

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN QUÍMICA - MENCIÓN QUÍMICA - FÍSICA

Tema: EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD DE LA POBLACIÓN POR CONTAMINACIÓN DE AGUA CON METALES PESADOS (CADMIO, NÍQUEL Y PLOMO) DERIVADOS DE EXPLOTACIÓN MINERA ILEGAL, CANTÓN ESMERALDAS.

Trabajo de titulación previo a la obtención del Grado académico de
Magister en Química Mención Química – Física

Modalidad de titulación Proyecto de Desarrollo

Autor: Ingeniera Tannia Jazmín Vargas Tierras

Director: Químico, Lander Vinicio Pérez Aldás Mg.

Ambato – Ecuador

2022

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Magíster e integrado por los señores: Ingeniero Daniel Alfonso Cabrera Valle Máster y Química Jeanette Verónica Carrera Cevallos Máster, designados por la Unidad Académica de Titulación de Posgrados de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: "Evaluación de riesgos para la salud de la población por contaminación de agua con metales pesados (Cadmio, Níquel y Plomo) derivados de explotación minera ilegal, Cantón Esmeraldas", elaborado y presentado por la señorita, Ingeniera Tannia Jazmín Vargas Tierras, para optar por el Grado Académico de Magister en Química mención Química-Física; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa

Qc. Jeanette Verónica Carrera Cevallos, MsC.
Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Daniel Alfonso Cabrera Valle MSc.
Miembro del Tribunal de Defensa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “Evaluación de riesgos para la salud de la población por contaminación de agua con metales pesados (Cadmio, Níquel y Plomo) derivados de explotación minera ilegal, Cantón Esmeraldas”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniera, Tannia Jazmín Vargas Tierras, Autora bajo la Dirección del Químico, Lander Pérez Aldás, Mg, Director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ingeniera, Tannia Jazmín Vargas Tierras

AUTORA

Químico, Lander Vinicio Pérez Aldás, Mg

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Ingeniera, Tannia Jazmín Vargas Tierras

0603372020

INDICE GENERAL

Contenido

PORTADA

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	xi
DEDICATORIA	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
EXECUTIVE ABSTRACT	xv
CAPÍTULO 1	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación del Proyecto.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivo Específico.....	3
CAPÍTULO II	4
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	4
2.1. Realidad ambiental mundial	4
2.2. Contexto histórico de los daños ambientales en el Ecuador.....	5

2.3.	Los problemas de contaminación y sus efectos sobre la calidad del agua	6
2.3.1.	Contaminantes inorgánicos.....	7
2.3.1.1.	Cadmio.....	8
2.3.1.2.	Plomo.....	8
2.3.1.3.	Níquel.....	9
2.4.	Parámetros relacionados con la validación de un método.....	10
2.6.	Evaluación de los resultados de toxicidad.....	15
2.6.1.	Evaluación de riesgos para la salud humana.....	16
2.7.	Acuerdo Ministerial 097 – A del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.....	17
CAPÍTULO III.....		19
MARCO METODOLÓGICO.....		19
3.1.	Ubicación del sitio de estudio.....	19
3.2.	Equipos y materiales.....	21
3.2.1.	Protección personal.....	21
3.2.2.	Preservantes.....	21
3.2.3.	Equipos de Campo.....	21
3.2.4.	Materiales de campo.....	22
3.2.5.	Materiales de laboratorio.....	22
3.2.6.	Reactivos de laboratorio.....	23
3.3.	Tipo de investigación.....	23
3.4.	Prueba de hipótesis.....	23
3.4.1.	Hipótesis nula (H_0).....	23
3.4.2.	Hipótesis alternativa (H_A).....	24
3.5.	Población y muestra.....	24
3.6.	Recogida de muestras.....	24
3.7.	Validación del método.....	25
3.7.1.	Necesidad Analítica y objetivos de validación.....	26
3.7.2.	Diseño experimental y estadístico para validación.....	27
3.7.3.	Curvas de calibración.....	28

3.7.4. Cálculos.....	29
3.8. Cuantificación de metales pesados en las muestras del río Teaone.	29
3.9. Evaluación del riesgo para la salud de la población debido a la exposición crónica a metales pesados.....	30
3.10. Descripción y operacionalización de variables	32
3.10.1. Variables dependientes.....	32
3.10.2. Variables independientes	33
CAPÍTULO IV.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Resultados de la validación de cadmio en aguas.....	34
4.2. Resultados de la validación de níquel en aguas.....	35
4.3. Resultados de la validación de plomo en aguas.	36
4.4. Concentraciones de metales pesados en el agua y límites permitidos.....	37
4.5. Evaluación del riesgo para la salud.	39
CAPÍTULO V	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
5.1. Conclusiones.....	42
5.2. Recomendaciones	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXO I	48
Materiales de campo	50
Reactivos ó Preservantes	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros que se consideran en una validación de métodos.....	15
Tabla 2. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo cuenca Río Teaone.	20
Tabla 3. Parámetros de validación y fijación de objetivos.....	26
Tabla 4. Diseño experimental para validación de método de absorción atómica	27
Tabla 5. Estándares para realizar las curvas de calibración de Ni y Pb.	28
Tabla 6. Estándares para la realizar las curvas de calibración de Cd.....	28
Tabla 7. Verificación de cumplimiento de objetivos y resultados de validación de Cadmio en agua.....	34
Tabla 8. Verificación de cumplimiento de objetivos y resultados de validación de Níquel en agua.....	35
Tabla 9. Verificación de cumplimiento de objetivos y resultados de validación de Plomo en agua.....	36
Tabla 10. Promedio de la concentración de metales pesados en aguas del río Teaone y los límites máximos permisibles AM 097-A.	38
Tabla 11. Los parámetros usados para la estimación de los CDI y los valores de HQ de ingestión	40
Tabla 12. Dosis media de exposición (expresada en mg / kg-día).....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de monitoreo Cuenca Río Teaone, mapa geográfico en Google Maps.....	20
Figura 2. Identificación de los puntos de muestreo.....	64
Figura 3. Descarga de la Refinería de Esmeraldas y Punto 1 de muestreo.....	64
Figura 4. Preparación de los materiales para la toma de muestra.....	65
Figura 5. Toma de muestra en el río Teaone - Esmeraldas.....	66
Figura 6. Ingreso de muestras río Teaone-UTA.....	66
Figura 7. Campana de extracción.....	66
Figura 8. Digestor de microondas.....	66
Figura 9. Sistema para destilación de agua.....	67
Figura 10. Equipo de absorción atómica AA 500.....	67
Figura 11. Determinación de muestras.....	68
Figura 12. Informe de resultados L1, Día 1.....	69
Figura 13. Informe de resultados L2, Día 1.....	70
Figura 14. Informe de resultados L3, Día 1.....	71
Figura 15. Informe de resultados L4, Día 1.....	72
Figura 16. Informe de resultados L5, Día 1.....	73
Figura 17. Informe de resultados L1, Día 2.....	74
Figura 18. Informe de resultados L2, Día 2.....	75
Figura 19. Informe de resultados L3, Día 2.....	76
Figura 20. Informe de resultados L4, Día 2.....	77
Figura 21. Informe de resultados L5, Día 2.....	78
Figura 22. NTE INEN 2169:2013.....	81
Figura 23. NTE INEN 2176:2013.....	82
Figura 24. NTE INEN 2226:2013.....	83

Figura 25. Norma Internacional ISO/IEC 17025 84

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por permitirme despertar todos los días y poder seguir velando por el bienestar de mi familia.

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato por haberme permitido ser parte de esta noble institución. Y a sus docentes por haber impartido sus conocimientos y experiencias que me ayudarán a seguir formándome profesionalmente.

Agradezco infinitamente a mi tutor, el Químico Lander Pérez que con su amplio conocimiento, paciencia, dedicación y criterio me ayudaron a culminar satisfactoria mi trabajo de titulación.

Y finalmente, agradezco a todos los buenos profesionales que encontré en este camino, por su amistad sincera que de una u otra manera me han brindado su apoyo incondicional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Beatriz Tierras y Daniel Vargas por sus cuidados, consejos y apoyo para lograr mis metas. Papi, aunque no estarás junto a mí en la culminación de este logro en mi formación profesional, fuiste él que me animó y cuidó durante todo este proceso, por eso siempre estaré agradecida. A mi esposo, por ser mi compañero y amigo incondicional que me animó a seguir superándome profesionalmente; de hecho, sin su ayuda este sueño no se hubiera hecho realidad. A mis hijos; Martín, Julián y Daniela que me inspiran para cumplir las metas que me propongo. A mis hermanos y hermanas que de una u otra forma contribuyeron para alcanzar lo anhelado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
MAESTRIA EN QUÍMICA, MENCIÓN QUÍMICA - FÍSICA

TEMA:

Evaluación de riesgos para la salud de la población por contaminación de agua con metales pesados (Cadmio, Níquel y Plomo) derivados de explotación minera ilegal, Cantón Esmeraldas.

AUTOR: Tannia Jazmín Vargas Tierras

DIRECTOR: Químico, Lander Vinicio Pérez Aldás Mg.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Medio Ambiente

FECHA: Enero 05, 2022

RESUMEN EJECUTIVO

La influencia de actividades económicas no sostenibles en Ecuador, como la minería ilegal, la industria petrolera, etc., usan metales pesados en varios de sus procesos industriales, metales que cuando no poseen un adecuado tratamiento se depositan en las fuentes de agua, comprometiendo la supervivencia y bienestar de los seres humanos. El río Teaone, ubicado en el Cantón Esmeraldas durante todo su trayecto recibe una gran variedad de residuos que contienen una gama de compuestos químicos que pueden producir contaminación del agua.

Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue evaluar cuáles fueron los riesgos en la salud de la población por contaminación del agua con metales pesados (Cadmio, Níquel y Plomo) en el río Teaone del Cantón Esmeraldas, provincia Esmeraldas. Se realizó una investigación no experimental cuantitativa – transversal y el tipo de

muestreo fue no probabilístico intencional, presencia y distribución de los metales pesados en los puntos de muestreo.

Se desarrolló e implementó la metodología analítica para el análisis de Cd, Ni y Pb en aguas naturales y superficiales por espectrometría de absorción atómica de llama en el laboratorio de canje de deuda de la FCIAB – UTA. En este estudio, se determinaron las concentraciones de tres metales pesados en cinco lugares del río Teaone. Los resultados reflejaron un deterioro progresivo e indicaron contaminación. La dosis de exposición fue determinada por ingestión, inhalación y dérmico.

La dosis media de exposición diaria más alta fue por inhalación, seguida de la ingestión y la dérmica. La evaluación del riesgo para la salud reveló, graves riesgos no cancerígenos por la ingesta de metales pesados en agua contaminada ($HQ_{Pb} > HQ_{Cd} > HQ_{Ni}$), donde los niños son más afectados que los adultos. Este estudio ha demostrado que el Río Teaone presenta una alta contaminación por metales pesados (Cd, Ni y Pb) y la población que habita en la ribera del río presenta una elevada probabilidad de sufrir riesgo en su salud. Por esta razón, se necesitan estrategias de control más rigurosas por los entes rectores (Ministerio del Ambiente, Gobierno Autónomo Descentralizado) para minimizar la contaminación de los ríos contaminados con metales pesados.

Palabras clave: metales pesados; riesgo para la salud; contaminación.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
MAESTRIA EN QUÍMICA MENCIÓN QUÍMICA - FÍSICA

THEME:

Evaluation of risks to the health of the population due to contamination of water with heavy metals (Cadmium, Nickel and Lead) derived from illegal mining, Esmeraldas Canton.

AUTHOR: Tannia Jazmín Vargas Tierras

DIRECTOR: Químico, Lander Vinicio Pérez Aldás Mg.

LINE OF RESEARCH

- Environment

DATE: January 5th, 2022

EXECUTIVE ABSTRACT

The influence of unsustainable economic activities in Ecuador, such as illegal mining, the oil industry, etc., use heavy metals in several of their industrial processes, metals that when not adequately treated are deposited in water sources, compromising the survival and well-being of human beings. The Teaone River, located in the Esmeraldas Canton, receives a great variety of wastes that contain a range of chemical compounds that can cause water contamination.

For this reason, the objective of this research was to evaluate the health risks to the population due to water contamination with heavy metals (Cadmium, Nickel and Lead) in the Teaone River in Esmeraldas Canton, Esmeraldas province. Non-experimental quantitative-cross-sectional research was carried out and the type of sampling was non-probabilistic, intentional, presence and distribution of heavy metals in the sampling points.

Analytical methodology for the analysis of Cd, Ni and Pb in natural and surface waters by flame atomic absorption spectrometry was developed and implemented at the FCIAB - UTA debt exchange laboratory. In this study, the concentrations of three heavy metals were determined at five locations in the Teaone River. The results reflected progressive impairment and indicated contamination. The exposure dose was determined by ingestion, inhalation and dermal.

The highest average daily exposure dose was by inhalation, followed by ingestion and dermal. The health risk assessment revealed, serious non-cancer risks from ingestion of heavy metals in contaminated water ($HQ_{Pb} > HQ_{Cd} > HQ_{Ni}$), where children are more affected than adults. This study has shown that the Teaone River is highly contaminated by heavy metals (Cd, Ni and Pb) and the population living along the river has a high probability of suffering health risks. For this reason, more rigorous control strategies are needed by the governing bodies (Ministry of the Environment, Decentralized Autonomous Government) to minimize the contamination of rivers contaminated with heavy metals.

