frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> • Es preciso establecer muestreos periódicos para obtener datos representativos a lo largo del tiempo
Periodo de muestreo	<ul style="list-style-type: none"> • De preferencia en temporada de lluvia y estiaje
Establecer el método	<ul style="list-style-type: none"> • Seguir protocolos y el muestreo debe realizarse en distintos puntos.
Análisis de muestras	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis debe realizarse en laboratorios certificados
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Prever recursos humanos, técnicos y económicos • Se debe mantener un registro de los resultados de monitoreo, junto con las acciones tomadas en base a ellos. Este informe puede ser utilizado para evaluar la efectividad de las medidas implementadas y para planificar futuras acciones de mejora.
Elaboración de informes	

Fuente. Adaptado de (Batram y Ballance 1996; Behmel et al., 2016; APA, 2017, citados por Larrea et al., 2022).

2.2.6. Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Son criterios establecidos por las autoridades competentes que nos sirven para indicar o demostrar la calidad del medio ambiente en un determinado lugar; establecen el grado de acumulación de los contaminantes permitidos, tanto en el aire, el agua, el suelo o el ruido, con el objetivo de proteger la salud de las personas, los ecosistemas y la biodiversidad (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2005). Menciona que estos estándares suelen estar regulados por leyes y normativas ambientales, y su cumplimiento es de vital importancia para mantener un ambiente sano y sin ningún problema para las personas y el entorno natural (Torres, 2017).

Sánchez y Quinteros (2017) establecen que los ECA en la legislación ambiental peruana presentan una contradicción al considerar al ecosistema como un sistema complejo adaptativo (CAS), pero al mismo tiempo utilizar metas y herramientas propias de sistemas simples. Esto se refleja en dos ideas principales: la creencia de que los ecosistemas se mantienen en un estado

estacionario y la evaluación de la calidad ambiental a través de variables individuales. Sin embargo, estas premisas no tienen en cuenta la capacidad de evolución de un CAS ni los comportamientos emergentes que surgen de sus interacciones.

En Perú los ECA para agua están establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM, lineamientos determinados para diferentes categorías y subcategorías en agua. Para los fines del estudio se ha trabajado con la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Tabla 2

Estándares de Calidad Ambiental para los parámetros evaluados

Parámetros	Unidad	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Fisicoquímicos			
pH	pH	6.5 a 8.5	6.5 a 8.4
Temperatura	°C	Δ3	Δ3
Oxígeno disuelto	mg L ⁻¹	≥4	≥5
Conductividad	uS cm ⁻¹	2500	2500
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg L ⁻¹	15	15
Demanda Química de Oxígeno	mg L ⁻¹	40	40
Metales pesados			
Plomo	mg L ⁻¹	0.05	0.05
Cadmio	mg L ⁻¹	0.01	0.05
Hierro	mg L ⁻¹	5	**
Aluminio	mg L ⁻¹	5	5
Arsénico	mg L ⁻¹	0.1	0.2

Nota. Δ3: variación de 3 °C respecto al promedio mensual del lugar de evaluación; **: significa que el parámetro no aplica para esta categoría. D.S. 004-2017-MINAM.

2.2.7. Métodos de evaluación de metales pesados en el agua

2.2.7.1. Espectrofotometría

Según Pérez (2013, citado por Pérez y Alvarado, 2018) la espectrofotometría de absorción atómica es un método instrumental que consiste en que los átomos presentes en la llama absorben parte de la radiación, lo que resulta en una disminución de la señal que se mide con un detector y que posteriormente se convierte en una concentración. Este método nos indica la capacidad de medición de la absorbancia que tiene la luz por una muestra de agua para indicar cuanta es la concentración de los metales que se encuentren presentes en la muestra. Es una técnica comúnmente utilizada debido a su precisión.

2.2.7.2. Cromatografía de intercambio iónico

Es un fenómeno en el cual los iones presentes en una solución son reemplazados por iones de carga opuesta que se estén presentes en una matriz sólida. Este proceso conlleva a la liberación de iones que sean de un tipo diferencial o que no tengan similitud, pero a la vez pertenezcan todos ellos a la misma carga. Es importante destacar que, durante el intercambio iónico, los iones intercambiados no experimentan ninguna modificación química. Esto se le puede considerar como una técnica de separación física que es utilizado en diferentes ámbitos como la purificación de agua, la industria de alimentos y la agricultura. (Caviedes et al., 2015).

2.2.7.3. Voltametría de redisolución anódica

El procedimiento voltamétrico, conocido como uno de los métodos analíticos más populares, ha ganado gran relevancia en la disposición de concentraciones ínfimas de iones de metales. Su uso se ha extendido ampliamente debido a su eficacia y precisión en la medición de estos elementos en diferentes muestras (Ortuño, 2022).

2.2.7.4. Espectrometría de masas

Método utilizado para analizar las masas de átomos, moléculas y fragmentos moleculares. Durante el proceso, las moléculas o especies absorbidas se convierten en iones, que luego son

acelerados en un campo magnético y separados en base a su relación masa/carga (Ibáñez et al., 2021).

2.2.7.5. Precipitación química

La sedimentación se trata de un procedimiento que permite la separación de las diferentes sustancias contenidas en una mezcla, aprovechando la fuerza de gravedad. Para facilitar este proceso, se añaden reactivos químicos que modifican las propiedades físicas de las sustancias, como su solubilidad, lo que ayuda a que se sedimenten con mayor facilidad. Este método es muy utilizado en la industria química y en el tratamiento de aguas residuales para poder extraer y tratar los diferentes componentes de manera eficiente (Fajardo, 2014).

2.2.8. Caudales y su relación con los metales pesados

Los caudales son el flujo de agua que circula por un río, arroyo, canal u otra vía acuática. En estos medios acuáticos cuando existe vertimientos con metales pesados, estos se encuentran en forma de sedimentos en el lecho y pueden ser movilizadas por el caudal durante eventos de lluvia intensa o inundaciones. El aumento del caudal puede llevar a la erosión de los sedimentos en los que se encuentran los metales pesados, trasladándolos corriente abajo y repercutiendo en la calidad del agua y en los entornos acuáticos. (Mancilla et al., 2023).

Salinas (2021) establece que los altos caudales pueden provocar la mezcla de aguas contaminadas con metales pesados con aguas más limpias, diluyendo la concentración de estos contaminantes, pero extendiendo su presencia a lo largo del cuerpo de agua.

Por lo tanto, Es fundamental supervisar los flujos y la calidad del agua para reconocer y reducir la presencia de metales pesados en los ecosistemas acuáticos, así como para salvaguardar la salud de los ambientes naturales y de las comunidades que dependen del agua para su uso diario.

2.2.9. Parámetros del agua y su relación con los metales pesados

2.2.9.1. pH y su relación con los metales pesados

El nivel de acidez en una solución juega un papel fundamental en determinar las

propiedades químicas de un metal. La acidez puede afectar la capacidad de un metal para formar enlaces con otros elementos y su comportamiento en reacciones químicas (Ríos et al., 2022).

En general, a un pH más bajo (ácido), los metales pesados tienden a estar más solubles en el agua, lo que puede aumentar su disponibilidad para ser absorbidos. Por otro lado, a un pH más alto (alcalino), los metales pesados tienden a formar precipitados insolubles y a ser menos disponibles para ser absorbidos (Cuizano et al., 2010).

2.2.9.2. Temperatura y su relación con los metales pesados

La temperatura puede influir en la liberación de metales pesados presentes en el suelo, agua o aire. Con el aumento de la temperatura, la conductividad también tiende a elevarse y se produce una interacción entre pares electrón-hueco. Esto facilita la absorción de fotones y la generación de diferentes estados electrónicos en la superficie, lo que conduce a la solubilidad de metales, aumentando su movilidad y la posibilidad de contaminar fuentes de agua subterránea o superficiales (Pabón et al., 2021).

Además, la temperatura también puede influir en los procesos de absorción y acumulación de metales pesados en plantas y organismos, ya que puede afectar la actividad de enzimas y transportadores responsables de la absorción de estos metales; la temperatura también viene definida por la turbidez lo que puede afectar la capacidad del agua para retener y perder calor (MINSA, 2018).

2.2.9.3. Oxígeno disuelto y su relación con los metales pesados

El contenido de oxígeno disuelto en el agua está directamente relacionado con el nivel de contaminación en la misma, Fajardo (2014) afirma que los niveles bajos de OD en el agua es producto de altos grados de contaminación o toxicidad por metales pesados. Neira (2006, citado en Pérez, 2016) indica que el nivel de corrosión y solubilidad de los metales que se encuentren presentes en agua dependen mucho del pH, alcalinidad y de las concentraciones de OD. Por su parte, Aguirre et al. (2021) afirma que las concentraciones de OD es fundamental y de estas

dependen la biótica acuática en las fuentes de agua, este parámetro condiciona los procesos de fermentación y define la calidad de los ecosistemas.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Agua

Es esencial para que se lleve a cabo la vida, su calidad tiene un importante valor ecológico que define la salud de los seres humanos y el desarrollo económico de las regiones, por lo tanto, la permanente vigilancia de la calidad debe tener prioridad política y efectivas acciones estratégicas que nos permitan alcanzar el desarrollo sostenible (Villena, 2018).

2.3.2. Aguas superficiales

Las fuentes de agua en la superficie son esenciales para el desarrollo de las personas, ya que proporcionan el suministro necesario para las diferentes actividades económicas y sociales que se realizan en las comunidades. Sin embargo, resulta contradictorio que muchas de estas actividades sean la causa de la modificación y deterioro de estas fuentes. En términos generales, las aguas superficiales se ven afectadas por contaminación natural, como la presencia de material particulado y disuelto, así como por la materia orgánica natural. Además, también se ven afectadas por contaminantes de origen humano, como los vertidos de aguas residuales domésticas, el escurrimiento agrícola y los desechos industriales (Torres et al., 2009).

2.3.3. Parámetros fisicoquímicos del agua

Permiten determinar el grado de contaminación en el agua, reduciendo la información a expresiones sencillas como el índice de calidad de agua o el índice de contaminación de la misma (Samboni et al., 2007).

2.3.4. Metales pesados

Los metales pesados constituyen un conjunto de elementos metálicos que poseen una densidad notablemente alta y son considerados tóxicos para los seres vivos en concentraciones elevadas. Ejemplos de metales pesados son el plomo, el mercurio, el cadmio, el arsénico y el

romo. Estos metales tienen la capacidad de acumularse en el entorno y en los tejidos de los organismos, provocando efectos adversos en la salud y en el ecosistema (Aveiga et al., 2022).

2.3.5. Fuentes de contaminación de agua

Una fuente de contaminación del agua es cualquier sustancia, actividad o evento que introduce elementos dañinos en el agua, lo que puede afectar su calidad y seguridad para el consumo humano y el ecosistema acuático. Algunas fuentes comunes de contaminación del agua incluyen vertidos industriales, desechos agrícolas, vertidos de aguas residuales sin tratar, infiltración de pesticidas y productos químicos, escapes de combustibles y aceites, y deposición de desechos sólidos (Brito et al., 2020).

2.3.6. Contaminación del agua

Se conceptúa como la existencia o incorporación en el entorno de cualquier sustancia o forma de energía que cause desequilibrios ecológicos, daños a la salud humana, animal o vegetal, o alteraciones en la calidad del agua, aire o suelo e impactan de manera adversa la calidad de vida de las personas y el bienestar del planeta (Agencia de Protección Ambiental [EPA], 2021).

2.3.7. Contaminación de agua con metales pesados

La polución del agua con metales pesados es un problema serio que puede generar consecuencias perjudiciales para la salud de las personas y el ecosistema. La principal característica de estos contaminantes es que son silenciosos y notables en situaciones agravadas (Romero, 2009).

2.3.8. Monitoreo de la calidad de agua

Se realiza de forma continua o periódica, dependiendo de los objetivos del estudio. Los datos recopilados se utilizan para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos, detectar posibles fuentes de contaminación, gestionar los recursos hídricos de forma sostenible y adoptar acciones preventivas en caso de que se identifiquen una degradación de la calidad del agua (Larrea et al., 2022).