Keywords: heavy metals; health risk; contamination.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

Empezando por una perspectiva mundial y retrocediendo a la época de la revolución industrial, pasando por los avances tecnológicos de la era moderna es obvio percatarse de los riesgos ambientales inminentes que afectan directamente el sostenimiento de la vida en el planeta. Los factores humanos, junto con un crecimiento demográfico acelerado en los últimos 40 años se han conjugado para incrementar la denominada huella ecológica, en donde a través de diferentes estudios socio ambientales demuestran que estamos usando mucho más de lo que el planeta tierra puede proporcionar y restaurar (Doroni, 2019).

El constante riesgo a la que la sociedad actual se enfrenta debido a los sistemas productivos que promueven procesos de contaminación química, modificación genética y no podría faltar el cambio climático. Estos fenómenos arriesgan el equilibrio para la sustentabilidad ecológica y principalmente afectan la salud de los seres vivos; en efecto en la actualidad no es posible calcular de manera exacta los catastróficos efectos que transforma el planeta, observando como una de las consecuencias el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad y la extinción de las especies (Armas, et al., 2016)

Muchas de las actividades relacionadas con eventos que encierran un riesgo ambiental y que son directamente perjudiciales al medio ambiente, especialmente cuando forman parte de un proceso productivo con un fin económico que denota en el mantenimiento de dichas actividades generadoras de daños, pero que finalmente producen un beneficio social lo que provoca una culpa social en los perjuicios que esa actividad produce (Sanjuán, 2006). Esta es la razón por la que no solo el uso y la explotación de los recursos naturales en niveles que van más allá de las capacidades de la sustentabilidad de los ecosistemas, sino que también la contaminación ambiental a través de la descarga de desechos y residuos en niveles superiores a la capacidad de absorción de los ecosistemas de soporte son las dos categorías de actividades humanas

que producen entre otras la contaminación del agua con los consecuentes problemas para la salud pública, agotamiento de los recursos pesqueros, aumento del cáncer de piel y de enfermedades que afectan de manera directa a las futuras generaciones. (Estupiñan et al., 2021)

1.2 Justificación del Proyecto

Los estudios dirigidos a la conservación de los recursos naturales y dentro de ellos el agua es de interés nacional y mundial, debido a que el agua es un recurso imprescindible para la vida, por lo que debemos protegerla. Sin embargo, muchos ríos, lagos, lagunas y mares han sido contaminados, especialmente por el crecimiento de la población a través de procesos de desarrollo no sostenible, lo que ha traído como consecuencia la contaminación del agua de manera acelerada.

Una práctica no sostenible que está afectando la disponibilidad de agua de calidad para los seres humanos es actividad minera industrial debido, a que en varios ríos se han identificado metales pesados que además de ser tóxicos, son acumulables. Por esta razón, se han convertido en contaminantes ambientales peligrosos, generados por las actividades humanas. Pazmiño (2018) señala que “la variedad de contaminantes presentes en el ambiente, los metales son de particular preocupación a nivel mundial, debido a su persistencia y capacidad de bioacumulación y biomagnificación en los ecosistemas acuáticos”.

Los ríos de la provincia de Esmeraldas, en particular el río Teaone son una muestra de lo planteado debido a que en la región están operando empresas ilegales de minería, industria petrolera que tienden a generar daños en los recursos naturales y en la salud de la población por la exposición prolongada o por bioacumulación de metales pesados, produciendo afecciones de órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos.

Las principales causas de morbilidad en las zonas de estudio son las relacionadas con enfermedades respiratorias (faringitis, amigdalitis, asma, etc.); enfermedades del aparato digestivo (parasitosis, gastroenteritis, diarreas, etc.), las mismas que establecen que las actividades mineras, la poca tecnificación de la misma, a la que se suman la

utilización de materiales y sustancias peligrosas en los procesos de extracción de la actividad aurífera son las que tienen relación directa con estas afectaciones (Rodríguez Tabares, 2016) (Estupiñán et al., 2021) . Otras investigaciones señalan la presencia de metales pesados en el agua y en el suelo, potencialmente en especies acuáticas aumenta el riesgo de la salud de la población, ya sea por: la inhalación de compuestos químicos, absorción a través de la piel, el consumo de agua contaminada, el consumo de especies acuáticas contaminadas y el consumo de productos agrícolas que podrían potencialmente estar contaminados (Oviedo-Anchundia, et al., 2017).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Evaluar los riesgos para la salud de la población por contaminación de agua con metales pesados (cadmio, níquel y plomo) derivados de explotación minera ilegal, cantón Esmeraldas.

1.3.2 Objetivo Específico

- Desarrollar el protocolo de muestreo acorde a la normativa ambiental vigente para el muestreo de aguas contaminadas por la actividad minera ilegal.
- Validar del método para la determinación de metales pesados Cd, Ni, y Pb, por espectroscopia de Absorción Atómica acorde a los criterios de la Norma NTE ISO 17025-2018.
- Cuantificar la contaminación por metales pesados Cd, Ni y Pb en aguas contaminadas por la actividad minera ilegal.
- Evaluar el riesgo para la salud de la población, debido a la exposición a metales pesados producidos en la actividad minera ilegal.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1. Realidad ambiental mundial

El planeta enfrenta una crisis ambiental global que se refleja en el cambio climático, la pérdida y degradación de la diversidad biológica. El deterioro del ambiente pone en riesgo la capacidad de los sistemas naturales que sustentan la vida y amenaza el derecho de las futuras generaciones a vivir en un ambiente sano (Huarillocla Rosas, 2021).

(Duarte et al., 2006) describe al sistema tierra como proveedor de la sociedad humana para sus actividades económicas y explica la necesidad de las personas de vivir en un ambiente saludable, pero enfatiza la explotación colectiva de los recursos de la Tierra a tasas e intensidades crecientes que sobre pesan la capacidad de sus sistemas para absorber residuos y neutralizar los efectos adversos sobre el ambiente. El cambio climático y agotamiento de la capa de ozono son resultado de este análisis, como también lo son los cambios en la biodiversidad y contaminación, lo cual afectan a los factores ambientales para el bienestar humano (Barros, 2004).

Se explica que los últimos cien años han sido caracterizados por un crecimiento exponencial tanto de la población humana, como también de su economía. Con este argumento se puede inferir que el problema ambiental se debe a que la capacidad de la naturaleza para absorber residuos y desechos ha sido sobrepasada, (Rodríguez, et al., 2015).

Estas actividades realizadas sin respetar el mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza, causan daño mediante procesos de contaminación y pérdida de la diversidad biológica. Es por tal razón que para evitar daños ambientales amerita el mantenimiento del equilibrio en el sistema natural con un sistema social que, mediante actividades socioeconómicas

podría sobrepasar la capacidad de regeneración del sistema natural (Bedón-Garzón, 2017).

2.2. Contexto histórico de los daños ambientales en el Ecuador

El Ecuador posee una gran diversidad geográfica, biológica y étnica en un espacio relativamente reducido, en donde confluyen los Andes, la Amazonía y la Cuenca del Pacífico, siendo considerado uno de los países más mega diversos del mundo. Estas regiones se encuentran atravesados por una serie de proyectos extractivos y de infraestructura, promovidos en su mayoría por el estado, cuyas características, impactos y proyectos constituyen el eje de la problemática en estudio principalmente debido a que estos procesos han generado impactos directos, indirectos y acumulativos sobre la naturaleza y las personas a lo largo del tiempo (Giro & Salazar, 2012).

Evidentemente la red hidrográfica del Ecuador presentan algún tipo de contaminación, ríos como Monjas en Quito; río Cutuchi en Latacunga; río Ambato en Ambato, ríos Machangara y Tomebamba en Cuenca; ríos de Santo Domingo de los Colorados; en los ríos Teaone y Esmeraldas en Esmeraldas, río Guayas en Guayaquil; río Bugay de Azogues y en los ríos del oriente ecuatoriano (Napo, Coca; Aguarico, Cuyabeno), todos ellos padecen los efectos que los desechos de las industrias provocan en el agua, suelo y la biodiversidad (Barros, 2004).

En la provincia de Esmeraldas la población es aproximadamente de 385 223 habitantes. (Estupiñán et al., 2021), los principales problemas identificados es la irregularidad en la titulación de tierras, la sobreexplotación maderera, deforestación, erosión de suelos, contaminación del agua y la inseguridad en la zona de frontera. Junto a esto el daño ambiental es inminente debido que existe una inadecuada disposición de desechos líquidos y sólidos en ríos y quebradas, extracción minera y de hidrocarburos e inadecuadas prácticas agrícolas y ganaderas (Giro & Salazar, 2012) (Estupiñán et al., 2021).

El crecimiento de la industria de extracción de aceite de palma, la utilización de agroquímicos está ocasionando que el suelo se desgaste rápidamente y con el paso del tiempo éste deja de ser productivo. Además, los bosques están amenazados porque la explotación maderera ha ocasionado que la extensión de los bosques húmedos, ubicados en el cantón San Lorenzo, registre apenas 6% de superficie forestal de un total de 80 000 km². Así mismo, por el crecimiento la industria camaronera se está talando los manglares provocando alteración al ecosistema y afectando económicamente a las familias que se dedican a la cosecha de conchas y cangrejos. Otra problemática en la provincia, es la minería ilegal la cual no garantiza seguridad ambiental al momento de la extracción ya que se utilizan procedimientos precarios y disposición inadecuado de los desechos que generan no solo afectan al ambiente, sino también se ha identificado problemas sociales como conflictos entre las comunidades, líderes y propietarios de las tierras donde se extrae los minerales, dando como resultado la explotación laboral y sin beneficios de ley para que personas que trabajan en esta área (Estupiñan et al., 2021).

El tratamiento jurídico en lo referente a la minería ilegal, ha sido el punto de inflexión en la legislación ecuatoriana, ya que esta no se acoplaba frente a la especificidad de la actividad como tal, es decir la explotación de recursos mineros sin contar con las debidas autorizaciones en los respectivos niveles de extracción, es decir minería artesanal, minería a pequeña escala y a gran escala (Barros, 2004) (Estupiñan et al., 2021).

2.3. Los problemas de contaminación y sus efectos sobre la calidad del agua

Los problemas de contaminación, sus efectos deteriorantes y las variables asociadas con la calidad del agua se manifiestan por la interferencia en los diversos usos benéficos del agua, así por ejemplo, se ha observado que una concentración baja de oxígeno disuelto en una corriente de agua interfiere en la vida de los peces y causa molestias de tipo estético; la presencia de niveles altos de bacterias inutiliza un recurso hídrico para recreación; así mismo, se ha demostrado que la presencia de ciertos metales pesados como cadmio, níquel y plomo en agua para consumo humano puede producir cáncer y toxicidad en los usuarios (Guanoquiza et al., 2019).

La contaminación de un ambiente acuático significa la introducción por el hombre directa o indirectamente de sustancias o energía, lo cual ocasiona daños en los organismos vivos, efectos sobre la salud de los humanos, impedimento de actividades acuáticas (natación, buceo, canotaje, pesca, etc.) e interferencia sobre actividades económicas como el riego, el abastecimiento de agua para la industria, entre otras (Guanquiza et al., 2019).

La preocupación en general recae principalmente en los efectos desconocidos de la ingestión de químicos en el cuerpo humano esto es, física y fisiológica, en donde su potencial para producir cáncer, tumores y defectos genéticos es evidente. En vista de lo anterior, el problema de la presencia de las sustancias químicas en el agua es único en calidad del agua en el sentido de que su impacto sobre la salud pública es percibido como directo e individualizado. Este hecho contrasta con los efectos producidos por los contaminantes convencionales que básicamente afectan el ecosistema acuático y prácticamente no generan problemas de salud pública (Vargas Marcos, 2005).

Los contaminantes que crean problemas de contaminación en el agua se pueden dividir en varios grupos, siendo los más importantes los que proceden de compuestos tóxicos como pesticidas, compuestos clorados, metales pesados, entre otros, así mismo, están los que consumen oxígeno, necesario para la vida acuática y la biodegradación de la materia orgánica y de igual importancia aquellos relacionados con la descarga de nutrientes procedentes de fertilizantes, y que son causa de la eutrofización. De la relación anterior se desprende que pueden encontrarse contaminantes químicos orgánicos e inorgánicos, biológicos o radiactivos, que a su vez pueden estar disueltos o dispersos. Los contaminantes inorgánicos serán aquellos que analizaremos en nuestra investigación (Guanquiza et al., 2019).

2.3.1. Contaminantes inorgánicos.

Los contaminantes inorgánicos provienen de desechos domésticos, agrícolas e industriales que contienen diversas sustancias disueltas. Entre estos contaminantes están las sales metálicas solubles, como cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos y carbonatos. También los desechos de ácidos, bases y gases tóxicos disueltos, tales

como dióxido de azufre, amoníaco, sulfuro de hidrógeno y cloro. Para dar una ligera idea de su repercusión los ácidos, por ejemplo, son mortales para la vida acuática y originan la corrosión de metales. Hay que hacer una especial mención a la contaminación de metales pesados (Oviedo-Anchundia et al., 2017) (Baird et al., 2017).

Los metales pesados son los contaminantes más nocivos. Se incluyen en este grupo los metales que aparecen más hacia la derecha y en la parte más baja del sistema periódico. Otros, son nutrientes para muchos animales, pero a partir de determinadas concentraciones son tóxicos. Una característica particular de la contaminación por metales pesados es su persistencia en el ambiente, como consecuencia de que no son degradables en la naturaleza, ni biológica ni químicamente (Baird et al., 2017).

2.3.1.1. Cadmio

El cadmio se encuentra en la naturaleza en estado de oxidación +2 y es químicamente similar al cinc, por lo que se encuentra junto a él en los procesos geoquímicos, y de hecho el cadmio se obtiene como producto secundario en la obtención del cinc. El cadmio es utilizado en la industria para formar aleaciones con otros metales, en pigmentos, baterías y aditivos para plásticos, entre otros usos (Sanmiguel & Guerrero, 2017). La intoxicación por cadmio en humanos es muy seria. El cuerpo humano puede absorberlo y permanece en él durante largos periodos de tiempo. Produce destrucción de diversos tejidos y puede reemplazar al cinc en algunas enzimas, alterando, por tanto, la actividad catalítica de reacciones fisiológicas, y puede provocar hipertensión y enfermedades cardíacas. Por todo ello, y aunque en la actualidad no ha representado un peligro generalizado, sino sólo casos aislados, sí hay que estar alerta en no contaminar el medio ambiente con cadmio (ATSDR Public Health Statement Cadmium CAS#7440-43-9, 2012)

2.3.1.2. Plomo

La intoxicación de plomo (Pb) en humanos causa severas disfunciones en los riñones, hígado, aparato reproductor, cerebro y sistema nervioso central. El ser humano no sólo

ingiere e inhala plomo como consecuencia de la contaminación de este metal, sino que también está presente en bajas proporciones en los alimentos naturales, como pueden ser las naranjas o las patatas. Ahora bien, al igual que el resto de los metales pesados el plomo no se metaboliza, pero puede excretarse; sin embargo, ciertas cantidades se fijan en diferentes partes de cuerpo, que en el caso del plomo es en los huesos, ya que químicamente es semejante al calcio. El Plomo genera alteraciones en el estatus iónico celular y estrés oxidativo, lo que trae como consecuencia disrupciones endócrinas, inhibición de la actividad enzimática, muerte celular, genotoxicidad, problemas inflamatorios, la inhibición de la síntesis de hemoglobina, generando anemia, incremento de la presión sanguínea, daño renal, perturbaciones en el sistema nervioso central, cáncer de estómago y pulmones. Además, los niños son muy sensibles al Pb, el cual genera retraso en el desarrollo mental e intelectual. En los animales el Pb genera retardos en la maduración, afecta la cantidad y calidad de la esperma, produce cambios conductuales en mamíferos, invertebrados y en las aves puede ser mortal a bajas concentraciones (Argüelles & Luz, 2011).

2.3.1.3. Níquel

Uno de los metales pesados de uso frecuente es el níquel. Es un elemento bastante abundante, constituye cerca del 0,008 % de la corteza terrestre y 0,01 % de las rocas ígneas (Argüelles & Luz, 2011). Se encuentra en distintos minerales, en meteoritos (aleado con hierro), etcétera. Es un mineral muy demandado en la industria (la siderúrgica, por ejemplo), principalmente para la obtención de aceros de gran calidad y en muchísimas aleaciones con cobre, cromo, aluminio, plomo, cobalto, manganeso, plata y oro. El níquel da a las aleaciones dureza, tenacidad y ligereza, así como cualidades anticorrosivas, eléctricas y térmicas (Yaulema et al., 2019). La mayor parte del níquel se emplea para fabricar acero inoxidable. En pequeñas cantidades el níquel es esencial, pero a altas concentraciones puede resultar muy peligroso para la salud humana. Aumenta las posibilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata. Es desencadenante también de embolias, fallos respiratorios, desórdenes del corazón, así como reacciones alérgicas (erupciones cutáneas), en menor grado.

Considerando los efectos que provocan los metales pesados en general y el níquel en particular en el medio ambiente, es prioritario llevar a cabo actuaciones que procedan a la eliminación de los mismos de los diversos ecosistemas (Reyes et al., 2016) indican que la contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, que se incorporan finalmente a ríos, a los vegetales, animales y alimentos alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, debido a que originan serios problemas en la salud humana y animal.

2.4. Parámetros relacionados con la validación de un método

Se describen a continuación los diferentes parámetros que comprenden la validación, se debe tener en cuenta que no necesariamente se deben realizar todos los parámetros en la validación de un método, pero es importante interpretar los conceptos de cada uno de ellos para saber si es necesario desarrollarlo en el método que se desea validar.

Linealidad y sensibilidad: Considerando que la linealidad es la capacidad de un método analítico de producir resultados que sean directamente, o por medio de una transformación matemática proporcionales a la concentración de analito en la muestra. Para evaluar si existe una relación lineal entre dos magnitudes se lleva a cabo una regresión por el método de mínimos cuadrados (Baird et al., 2017). Para llevar adelante el estudio de linealidad, normalmente se analizan una serie de soluciones estándares de concentraciones conocidas y se grafica señal instrumental en el eje de las ordenadas en función de la concentración en el eje de las abscisas.

(Baird et al., 2017) establece que el análisis de la linealidad viene dado por el coeficiente de correlación el cual debe ser superior a 0.995 para el proceso de validación del método analítico, la sensibilidad del método se obtiene con la pendiente de la recta de cada curva de calibración de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$y = mx + b \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

y = Absorbancia

m = pendiente de la recta

x = concentración en mg/L

b = intercepto

Límite de cuantificación del método: Concentración mínima de analito que puede determinarse con un nivel aceptable de exactitud y precisión (Baird et al., 2017). Se establece utilizando una muestra o material de referencia apropiado. Normalmente corresponde al punto inferior de la curva de calibración (excluido el blanco). No debe determinarse por extrapolación. (Guía Eurachem. La Adecuación Al Uso de Los Métodos Analíticos, 2014)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(y-y_1)^2}{n-2}}, \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

σ = Desviación estándar

y = valor de la ordenada

y₁ = valor teórico de la ordenada obtenido a través de la ecuación

n = número de puntos de la curva de calibración.

El límite de cuantificación se determina por:

$$LC = \frac{10\sigma}{S} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

LD = límite de detección

σ = Desviación estándar de cada curva de calibración

S = pendiente de la recta

Límite de detección del método: Mínima concentración de analito que se puede detectar siguiendo el proceso completo del método con un nivel aceptable de confianza de que dicha concentración es mayor que el blanco (Guía Eurachem. La Adecuación Al Uso de Los Métodos Analíticos, 2014) (Baird et al., 2017).

$$LD = \frac{3\sigma}{S} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

LD = límite de detección

σ = Desviación estándar de cada curva de calibración

S = pendiente de la recta

Veracidad: Es la proximidad entre el promedio de un número infinito de resultados y un valor de referencia. Generalmente se expresa en términos de error o bias, definido como la diferencia entre el resultado de medida y el valor real y **la precisión** da cuenta de la proximidad entre sí de esta serie de resultados bajo condiciones específicas de una muestra homogénea (Guía Eurachem. La Adecuación Al Uso de Los Métodos Analíticos, 2014) (Baird et al., 2017). Este parámetro se puede obtener a través de una sola medición a diferencia de la precisión que requiere repetibilidad.

Repetibilidad: Precisión bajo condiciones en las que los resultados de una medición se obtienen con el mismo método, con el mismo operador, utilizando el mismo instrumento de medida y durante un corto intervalo de tiempo (Baird et al., 2017).

Reproducibilidad: Medida de la desviación cuando se realizan los ensayos variando una o más de las condiciones, por ejemplo, con el mismo método, en diferentes laboratorios, por diferentes analistas, usando diferentes equipos. Indica la variabilidad cuando un método se desarrolla en diferentes condiciones (Baird et al., 2017).

Exactitud de medida: Grado de concordancia entre el resultado de una medición y el valor de referencia aceptado. La exactitud da cuenta de la proximidad entre el resultado obtenido por un método y el valor “real”. Se puede determinar la exactitud de un método mediante estudios de intercomparación y recuperabilidad (Baird et al., 2017).

$$\% \text{ Recuperación} = \frac{\text{concentración obtenida}}{\text{Concentración conocida}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Incertidumbre: Puede expresarse como el valor de la semi-amplitud de un intervalo alrededor del valor resultante de la medida, que se entiende como el valor convencionalmente verdadero. (NORMA ISO/IEC 17025. Requisitos Generales Para La Competencia de Los Laboratorios de Ensayo y de Calibración, 2005). En otras palabras, caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente ser atribuidos al mensurando, en espectrometría de absorción atómica el mesurando es la concentración (mg/L) de los analitos.

Tipos de Incertidumbre

Incertidumbre típica o estándar

Para calcular la incertidumbre típica asociada a cada variable, considerando todas las contribuciones asociadas se debe:

a) Establecer tan detalladamente como sea posible las causas o fuentes de incertidumbre que afectan a cada variable.

b) Determinar todas las fuentes de incertidumbre las cuales se pueden agrupar en dos categorías en función del método utilizado para estimar su valor numérico. (NORMA ISO/IEC 17025. Requisitos Generales Para La Competencia de Los Laboratorios de Ensayo y de Calibración, 2005).

- TIPO A: Es la contribución mediante el estudio estadístico de una serie de observaciones, es decir, la desviación estándar máxima de la repetibilidad y reproducibilidad. (Guía Eurachem. Establecimiento y Empleo de La Incertidumbre En La Medición Química., 2015)
- TIPO B: Contribución de la incertidumbre y resolución de equipos calibrados, materiales de referencia y material de vidrio certificado. (Guía Eurachem. Establecimiento y Empleo de La Incertidumbre En La Medición Química., 2015)

$$U = \frac{\delta}{\sqrt{n}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

U = incertidumbre estándar de las réplicas

δ = desviación estándar de las réplicas

n = número de réplicas.

2.5. Selección de los parámetros de validación

Para demostrar que un método es adecuado se determina sus características de funcionamiento y estas dependerán del método que se desee validar.

Tabla 1. Parámetros que se consideran en una validación de métodos.

Parámetros	Objetivo Establecido
Selectividad / Especificidad	Definido por bibliografía, normativa nacional o internacional
Linealidad/Función respuesta	Elaborar curva de calibración, y regresión lineal del grado de ajuste con un $r \geq 0.995$ (Baird et al., 2017).
Límite de detección	3s del blanco, establecido por métodos bibliográficos o determinado por la concentración más baja del Límite de cuantificación (Baird et al., 2017).
Límite de cuantificación	10s del blanco, o determinado por la concentración más baja determinada experimentalmente (Baird et al., 2017).
Precisión (repetibilidad y/o reproducibilidad)	CV * % en todos los niveles en estudio. F calculado \leq F Tabulado
Exactitud	Recuperación de al menos del 80 al 110% en todos los niveles. (material de referencia Z score $> -2 < 2$ (Baird et al., 2017).
Incertidumbre	$U \leq 30\%$ del rango más bajo, asumiendo (k=2)
Intervalo de trabajo	Definido por el tratamiento estadístico, y por los niveles de las muestras y estándares utilizados (Baird et al., 2017).

2.6. Evaluación de los resultados de toxicidad.

La evaluación de riesgos se entiende como la determinación cualitativa y cuantitativa de un riesgo a la salud humana y el ambiente generado por la presencia actual de contaminantes o su dispersión potencial. La evaluación de riesgos involucra la naturaleza, magnitud y la probabilidad de efectos adversos a la salud humana y/o ecosistemas como resultados de la exposición a contaminantes por diferentes rutas y vías de exposición. (MAE, 2015)

En este sentido, la evaluación de riesgos debe abarcar la evaluación de riesgos a la salud humana para lo cual se determinan la naturaleza y probabilidad de efectos adversos en seres humanos que pueden ser expuestos a químicos en medios ambientales contaminados actualmente o en el futuro. (Molina, 2012).

La evaluación de riesgos es un proceso sistemático que involucra el análisis de la interacción de cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo, susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente. En este mismo sentido se establece las rutas y vías de exposición que constituyen las vías que sigue un agente químico en el ambiente desde el lugar donde se emite hasta que llega a establecer contacto con seres humanos (individuos o población). El receptor es el organismo de origen humano, animal o vegetal, población o comunidad que está expuesta a contaminantes (Ambiente, 2015) (Molina, 2012).

2.6.1. Evaluación de riesgos para la salud humana

Los criterios de calidad del agua aseguran la protección de los usos específicos del agua, estableciendo normas y límites para la presencia de tóxicos. Estos límites incluyen criterios cuantitativos (concentraciones permisibles de tóxicos), temporales (período de tiempo durante el cual se mantiene la concentración media de los agentes tóxicos en las aguas descargadas) y frecuenciales (expresando la frecuencia con que pueden ser sobrepasados los límites sin que ello produzca un impacto intolerable sobre la comunidad ecológica de las aguas receptoras) (Molina, 2012).

Los criterios actuales sobre el control de la calidad del agua protegen los ecosistemas contra los efectos agudos por medio de los Criterios de Máxima Concentración (CMC) y frente a efectos crónicos a largo plazo por medio de los Criterios de Concentración Continua (CCC). Estos criterios suelen aplicarse una vez mezclados el efluente y las aguas receptoras. Los criterios habituales constan de una concentración límite, un período de tiempo de concentración mantenida y una frecuencia de retorno. Normalmente, la CMC hace referencia a la concentración media en cuatro días que no puede ser superada más de una vez cada tres años, mientras que la CCC es la concentración media horaria que no puede ser superada en más de una ocasión cada tres años (Sánchez et al., 2020) (Ambiente, 2015).