2.3.9. Muestra

Una muestra es una porción representativa de un conjunto o universo que se utiliza para realizar observaciones, análisis o experimentos con el fin de inferir conclusiones generales en una determinada población (Hernández et al., 2014).

2.3.10. Muestreo

El muestreo es la técnica empleada para elegir a los elementos de la muestra de entre todos los individuos de la población (López, 2004).

2.3.11. Estaciones de monitoreo

Las estaciones de monitoreo de agua son instalaciones o dispositivos que se utilizan para realizar el monitoreo y la evaluación de la calidad y cantidad del agua en un determinado cuerpo de agua, como ríos, lagos, embalses, acuíferos, entre otros (Larrea et al., 2022).

2.3.12. Frecuencia de monitoreo

La periodicidad del monitoreo del agua se determina por diversos factores, como la pureza del agua, la fuente de agua, el uso que se le da al agua y las regulaciones locales. En general, se recomienda monitorear la calidad del agua un mínimo de una vez al año para identificar posibles problemas (Larrea et al., 2022).

2.3.13. Métodos de monitoreo

Los métodos de monitoreo en agua son técnicas utilizadas para analizar la calidad del agua y detectar posibles contaminantes o cambios en sus propiedades físicas, químicas o biológicas. Estos métodos son esenciales para garantizar la protección y bienestar de las personas, así como para resguardar el entorno (Larrea et al., 2022).

2.3.14. Espectrofotometría

es una técnica fundamental en los campos de la química y la bioquímica, empleada para determinar la cantidad de luz que una sustancia absorbe a diferentes longitudes de onda. El principio básico de esta técnica implica dirigir un haz de luz a través de una muestra y medir la

intensidad de la luz absorbida en relación con la longitud de onda específica. Esta metodología es ampliamente utilizada no solo para la cuantificación de compuestos químicos, sino también para el análisis detallado de muestras biológicas y en diversas aplicaciones científicas y médicas (Pérez, 2013, citado por Pérez y Alvarado, 2018).

2.3.15. Estándares de Calidad Ambiental

Son parámetros establecidos por las autoridades competentes para proteger y conservar el entorno y el bienestar de la población. Estos parámetros establecen los límites máximos permitidos de contaminantes en el aire, agua, suelo y otros elementos del medio ambiente, con el fin de garantizar que los recursos naturales se mantengan en condiciones adecuadas para el bienestar de la población y la fauna y flora (Torres, 2017).

2.3.16. Cadena de custodia

Es una ficha utilizada para rastrear un conjunto de muestras desde su recolección hasta que se entrega al laboratorio que analizará la muestra (RD 2254:2007-DIGESA/SA).

2.4. Hipótesis

La concentración de metales pesados en el río Tingo-Maygasbamba, del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), establecido por el decreto supremo N°004-2017-MINAM, categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Ítem
Independiente: Concentración de metales pesados y parámetros fisicoquímicos	Evaluación cuantitativa de los niveles de metales pesados específicos y de indicadores fisicoquímicos clave en el agua.	Parámetros fisicoquímicos	Conductividad eléctrica	$\mu\text{S cm}^{-1}$
			pH	Unidades de pH
			Temperatura	$^{\circ}\text{C}$
			DQO	mg L^{-1}
			DBO ₅	mg L^{-1}
			OD	mg L^{-1}
		Metales pesados	Plomo	mg L^{-1}
			Cadmio	mg L^{-1}
			Cromo	mg L^{-1}
			Hierro	mg L^{-1}
			Aluminio	mg L^{-1}
			Arsénico	mg L^{-1}
Dependiente: Contaminación del río Tingo-Maygasbamba	Es la alteración que se produce en el medio ambiente, mediante la presencia de diferente tipo de contaminantes, por ejemplo, la descarga de aguas residuales a los ríos.	Estándares de Calidad Ambiental – ECA agua Categoría 3.	Cumplimiento del Decreto Supremo N°004-2017- MINAM	<ul style="list-style-type: none"> • Cumple • No cumple

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación realizada fue de tipo descriptiva. Se centró en describir las características de la calidad del agua del río Tingo-Maygasbamba, específicamente en términos de la presencia y concentración de metales pesados. Este enfoque permitió detallar las condiciones actuales del agua y los niveles de contaminación por metales pesados, proporcionando una base sólida para entender la situación problemática en la zona de estudio (Hernández y Mendoza, 2018).

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación adoptado fue simple-comparativo, debido a que se centró en medir las cantidades de metales pesados en el agua del río, es comparativa porque compara estos datos con los Estándares de Calidad Ambiental para evaluar el grado de contaminación.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño fue no experimental y de corte transversal; se llevó a cabo una medición única de la variable de interés, específicamente el nivel de concentración de metales pesados, así como de ciertos parámetros fisicoquímicos, en un momento específico de tiempo. Este enfoque no incluye la manipulación de variables, lo que significa que no se interviene en las condiciones preexistentes ni se altera el entorno de estudio (Hernández y Mendoza, 2018).

3.3. Métodos de investigación

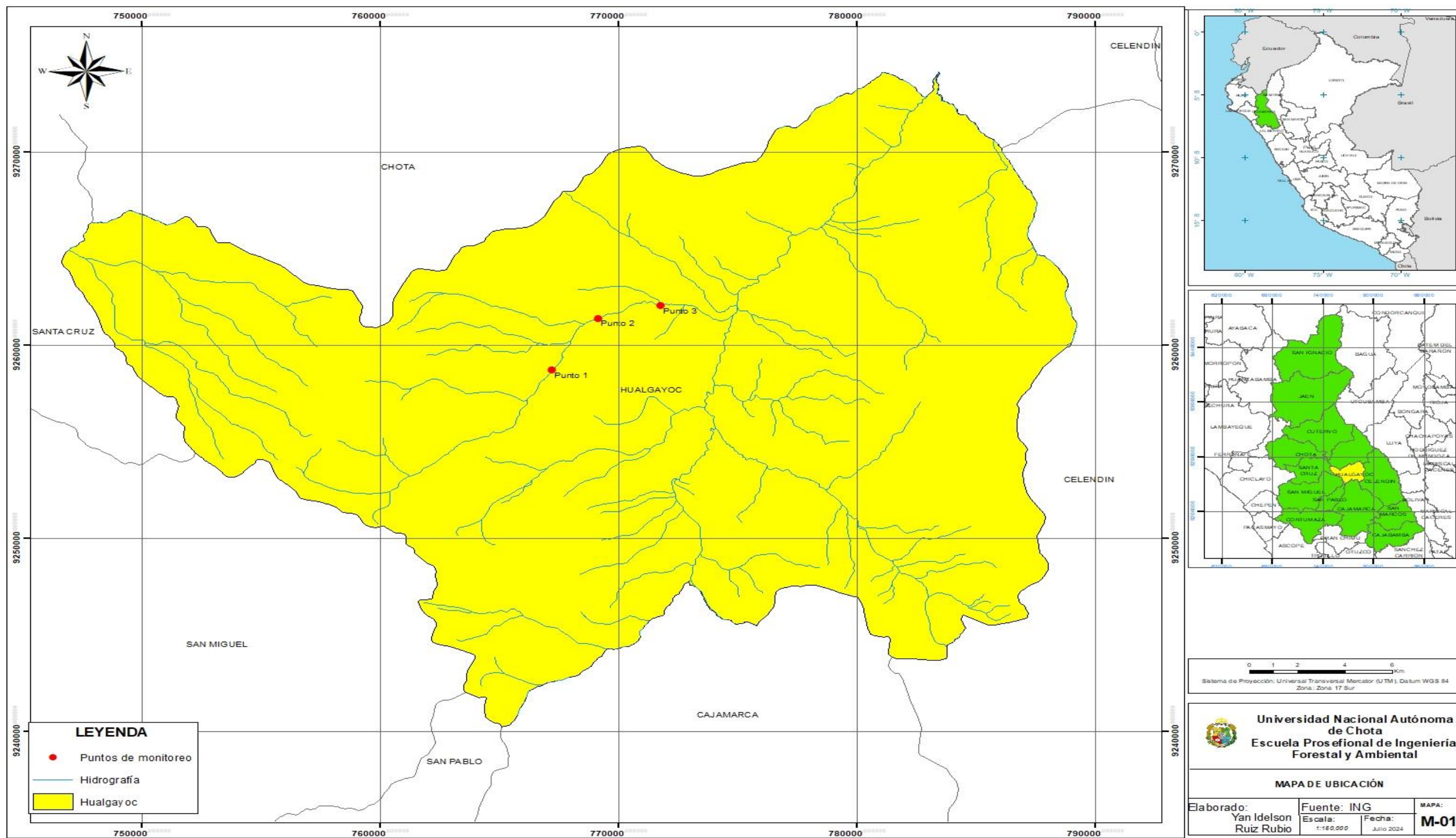
La investigación fue realizada mediante un método de investigación cuantitativo, el cual permitió la recopilación y análisis de datos numéricos para determinar la concentración de metales pesados en las aguas del río Tingo-Maygasbamba. La metodología implementada se describirá en las siguientes fases:

3.3.1. Ubicación

La investigación se ejecutó en el río Tingo-Maygasbamba, que forma parte del sistema hidrográfico que conforma la cuenca del río Llaucano y desemboca en el río Marañón. Geográficamente, esta región se encuentra situada en la provincia de Hualgayoc, en la Región de Cajamarca, ubicada en la sierra Norte del Perú. Geográficamente, se encuentra comprendida en un cuadrante delimitado por las coordenadas UTM 746604 m y 9240220 m, 9274168 m Norte, 789213 m Este. Datum WGS 84 Zona 17S.

Figura 2

Mapa de ubicación del estudio



3.3.2. Ubicación de puntos de muestreo

Se eligieron tres puntos de muestreo, cuyas ubicaciones se registraron utilizando un GPS Garmin, empleando el sistema de coordenadas UTM WGS – 84, tal como se observa en la Tabla 4 y Figura 2. Se tomaron dos muestras por cada punto de recolección de muestras durante el lapso de los meses de julio y agosto del 2023.

Tabla 4

Ubicación de los puntos de muestreo

Estación de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m.s.n.m.)	Descripción
	Este	Norte		
Punto 1	767214.00	9258720.00	3500	Ubicada en el río Tingo-Maygasbamba, aguas abajo del efluente de la Minera Corona.
Punto 2	769156.00	9261386.00	3470	Ubicada en el río Tingo (Punto intermedio entre P1 y P3)
Punto 3	771779.00	9262050.00	3450	Ubicado en el río Tingo a 500 m aproximadamente aguas abajo del P2, son aguas utilizada para el regadío de cultivos.

3.3.3. Medición del caudal

Se empleó el método de flotadores. Este proceso comenzó seleccionando un tramo del río que fuera homogéneo y uniforme, evitando áreas con obstáculos como piedras grandes que pudieran generar turbulencias o alterar el flujo natural del agua. Se identificó un punto de inicio (A) y un punto final (B) dentro de este tramo seleccionado (Chamarro, 2011).

Utilizando un flotador y un cronómetro, se midió el tiempo que este tardaba en desplazarse desde el punto A hasta el punto B. Esta medición permitió calcular la velocidad del agua en el tramo seleccionado mediante la aplicación de la fórmula:

$$Velocidad = \frac{Distancia}{Tiempo recorrido del flotador} \dots\dots\dots(1)$$

Tras determinar la velocidad del flujo, el siguiente paso fue medir la superficie de la sección transversal del río en el tramo elegido. Con la velocidad del flujo y la superficie de la sección

transversal determinadas, se calculó el caudal del río utilizando la fórmula estándar para caudal (Q):

$$Q = V \times A \times C \dots\dots\dots(2)$$

Donde: Q=Cauda, V=Velocidad; A=Área de la sección y C=Factor de corrección (0.75).