La evaluación del riesgo a la salud de la población se realiza aplicando las recomendaciones establecidas en la Guía para la evaluación de riesgos de la U.S.

Environmental Protection Agency, en el IRIS Integrated risk information system Chemical Assessment Summary (Sánchez et al., 2020) (Chheang et al., 2021) en donde se describe la metodología para calcular la dosis recibida a través de diferentes rutas de exposición (ingestión, inhalación o absorción por la piel) (Ambiente, 2015).

2.7. Acuerdo Ministerial 097 – A del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

La normativa establece los procedimientos, regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental. Entendiéndose como calidad ambiental “conjunto de características del ambiente y la naturaleza que incluye el aire, el agua, el suelo y la biodiversidad, en relación a la ausencia o presencia de agentes nocivos que puedan afectar al mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza” (Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, 2015).

En esta normativa está descrito el Anexo 1 del libro VI del TULSMA “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua”, establece los criterios de las aguas para distintos usos:

- Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.
- Criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.
- Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.
- Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.
- Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.
- Criterios de calidad para aguas de uso estético.

En este acuerdo se consideran los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios

Metal	Agua dulce	Agua marina y de estuario
Cadmio	0.001 mg/L	0.005 mg/L
Níquel	0.025 mg/L	0.1 mg/L
Plomo	0.001 mg/L	0.001 mg/L

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación del sitio de estudio

Esta investigación se realizó en el cantón Esmeraldas tiene una extensión de 1 338 .67 km², se ubica al norte del Ecuador. Pertenece a una región seca tropical, las precipitaciones anuales superan los 2 000 mm de precipitación. (Estupiñan et al., 2022). El cantón tiene una población total de 189 502 habitantes que se dividen en 5 parroquias urbanas (Esmeraldas, Luis Tello, Bartolomé Ruiz, 5 de Agosto y Simón Plata Torres) y 8 parroquias rurales (Camarones, Tachina, San Mateo, Vuelta Larga, Tabiazo, Chinca, Carlos Concha y Majua). Solo la cabecera cantonal tiene el 85.42 % que corresponde a 161 872 habitantes, mientras que las parroquias rurales tienen el 14.58 % (Estupiñan et al., 2022).

La cuenca del río Teaone nace en la parroquia Carlos Concha este río está formado de 14 micro-cuencas, las mismas que cambian su caudal acorde a la estación (invierno o verano). Su extensión es de 504.89 Km², tiene un ancho medio de 38m ±10 m, profundidad entre 0.8 m y 1.0 m. y caudal aproximado de 7 m³/s. Su longitud es de alrededor de 30 km desde su nacimiento y desemboca en el río Esmeraldas con un aporte anual de 700 Hm³. (Estupiñan et al., 2022).

Los puntos del muestreo de agua se realizaron desde la entrada a la cabecera cantonal de Esmeraldas. Se tomaron cinco muestras, Punto 1 denominado “Anterior” (Puente - Jardines de la paz), separado por 3 km río abajo, Punto 2 denominado “Durante” (zona industrial), siguiendo 1 km río abajo, Punto 3 denominado “Posterior 1” (sector Propicia 1), Punto 4 “Posterior 2” (sector Propicia 1) y el Punto 5 “Descarga” en la desembocadura al río Esmeraldas (Figura 1) (Tabla 2).

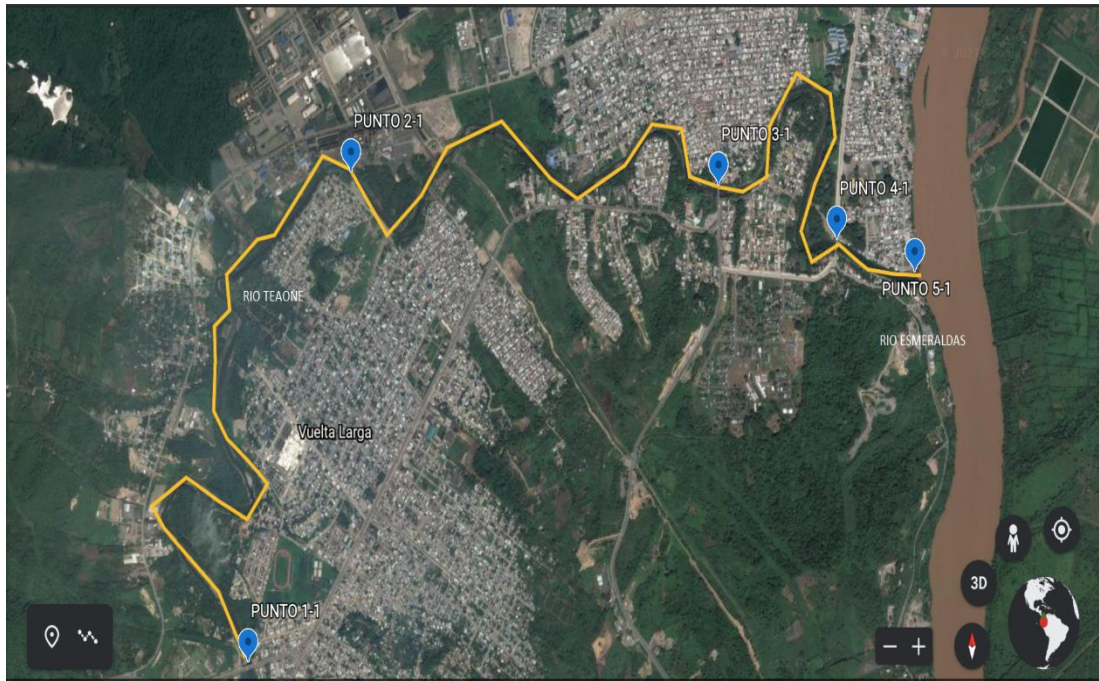


Figura 1. Puntos de monitoreo Cuenca Río Teaone, mapa geográfico en Google Maps

En la tabla 2, se indica la ubicación geográfica exacta de los puntos donde se tomó las muestras.

Tabla 2. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo cuenca Río Teaone.

LOCACIONES	DIRECCIÓN	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (UTM-WGS 84)
L1	“Anterior”	0645139 E 0100450 N
L2	“Durante”	0645905 E 0102273N
L3	“Posterior 1”	0648071 E 0102192 N
L4	“Posterior 2”	068792 E 0101976 N
L5	Zona de desembocadura al Río Esmeraldas	0649216 E 0101845 N

3.2. Equipos y materiales

A continuación, se describen los equipos y materiales que se utilizaron durante el desarrollo del estudio:

3.2.1. Protección personal

El equipo de protección que utilizó el personal durante el muestreo se describe el protocolo de muestreo de aguas (Anexo 1).

- Botas de caucho
- Botines de seguridad
- Impermeable dos piezas (pantalón y chompa)
- Casco
- Linterna
- Mochila
- Guantes de caucho y nitrilo
- chaleco salvavidas
- Cuerda con mosquetón (línea vida)
- Bote

3.2.2. Preservantes

- Ácido nítrico concentrado. (Baird et al., 2017)

3.2.3. Equipos de Campo

- Potenciómetro Thermo.
- Termómetro digital

3.2.4. Materiales de campo

- Fundas Ziploc
- Botella Van Dorn
- Coolers grande y pequeño
- Frascos de Poliestireno (primer uso)
- Frascos de vidrio ámbar 1L, 500 mL
- Frascos estériles
- Solución estándar de pH y conductividad
- GPS
- Cinta adhesiva
- Cadena de custodia
- Gotero
- Soga
- Baldes
- Marcadores indelebles

3.2.5. Materiales de laboratorio

- Balanza analítica Mettler Toledo.
- Campana de extracción de gases NOVATECH-CEI120BA
- Espectrómetro de Absorción Atómica PG INSTRUMENTS AA500
- Digestor de Microondas para muestras ETHOS UP 20125425
- Balón aforado de 50ml, 100mL, 1000mL
- Pipetas volumétricas de: 1ml, 2ml, 4ml, 5ml, 10mL
- Matraz Erlenmeyer
- Núcleos de ebullición
- Vasos de precipitación

3.2.6. Reactivos de laboratorio

- Solución Níquel de 1000 mg/L, Merck lote HC90700592
- Solución Cadmio de 1000 mg/L, Supelco lote HC01336077
- Solución Plomo de 1000 mg/L, Supelco lote HC91308676
- Material de Referencia Certificado, Sigma-Aldrich QC3132-500mL
- Ácido clorhídrico 37% ACS FISHER SCIENTIFIC
- Hidróxido de potasio NOVACHEM
- Ácido sulfúrico concentrado 96% EMSURE
- Ácido nítrico concentrado 70% FISHER SCIENTIFIC
- Agua ultra pura Milli-Q THERMO SCIENTIFIC

3.3. Tipo de investigación

Se realizó una investigación no experimental cuantitativa - transversal, debido a que no existió manipulación intencional de las variables independientes, es decir se observó los fenómenos (momento único) tal como se dan en el contexto natural para después analizarlos (Hernández et al., 2006). Es decir, se analizó la concentración de metales pesados presentes en el río Teaone porque la contaminación ya ocurrió al igual que los efectos en la población.

3.4. Prueba de hipótesis

3.4.1. Hipótesis nula (H₀)

- Existen riesgos para la salud de la población por contaminación de agua con metales pesados (cadmio, níquel y plomo) derivados de explotación minera ilegal en el Cantón Esmeraldas.

3.4.2. Hipótesis alternativa (H_A)

- No existe riesgos para la salud de la población por contaminación de agua con metales pesados (cadmio, níquel y plomo) derivados de explotación minera ilegal en el Cantón Esmeraldas.

3.5. Población y muestra.

El muestreo del agua fue no probabilístico intencional. Es decir, conocer la presencia y concentración de los metales pesados a través de las mediciones efectuadas (Hernández et al., 2006). El objeto de la investigación fue el río Teaone porque es la principal fuente de abastecimiento de agua de las personas que habitan las parroquias de la zona sur del cantón; además, porque se ha determinado que cuando este río desemboca se une con el caudal del río Esmeraldas y se produce un aumento en la concentración de contaminantes (Estupiñan et al., 2021).

Las muestras se tomaron de la siguiente manera: primer punto de muestreo se ubicó a la entrada de la cabecera cantonal (Parroquia Vuelta Larga); para el punto dos se consideró la zona industrial debido a que puede haber descarga de metales pesados por las actividades hidrocarburíferas; los puntos tres y cuatro se ubican después de la zona industrial y el punto cinco en la zona ubicado en la desembocadura- río Esmeraldas. En cada punto se colectaron tres réplicas.

3.6. Recogida de muestras.

El protocolo de muestreo (Anexo I) siguió las directrices de normas nacionales e internacionales que garanticen disminuir los errores al momento de tomar las muestras. Se describió la metodología para la toma de muestras en el campo, la identificación, la conservación y el transporte de muestras a un laboratorio. (Baird et al., 2017) (NTE INEN 2226 Calidad Del Agua. Muestreo. Diseño de Los Programas de Muestreo,

2013) (NTE INEN 2169 Calidad Del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras., 2013) (NTE INEN 2176 Calidad de Agua. Técnicas de Muestreo, 2013).

Se recogieron muestras de agua en los cinco puntos de muestreo, días que coincidieron con la época seca (122 mm precipitación) de la localidad (Data, 2021). El muestreo se realizó por dos días. Se tomaron muestras por triplicado en cada lugar en botellas de vidrio ámbar de 1 L. Estas botellas se lavaron en el laboratorio con una solución no iónica libre de metales, se enjuagó con agua de grifo, se sumergió en ácido nítrico al 5% y se enjuagó con agua destilada. En el momento de la toma de muestra se acondicionaron las botellas tres veces con agua del río y solo ahí se tomó la muestra final. Inmediatamente después de recolectar el agua, las muestras se conservaron a 4 °C para evitar un cambio de volumen ocasionado por la evaporación y el traslado al laboratorio (24 horas), se acidificaron con ácido nítrico concentrado a pH < 2 (1,5 mL HNO₃ conc./L de muestra) hasta la medición (Baird et al., 2017). In situ se tomó la temperatura con un termómetro digital y el pH con un pH metro Thermo (Anexo 1).

3.7. Validación del método.

Se determinó los métodos de referencia: el Estándar Método 3030B, 3111 B, 3111 D, para las determinaciones de plomo, cadmio y níquel por absorción atómica de llama en aguas. Establecimiento y empleo de la incertidumbre objetivo en la medición química (Guía Eurachem. Establecimiento y Empleo de la Incertidumbre En La Medición Química., 2015) (Baird et al., 2017) (Acuerdo Ministerial 097 A. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2015).

Para validar la metodología de metales pesados se consideró los criterios de la Norma 17025 que señala “La validación es la confirmación, a través del examen y el aporte de evidencias objetivas, de que se cumplen los requisitos particulares para un uso específico previsto”. Esta norma establece que el laboratorio debe validar los métodos normalizados y sus modificaciones para confirmar que los métodos son aptos para el fin previsto. El laboratorio debe registrar los resultados obtenidos, el procedimiento

utilizado para la validación y una declaración sobre la aptitud del método. (NORMA ISO/IEC 17025. Requisitos Generales Para La Competencia de Los Laboratorios de Ensayo y de Calibración, 2005). A continuación, se describe el procedimiento que se realizó en esta investigación.

3.7.1. Necesidad Analítica y objetivos de validación.

Se tomó como referencia los límites máximos permisibles de la tabla 2 AM 097-A, para establecer el rango de trabajo del método. La tabla 3 describe los parámetros que se deben cumplir cuando se realiza una validación, a estos se los denomina objetivos. Estos parámetros nos sirvieron para comparar con los resultados (análisis estadísticos) del estudio y así poder declarar los métodos validados. (Baird et al., 2017).

Tabla 3. Parámetros de validación y fijación de objetivos.

Parámetros de validación	Objetivo Establecido
Selectividad / Especificidad	Se conocieron las interferencias de otros metales en concentraciones altas. La llama no está suficientemente caliente para disociar las moléculas del metal (Baird et al., 2017).
Linealidad/Función respuesta	5 curvas de calibración para cada analito donde la regresión lineal del grado de ajuste cumpla con $R^2 \geq 0,995$. (Baird et al., 2017)
Precisión (repetibilidad y/o reproducibilidad)	El porcentaje de la desviación estándar en todos los niveles de concentración deberá ser $< 10\%$
Exactitud	La recuperación del analito debe ser al menos del 80% al 110% en todos los niveles. (Baird et al., 2017).
Incertidumbre	La incertidumbre en todo el rango $\leq 32.1 \%$ en todos los niveles de concentración con un intervalo de confianza del 95% (K=2). Rangos de trabajo para cada analito.
Intervalo de trabajo	0,10 mg/L – 2,0 mg/L Ni, Pb 0,010 mg/L – 0,2 mg/L Cd

3.7.2. Diseño experimental y estadístico para validación

Se diseñó un modelo acorde a la necesidad analítica (tabla 4), los datos se tomaron en matrices de agua de consumo, agua residual, agua natural, solución con material de referencia y muestras fortificadas. De esta forma se asegura que el rango cubra concentraciones bajas y concentraciones altas de metales pesados. Se efectuaron 5 lecturas por cada matriz.

Tabla 4. Diseño experimental para validación de método de absorción atómica

Lectura para curvas de calibración	Se tomaron datos primarios de: <ul style="list-style-type: none">• Cinco lecturas de muestras con efecto matriz aguas (consumo, naturales, residuales).
Material de referencia	<ul style="list-style-type: none">• Cinco lecturas de patrones en cada validación, la concentración se estableció dentro del intervalo de trabajo.
Muestras	<ul style="list-style-type: none">• Cinco lecturas de muestras fortificadas para cada analito.
Muestras fortificadas	<ul style="list-style-type: none">• Cinco curvas de calibración por cada analito, dilución si es necesario.
	Los patrones se prepararon diariamente para estimar la variabilidad, los datos fueron tomados en dos días y con esto se evalúa reproducibilidad.
Procesamiento	La lectura de las muestras se realizó después de la lectura de las curvas de calibración.

Los datos primarios obtenidos durante todo el estudio fueron digitalizados en Excel, posteriormente con la función estadística se determinaron; la función respuesta del método, análisis de repetibilidad (% SDR), análisis de reproducibilidad (% recuperación), análisis de varianza (Analysis of Variance), los límites de detección, límites de cuantificación, intervalo de trabajo y la incertidumbre. Los resultados obtenidos del análisis permitieron declarar el método validado.

3.7.3. Curvas de calibración

A partir de soluciones patrón de 1000 mg/L de Cd, Ni y Pb (concentración conocida-certificada), se prepararon patrones muy diluidos de concentraciones conocidas de metal en agua, se utilizaron soluciones patrón que horquillaron la concentración de muestra esperada y que estuvieran dentro del intervalo de trabajo del método (Baird et al., 2017).

Para las curvas de calibración de Ni y Pb, se realizó una solución patrón de 10 mg/L y se trasvasó 1 ml de la solución patrón de 1000 mg/L a un balón de aforo de 100 mL y con una solución de ácido nítrico al 5% se aforó a 100 mL. (Tabla 5).

Tabla 5. Estándares para realizar las curvas de calibración de Ni y Pb.

N°	Volumen solución de trabajo (ml)	Volumen de aforo (ml)	Concentración Ni y Pb (mg/l)
1	1.0	100	0.10
2	2.0	100	0.20
3	5.0	100	0.50
4	10.0	100	1.00
5	20.0	100	2.00

Para las curvas de calibración de Cd, se realizó una solución patrón de 1 mg/L y se trasvasó 0.1 ml de la solución patrón de 1000 mg/L a un balón de aforo de 100 mL y con una solución de ácido nítrico al 5% se aforó a 100 mL, tabla 6.

Tabla 6. Estándares para la realizar las curvas de calibración de Cd.

N°	Volumen solución de trabajo (ml)	Volumen de aforo (ml)	Concentración Cd (mg/l)
1	1.0	100	0.010
2	2.0	100	0.020
3	5.0	100	0.050
4	10.0	100	0.100
5	20.0	100	0.200

Las lecturas de las curvas de calibración se realizaron desde la concentración más baja hasta la concentración estándar más alta, los datos que consideraron fueron los de la concentración vs. absorbancia.

Para determinar la concentración de muestras (matriz, estándar, o muestra fortificada), primero se realizaron las curvas de calibración y se leyeron las muestras (las muestras se filtraron para prevenir taponamiento en el capilar de absorción al nebulizador de muestras) (Baird et al., 2017).

3.7.4. Cálculos

El Límite de detección y cuantificación se determinó calculando la desviación estándar de cada curva de calibración correspondiente a cada metal. (LC = es el valor asignado donde el equipo empieza a dar señal de lectura del analito y el LD = es el valor bajo el límite de cuantificación). La precisión determinó el grado de dispersión de los datos obtenidos y se evaluó la repetibilidad y reproducibilidad de estos. Para la repetibilidad (mismo día, mismo analista, mismo equipo) y reproducibilidad (diferente día). Se tomó el promedio de los datos, la desviación estándar y el coeficiente de variación. La exactitud se determinó a través del cálculo del porcentaje de recuperación, donde a una matriz de agua se añadió una concentración conocida estándar y el resultado de recuperación estuvo entre el 80% al 110% de recuperación. Para el cálculo de incertidumbre se consideró que el mesurando es la "concentración" de los analitos cadmio, níquel y plomo, el término "concentración" aplica a la concentración expresada en mg/L.

3.8. Cuantificación de metales pesados en las muestras del río Teaone.

Antes de la medición, se dejó que las muestras, las soluciones patrón y materiales de referencia se estabilicen a temperatura ambiente. Se digestaron 100 mL de muestras

de agua (por triplicado) con 10 mL de ácido nítrico hasta casi sequedad. Seguido se adicionó 5 mL de ácido nítrico concentrado más 10 mL de ácido clorhídrico por las paredes y se calentó por 10 minutos. Se enfrió y finalmente se añadió 3mL de peróxido de hidrógeno al 30% v/v y se calentó por cinco minutos más. Se enfrió, filtró y aforó a 50 mL con agua destilada.

Todas las mediciones se realizaron por duplicado, los metales pesados se midieron mediante espectrometría de absorción atómica de llama en el equipo PG Instruments AA500. Todos los reactivos utilizados en este estudio eran de grado analítico. El material de vidrio se limpió adecuadamente y se enjuagó con una solución de ácido nítrico seguida de agua destilada. El aseguramiento de la calidad se llevó a cabo mediante el uso de material de referencia, blancos, estándares y duplicados. La precisión de las concentraciones de metales pesados se evaluó con material de referencia certificado (MR Lote: LRAC1302) con una desviación inferior al 5%. Los porcentajes de recuperación de los metales pesados fueron los siguientes Cd (101 – 108%), Ni (100 – 102%) y Pb (100 – 105%).

Los resultados obtenidos en el Laboratorio de Canje de Deuda de la UTA y los resultados de un laboratorio acreditado se compararon con el AM 097-A y se determinó si la concentración de metales pesados se encuentra dentro de límites máximos permisibles.

3.9. Evaluación del riesgo para la salud de la población debido a la exposición crónica a metales pesados.

La evaluación del riesgo reveló el grado de amenaza para la salud humana en diversas condiciones. Esta puede realizarse sobre la base de un riesgo no cancerígeno o cancerígeno para adultos y grupos vulnerables (por ejemplo, niños, bebés, mujeres embarazadas, lactantes y ancianos) (U.S.EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund Human Health Evaluation Manual, 1989). La exposición humana a los

metales pesados puede producirse por ingestión, inhalación y contacto dérmico (Sánchez et al., 2020).

Este estudio evaluó las vías de exposición (CDI_{ing} , CDI_{inh} , CDI_{derm}) a metales pesados y el riesgo a la salud por ingestión (HQ). En esta investigación se consideró dos grupos vulnerables, adultos (70 años) y niños (6 años). Además, este estudio se centró específicamente en la contaminación de estos grupos vulnerables por ingestión debido a que varios estudios consideran que es la vía principal de una ingesta máxima de agua contaminada con metales pesados (Sánchez et al., 2020) (Chheang et al., 2021).

Los cálculos se efectuaron con el siguiente modelo de riesgo: La dosis de exposición por ingestión o también llamada ingesta diaria estimada, se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$CDI_{ing} \left(\frac{mg}{kg-día} \right) = \frac{Cw \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde Cw es la concentración de metales en las muestras de agua, IR es el grado de ingestión de agua diaria, EF es la frecuencia de exposición, ED duración de la exposición, BW es el peso corporal y el AT es el tiempo medio de exposición.

La dosis de exposición dérmica se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$CDI_{derm} \left(\frac{mg}{kg-día} \right) = \frac{Cw \times SA \times Kp \times ET \times EF \times ED \times 10^{-3}}{BW \times AT} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde SA es el área de exposición en cm^2 , Kp es el coeficiente de permeabilidad en el agua y el ET es la duración de la exposición.

La dosis de exposición por inhalación se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$CDI_{inh} \left(\frac{mg}{kg-día} \right) = \frac{Cw \times IR_{inh} \times K \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde IR_{inh} es el grado de exposición del metal y K es el factor de volatilización.

La caracterización del riesgo se determinó con HQ que representa los efectos no cancerígenos asociados al consumo de agua contaminada con metales pesados. Cuando $HQ < 1$ significa que no hay riesgo no cancerígeno significativo, mientras que $HQ > 1$ indica efectos adversos para la salud en relación con el riesgo no cancerígeno de los metales pesados.

$$HQ = \frac{CDI}{RfD} \quad (\text{Ecuación 10})$$

El CDI es la ingesta diaria estimada y RfD es la dosis oral de referencia. Los valores de RfD de Cd , Ni y Pb son 0.001, 0.02 y 0.0035 $mg/kg-día$ respectivamente. (Cadmium; CASRN 7440-43-9, 1987) (Nickel, Soluble Salts; CASRN Various, 1987) (Chheang et al., 2021)

3.10. Descripción y operacionalización de variables

Las variables de respuesta se clasifican como variables dependientes e independientes como se muestra a continuación:

3.10.1. Variables dependientes

- Exposición por ingestión
- Exposición por absorción dérmica
- Exposición por inhalación

3.10.2. Variables independientes

- Concentraciones de Cadmio, Níquel y Plomo

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la validación de cadmio en aguas.

Al realizar la validación de cadmio en aguas no se encontró diferencias significativas. La repetibilidad (% Sr) y reproducibilidad (% SR) fueron menores al 10% (Tabla 7). Además, se determinó que el F calculado es menor que el F teórico, cumpliendo así los objetivos de validación planteados. Por lo tanto, con estos resultados se puede declarar que el método para la determinación de cadmio en agua fue validado por espectrometría de absorción atómica, es aplicable para las matrices agua residual, agua de consumo y agua natural, con un límite de cuantificación 0.02 mg/L y una incertidumbre de 29.2 %. Este valor que se encuentra por debajo del 32.1% de la incertidumbre teórica para métodos instrumentales (Guía Eurachem. Establecimiento y Empleo de La Incertidumbre En La Medición Química., 2015).

Tabla 7. Verificación de cumplimiento de objetivos y resultados de validación de Cadmio en agua.

Parámetro	Objetivo	Resultado	Cumple / No cumple
Linealidad/Función respuesta	mínimo 0.995	1.000	cumple
Límite de detección	0.003	0.001	cumple
Límite de cuantificación	0.025	0.02	cumple
% Sr Precisión repetibilidad	10%	5.00	cumple
% SR Precisión Reproducibilidad	10%	5.45	cumple
Sesgo, ppm	13.00%	11.72	cumple
% U	32.1 %	29.20	cumple
Intervalo de trabajo	0.010-0.200 ppm	0.010-0.200 ppm	cumple
T Fisher	F calculado < F teórico	F calculado 1.90 F teórico 2.87	cumple
Incertidumbre de método validado %		29.2	

% Sr: porcentaje de desviación estándar de repetibilidad; % SR: porcentaje de desviación estándar de reproducibilidad; Sr: desviación estándar de repetibilidad; SR: desviación estándar de reproducibilidad.

4.2. Resultados de la validación de níquel en aguas.

Al realizar la validación de níquel en aguas no se encontró diferencias significativas. La repetibilidad (% Sr) y reproducibilidad (% SR) fueron menores al 10% (Tabla 8). Además, se determinó que el F calculado es menor que el F teórico, cumpliendo así los objetivos de validación planteados. Por lo tanto, con estos resultados se declaró que el método para la determinación de níquel en agua fue validado por espectrometría de absorción atómica, es aplicable para las matrices agua residual, agua de consumo y agua natural, con un límite de cuantificación 0.11 mg/L y una incertidumbre de 15.43 %. Es valor que se encuentra por debajo del 32.1% de la incertidumbre teórica para métodos instrumentales (Guía Eurachem. Establecimiento y Empleo de La Incertidumbre En La Medición Química., 2015).