3.3.4. Muestreo de agua

El proceso de muestreo comenzó con el etiquetado de los envases, utilizando un plumón de tinta indeleble para anotar el código de la muestra, la fecha y hora de recolección, el parámetro a analizar y el tipo de preservante correspondiente. Para asegurar la durabilidad de la etiqueta, se fijó con cinta adhesiva.

La recolección de muestras se llevó a cabo conforme a los procedimientos definidos en la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, que incluye el Protocolo Nacional para la Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Este protocolo proporciona directrices detalladas sobre los procedimientos de muestreo, especificando la cantidad de muestra requerida, los preservantes adecuados, el tipo de envase a utilizar, así como las pautas para el etiquetado y la cadena de custodia. El cumplimiento de estas normas fue fundamental para garantizar la fiabilidad y precisión de los resultados obtenidos en la investigación.

Este protocolo no solo asegura que las muestras se manejen adecuadamente desde el punto de recolección hasta el análisis, sino que también establece un estándar de calidad en la recopilación de datos, lo que es crucial para la validez de cualquier estudio relacionado con la calidad de los recursos hídricos.

Tabla 5*Puntos de muestreo y características*

Parámetros evaluados	Volumen mínimo de muestra (ml)	Preservantes y conservación	Tipo de envase	Equipo de medición/Ensayo
Temperatura	1000	No aplica – se evaluó <i>in situ</i>	Plástico	Multiparámetro
pH	1000	No aplica – se evaluó <i>in situ</i>	Plástico	Multiparámetro
Conductividad eléctrica	1000	No aplica – se evaluó <i>in situ</i>	Plástico	Multiparámetro
OD	1000	No aplica	Botellas Winkler	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500.O.C 24 th Ed. 2023: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
DBO ₅	1000	Refrigeración > 18 °C	Plástico	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5- Day BOD Test
DQO	100	H ₂ SO ₄	Plástico	SMEWW-APHA.AWWA.WEF Part 5220 D. 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux. Colorimetric Method.
Metales	1000	No aplica	Plástico	EPA Method 200.7 Rev. 4.4 1994.

Se evaluaron parámetros fisicoquímicos (Temperatura, pH, Conductividad eléctrica, OD, DBO₅, DQO) y metales pesados (Plomo, Cadmio, Cromo, Hierro, Aluminio y Arsénico). El OD, DBO₅ y DQO se evaluaron debido a que según Bargiela (2016) la DBO y DQO son indicadores clave de la materia orgánica presente en el agua, la cual puede influir en la movilidad y disponibilidad de metales pesados. Además, pueden señalar potenciales impactos sobre la biota acuática, que a su vez puede influir en los ciclos biogeoquímicos de los metales. Por otro lado, el OD es crucial para la supervivencia de organismos acuáticos y también puede afectar la química del agua, incluyendo la movilidad y disponibilidad de los metales pesados presentes.

3.3.5. *Traslado de muestras al laboratorio*

Una vez recolectadas, las muestras fueron cuidadosamente preservadas y acondicionadas para su transporte, siguiendo los protocolos estandarizados para garantizar su integridad y representatividad. Se emplearon contenedores herméticos y refrigerados, asegurando que la temperatura se mantuviera dentro de los rangos óptimos recomendados para cada tipo de muestra,

evitando así cualquier alteración de las características a analizar. El traslado se realizó de manera inmediata al laboratorio acreditado del Gobierno Regional de Cajamarca.

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

La población estuvo constituida por el agua del río Tingo-Maygasbamba, del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.

3.4.2. Muestra

La muestra se define como un subconjunto representativo de la población. En este estudio, la muestra estuvo constituida por las muestras de agua recolectadas en tres puntos de monitoreo del río Tingo-Maygasbamba durante los meses de julio y agosto de 2023, siendo un total de seis muestras, debido a que se realizó dos monitoreos.

3.4.3. Muestreo

La recolección de muestras fue de tipo no probabilístico, ya que se llevó a cabo siguiendo el Protocolo Nacional para la Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, establecido mediante la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

3.5.1.1. Observación

Una de las técnicas fundamentales para la recopilación de información en esta investigación fue la observación directa, la cual se centró en identificar y caracterizar físicamente las estaciones de muestreo en el río Tingo-Maygasbamba, la documentación fotográfica, caracterización del entorno y el registro de las muestras.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Los principales instrumentos utilizados para la recolección de datos en este estudio fueron la Ficha de Registro y la Cadena de Custodia. Estos instrumentos desempeñaron roles cruciales en la documentación y manejo de las muestras recogidas, asegurando la integridad y trazabilidad de los datos desde el punto de recolección hasta el análisis final en el laboratorio.

3.5.2.1. Ficha de registro

Este instrumento se diseñó específicamente para documentar detalles esenciales en el momento de la recolección de cada muestra de agua. La ficha incluía campos para registrar la fecha y hora de la recolección, las coordenadas exactas del sitio de muestreo (utilizando un GPS para garantizar precisión), condiciones ambientales observadas (caudal del río), y observaciones visuales del sitio. La ficha de registro también permitió anotar cualquier incidencia o particularidad durante el proceso de muestreo que podría afectar la interpretación de los hallazgos.

3.5.2.2. Cadena de Custodia

Este documento es fundamental para mantener la integridad de las muestras desde el campo hasta el laboratorio. La cadena de custodia registró cada persona que manejó las muestras, los tiempos de tránsito, y las condiciones de almacenamiento y transporte. Aseguró que todas las muestras se mantuvieran sin contaminación cruzada, alteraciones o pérdidas, garantizando así la fiabilidad de los datos analíticos. Este registro meticuloso es esencial para validar la calidad y credibilidad de los resultados del estudio.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El manejo y evaluación de la información obtenida en esta investigación se llevó a cabo utilizando métodos de estadística descriptiva, las cuales permitieron una interpretación clara y precisa de las concentraciones de metales pesados y otros parámetros químicos y biológicos

evaluados tanto en campo como en laboratorio. Para la organización, análisis y presentación de los datos, se utilizó el software Microsoft Excel, una herramienta versátil que facilitó la elaboración de tablas, gráficos y cuadros explicativos, además para las pruebas de normalidad y la prueba de hipótesis se utilizó el software SPSS y la correlación entre las diferentes variables estudiadas, se realizó en el software R-Studio.

3.7. Aspectos éticos

Uno de los aspectos éticos fundamentales fue la originalidad y la integridad académica. Se adoptaron medidas para evitar el plagio, tales como el parafraseo adecuado y la citación adecuada de las fuentes utilizadas; no solo cumplió con los estándares éticos de la investigación académica, sino que también contribuyó a mejorar la calidad y credibilidad del estudio. Se promovió los principios de honestidad, sinceridad, integridad y transparencia en la realización del trabajo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Prueba de normalidad

Se realizó el test de normalidad, con el objetivo de determinar la distribución de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos (Conductividad, DBO₅, DQO, pH, OD, Temperatura), metales pesados (Pb; Cd; Cr; Fe; Al; As) y el caudal del río Tingo-Maygasbamba.

Después de realizar la prueba de normalidad utilizando el programa estadístico SPSS, se pudo constatar que los datos presentan una distribución normal, tal como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Resultados del test de normalidad (Shapiro-Wilk) para las concentraciones de metales pesados

Metales evaluados	Media	gl	Sig
Caudal	28.81	6	0.070
Conductividad	883.67	6	0.212
pH	7.64	6	0.817
Temperatura	19.17	6	0.964
DQO	828.17	6	0.306
DBO ₅	258.17	6	0.306
Pb	0.0038	6	0.306
Cd	0.0018	6	0.794
Cr	0.0028	6	0.523
Fe	0.1303	6	0.656
Al	0.0671	6	0.676
As	0.0048	6	0.306
	0.0038	6	0.306

4.1.2. Concentraciones de parámetros fisicoquímicos del río Tingo-Maygasbamba

La Tabla 7 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los parámetros fisicoquímicos del agua del río Tingo-Maygasbamba. En cuanto al caudal, los Los

hallazgos sugieren que existen discrepancias notables en el flujo a un nivel de confianza muy alto. Según Zhang et al. (2023), las fluctuaciones en el caudal de un río pueden deberse a diversos factores, como cambios en las precipitaciones, cambio climático, extracción de agua para riego o consumo humano. Además, al norte de los Andes los ríos y arroyos pueden mostrar la variación estacional del régimen de flujo, con caudales más inestables durante la época de lluvias en comparación con la época seca (Motta y Vimos, 2020).

La conductividad, el pH, temperatura, la DQO, la DBO₅ y el OD tienen una significancia mayor a 0.05 lo que indica que no hay diferencias significativas por lo tanto las concentraciones de estos parámetros son relativamente homogéneas en los puntos de muestreo, es decir; existe una distribución uniforme de los contaminantes a lo largo del río. Esto es consistente con la hipótesis de que las fuentes de contaminación son constantes y están bien mezcladas en el agua del río debido a la dilución y dispersión a lo largo del tiempo y el espacio (Barbón et al., 2009).

Además, la capacidad de autodepuración del río puede jugar un papel crucial en mantener niveles constantes de estos parámetros. Procesos naturales como la biodegradación, la sedimentación y la acción de microorganismos contribuyen a la estabilidad de la calidad del agua. En estudios similares, como los de Saker y Vega (2022), Martínez (2021) y Duarte et al. (2014), se ha observado que ríos con alta capacidad de autodepuración pueden mitigar los efectos de contaminantes, resultando en parámetros fisicoquímicos estables en ausencia de descargas significativas.

Tabla 7

Análisis de Varianza (ANOVA) de los parámetros fisicoquímicos del agua del Río Tingo – Maygasbamba

Parámetros	Unidad de medida	F	Sig
Caudal	L s ⁻¹	6102.36	0
Conductividad	uS cm ⁻¹	58.17	0.221
pH	pH	3.5	0.164
Temperatura	°C	1.167	0.74
DQO	mg O ₂ L ⁻¹	4.15	0.137
DBO ₅	mg O ₂ L ⁻¹	4.15	0.137
OD	mg L ⁻¹	0.176	0.846

4.1.3. Concentración de los metales pesados del río Tingo-Maygasbamba

En la Tabla 9 se muestra que las concentraciones de Pb; Cd; Cr, Fe y As no tienen diferencia significativa; lo cual significa que la concentración de estos metales en el río es relativamente uniforme a lo largo de los puntos de muestreo. Atienza et al. (2024) obtuvo un valor de significancia similares para las concentraciones de Pb y Cd; por lo que, tal como en este estudio determinó que la concentración de Pb era homogénea en todos los puntos de muestreo del agua.

Por otro lado, Hassan et al. (2024) también obtuvo resultados similares en la concentración de Cr para el agua del río Korotoa en Bangladesh, esto significa que hay homogeneidad en las concentraciones de Cr a lo largo de los puntos de muestreo que estudiaron.

Por tanto, la concentración de Pb, Cd y Cr se mantienen relativamente uniformes a lo largo del río, lo que sugiere que la contaminación por estos metales proviene de una fuente difusa o controlada según argumentan Han et al. (2024), quienes afirman que las fuentes principales de contaminación de estos metales son agrícolas, porque las cantidades son homogéneas, bajas y sin diferencia significativa, no obstante, de acuerdo a Kiwingim et al. (2024) también pueden provenir

de sedimentos mineros controlados, lo que solo daría a entender que se están cumpliendo con las normas ambientales.

La concentración de Fe presenta una variabilidad moderada, pero no lo suficiente para considerar que hay una diferencia significativa. Mientras que, Khan & Umar (2024) sí encontraron diferencias estacionales significativas entre las concentraciones de Fe, lo que demostró que, este metal se encontraba en mayor cantidad en diferentes puntos de muestreo, no obstante, dichos autores atribuyeron ello a la recarga monzónica de la cuenca del río Ghaghara en la India.