Tabla 8. Verificación de cumplimiento de objetivos y resultados de validación de Níquel en agua.

Parámetro	Objetivo	Resultado	Cumple / No cumple
Linealidad/ Función respuesta	mínimo 0.995	0.9998	cumple
Límite de detección	0.27	0.003	cumple
Límite de cuantificación	0.60	0.11	cumple
% Sr Precisión repetibilidad	10%	2.26	cumple
% SR Precisión Reproducibilidad	10%	2.37	cumple
Sesgo, ppm	2.00%	1.53	cumple
% U	32.1%	15.43	cumple
Intervalo de trabajo	0.10 - 2.00 ppm	0.10-0.70 ppm	cumple
T Fisher	F calculado < F teórico	F calculado 1.02 F teórico 2.87	cumple
Incertidumbre de método validado %		15.43	

% Sr: porcentaje de desviación estándar de repetibilidad; % SR: porcentaje de desviación estándar de reproducibilidad; Sr: desviación estándar de repetibilidad; SR: desviación estándar de reproducibilidad.

4.3. Resultados de la validación de plomo en aguas.

Al realizar la validación de plomo en aguas no se encontró diferencias significativas. La repetibilidad (% Sr) y reproducibilidad (% SR) fueron menores al 10% (Tabla 9). Además, se determinó que el F calculado es menor que el F teórico, cumpliendo así los objetivos de validación planteados. Por lo tanto, con estos resultados se declaró que el método para la determinación de plomo en agua fue validado por espectrometría de absorción atómica, es aplicable para las matrices agua residual, agua de consumo y agua natural, con un límite de cuantificación 0.07 mg/L y una incertidumbre de 16.52 %. Valor que se encuentra por debajo del 32.1% de la incertidumbre teórica para métodos instrumentales (Guía Eurachem. Establecimiento y Empleo de La Incertidumbre En La Medición Química., 2015).

Tabla 9. Verificación de cumplimiento de objetivos y resultados de validación de Plomo en agua.

Parámetro	Objetivo	Resultado	Cumple / No cumple
Linealidad/ Función respuesta	mínimo 0.995	1.000	cumple
Límite de detección	0.0675	0.002	cumple
Límite de cuantificación	0.15	0.07	cumple
% Sr Precisión repetibilidad	10%	3.10	cumple
% SR Precisión Reproducibilidad	10%	3.31	cumple
Sesgo, ppm	19.00%	6.25	cumple
% U	32.1%	16.52	cumple
Intervalo de trabajo	0.10-2.00 ppm	0.10-2.00 ppm	cumple
T Fisher	F calculado < F teórico	F calculado 0.79 F teórico 2.87	cumple
Incertidumbre de método validado %		16.52	

% Sr: porcentaje de desviación estándar de repetibilidad; % SR: porcentaje de desviación estándar de reproducibilidad; Sr: desviación estándar de repetibilidad; SR: desviación estándar de reproducibilidad.

4.4. Concentraciones de metales pesados en el agua y límites permitidos

Las características fisicoquímicas del agua del río Teaone se presentan en Tabla 10. Estos resultados se compararon con la Tabla 2 del AM 097-A, el cual establece los límites máximos permisibles para Cd, Ni, Pb y pH. Los valores de temperatura oscilaron entre 17.10 °C a 18.10 °C en temporada seca. Además, los resultados de pH fueron de 7.68 a 8.41 estos valores no superan los LMP. Mientras que todos los valores registrados de Cd, Ni y Pb se encuentra por encima de los LMP.

La contaminación de metales pesados aumentó sucesivamente en el transcurso del cauce del río Teaone. L1 presenta valores bajos de concentración siendo el punto L5 el que tiene concentraciones elevadas. Las actividades antropogénicas son las principales causas para la presencia de contaminantes en el río, teniendo en cuenta las fuentes comunes es más probable que las apariciones de Cd estén relacionadas con la escorrentía urbana, los vertidos de aguas residuales domésticas y la escorrentía agrícola (es decir, abono de P, abono de N, abono de cal y estiércol). El Ni se puede encontrar en aguas residuales, y este puede estar disuelto o adherido a materia suspendida en el agua. Y el Pb encontrado se debe posiblemente a la carga de plaguicidas procedentes de la escorrentía agrícola, la deposición aérea, el polvo de las carreteras, la quema de combustible o los gases de escape de los automóviles. (Chheang et al., 2021) (Estupiñan et al., 2021). Finalmente, podemos mencionar que, el agua del río Teaone no tiene las características físico químicas adecuadas para consumo humano; es decir, no es segura ni para beber ni para cocinar.

Las concentraciones de Cd, Ni y Pb determinadas en el laboratorio de canje de deuda FCIAB de la UTA y en el Laboratorio Environovalab son similares, esto nos permite corroborar que la validación de los métodos realizados en este estudio es adecuada.

Tabla 10. Promedio de la concentración de metales pesados en aguas del río Teaone y los límites máximos permisibles AM 097-A.

Locaciones	Temperatura (°C)		pH		Cadmio (mg/L)		Níquel (mg/L)		Plomo (mg/L)	
	Día 1	Día 2	Día 1	Día 2	Día 1	Día 2	Día 1	Día 2	Día 1	Día 2
L1	17.5	17.8	7.68	7.99	0.033	0.041	0.041	0.251	0.315	0.275
L2	17.2	17.9	8.00	8.10	0.034	0.042	0.042	0.267	0.342	0.377
L3	17.4	18.0	8.26	8.14	0.039	0.055	0.055	0.347	0.408	0.526
L4	17.1	18.0	8.32	8.18	0.043	0.055	0.055	0.206	0.525	0.529
L5	18.0	18.1	8.41	8.30	0.063	0.071	0.071	0.680	0.621	0.662
L1*	17.5	17.8	7.68	7.99	0.025	0.029	0.029	0.290	0.360	0.340
L2*	17.2	17.9	8.00	8.10	0.026	0.030	0.030	0.250	0.310	0.320
L3*	17.4	18.0	8.26	8.14	0.023	0.031	0.031	0.280	0.290	0.350
L4*	17.1	18.0	8.32	8.18	0.031	0.037	0.037	0.350	0.520	0.520
L5*	18.0	18.1	8.41	8.30	0.055	0.059	0.059	0.810	0.580	0.600
Límite Permisible	-	-	6.5 - 9.5	6.5 - 9.5	0.001 ^a 0.005 ^b	0.001 ^a 0.005 ^b	0.025 ^a 0.1 ^b	0.025 ^a 0.1 ^b	0.001 ^a 0.001 ^b	0.001 ^a 0.001 ^b
Promedio	17.7		8.14		0.041		0.209		0.439	
Máximo	18.1		8.41		0.071		0.810		0.662	
Mínimo	17.1		7.68		0.023		0.029		0.275	

L resultados de laboratorio Environoalab, **L*** Resultados de Laboratorio de Canje de deuda UTA, ^a Límite máximo permisible *Agua Dulce*, ^b Límite máximo permisible *Agua marina y estuario*. Los valores reportados son el promedio de los registrados en laboratorio.

4.5. Evaluación del riesgo para la salud.

La información obtenida en el INEC 2010, reveló que alrededor de 27 629.39 personas de la zona rural del cantón Esmeraldas utilizan el agua del río Teaone para beber, cocinar y cultivar. El 39.9% de la población total utiliza la ebullición como un método de purificación de agua para poder utilizarla para el consumo. Por lo antes mencionado, se evaluó el riesgo potencial a la salud, este fue calculado en base a la ingestión de agua contaminada para conocer el efecto no cancerígeno.

La tabla 11 muestra los parámetros necesarios para calcular los valores CDI (ingestión, inhalación y dérmico) y HQ de ingestión de los metales para adultos (hombres - mujeres) y niños. Los valores HQ revelan el riesgo no cancerígeno de los metales pesados de la siguiente manera $HQ_{Pb} > HQ_{Cd} > HQ_{Ni}$. “El riesgo no cancerígeno tras la exposición a metales pesados, es la probabilidad de que una persona sufra una enfermedad o un efecto nocivo excluyendo el cáncer” (Sánchez et al., 2020).

Los resultados determinaron que los niños y adultos de este estudio tienen riesgo de sufrir deterioro en su salud. Debido a que están consumiendo agua contaminada por metales pesados Pb y Cd. En particular, los niños son más vulnerables a la toxicidad del Pb y Cd, porque presentaron HQ superiores a los HQ de los adultos.

Los efectos sobre la salud de la exposición a cualquier sustancia peligrosa van a depender de la dosis, la duración (por cuanto tiempo) y el tipo de exposición (como entró en contacto con esta sustancia), la presencia de otras sustancias químicas, así como de las características (edad, sexo, dieta, estilo de vida y condición de salud).

La exposición a largo plazo al Pb en la primera etapa de la vida provoca una discrepancia neurológica permanente, que afecta a su comportamiento y capacidad de aprendizaje. Otras confirmaciones de la toxicidad del Pb en niños incluyen daños permanentes en múltiples órganos, así como otros trastornos del comportamiento como falta de atención, hiperactividad, irritabilidad y menor capacidad de atención (U.S.EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund Human Health Evaluation Manual, 1989) . Además, la exposición prenatal al Pb en mujeres

embarazadas puede causar bajo peso al nacer, parto prematuro y anomalías en el desarrollo neurológico de la descendencia (Chheang et al., 2021) (ATSDR. Public Health Statement Lead CAS #: 7439-92-1, 2007).

Los niños expuestos a niveles tóxicos de cadmio pueden tener daño de los riñones y los pulmones, en general no se han descrito efectos adversos sobre el desarrollo o el comportamiento en niños. Algunos estudios describen el cáncer del pulmón en trabajadores expuestos a cadmio en el aire. La U.S.EPA ha determinado que el cadmio es probablemente carcinogénico en seres humanos (IRIS, Integrated Risk Information System. Cadmium; CASRN 7440-43-9, 1987) (ATSDR Public Health Statement Cadmium CAS#7440-43-9, 2012).

Tabla 11. Los parámetros usados para la estimación de los CDI y los valores de HQ de ingestión

Parámetros	Adultos	Niños
IR (L/día)	2	1
ED (años)	70	6
EF (días/año)	350	350
BW (kg)	70	15
AT (días)	25550	2190
SA (cm ²)	18000	6660
K _{pCd} (cm/h)	0.001	0.001
K _{pNi} (cm/h)	0.0002	0.0002
K _{pPb} (cm/h)	0.0001	0.0001
ET (h/día)	0.6	0.6
K (L/m ³)	5	5
IR _{inh} (cm)	15	8.7
HQ_{Cd}	1.13	2.63
HQ_{Ni}	0.29	0.67
HQ_{Pb}	3.43	8.01

La tabla 12, describe las dosis de exposición media para ingestión, inhalación y dérmica es mayor para los niños. El plomo es el metal pesado que presentó valores

altos en todas las vías de exposición, seguida del níquel y el cadmio. Los valores más bajos de CDI se obtuvieron para el contacto dérmico y el más alto fue el CDI para inhalación.

Es importante determinar el CDI cuando las personas están en contacto con una sustancia química, dado que una sustancia no enferma a nadie a menos que la persona la ingiera, respire o toque el material. (ASTDR. Evaluación de Las Vías de Exposición, 2008)

Tabla 12. Dosis media de exposición (expresada en mg / kg-día)

	CDI_{ing} (mg / kg-día)		CDI_{derm} (mg / kg-día)		CDI_{inh} (mg / kg-día)	
	Adultos	Niños	Adultos	Niños	Adultos	Niños
Cadmio	0.001	0.003	0.000006	0.000010	0.042	0.114
Níquel	0.006	0.013	0.000006	0.000005	0.215	0.581
Plomo	0.012	0.028	0.000006	0.000022	0.451	1.219

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La metodología descrita en el protocolo de muestreo, asegura la integridad de las muestras desde su recogida hasta el informe final de resultados. El instructivo describe detalladamente la forma de tomar una muestra, el volumen necesario, el etiquetado, la conservación y el transporte al laboratorio. Es primordial dejar registro de la actividad en una cadena de custodia que es el único documento trazable que describe ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿dónde? y ¿quién? realizó el muestreo.

El método de absorción atómica de llama es recomendable para la determinación de Cd, Ni y Pb en aguas superficiales, porque la recuperación de todos los analitos fue del 80 al 110%, la desviación estándar fue menor al 10% y la incertidumbre menor al 32.1%. Cumpliendo los objetivos de validación se asegura que los resultados obtenidos sean veraces y comparables con la normativas nacionales e internacionales.

La presente investigación denota que el Río Teaone presenta contaminación por metales pesados Cadmio, Níquel y Plomo por encima de los valores permisibles establecidos en la legislación ecuatoriana (AM 097 MAE), siendo el Plomo el metal que presentó los valores más altos.

La evaluación del riesgo para la salud humana reveló un grave riesgo no cancerígeno del Pb en grupos vulnerables (niños y adultos). Una exposición prologada a estos metales pesados podría ocasionar efectos nocivos en la salud. Por lo tanto, se necesitan urgentemente estrategias adecuadas de control y protección para cortar la principal vía de exposición al Pb. El río Teaone es la principal fuente de suministro de agua de la

población asentada en la ribera del río y la contaminación en este cuerpo de agua se debe a la eliminación inadecuada de residuos, a la falta de desarrollo de infraestructuras (sistema público de depuración, suministro de agua y recolección y tratamiento de agua) y a las actividades industriales en el cantón Esmeraldas.