Con respecto a las concentraciones de As, de acuerdo a Han et al. (2024) este metal llega al río por medio de fuentes de transporte, como los sedimentos, lo que, explicaría la ligera variación entre los valores encontrados en diferentes puntos de muestreo, no obstante, a pesar de ello, sigue teniendo una baja significancia, por lo que, es poco probable obtener resultados observados por casualidad. No hay evidencia estadística para afirmar que existen diferencias significativas en las concentraciones de As entre los grupos estudiados.

Mientras que, para Al, los resultados indican que hay una diferencia significativa en la concentración entre los puntos de muestreo. Este resultado sugiere que la concentración de Al en el río varía significativamente entre los diferentes puntos de muestreo, lo que podría indicar una fuente de contaminación localizada. La concentración de Al en las muestras de agua de diferentes puntos de muestreo en un río puede variar por diversas razones, las cuales pueden estar relacionadas con factores naturales y antropogénicos (causados por actividades humanas). De acuerdo a Li et al. (2024) la variación de los metales en los puntos de muestreo se puede relacionar con factores naturales como la lluvia y escorrentía, que sumado a las características geomorfológicas pueden condicionar la mayor o menor concentración de metales en el agua de puntos específicos del río. Sin embargo, Lima et al. (2024) destaca que el factor más recurrente en

la variación significativa de las concentraciones de un metal en el agua subterránea y/o superficial es la actividad humana, causada por las actividades mineras que pueden introducir Al en el curso de agua.

Tabla 8

Análisis de varianza (ANOVA) de los metales pesados del agua del Río Tingo-Maygasbamba

Parámetros	Unidad de medida	F	Sig
Pb	mg L ⁻¹	0.383	0.711
Cd	mg L ⁻¹	0.245	0.797
Cr	mg L ⁻¹	0.318	0.749
Fe	mg L ⁻¹	1.117	0.434
Al	mg L ⁻¹	22.440	0.016
As	mg L ⁻¹	4.148	0.137

4.1.4. Análisis de correlación entre variables

En la Figura 3, se muestra que la correlación entre caudal, Cd, Fe, Cr y Pb es moderada lo cual indica que hay una relación lineal moderada entre el caudal y la concentración de Cd, Fe, Cr y Pb en el agua del río. Mientras que, la correlación entre el caudal, Al y As es alta, lo que indica que hay una relación lineal fuerte entre el caudal y la concentración de Al y As en el agua del río. A mayor caudal, mayor la concentración de metales Al y As. Esto concuerda con Zou et al. (2024) quienes argumentan que, la correlación alta entre el caudal del río y las concentraciones de metales se debe a la interacción compleja entre la hidrología del río, la movilización de sedimentos, la escorrentía de contaminantes y los procesos biogeoquímicos que afectan la disponibilidad y transporte de metales en el sistema fluvial.

Mientras que, la correlación de la temperatura con Fe es moderada y negativa, lo que indica

que hay una relación lineal moderada e inversa entre la temperatura y la concentración de Fe en el agua del río; esto sugiere que, a mayor temperatura, menor concentración de Fe. Así también, la correlación con Al es moderada y negativa (-0.566), lo que indica que hay una relación lineal moderada e inversa entre la temperatura y la concentración de Al en el agua del río; esto sugiere que, a mayor temperatura, menor concentración de Al. De acuerdo a Han et al. (2024) si bien la temperatura tiene un efecto en la concentración de metales, no es el único ni el más dominante factor, ya que otros elementos como el pH, la química del agua, la actividad microbiana, y las fuentes de contaminación tienen mayor implicancia en la presencia de metales en el agua.

Respecto a la correlación de la conductividad del agua del río con los metales Pb, Cd y Cr es baja y negativa, lo que indica que hay una relación lineal débil e inversa entre la conductividad y la concentración de Pb, Cd y Cr en el agua del río. En cambio, la correlación con Fe y Al es moderada y negativa (-0.58 y -0.515, respectivamente), lo que indica que hay una relación lineal moderada e inversa entre la conductividad y la concentración de Fe y Al en el agua del río; esto indica que, a mayor conductividad, menor concentración de Fe y Al. Los resultados concuerdan con Anweting et al. (2024) quienes explican que, la baja correlación entre la conductividad del agua del río y las concentraciones de Pb, Cd y Cr se debe a que la conductividad está dominada por la presencia de iones mayoritarios, mientras que los metales pesados suelen estar presentes en concentraciones mucho más bajas y pueden existir en formas que no contribuyen directamente a la conductividad.

La correlación del pH con la concentración de Pb, Cd, Cr y Fe es moderada; mientras que, la correlación entre pH y Al es alta; esto concuerda con Zou et al. (2024) quienes argumentan que, la alta correlación entre el pH del agua de un río y las concentraciones de metales se debe a la influencia del pH en la solubilidad, especiación, adsorción/desorción y movilidad de los metales.

Estos efectos químicos y biogeoquímicos determinan cómo los metales se comportan en el agua del río, resultando en una relación estrecha entre el pH y las concentraciones de metales.

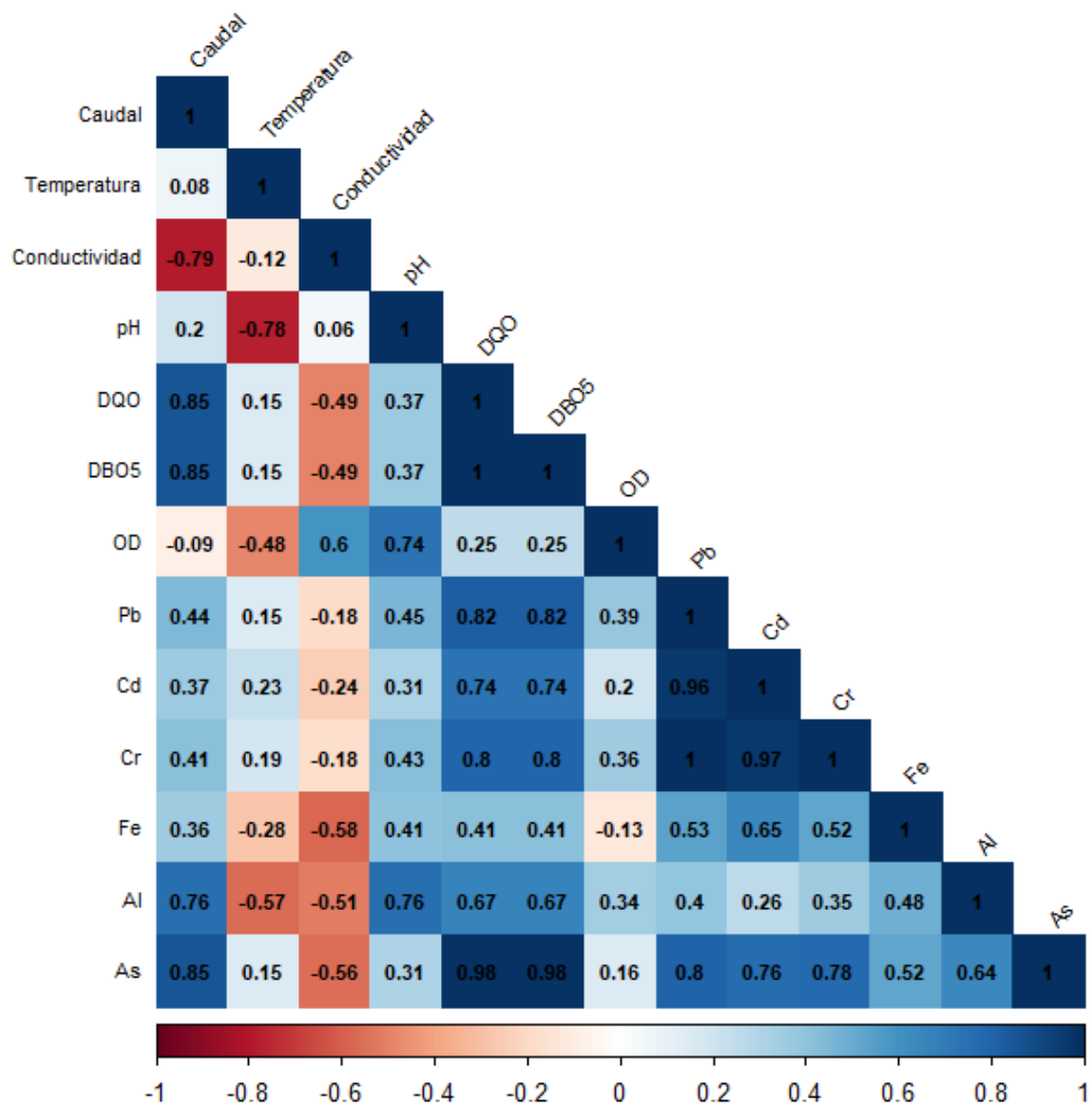
La correlación del DQO y DBO₅ con la concentración de los metales Pb, Cd y Cr es alta; así mismo, la correlación con Fe y Al es moderada. Según Han et al. (2024) la fuerte correlación entre la DQO, DBO₅ y la concentración de metales (Pb, Cd y Cr) sugiere que la contaminación orgánica está relacionada con la presencia de estos metales pesados en el agua del río, esto sería un indicador de que, parte de la contaminación del agua también se debe a actividades agrícolas.

El OD se correlaciona moderadamente con los metales Pb, Cd, Cr y Al; mientras que, la correlación con la concentración de Fe es baja y negativa. De acuerdo a Ololade et al. (2024), la correlación moderada entre el OD y las concentraciones de Pb, Cd, Cr y Al en el agua del río se debe a la interacción de múltiples factores, incluyendo las condiciones redox, la actividad microbiana, la materia orgánica, las fuentes de contaminación, y los procesos hidrológicos y estacionales. Estos factores juntos influyen en la solubilidad, especiación, y movilidad de los metales en el agua del río, resultando en una relación moderada con el OD.

Y finalmente, la correlación entre Al y As es moderada, esto también fue determinado por Zou et al. (2024), quienes, al encontrar fuertes correlaciones positivas entre los metales del agua, argumentaron que, las correlaciones altas y positivas entre las concentraciones de diferentes metales en el agua del río son indicativos de fuentes comunes, procesos geológicos y químicos compartidos, así como actividades humanas comunes que liberan varios metales simultáneamente; por lo que, estos factores juntos contribuyen a las concentraciones correlacionadas observadas en el agua del río.

Figura 3

Correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos y metales pesados



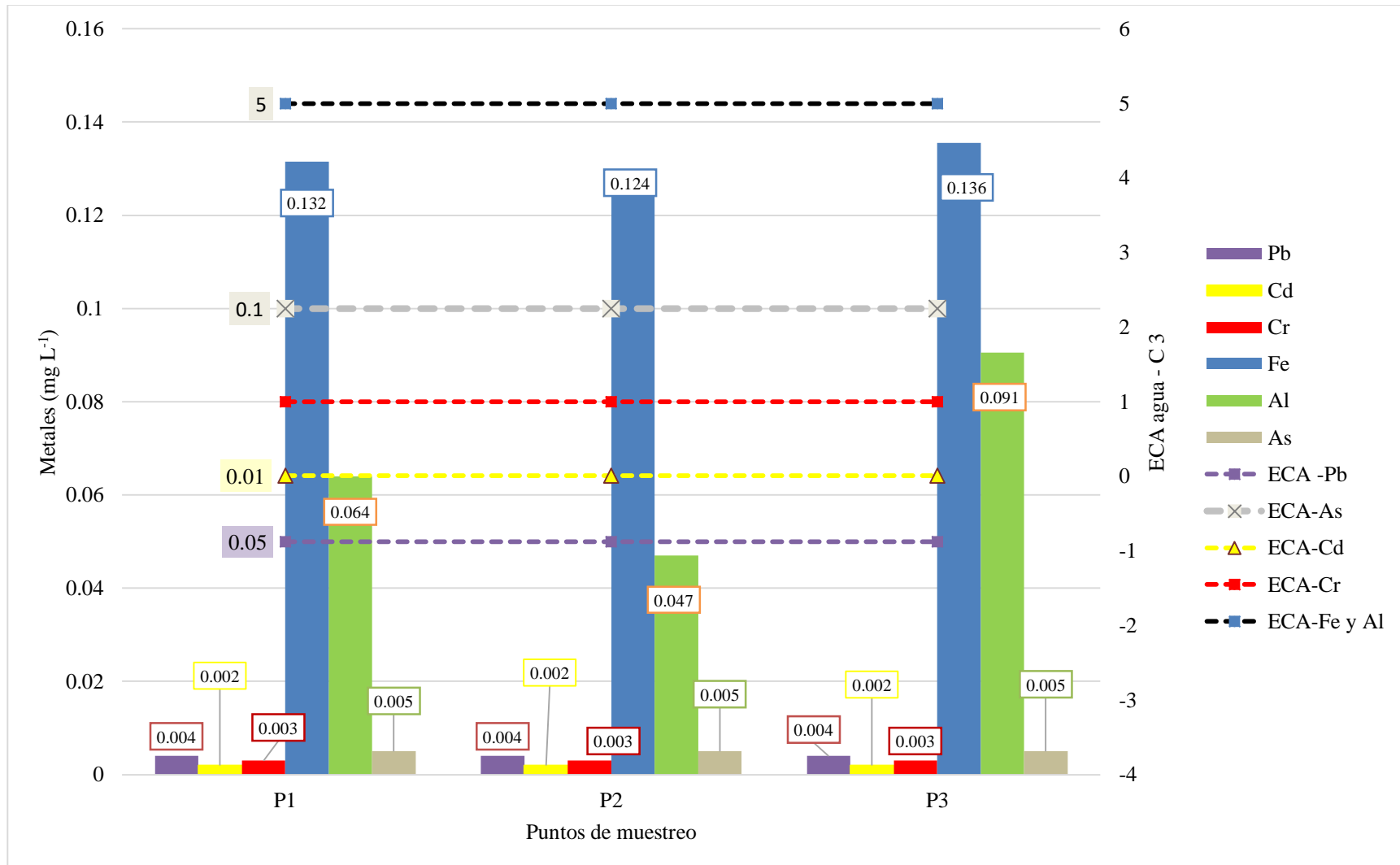
4.1.5. Comparación de la concentración de los metales pesados con los ECA de agua – C3

La Figura 4 muestra la comparación de las concentraciones de los metales pesados evaluados con los ECA de agua – Categoría 3. Para los metales pesados Pb, Cd, Cr y As, los valores encontrados en los tres puntos de monitoreo no exceden los límites establecidos por los

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de agua - C3. En cuanto al Fe, las concentraciones varían desde 0.124 mg L^{-1} en el punto de monitoreo P2 hasta 0.136 mg L^{-1} en el punto de monitoreo P3, manteniéndose también por debajo de los límites de los ECA. Asimismo, las concentraciones de aluminio (Al) oscilan entre 0.047 mg L^{-1} en P2 y 0.069 mg L^{-1} en P3, permaneciendo dentro de los parámetros establecidos por los ECA. Los resultados de este estudio indican que el agua del Río Tingo-Maygasbamba cumple con los ECA de agua – Categoría 3 para todos los metales pesados evaluados. Esto sugiere que el agua del río no está contaminada con metales pesados en los puntos de muestreo analizados. Según Guerra & Yupari (2024) estos resultados son alentadores y sugieren que el agua del río es apta para uso agrícola. Sin embargo, de acuerdo a Gallarreta & Gallardo (2024) es importante realizar estudios adicionales para evaluar la calidad del agua del río a lo largo del tiempo y en diferentes puntos de muestreo.

Figura 4

Comparación de las concentraciones de los metales evaluados con las ECA de agua – Categoría 3



4.2. Contrastación de hipótesis

La evaluación de la hipótesis se llevó a cabo utilizando el test t de Student, seleccionado por su adecuación a conjuntos de datos con menos de treinta observaciones y que siguen una distribución normal. Este análisis se efectuó bajo un nivel de confianza del 95% y un umbral de significancia de 0.05. Los resultados, presentados en la Tabla 10, revelan que la concentración de metales pesados en el río Tingo-Maygasbamba, del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, no superan los ECA – Categoría 3, establecido por el D.S. N°004-2017-MINAM.

Tabla 9

Valores estadísticos de la prueba de hipótesis t – Studen

Estadísticos	Pb	Cd	Cr	Fe	Al	As
N	6	6	6	6	6	6
Media	0.004	0.0017	0.0028	0.13	0.6717	0.0048
t – Student	-354.79	-81.05	-763.83	-1492.58	-596.612	-39.82
p-valor	1	1	1	1	1	1

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Parámetros fisicoquímicos

Según los resultados obtenidos en la investigación la temperatura se encuentra en un rango de 18°C a 20°C los cuales guardan relación con los estudios realizados Benavente et al. (2022), sin embargo, difieren con los resultados encontrados por Núñez et al. (2021). La temperatura afecta directamente la solubilidad de los metales y la velocidad de las reacciones químicas en el agua (Brezonik et al.2020); un aumento de la temperatura puede incrementar la tasa de descomposición de materia orgánica, lo que a su vez puede liberar metales previamente adsorbidos o precipitados, aumentando su concentración en la columna de agua.

Los valores de pH se encuentran en un rango de 7.61 y 7.67 unidades de pH los cuales guardan relación con los estudios realizados por la OEFA (2022), Contreras y Escobar (2022) los

cuales realizaron investigaciones en el río Tingo – Maygasbamba y el río Opamayo, Huancavelica respectivamente. El pH es otro factor crítico, ya que determina la forma química de los metales, afectando su movilidad y biodisponibilidad. Según Miranda (2021), un pH bajo (condiciones ácidas) puede aumentar la solubilidad de muchos metales pesados, haciéndolos más disponibles para ser absorbidos por los organismos acuáticos, mientras que un pH alto puede precipitar los metales, reduciendo su movilidad, pero potencialmente acumulándolos en el sedimento.

Con respecto a la conductividad los valores oscilaron entre 874 Us cm^{-1} y 891 uS cm^{-1} . Según Marandi (2013) la conductividad eléctrica es un indicador de la presencia de iones disueltos en el agua, lo que puede sugerir la presencia de metales solubles; un aumento en la conductividad podría indicar una mayor concentración de metales disueltos, lo que podría ser perjudicial para la vida acuática.

La DBO y DQO resulto por debajo de los LCM, estos resultados difieren con otros estudios; Contreras y Escobar (2022) en el río de Opamayo - Huancavelica encontró que la DBO fue de 3.226 a 16.92 mg L^{-1} , sobrepasando los ECA de agua. Finalmente, los valores de OD se mantuvieron en un rango de 7 mg L^{-1} a 7.37 mg L^{-1} , estos resultados difieren de los encontrados por Núñez et al. (2021) quienes obtuvieron de conductividad en el río Tingo valores mucho menores que oscilan entre 2.18 a 4.37 mg L^{-1} ; cabe mencionar que este parámetro es esencial para la vida acuática y puede influir en los procesos redox que afectan la valencia y, por ende, la movilidad de los metales en el agua.

4.3.2. Concentración de los metales pesados

La evaluación de los metales pesados en las aguas del río Tingo Maygasbamba revela que la presencia de Pb y Cd, es mínima, lo cual es un indicador positivo de la eficacia de las estrategias de gestión ambiental aplicadas en las operaciones mineras cercanas y el cumplimiento de las

normativas ambientales vigentes. Estos metales son conocidos por su alta toxicidad y capacidad de afectar negativamente la salud de los ecosistemas acuáticos y terrestres, así como la salud humana a través de la cadena alimentaria, tal como lo indica los realizados por Vilela et al. (2020), la concentración de estos metales suele ser un indicativo clave del impacto ambiental de las actividades mineras, sugiriendo que el control efectivo y las medidas de mitigación pueden jugar un papel crucial en la preservación de la calidad del agua.

El análisis de Cr y As también arroja resultados alentadores, con concentraciones que se mantienen dentro de los límites seguros para los usos propuestos del agua. Estos elementos, aunque presentes en concentraciones bajas, requieren monitoreo continuo debido a su potencial carcinogénico y a su capacidad para causar diversos efectos adversos a largo plazo en la salud humana y animal. Por otro lado, Fe y Al, aunque presentes en concentraciones relativamente más altas en comparación con otros metales evaluados, aún se encuentran dentro de los límites aceptables por los ECA de agua- C3. Estos elementos son de particular interés debido a su abundancia natural y a su papel en los procesos geoquímicos y biológicos de los ecosistemas acuáticos. La presencia de Fe y Al en niveles aceptables sugiere que no hay una aportación antropogénica significativa que altere su concentración natural, aspecto que ha sido resaltado por investigadores como Mancilla et al. (2019), quienes destacan la importancia de distinguir entre las fuentes naturales y las antropogénicas de estos metales en los estudios de calidad del agua.

4.3.3. Comparación de la concentración de metales pesados con los ECA de agua – C3

Los metales pesados evaluados (Pb, Cd, Cr, Fe y Al) presentaron concentraciones mucho menores que los establecidos en las ECA de agua - C3; estos resultados difieren con otras investigaciones sobre contaminación de aguas superficiales por actividades mineras, en las cuales la mayoría sobrepasan los ECA de agua - C3, Mancilla et al. (2023) en México encontró que en

época seca y lluviosa los valores promedio de Pb y Hg fueron de 0.0007 mg L^{-1} y 0.002 mg L^{-1} respectivamente; Brito et al. (2022) en su estudio realizado en el río Cuchipampa, Ecuador también encontró que los metales que evaluaron no cumplían con su normativa, siendo las concentraciones de Hg de $0.00014 \text{ mg L}^{-1}$ y Pb de 0.001 a 0.0046 mg L^{-1} . Sin embargo, en la investigación realizada por Enamorado et al. (2022) en el río Cauca, Colombia encontró que solo el Mn sobrepasaba los ECA, los demás de los metales que evaluó (Pb, Cu, Cd y Zn) cumplían con los ECA.

Asimismo, Contreras y Escobar (2022) en su investigación realizada en el río Opamayo, Riveros y Huamán (2022) en su investigación realizada en el río Escalera en Huancavelica y Guevara y Marín (2021) en su investigación realizada en el río Michiquillay en Cajamarca, encontraron que solo algunos metales como Pb, Cd, Cu, Fe no cumplían con los ECA de agua – C3. A diferencia de la investigación realizada por Núñez et al. (2021) quienes también evaluaron en el río Tingo encontraron que en algunos puntos de sus monitores concentraciones de metales (Pb) por encima de los ECA de agua - C3.