5.2. Recomendaciones

Establecer un sistema de gestión ambiental riguroso que permita crear las medidas adecuadas para asegurar la calidad del agua que está consumiendo la población. El gobierno debe adquirir el compromiso de gestionar residuos, sanear problemas en sistemas de alcantarillado y agua potable y dar tratamientos a las descargas urbanas. Los agricultores deben disminuir el uso de plaguicidas y fertilizantes.

Desarrollar procedimientos de limpieza y descontaminación del agua para eliminar las concentraciones elevadas de metales pesados existentes, como procedimientos de fitorremediación a través del uso de ciertas plantas que tienen la capacidad de absorber estos metales y eliminar sus altas concentraciones lo que conduce a un adecuado mantenimiento del ecosistema. O el tratamiento con nanopartículas que la actualidad han demostrado disminuir la contaminación de cuerpos de agua.

A largo plazo, existe una probabilidad relativamente alta de que la contaminación por metales en el río Teaone cause problemas de salud. Por esta razón, este estudio podría ser una llamada de atención temprana para que las autoridades locales impongan algún tipo de intervención administrativa o de mitigación en el río Teaone y mejorar las condiciones de salud ambiental de esta zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuerdo Ministerial 097 A. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes, 32 (2015). <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
- Ambiente, M. del. (2015). Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados. In D.S. N° 002-2013-MINAM. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/02/Anexo-R.M.-N°-034-2015-Guia-ERSA.pdf>
- Armas, S. C., Vallejo, B. E., Cabrera, T. A. P., & Escudero, M. A. G. (2016). Generación de indicadores de pasivos ambientales y sociales para el subsistema de inteligencia de estadísticas aplicado a las actividades hidrocarburíferas. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo, 1(2), 85-92.
- ATSDR. Public Health Statement Lead CAS #: 7439-92-1, (2007). <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp13-c1-b.pdf>
- ATSDR Public Health Stament Cadmium CAS#7440-43-9, (2012). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html
- ASTDR. Evaluación de las vías de exposición, 2 (2008). https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/pha_professional2/module3/sv5.html
- Argüelles, C. L. R., & Luz, C. (2011). Propuesta de tratamiento contable para las afectaciones ambientales provocadas por la explotación de yacimientos minerales en empresas productoras de níquel. DELOS:Desarrollo Local Sostenible, 4(10).
- Baird, R., Eaton, A., & Rice, E. (2017). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (23rd ed.).
- Barros, V. (2004). Cambio climático global: Libros del zorzal.
- Bedón-Garzón, R. P. (2017). Aplicación de los derechos de la naturaleza en Ecuador.
- Burgos, A. (2016). La contaminación invisibilizada, Percepciones, representaciones y discurso sobre la contaminación ambiental en la Oroya y Esmeraldas [Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales FLACSO]. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/xmlui/handle/10469/9796>
- Chheang, L., Thongkon, N., Sriwiriyarat, T., & Thanasupsin, S. P. (2021). Heavy metal contamination and human health implications in the chan thnal reservoir, Cambodia. Sustainability (Switzerland), 13(24), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su132413538>
- Data, C. (2021). Tabla climática. Datos históricos del tiempo Esmeraldas. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-esmeraldas/esmeraldas-2961/>
- Doroni, G. (2019). Pasivos ambientales: un problema [inter-intra] generacional. Prometeica-Revista de Filosofía y Ciencias(18), 47-58.
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo Buendía, M., Valladares, F. (2006). Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el

sistema Tierra: CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas.

- Estupiñan, E., Montaña, J., Meza, A., & Herrera, M. (2021). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2022. Esmeraldas. <https://www.esmeraldas.gob.ec/lotaip/2013/PDyOT-FINAL.pdf>
- Giro, E., & Salazar, J. (2012). La degradación ambiental y efectos previsibles en el mundo. *Éolo*, 17, 15-24.
- Guía Eurachem. La Adecuación al Uso de los Métodos Analíticos, 2 (2014). www.eurachem.org.”
- Guía Eurachem. Establecimiento y empleo de la incertidumbre en la medición química., 1 (2015). www.eurchem.org
- Guanokuiza, L., Antúnez, A., & Zúñiga, C. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. Necesidad de su reversión desde las políticas públicas con enfoque bioético. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5, 1053–1079. <https://doi.org/https://doi.org/ribcc.v5i9.7946>
- Hernández, R, Fernández-Collado, C., Baptista, P. (2006). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill, 4ta edición. México. 205-223pp.
- Huarilloclla Rosas, V. M. (2021). La responsabilidad civil derivada de la actividad minera ilegal, generando la contaminación del agua.
- IRIS, Integrated Risk Information System. Nickel, soluble salts; CASRN Various, Integrated Risk Information System (IRIS) Chemical Assessment Summary U.S. 12(1987). https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0271.
- IRIS, Integrated Risk Information System. Cadmium; CASRN 7440-43-9, 1 (1987). https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0141_summary.pdf
- Molina, A. (2012). Guía de Evaluación de Impacto Ambiental. Riesgo para la salud de la población en el SEIA. (Primera). https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/20121109_GUIA_RIE_SGO_A_LA_SALUD.pdf
- NORMA ISO/IEC 17025. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración, Segunda 1 (2005).
- NTE INEN 2169 Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y conservación de Muestras., Pub. L. No. 13116 de 2013-05-16, 1 (2013).
- NTE INEN 2176 Calidad de agua. Técnicas de Muestreo, Pub. L. No. 13116 de 2013-05-16, 1 (2013).
- NTE INEN 2226 Calidad del Agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo, Pub. L. No. 13116 de 2013-05-16, 1 (2013).
- Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua, 32 (2015). <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
- Oviedo-Anchundia, R., Moína-Quimí, E., Naranjo-Morán, J., & Barcos-Arias, M. (2017). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la

- actividad minera. *Bionatura*, 2, 437-441.
- Pazmiño, M.J. (2018). Determinación de la concentración de metales en sedimentos de seis ríos de la provincia Pichincha [Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio Institucional USFQ. <https://bit.ly/2WRsRdE>
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M. D., & Jimenez, E. E. G. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 16(2), 66.
- Rodríguez, M. P., Rodríguez, J. G. M., & Viramontes, U. F. (2015). Desarrollo sustentable de los recursos naturales al disminuir riesgos de contaminación en actividades agropecuarias. *Cultura Científica y Tecnológica*(20).
- Rodríguez Tabares, Á. E. (2016). Minería ilegal (una práctica ilegal en Colombia, admitida por todos pero indiferente a la mayoría). Universidad Santiago de Cali.
- Sánchez-Mateos, S., Pérez, L. V., Suárez, M. A. C., & Cabrera-Riofrio, D. A. (2020). Heavy metal contamination in the Cotopaxi and Tungurahua rivers: a health risk. *Environmental Earth Sciences*, 79(6), 1-14.
- Sánchez, S., Pérez, L., Córdova, M., & Cabrera, D. (2020). Heavy metal contamination in the Cotopaxi and Tungurahua rivers: a health risk. *Environmental Earth Sciences*, 79, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-8869-9>
- Sanjuán, V. C. (2006). Sociedad del riesgo: producción y sostenibilidad. *Papers. Revista de Sociologia*, 82, 121-140.
- Sanmiguel, J., & Guerrero, S. (2017). Validación del método para determinar Pb, Cd y Ni por espectrometría de absorción atómica de llama en agua y suelo [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/7019/1/236T0275.pdf>
- Solíz, M. (2009). El manejo de residuos sólidos en Ecuador amenaza la salud socioambiental.
- U.S.EPA. Risk Assessment Guidance for superfund Human Health Evaluation Manual, I 1 (1989). <https://doi.org/EPA/540/1-89/002>
- USEPA (1989) Risk assessment guidance for superfund: volume I—Human Health Evaluation Manual (Part A) Interim Final. Office of Emergency and Remedial Response U.S. Environmental Protection Agency Washington, D.C. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/rags_a.pdf
- USEPA (1991a) Risk assessment guidance for superfund: volume I—Human Health Evaluation Manual (Part B, Development of Risk-based Preliminary Remediation Goals) Interim Office of Emergency and Remedial Response U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC. <https://hwbdocuments.env.nm.gov/Los%20Alamos%20National%20Laboratories/References/9540.PDF>
- USEPA (1991b) Risk assessment guidance for superfund: volume I—human health evaluation manual supplemental guidance "standard default exposure factors" interim final. United States environmental protection agency Washington, DC. https://rais.ornl.gov/documents/OSWER_directive9285.6-03.pdf
- USEPA (2004) Risk assessment guidance for superfund: volume I—Human Health

Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment) Final. Office of Superfund Remediation and Technology Innovation U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/part_e_final_revision_10-03-07.pdf

Vargas Marcos, F. (2005). La contaminación ambiental como factor determinante de la salud: SciELO Public Health.

Yaulema Garcés, F., Beltrán, A., Baquero, J., Carrera, C., & Gavilanes Montoya, A. (2019). Electrorremediación de cadmio y níquel de pasivos ambientales de suelo contaminado por derrames de petróleo.

ANEXO I

Instructivo Técnico Operativo para la toma de muestras de aguas naturales y superficiales para el laboratorio de canje de deuda de la FCIAB – UTA

1. OBJETIVO

Establecer los procesos adecuados para la toma, preservación y transporte de las muestras de aguas naturales y superficiales para la evaluación de riesgos para la salud de la población por contaminación de agua con metales pesados (Cadmio, Níquel y Plomo) derivados de explotación minera ilegal, Cantón Esmeraldas, evitando alterar las condiciones originales de las muestras.

2. ALCANCE

El presente procedimiento aplica a todas las actividades de muestreo de aguas naturales y superficiales, tomadas en campo, almacenadas y transportadas al laboratorio para los diferentes análisis requeridos.

3. REFERENCIAS

Este procedimiento toma como base las normas:

- NTE INEN 2169:2013 Agua. calidad del agua. muestreo. manejo y conservación de muestras
- NTE INEN 2176:2013 la cual establece las técnicas y precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua incluyendo aquellas para análisis biológicos, pero no análisis microbiológicos.
- NTE INEN 2226:2013 Agua, Calidad del Agua. Muestreo. Diseño de los Programas de Muestreo.
- Baird, R., Eaton, A., & Rice, E. (2017). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (23rd ed.).
- EPA-Guidelines. Regulatory monitoring and testing. Water and Wastewater sampling. June 2017.

4. DEFINICIONES

Las aguas naturales comprenden todas aquellas cuyas propiedades originales no han sido modificadas por la actividad humana; y se pueden clasificar en:

- Superficiales, como aguas de lagos, lagunas, pantanos, arroyos con aguas permanentes y/o intermitentes, ríos y sus afluentes, nevados y glaciares.
- Subterráneas, en estado líquido o gaseoso que afloren de forma natural o por efecto de métodos artificiales.
- Meteóricas o atmosféricas, que provienen de lluvias de precipitación o artificial.

De manera particular las aguas superficiales son susceptibles a cambios en diferente grado como resultado de las reacciones físicas, químicas o biológicas, las cuales tienen lugar desde el momento del muestreo al comienzo del análisis. La naturaleza y la velocidad de estas reacciones son tales que, si no se toman precauciones antes y durante el transporte, así como durante el tiempo en el cual las muestras son conservadas en el laboratorio antes del análisis, las concentraciones determinadas en el laboratorio serán diferentes a las existentes en el momento del muestreo.

5. EQUIPOS Y MATERIALES

En el proceso de toma de muestra se pueden utilizar con distintos equipos, materiales y reactivos, dependiendo de la necesidad y del analito que se vaya a determinar en el laboratorio.

El personal encargado del muestreo debe utilizar equipo de protección personal.

- Botas de caucho
- Impermeable dos piezas (pantalón y chompa)
- Chompa térmica
- Casco
- Linterna
- Mochila

- Guantes de caucho
- Traje de Neopreno
- chaleco salvavidas
- Cuerda con mosquetón (línea vida)
- Guantes impermeables y térmicos

Materiales de campo

- Fundas Ziploc
- Botella Van Dorn
- Coolers grande y pequeño
- Frascos de Poliestireno (primer uso)
- Frascos de vidrio ámbar 1L, 500 mL
- Frascos estériles
- Solución estándar de pH y conductividad
- GPS
- Cinta adhesiva
- Cadena de custodia
- Gotero
- Soga
- Baldes
- Marcadores indelebles

Reactivos ó Preservantes

Los reactivos van a depender del tipo de analito que se vaya a determinar en el Laboratorio. Para metales pesados es conveniente utilizar ácido nítrico concentrado. (Baird et al., 2017)

6. CONSIDERACIONES

6.1. Lavado del material

El lavado del material de vidrio y plástico lo realiza en el laboratorio. El material de muestreo es lavado con detergente sin fosfato ó con una solución no iónica, se enjuaga con agua de grifo, se enjuaga con ácido nítrico al 5% y se enjuaga con agua destilada.

6.2. Frecuencia de monitoreo

El establecimiento de una frecuencia de monitoreo de calidad de agua natural y superficial depende de factores como:

- Objetivos del programa de monitoreo y la vigilancia.
- Presupuesto destinado para llevar a cabo el programa de monitoreo.
- Estacionalidad de la cuenca (época seca, época de lluvias, etc.)
- La ocurrencia de eventos extraordinarios.