En este contexto, la investigación aporta evidencia concreta de que es posible compatibilizar la actividad minera con la preservación de los recursos hídricos, siempre y cuando se adopten prácticas de gestión ambiental eficaces y se mantenga una vigilancia constante sobre los indicadores de calidad del agua. La comparativa con los resultados de monitoreos realizados por la ANA refuerza la validez de los datos obtenidos y sugiere que, más allá de cumplir con los estándares regulatorios, el área de estudio podría servir como modelo de referencia para la gestión sostenible de los impactos ambientales de la minería.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las aguas del río Tingo- Maygasbamba en los tres puntos de monitoreo presentó un caudal entre 5.4 a 60.5 L s⁻¹, un pH entre 7.61 a 7.67; una temperatura entre 18 a 20 °C; la CE osciló entre de 874 y 891 μS cm⁻¹; las concentraciones de DQO y DBO₅ en todos los puntos de monitoreo, estuvieron por debajo de los LCM de < 8.6 mg L⁻¹ y < 2.6 mg L⁻¹ respectivamente y la concentración del OD oscila entre de 7 a 7.3 mg L⁻¹.
- Las concentraciones de metales pesados muestran que el Pb, Cd, Cr y As, en los tres puntos de monitoreo son inferiores al LCM, siendo estos de 0.004 mg L⁻¹ para el Pb, 0.002 mg L⁻¹ para el Cd, 0.003 mg L⁻¹ para el Cr, y 0.005 mg L⁻¹ para el As respectivamente. Mientras que, el Fe y el Al si tuvieron variaciones que iban desde 117 a 139 mg L⁻¹ para el Fe; y para Al de 0.043 a 0.094 mg L⁻¹.
- De acuerdo al análisis correlacional entre parámetros, los de mayor significancia fueron el caudal, temperatura, CE, OD y Fe. Entre el caudal y la temperatura se evidenció una correlación positiva, esto indica que al incrementarse el caudal también se incrementa la temperatura en el agua. Mientras que, entre el caudal y la CE, OD y Fe se identificó una correlación negativa, entendiéndose que, al incrementarse el caudal las concentraciones de CE, OD y Fe tienden a disminuir.
- Las concentraciones de metales pesados obtenidas en los tres puntos de monitoreo se encuentran por debajo de los ECA de agua – C3 por lo tanto cumplen con los ECA de agua para riego de vegetales y bebida de animales, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

5.2. Recomendaciones

Después de realizar la comparación de los resultados obtenidos en los diferentes puntos de monitoreo con el decreto supremo N°004-2017-MINAM, categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales se recomienda:

- Seguir con la evaluación de la materia orgánica y sedimentos del río Tingo- Maygasbamba dado que los metales pesados pueden adherirse a la materia orgánica presente en los cuerpos de agua.
- A la municipalidad provincial de Hualgayoc-Bambamarca, realizar de manera más continua monitoreos evaluando parámetros físicos y químicos en las aguas del río Tingo- Maygasbamba para así tener resultados continuos de la calidad del agua.
- Tomar como base los resultados obtenidos de la presente investigación para realizar futuras investigaciones o planes a corto y mediano plazo para el uso del agua en riego en épocas de verano, en donde los suelos requieren de agua para su producción.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (2021). Contaminación. <https://www.epa.gov/español/contaminación>
- Aguirre, S. E., Piraneque, N. V. y Linero, J. (2021). Concentración de metales pesados y calidad físico – química del agua de la Ciénega Grande de Santa Marta. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1), 2-10. DOI: 10.31910/rudca.v24.n1.2021.1313
- Aguirre, W. y Huamán, R. (2019). *Influencia del drenaje ácido de mina del pasivo ambiental San Nicolas en las aguas del rio Tingo Maygasbamba, Hualgayoc – Cajamarca 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://acortar.link/SST9rO>
- Anweting, I. B., Ebong, G. A., Okon, I. E., Etuk, H. S., & Etim, I. S. (2024). Physicochemical characteristics and heavy metals assessment of surface water and sediment from Idim Idaang Stream in Ibiono Ibom, Akwa Ibom State, Nigeria. *J. Mater. Environ. Sci*, 15(1), 72-83. https://doi.org/https://www.researchgate.net/profile/Ga-Ebong/publication/377751620_Physicochemical_Characteristics_and_Heavy_Metals_Assessment_of_Surface_Water_and_Sediment_from_Idim_Idaang_Stream_in_Ibiono_Ibom_Akwa_Ibom_State_Nigeria/links/65b608c634bbff5ba7cd401a/Phy
- Atienza, A. M., Padilla, J. F., & Santos, N. (2024). Exploring Water Quality and Toxicity: An Analysis of Cadmium and Lead Concentration in the Parañaque River. *In E3S Web of Conferences*, 514(1), 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451401004>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/209>
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2440>
- Aveiga, A. M., Banchón, C. L., Mendoza, L. G., Calderón, J. M. y Delgado, M. I. (2022).

Distribución de metales pesados en agua, sedimentos y peces del río Carrizal, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 43(3), 13-23.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382022000300013

Barbón, S., Handal, A. Y., & Turish, S. (2009). *Caracterización de la subcuenca del río Sucio a través de la evaluación de la calidad del agua y el patrón de dispersión de contaminantes*. [Tesis de grado, Universidad de El Salvador]. Obtenido de https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/2603/1/Caracterizaci%C3%B3n_de_la_subcuenca_del_r%C3%93o_sucio_a_trav%C3%A9s_de_la_evaluaci%C3%B3n_de_la_calidad_del_agua_y_el_patr%C3%B3n_de_dispersi%C3%B3n_de_contaminantes.pdf

Bargiela, M. (2016). *Caracterización de la materia orgánica y su relación con los metales pesados en sedimentos del cauce del río Matanza (provincia de Buenos Aires República Argentina)*. [Tesis de grado, Universidad de Vigo España]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=221978>

Banco Mundial. (21 de julio de 2023). Agua. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>

Becerra, R.Y. y Quiliche, K. E. (2019). *Evaluación del agua en la quebrada Quishuar y el río Grande, para determinar la concentración de metales, pH, conductividad y turbidez, Cajamarca 2018-2019* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/22311>

Benavente, S. L., Chui, H. N., Roque, E O., Huarcaya, R. D., Pérez, K. y Guillen, N. (2022). Metales pesados en las aguas de la Rampa San Marcelo, CIA de Minas Sillustani S.A. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ALFA*, 6(18), 516-523. <http://www.scielo.org.bo/pdf/arca/v6n18/a13-516-523.pdf>

Brezonik, P. L., King, S. O., & Mach, C. E. (2020). The influence of water chemistry on trace metal bioavailability and toxicity to aquatic organisms. *In Metal ecotoxicology concepts and applications*. pp. 1-31.

- Brito, M. A., Alvarado, R. A., Méndez, P. V. y Czorla, X. R. (2022). Evaluación de la contaminación por metales pesados del Río Cuchipampa, Morona Santiago. *Polo del Conocimiento*, 7(7), 1987-2013. DOI: 10.23857/pc.v7i7
- Cañete, C. (2019). La importancia del control y monitoreo de la calidad del agua del río Paraguay para el desarrollo y la defensa nacional. *Reportes Científicos de la FACEN*, 10(1), 17-24. <http://doi.org/10.18004/rcfacen.2019.10.1.17>
- Caviedes, D. I., Muñoz, R., Perdomo, A., Rodríguez, D. y Sandoval, I. J. (2015). Tratamientos para la remoción de metales pesados comúnmente presentes en aguas residuales industriales. Una revisión. *Revista Ingeniería y Región*, 13(1), 73-90. <https://acortar.link/VVEwxV>
- Chamarro, G. (2011). *Estimación del caudal por el Método de Flotadores*. Dirección Regional de Lima. Obtenido de https://www.senamhi.gob.pe/usr/cdc/AFORO_X_FLOTADORES.pdf?fbclid=IwAR14oXNtNxN0q7_7VMARKzdfDDSyG80ihooFVTW9AKS6z44UdVtUMx56ACw
- Cholán, W. (2015). Informe de la ANA revela contaminación por metales pesados en la cuenca del Llaucano, en Bambamarca. <https://www.otramirada.pe/informe-de-la-ana-revela-contaminaci%C3%B3n-por-metales-pesados-en-la-cuenca-del-llaucano-en-bambamarca>
- Colpas, F., Morales, J. y Severiche, C. (2014). Evaluación analítica de las determinaciones de aluminio disuelto en aguas tratadas por método colorimétrico. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 42-46. <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682002.pdf>
- Contreras, L. y Escobar, G. (2022). *Evaluación de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados del río Opomayo, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c0257fa3-0d00-4128-9f61-8a7df73c6923/content>
- Correa, O., Fuentes, F. y Coral, R. (2021). Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray - Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(1),

26-38. DOI 10.37761/rsqp.v87i1.320

- Cuizano, N. A., Reyes, U. F., Dominguez, S., Llanos, B. P. y Navarro, A. E. (2010). Relevancia del pH en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(2), 123-130. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v76n2/a02v76n2.pdf>
- Defensoría del Pueblo. (2021). En defensa de las personas expuestas a metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas: Los impactos de la contaminación ambiental. <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2021/12/Informe-de-Adjuntía-N°-19-2021-DP-AMASPPI.pdf>
- De La Mora, C., Saucedo, R. A., González, I. J., Gómez, S. y Flores, H. E. (2020). Efecto de la temperatura del agua sobre la constante de velocidad de reacción de un humedal construido para el tratamiento de aguas residuales porcícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(2), 1-17. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4681>
- Díaz, V., & Calzadilla, A. (2016). Artículos científicos, tipos de investigación y productividad científica en las Ciencias de la Salud. *Ciencias de La Salud*, 14(1), 115–121. <https://doi.org/10.12804/revsalud14.01.2016.10>
- Dueñas, C. y Hinojosa, L. (2021). Calidad del agua potable y su influencia en la salud humana. *Revista de Investigación e Innovación Científica y Tecnológica*, 1(3), 11-20. DOI:<https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v1i3.19>
- Duarte, C., Pico, G. y Estupiñan, R. (2014). Determinación de la capacidad de autodepuración en un tramo del río Fonce en San Gil con base en el balance de oxígeno disuelto. *Matices Tecnológicos*, 6, 2027-4408. <http://138.117.111.22/index.php/revistamaticestecnologicos/article/view/59>
- Echave, J. (11 de febrero de 2019). Los pasivos mineros de Hualgayoc. <https://cooperacion.org.pe/opinion/los-pasivos-mineros-de-hualgayoc/>
- Enamorado, G., Tirado, J. y Marrugo, J. (2022). Metales pesados (Hg, As, Cd, Zn, Pb, Mn) en un trayecto del río Cauca impactado por la minería de oro. *Revista EIA*, 19(37), 1-17.

<https://revistabme.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/1481/1436>

Fajardo, L. J. (2014). *Remoción selectiva de metales pesados del agua residual proveniente del proceso de decapado* [Trabajo de grado, Universidad de la Salle].

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1626&context=ing_ambiental_sanitaria

Fernández, A. (2012). El agua: recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170.

<https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

García, F. (2022). Reporte N.º 00012-2022-OEFA/DEAM-STEC. <https://acortar.link/ciCeDf>

Galarreta, G. M., & Gallardo, H. R. (2024). *Evaluación espacio-temporal de metales pesados y calidad de agua del río San Juan mediante el Índice de Calidad Ambiental (2016-2020)*.

[Tesis de grado, Universidad Científica].

<https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12805/3431>

Guerra, G. L., & Yupari, G. (2024). *Estudio de calidad de agua para la actividad agrícola en las comunidades campesinas de la microcuenca del río Tingo – Cerro de Pasco*. [Tesis de

grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].

<https://doi.org/http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4343>

Guevara, Y. y Marín, M. M. (2021). *Evaluación de la concentración de metales pesados en el río Michiquillay, 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28352/Guevara%20Delgado%2c%20Yanali%20Marín%20Flores%2c%20María%20Milene.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Guillen, J. R., Jaramillo, A. R., Baquerizo, R. J. y Córdova, R. A. (2021). Estudios de los procesos de remoción de hierro y manganeso en aguas subterráneas: una revisión. *Polo del Conocimiento*, 6(9), 1384-1407. DOI: 10.23857/pc.v6i9.3118

Han, X., Wu, H., Li, Q., Cai, W., & Hu, S. (2024). Assessment of heavy metal accumulation and potential risks in surface sediment of estuary area: A case study of Dagu river. *Marine*

Environmental Research, 196(1), 1-10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106416>

Hassan, A., Samy, G., Hegazy, M., Balah, A., & Fathy, S. (2024). Statistical analysis for water quality data using ANOVA (Case study–Lake Burullus influent drains). *Ain Shams Engineering Journal*, 15(4), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2024/5343363>

Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education

Huaranga, F. R., Rodríguez, E. F., Méndez, E. F. y Bernuí, F. (2021). Especies bioindicadoras de contaminación por relaves mineros en el Sector Samne, La Libertad - Perú, 2021. *Arnaldoa*, 28(3), 633-650. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.283.28310>

Ibáñez, W. X., Arcos, J. P. y Narvaez, J. M. (2021). Técnicas espectroscópicas utilizadas para determinar la calidad del agua. *Polo del Conocimiento*, 6(9), 45-58. DOI: 10.23857/pc.v6i9.3004

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). Perú: Anuario de estadísticas ambientales 2021. <https://acortar.link/84dyor>

Isea, D., Vargas, L., Durán, J., Delgado, J. y Mendoza, R. (2015). Parámetros biocinéticos que rigen la ecuación de la DBO en aguas residuales de procesadora de cangrejos. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 38(2), 112-121. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702015000200003

Khan, I., & Umar, R. (2024). Improving evaluation of groundwater heavy metal (loid) s pollution efficiencies: Insights from novel Shannon entropy-weight and one-way ANOVA analysis. *Groundwater for Sustainable Development*, 24(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.101052>

Kiwingim, W., Gormley, A., Douglas, R., & Arnscheidt, J. (2024). Environmental compliance assessment for the desulfurization of sulfide mine waste tailings: A case study of Ok Tedi

- Mine, Papua New Guinea. *Environmental Challenges*, 15(1), 1-10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100875>
- Larrea, J. A., Romeu, B., Lugo, D. y Rojas, M. M. (2022). Aspectos fundamentales del monitoreo de calidad de aguas: el río almendares como caso de estudio. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 53(2), 148-159. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2221-24502022000200148
- Lima, V. H., Moura, J. P., Pissarra, T. C., do Valle Junior, R. F., de Melo, M. M., Valera, C. A., & Pacheco, F. A. (2024). Groundwater flow and transport of metals under deposits of mine tailings: A case study in Brumadinho, Minas Gerais, Brazil. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9(1), 1-10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100690>
- López, P. L. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto Cero*, 9(8), 69-74.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012
- Mamani, E., Alcon, J., Alejo, M., García, F., Moscoso, G., Pérez, C., Pinto, J., Rendón, A., Revilla, E., Salazar, A. y Velázquez, R. (2018). pH del agua potable que consumen estudiantes del segundo año de la carrera de medicina, Universidad Mayor de San Andres gestión 2017. *Cuadernos Hospital de Clínicas*, 59(2), 36-39.
http://www.scielo.org.bo/pdf/chc/v59n2/v59n2_a05.pdf
- Mamani, B., Aguilar, F., Nova, M. y Daza, A. (2022). Diagnóstico de la calidad de agua para consumo humano en las comunidades Carmen Pampa y Chovacollo en Coroico - Bolivia. *Acta Nova*, 10(4), 443-460. <http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v10n4/1683-0789-ran-10-04-443.pdf>
- Mancilla, O. R., Gómez, L., Palomera, C., Hernández, O., Guevara, R. D., Ortega, H. M., Flores, H., Can, A., Sánchez, E. I., Avelar, J. U. y Cruz, E. (2023). Metales pesados en agua y macroinvertebrados de la cuenca del río Ayuquila - Armería (México) y sus efluentes. *Terra Latinoamericano*, 41, 1-17. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1603>

- Marandi, A., Polikarpus, M., & Jõeht, A. (2013). A new approach for describing the relationship between electrical conductivity and major anion concentration in natural waters. *Applied geochemistry*, 38, 103-109.
- Martínez, M. (2021). *Determinación de la capacidad de autodepuración del sistema de alcantarillado de aguas residuales del municipio de Guayabetal*. [Tesis de grado, Universidad. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/894d090a-0763-4439-bfc9-36997a76c9d8/content>
- Mayarí, R., Espinosa, M. y Gutiérrez, Y. (2005). Validación de la determinación de oxígeno disuelto y demanda Bioquímica de Oxígeno en aguas y aguas residuales. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 36. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620511015>
- Ministerio del Ambiente. (Miércoles, 07 de Junio de 2017). Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. <https://acortar.link/4AQO3t>
- Ministerio de Salud. (2018). Unidad Temática N°3: Vigilancia y control de la calidad del agua. www.ins.gob.pe
- Ministerio del Ambiente. (2005). Ley General del Ambiente. Ley N° 28611. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
- Miranda, L. S., Wijesiri, B., Ayoko, G. A., Egodawatta, P., & Goonetilleke, A. (2021). Water-sediment interactions and mobility of heavy metals in aquatic environments. *Water Research*, 202, 117386.
- Morales, E., Reyes, J., Quiñones, L. y Milla, M. (2019). Efecto del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en la depuración del agua residual del colector Santa Lucia - Chachapoyas. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(4), 19-25. <https://acortar.link/WwQezp>
- Moreno, S. C. y Ramos, G. (2018). Descontaminación de arsénico, cadmio y plomo en agua por biosorción con *Scaccharomyces cerevisiae*. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21(2), 51-68. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.155>

- Motta, A. y Vimos, D. (2020). Influencia de la variación temporal de los parámetros hidráulicos en la estructura y la función de la comunidad de macroinvertebrados en un río andino. *Ciencias Naturales*. 44(171): 606-621. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1023>
- Naciones Unidas. (22 de marzo de 2021). El agua es la base de la vida, pero está fuera del alcance de 2000 millones de personas. <https://news.un.org/es/story/2021/03/1489832>
- Nima, R. L. (2020). *Determinación grado de contaminación por metales pesados generados por la actividad minera artesanal; para evaluar la calidad del agua del río Quiroz sector San Sebastian - Pampa Larga - Suyo - Piura*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/items/f4e1acdf-262d-45d9-b4e5-c9c068dafff0>
- Novoa, H. H., Arizaca, A. y Huisa, F. (2022). Efectos en los ecosistemas por presencia de metales pesados en la actividad minera de pequeña escala en Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(3), 182-189. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2022.361>
- Núñez, E., Tarrillo, E. E., Alva, D .M., Tarrillo, D. y Racón, J. (2021). Impacto de los efluentes mineros en los macroinvertebrados acuáticos en la cabecera del río Tingo, Cajamarca, Perú. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 4(2), 95-112. <http://doi.org/10.37518/2663-6360X2021v4n2p95>
- O'Reilly, C. &. (1995). Survival strategies of poor woman in Urban. *NRI Socio economic Series*.
- Ololade, I. A., Apata, A., Oladoja, N. A., Alabi, B. A., & Ololade, O. O. (2024). Appraisal of river sediments in southwestern Nigeria with a special focus on trace metals: occurrence, seasonal variation, sources, and health risks. *Ecological Frontiers*, 44(1), 155-156. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2023.08.004>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). Arsénico. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Ortuño, J. D. (2022). *Estudio de la selectividad y sensibilidad de sensores comerciales serigrafados modificados con nanopartículas para la determinación de metales pesados en aguas contaminadas* [Trabajo de grado, Universidad Politécnica de Catalunya].

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/380843/JHOSELIN-ORTUÑO-TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A. y Gallo, J. A. (2021). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnología de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería* 14(27), 9-18. <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>
- Palacios, I. y Moreno, D. W. (2022). Contaminación ambiental. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 6(2), 93-103. DOI: 10.26820/recimundo/6.(2).abr.2022.93-103
- Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 3-14. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Pérez, E. y Alvarado, D. C. (2018). Cuantificación por absorción atómica de Cu, Fe y Zn en alcohol destilado y agua. *Cuadernos de Investigación UNED*, 10(2), 387-396. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v10n2/1659-4266-cinn-10-02-387.pdf>
- Podgorski, J y Berg, M. (2023). Global threat of arsenic in groundwater [Amenaza global del arsénico en las aguas subterráneas]. *Science*, 368, 845-850. DOI: 10.1126/science.aba1510
- Polo, M. I. y Cotrina, T. (2023). Contaminación por metales pesados: caso río Yauli. *Revista de Investigación Multidisciplinaria*, 7(20), 11-18. <https://ctscafe.pe/index.php/ctscafe/article/view/247/225>
- Quirós, N., Robles, D., Caballero, A. y Calvo, G. (2022). Contenido de metales pesados en varios ríos de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 35(2), 93-104. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i2.5532>
- Ramos, A. D. (2024). Efectos del consumo de agua contaminada en la calidad de vida de las personas. *Polo del Conocimiento*, 9(1), 614-632. DOI: 10.23857/pc.v9i1.6396
- Ríos, F., Peña, E. y Benítez, R. (2022). Efecto del pH en las tasas de bioacumulación de metales pesados en la macroalga *Bostrychia calliptera* (Rhodomelaceae, Ceramiales). *Acta Biológica Colombiana*, 26(2), 226-234. <https://doi.org/10.15446/abc.v26n2.84142>

- Riveros, R. y Huaman, J. Y. (2022). *Concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del río Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/120da727-4574-4da3-b25c-0d5e972e2eab/content>
- Romero, K. P. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*, 12(1), 45-46. <https://www.redalyc.org/pdf/4260/426041218013.pdf>
- Saker, A. y Vega, F. (2020). *Capacidad de Autodepuración de la Ciénega de la Virgen a partir de la operación del Emisario Submarino*. [Tesis de grado, Universidad de Cartagena]. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/10173/Trabajo%20de%20Grado%20francisco%20vega.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salas, J., Maraver, F., Rodríguez, L., Sáenz, M., Vitoria, I. y Moreno, L. (2021). Importancia del consumo del agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual. *Nutrición Hospitalaria*, 37(5), 1072-1086. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.03160>
- Salinas, N., Benitez, J. y López, T. (2021). Metales pesados contenidos en los sedimentos de fondo y en la columna de agua del arroyo San Lorenzo, departamento central, Paraguay. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 26(1), 100-114. <https://doi.org/10.32480/rscp.2021.26.1.100>
- Samboni, N. E., Carvajal, Y. y Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181. <https://www.redalyc.org/pdf/643/64327320.pdf>
- Sánchez, E. y Quinteros, Z. (2017). Pertinencia del concepto de Estándar de Calidad Ambiental (ECA) en la región de sistemas ambientales con varios estados alternativos. Estudio de caso de una experiencia peruana. *Ecología Aplicada*, 16(2), 151-164 <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1019>
- Sánchez, H. (2019). *Concentración de metales pesados en los ríos Paltic, Chongoyapito y*

Ingueryacu - Querocotillo [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén].
<https://core.ac.uk/download/pdf/270319055.pdf>

Torres, P., Cruz, C. H. y Patiño, P. J. (2009). índices de calidad de agua en efluentes superficiales utilizados en la producción de agua para consumo humano. una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79-94.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

Torres, R. (2017). *A propósito del principio de gradualidad. Análisis del proceso de adecuación de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (ECA-AGUA) en la actividad de la gran y mediana minería en curso, desde el año 2008 al 2016* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://acortar.link/ObIE1W>

Vásquez, WC (2019). *Determinación de la dosis óptima de harina de cascara de banano para adsorbedor de plomo de agua del rio Tingo Maygasbamba* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/37375/Cerna_VW.pdf?sequence=1

Valdivia, D. (2022). Metales pesados: comunidades afectadas de Hualgayoc exigen seguimiento médico hace más de diez años. Convoca 1–16. <https://convoca.pe/agenda-propia/metales-pesados-comunidades-afectadas-de-hualgayoc-exigen-seguimiento-medico-hace-mas>

Velázquez, L., Ortiz, I., Chávez, J., Pámanes, G., Carrillo, A. Pereda, M. (2023). Influencia de la contaminación del agua y el desarrollo agrícola nacional e internacional. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 25, 1-13.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.482>

Villena, J. A. (2018). Calidad de agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304-308
<http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

Zou, Y., Lou, S., Zhang, Z., Liu, S., Zhou, X., Zhou, F., & Fedorova, I. V. (2024). Predictions of

heavy metal concentrations by physiochemical water quality parameters in coastal areas of Yangtze river estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 199(1), 1-10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115951>

Zhang, K., Morovati, K.m Tian, F., Yu, L., Liu, B. y Olivares, M. (2023). Regional contributions of climate change and human activities to altered flow of the Lancang-mekong river. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 50: 101535.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101535>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1

Descripción estadística de los datos de monitoreo

IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

10: COND

Visible: 7 de 7 variables

	DOO	DBO5	OD	COND	TEMP	PH	M.P	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	1,00	1,00	7,30	891,00	18,00	7,66	1,00												
2	1,00	1,00	7,10	884,00	19,00	7,65	1,00												
3	1,00	1,00	7,00	883,00	20,00	7,61	1,00												
4	1,00	1,00	7,20	889,00	20,00	7,63	1,00												
5	1,00	1,00	7,00	874,00	19,00	7,64	1,00												
6	1,00	1,00	7,30	881,00	19,00	7,67	1,00												
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36																			
37																			
38																			

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo

Unicóde: ACTIVADO

20°C
Muyform, soleado

Búsqueda

IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Pérdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	DOO	Númérico	8	2	Demanda Química de Oxígeno	[1,00, <8.3]	Ninguno	8	Derecha	✓ Escala	✓ Entrada
2	DBO5	Númérico	8	2	Demanda Biológica de Oxígeno	[1,00, <2.6]	Ninguno	8	Derecha	✓ Escala	✓ Entrada
3	OD	Númérico	8	2	Oxígeno Disuelto		Ninguno	8	Derecha	✓ Escala	✓ Entrada
4	COND	Númérico	8	2	Conductividad eléctrica		Ninguno	8	Derecha	✓ Escala	✓ Entrada
5	TEMP	Númérico	8	2	Temperatura		Ninguno	8	Derecha	✓ Escala	✓ Entrada
6	PH	Númérico	8	2	pH		Ninguno	8	Derecha	✓ Escala	✓ Entrada
7	M.P	Númérico	8	2	Metales pesados	[1,00, PLO...]	Ninguno	8	Derecha	✓ Nominal	✓ Entrada
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo

Unicóde: ACTIVADO

20°C
Muyform, soleado

Búsqueda

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Editor de datos interface. A table lists variables with columns for Nombre, Tipo, Anchura, Decimales, Etiqueta, Valores, Perdidos, Columnas, Alineación, Medida, and Rot. A dialog box titled 'Etiquetas de valor' is open, showing a list of values and their corresponding labels. The values listed are 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, and 6.00, with labels like 'PLOMO (<0.0040)', 'CADMILO (<0.0020)', etc.

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Processor interface with the 'Vista de variables' window open. The window displays a list of variables and their corresponding values, including 'Demanda Química de Oxígeno', 'Demanda Bioquímica de Oxígeno', 'Escherichea coli', 'Conductividad electrica', 'Temperatura', 'pH', 'Metales pesados', and 'N válido (por lista)'. The values are displayed in a grid format.

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demanda Química de Oxígeno	6	,00	1,00	1,00	6,00	1,0000	,00000	,00000	,00000	,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	6	,00	1,00	1,00	6,00	1,0000	,00000	,00000	,00000	,000
Escherichea coli	6	,30	7,00	7,30	42,90	7,1500	,05627	,13784	,019	
Conductividad electrica	6	17,00	874,00	891,00	5302,00	883,6667	2,47207	6,05530	36,667	
Temperatura	6	2,00	18,00	20,00	115,00	19,1667	,30732	,75277	,567	
pH	6	,06	7,61	7,67	45,86	7,6433	,00882	,02160	,000	
Metales pesados	6	,00	1,00	1,00	6,00	1,0000	,00000	,00000	,000	
N válido (por lista)	6									

Estadístico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Error estándar de la media		,00000	,00000	,05627	2,47207	,30732	,00882	,00000		
Desv. Desviación		,00000	,00000	,13784	6,05530	,75277	,02160	,00000		
Varianza		,000	,000	,019	36,667	,567	,000	,000		
Rango		,00	,00	,30	17,00	2,00	,06	,00		
Mínimo		1,00	1,00	7,00	874,00	18,00	7,61	1,00		
Máximo		1,00	1,00	7,30	891,00	20,00	7,67	1,00		

The screenshot shows the RStudio interface. The console displays R code for calculating a correlation matrix and creating a heatmap. The code includes comments in Spanish and R functions like 'cor()' and 'corrplot()'. The heatmap shows the correlation matrix for variables: Caudal, Temperatura, Conductividad, pH, DQO, DBOS, and OD. The diagonal elements are 1.000000, 0.5232537, 0.6405913, 1.0000000, 0.7770629, 0.5232537, and 0.6405913. The heatmap uses a color scale from -1 (red) to 1 (blue).

Anexo 4

Resultados de laboratorio de las muestras de agua del río Tingo-Maygasbamba



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

**INFORME DE ENSAYO N° IE 07230588****DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **YAN IDELSON RUIZ RUBIO**

Dirección **BAMBAMARCA**

Persona de contacto **YAN IDELSON RUIZ RUBIO** Correo electrónico yhan.ruiz2000@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **12.07.23** Hora de Muestreo **12:15**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**

Procedimiento de Muestreo **-**

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **02**

Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Físicoquímicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**

Referencia de la Muestra: **Bambamarca- Cajamarca**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-853** Cadena de Custodia **CC - 0588 - 23**

Fecha y Hora de Recepción **12.07.23 16:20** Inicio de Ensayo **12.07.23 16:30**

Reporte Resultado **19.07.23 09:40**

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Edder Miguel FAU 20453744168 vult
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 19/07/2023 12:52 p.m.

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 19 de Julio de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230588

ENSAYOS			Químicos Instrumentales			
Código de la Muestra	RTM1	RTM2	-	-	-	-
Código Laboratorio	07230588-01	07230588-02	-	-	-	-
Matriz	Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción	Superficial- Río	Superficial- Río	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Maygasamba	Maygasamba	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales			
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	<LCM	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.070	0.058	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	<LCM	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.040	0.036	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	135.4	131.1	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-
Cerio (Ce)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	0.126	0.137	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.0510	2.569	2.593	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.0050	0.006	0.006	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	8.106	8.094	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.045	0.031	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.0260	16.82	16.12	-	-
Níquel (Ni)	mg/L	0.0060	<LCM	<LCM	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	<LCM	<LCM	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.0910	82.65	83.60	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	3.456	3.561	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.742	0.697	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	0.005	0.005	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	0.026	0.019	-	-
Silice (SiO2)	mg/L	0.2225	7.392	7.236	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por
LÓPEZ LEÓN Prady número
FAU 20453744160 soft
Módulo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 19/07/2023 11:45 a. m.

Cajamarca, 19 de Julio de 2023

DR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@lraque@reg.cajamarca.gob.pe / laboratorio@lraque@hotmail.com FONOS 386000 anexo 1140.

Página: 2 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230588

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra	RTM1	RTM2	-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	07230588-01	07230588-02	-	-	-	-	-	-
Matriz	Natural	Natural	-	-	-	-	-	-
Descripción	Superficial- Río	Superficial- Río	-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Maygasbamba	Maygasbamba	-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.6	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	7.3	7.1	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744198 scb
Motivo: Visto en señal de conformidad
Fecha: 19/07/2023 11:46 a. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 19 de Julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230588

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1984, (Validado-Modificado) 2020. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 24 th Ed. 2023: Oxygen (Dissolved), Azide Modification

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev.N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 19 de Julio de 2023



Firmado digitalmente por
COLINA VENEZAS Juan Jose
Firma 29453744168 ext
Motivo: Visto en señal de
conformidad.
Fecha: 19/07/2023 12:10 p.m.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230622

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre	YAN IDELSON RUIZ RUBIO		
Dirección	BAMBAMARCA		
Persona de contacto	YAN IDELSON RUIZ RUBIO	Correo electrónico	yhan.ruiz2000@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo	09.08.23	Hora de Muestreo	10:30
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales- Físicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Bambamarca- Cajamarca		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC-867	Cadena de Custodia	CC - 0622 - 23	
Fecha y Hora de Recepción	26.07.23	14:53	Inicio de Ensayo	26.07.23 15:00
Reporte Resultado	03.08.23	12:51		

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Eduar Miguel PAU 2045144188.pdf
Módulo: Cof, el autor del documento.
Fecha: 03/08/2023 05:15 pm

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 03 de Agosto de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230622

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			RTM3	RTM4	-	-	-	-
Código Laboratorio			07230622-01	07230622-02	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Superficial- Río	Superficial- Río	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Maygasbamba	Maygasbamba	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.6	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	7.0	7.2	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por
LUCAS ALBERTO SANCHEZ S/N. URS. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERU
FOLIO 20453744166.pdf
Motivo: Visto en señal de conformidad
Fecha: 03/08/2023 05:15 pm

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 03 de Agosto de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230622

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 24 th Ed. 2023: Oxygen (Dissolved): Azide Modification

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev.N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 03 de Agosto de 2023

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
COUBA VIZCARRA Juan Jose
FOLIO 20453744165 SIRE
Móvil: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 03/08/2023 05:15 pm



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230661

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre	YAN IDELSON RUIZ RUBIO		
Dirección	BAMBAMARCA		
Persona de contacto	YAN IDELSON RUIZ RUBIO	Correo electrónico	yhan.ruiz2000@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo	09.08.23	Hora de Muestreo	11:00
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales- Físicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Bambamarca- Cajamarca		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC-879	Cadena de Custodia	CC - 0661 - 23	
Fecha y Hora de Recepción	09.08.23	15:30	Inicio de Ensayo	09.08.23 16:00
Reporte Resultado	16.08.23	10:39		

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Edder Miguel FAU 20453744185 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16/08/2023 09:30 am

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 16 de Agosto de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230661

ENSAYOS			Químicos Instrumentales					
Código de la Muestra			RTM5	RTM6	-	-	-	-
Código Laboratorio			07230661-01	07230661-02	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Superficial- Río	Superficial- Río	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Maygasbamba	Maygasbamba	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.087	0.094	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.048	0.041	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	141.7	139.2	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cerio (Ce)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	0.132	0.139	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.0510	2.148	2.347	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.0050	0.004	0.006	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	8.296	8.118	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.042	0.036	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.0260	17.12	16.84	-	-	-	-
Níquel (Ni)	mg/L	0.0060	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.0910	85.72	86.24	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	3.878	3.766	-	-	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.722	0.741	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	0.005	0.005	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	0.024	0.020	-	-	-	-
Silice (SiO ₂)	mg/L	0.2225	7.438	7.582	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por
LCPET LCON/Fredy Humberto
FAU 39453764198 soft
Móvil: Vivo en señal de
conformidad
Fecha: 16/08/2023 09:30 am.

Cajamarca, 16 de Agosto de 2023

JE. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@lra@rg.cajamarca.gob.pe / laboratorio@lra@inacal.com FONOS 396000 anexo 1340.

Página: 2 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230661

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			RTM5	RTM6	-	-	-	-
Código Laboratorio			07230661-01	07230661-02	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Superficial - Río	Superficial - Río	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Maygasbamba	Maygasbamba	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.6	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	7.0	7.3	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

V° B° 
Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha 16/08/2023 09:36 am

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 16 de Agosto de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230661

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SnO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 24 th Ed. 2023: Oxygen (Dissolved). Azide Modification

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulados por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev.N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 16 de Agosto de 2023



Firmado digitalmente por
COLINA VEREGAS Juan Jose
FAU 20453744198 soñ
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 16/08/2023 09:30 am

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Figura 5

Procedimiento previo a la toma de muestras para evaluación de metales pesados

**Figura 6**

Obtención de la muestra para la evaluación de concentración de metales pesados



Figura 7

Procedimiento previo a la toma de muestras para evaluación de DBO₅

**Figura 8**

Obtención de la muestra para la evaluación de DQO



Figura 9

Procedimiento previo a la obtención de la muestra para la evaluación de DBO₅

**Figura 10**

Obtención de la muestra para la medición DBO₅ añadido preservante de H₂SO₄



Figura 11

Obtención de la muestra para la evaluación de oxígeno disuelto

**Figura 12**

Calibración de multiparámetro HQ40d



Figura 13

Medición de parámetros con ayuda del multiparámetro HQ40d

**Figura 14**

Sellado y preparación de las muestras para su transporte a laboratorio