La frecuencia de muestreo de aguas naturales y superficiales para la evaluación de riesgos para la salud de la población por contaminación de agua con metales pesados (Cadmio, Níquel y Plomo) derivados de explotación minera ilegal, Cantón Esmeraldas Se describe a continuación.

Tabla 1. Frecuencia de muestreo de aguas naturales y superficiales.

Sistema micro cuencas 2876010201 del agua del Rio Teaone				
Ítem No. 1	Sitio de muestreo	Coordenadas		Frecuencia de muestreo
		Este	Norte	
1	Anterior zona de influencia	0645139	0100450	Cada 3 meses/4 campañas al año
2	Durante zona de influencia	0645905	0102273	Cada 3 meses/4 campañas al año

3	Posterior 1	0648071	0102192	Cada 3 meses/4 campañas al año
4	Posterior 2	068792	0101976	Cada 3 meses/4 campañas al año
5	Zona de descarga al río Esmeraldas	0649216	0101845	Cada 3 meses/4 campañas al año

6.3. Selección de los sitios de muestreo.

La selección de los sitios de muestreo estará en función a los siguientes aspectos:

- Para proyectos específicos de contaminación de cuencas y micro cuencas de la provincia de Esmeraldas.
- Vigilancia de los cuerpos de agua para determinar el impacto que ocasionan las aguas residuales procedentes de las actividades económicas y poblacionales.

Sistema microcuencas 2876010201 del agua del Río Teaone		
Ítem No. 1	Sitio de muestreo	JUSTIFICATIVOS
1	Anterior zona de influencia	Muestra de Control. Permite conocer la calidad de las aguas del río Teaone antes de recibir las descargas de aguas residuales domésticas e industriales de la cabecera cantonal
2	Durante zona de influencia	Tomada en la zona industrial, permite conocer si existe la descarga de contaminantes de las principales industrias del cantón Termoeléctrica Esmeraldas y la Refinería
3	Posterior 1	Muestra de Control. Permite conocer el grado de contaminación después de las descargas industriales y domésticas de la ciudad de Esmeraldas.
4	Posterior 2	Muestra de Control. Permite conocer el grado de contaminación después de las descargas industriales y domésticas de la ciudad de Esmeraldas.

5	Zona de descarga al río Esmeraldas	Muestra de Control. Desembocadura al Río Esmeraldas. después de recibir las descargas de aguas residuales domésticas, industriales de la población a lo largo de este cuerpo de agua.
---	------------------------------------	---

Cada uno de los sitios seleccionados se encuentra justificados en base a los requerimientos del sistema de micro cuencas del agua del Rio Teaone, datos facilitados por la secretaría nacional del Agua (SENAGUA), ver Anexo 2.

6.4. Cadena de custodia

Asegurar la integridad de las muestras es esencial, desde el momento de la toma hasta que se produzca el concepto técnico final, lo cual implica llevar una relación de posesión y manipulación de muestras durante todo el proceso. Este registro se denomina “Cadena de Custodia”, y es definitivo como sistema para asegurar la calidad del muestreo. La participación de quien realiza el muestreo en la “Cadena de Custodia” (Anexo A) llega hasta la entrega de la muestra al responsable en el laboratorio; pero la cadena continúa hasta finalizar el análisis, última etapa del proceso.

Los datos de los parámetros físicos medidos en el sitio, observaciones al sitio donde se toma la muestra y sus alrededores, así como otras características del agua, se utiliza el formato de cadena de custodia.

7. DESARROLLO

7.1. Plan de muestreo

Se elabora un plan de muestreo particular para cada sistema que se opera, donde consta: los sitios de muestro, los parámetros de análisis, que a su vez define los compuestos de interés ambiental, la frecuencia de muestreo, tipo de recipientes, reactivos para preservación; procedimientos de conservación, manera y tiempo de transporte de la muestra, entre otros.

7.2. Preparación de Materiales y Equipos

La lista de chequeo (Anexo B) tiene como objetivo cubrir todos los elementos indispensables para llevar a cabo un monitoreo de forma efectiva, siendo importante preparar con anticipación los materiales de trabajo. Así mismo, se debe contar con todos los materiales y equipos de muestreo operativos y debidamente calibrados.

7.3. Métodos de muestreo

Se utiliza el muestreo manual, predominando las facultades sensoriales de la persona que muestrea, no se utiliza muestreador automático, debido a los costos y consideraciones como su calibración, ajuste de acuerdo a sus componentes (velocidades de las bombas, tamaño de los tubos, etc. Se utiliza mapas en donde se encuentran localizados los sitios de muestreo, el acceso y los demás detalles de localización.

7.4. Etiquetas, marcadores para identificación y cartilla ambiental

Se utiliza etiquetas impresas autoadhesivas para evitar falsas identificaciones. En caso que las etiquetas sean de papel, éstas se fijan con cinta auto adherible transparente una vez diligenciadas. Se etiqueta todos los recipientes un día antes del muestreo (Anexo C).

Marcadores indelebles para escribir los datos relativos a las circunstancias, condiciones y ubicación del sitio de muestreo.

7.5. Preservantes

En ciertos casos se necesita agregar sustancias apropiadas a la muestra para conservarla inalterada durante el manejo y transporte al laboratorio. Su aplicación debe ser muy cuidadosa, para el efecto se utilizan guantes de caucho, por tratarse de productos químicos que presentan riesgos para la salud por inhalaciones o quemaduras.

Se utilizan coolers con refrigerantes en gel o hielo que sirven para mantener las muestras de 4 a 10 °C. El objetivo no solo es refrigerar sino también dan seguridad de transporte (evitar rompimiento o aplastado de las botellas en las que se transportan las muestras) (Anexo D).

7.6. Recipientes

Los recipientes utilizados para la toma de muestras son muy importantes y deben ser seleccionados de acuerdo con el tipo de muestra y/o con la cantidad y clase de análisis que se va a realizar, por lo tanto, siempre debe estar perfectamente preparado para cada caso (Anexo D).

7.7. Equipo de Campo

El equipo que se lleva va a depender del tipo de analitos que se vayan a determinar en campo. Por ejemplo:

- Potenciómetro o pHmetro para determinar el pH.
- Termómetros para medir la temperatura del agua y del ambiente.

Todos estos equipos son previamente calibrados antes de empezar las mediciones con sus respectivos estándares.

7.8. Procedimiento para tomar las muestras de agua superficial

- Cada muestra o grupo de muestras deben ir acompañadas del Registro de la Cadena de Custodia (anexo A). Una vez en el sitio de muestreo se procede a llenar la cadena de custodia registrando los detalles del sitio y sus alrededores, tipos de explotación (cultivos, ganadería, especies menores, etc); vertimientos y desechos que se detecten; la presencia de plantas acuáticas, espumas, natas, grasa, olor característico del agua, temperatura ambiente etc.

Mientras se toma las muestras, se registra los resultados de parámetros en campo, se designa el número de muestra, lugar de la toma de muestra, tipo de

muestra. Una vez concluido la toma de muestra se registra el nombre y firma de quien realizó el muestreo, fecha y firma de las personas que participan en la cadena de posesión, con sus correspondientes fechas de recibo – entrega. (Registro de cadena de custodia ITO01-00).

- Se registran los parámetros que se determinan en campo. Por ejemplo: Las mediciones de pH y conductividad (anexo A).
- Las muestras de agua superficial son tomadas de acuerdo a la Figura 1.

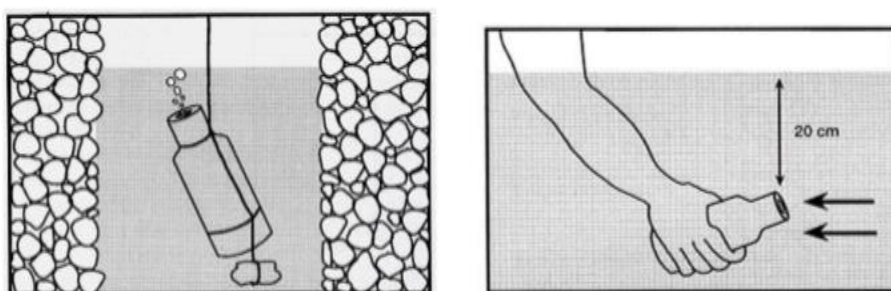


Figura 1. Muestreo de agua superficial

- Una vez tomadas las muestras son preservadas con ácido nítrico concentrado a $\text{pH} < 2$ (1,5 mL HNO_3 conc./L de muestra) hasta la medición, esto se realiza para evitar que las características de las muestras puedan alterarse (anexo D).
Nota: La adición de reactivos debe hacerse con mucho cuidado, utilizando goteros o pipetas automáticas con puntas desechables que sean de plástico para evitar que se rompan, pues en su mayoría son ácidos que pueden ocasionar quemaduras.

Las muestras no se deben dejar expuestas a la luz solar, pues sus condiciones originales se pueden alterar, el tiempo que transcurre desde la toma hasta el análisis debe ser el mínimo.

- Se debe colocar en cooler (plástico o espuma flex) con refrigerantes (hielo o geles) y transportar al laboratorio.

7.9. Recepción en el laboratorio

En la recepción de las muestras en el laboratorio se revisa el estado de la etiqueta y el sello de seguridad y se corrobora la información de la etiqueta y el sello, comparándola con lo registrado en la Cadena de Custodia finalmente se almacena la muestra, con las condiciones de conservación requeridas hasta el análisis. Además de las muestras tomadas en las fuentes de aguas naturales y superficiales, se entregarán al laboratorio muestras blanco (libre de analito) y muestras testigo (de concentración conocida) en diversos parámetros, con el objeto de corroborar los resultados.

7.10. Control de calidad

El control de calidad se establece para identificar los errores asociados a la toma de muestra. Por esta razón, es necesario asegurar el proceso mediante sistemáticas que controlan los factores que pueden ser fuentes de error (conservación, contaminaciones, manipulación de las muestras, etc.). Además, cobra especial importancia la cualificación del personal implicado.

Análisis de duplicados

El control de calidad puede realizarse mediante duplicados (dividir la muestra en dos alícuotas). Este tipo de control se utiliza en el laboratorio para estimar la repetibilidad del proceso analítico y, en la toma de muestra, tiene como objetivo evaluar la variabilidad asociada a la toma. Hay que tener en cuenta que las fuentes de variabilidad que estarán incluidas no solo se refieren al propio proceso de toma de muestra, sino que incluyen, además:

- Condiciones de los envases
- Condiciones de transporte y almacenamiento
- Variabilidad en el método de análisis

El control con duplicados puede servir para controlar la homogeneidad de distintas fracciones de una misma muestra en matrices heterogéneas (por ejemplo, agua residual).

7.11. Información que incluir en los informes de resultados

Este apartado aplica si los resultados van a ser entregados a clientes:

La información recabada durante el proceso de toma de muestra y los informes de resultados deben incluir.

- Tipo de muestras indicando la matriz.
- Fecha de la toma de muestra.
- Identificación inequívoca del punto de toma (puede recurrirse a planos, diagramas, geo localización, etc.).
- Identificación de la muestra: códigos, tipo (puntual), matriz, etc.
- Todos los datos adicionales necesarios para la interpretación adecuada de la información remitida.
- Condiciones ambientales de la toma, si puede afectar a los resultados.

7.12. Registros

Cada determinación en el laboratorio debe tener su formato de registro de datos, es decir que debe haber un formato para cada analito diferenciándose además por el tipo de matriz (agua, suelo, alimento etc).

Por ejemplo:

Registro de pH en aguas.

Registro de Cd, Ni y Pb en aguas y lixiviados.


8. ANEXOS

ANEXO B
Lista de Chequeo

MATERIALES		
Materiales		Frascos de poliestireno
Material cartográfico		Frasco vidrio ámbar
Tablero		Frascos de vidrio transparente
Fichas de registro de campo		Frascos estériles (microbiología)
Libreta de campo		Guantes descartables
Etiquetas para la identificación de frasco		Coolers grande y pequeño
Cadena de custodia		Refrigerantes
Soga		Reactivo para preservación de muestras
Balde plástico transparente		Piseta
Brazo telescópico muestreador		Gotero
Papel secante		Agua destilada
Cinta adhesiva		Solución estándar de pH y conductividad
Plumón indeleble		
Bolsas ziploc para guardar los envases o preservantes		
EQUIPOS		
GPS		Correntómetro u otro equipo para medir caudales
Multiparámetro		Cronómetro
Cámara fotográfica		Linterna de mano
INDUMENTARIA DE PROTECCIÓN		
Zapato de seguridad		Casco
Pantalón		Gorra
Chaleco		Impermeable
Lentes		Arnés
Chaleco salva vidas		

ANEXO C

Etiqueta para recipientes de la Toma de Muestras

MUESTREO DE AGUAS NATURALES Y SUPERFICIALES		
Sitio de muestreo: Cuerpo de agua		Codificación:
Tipo:		
Parámetros de Análisis:		
Fecha: Año/mes/día:		
Tipo de preservantes:		
Responsable muestreo:		

ANEXO D

Tabla de conservación y recipiente recomendados para las muestras

NTE INEN 2169:2013 AGUA. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras

NTE INEN 2169						2013-06
(Continuación tabla 1)						
Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
Boro	P	100 Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	No se requiere ninguna	1 mes	6 meses	
Bromato	P o V	100	Se enfría a 1 °C y 5 °C	1 mes		
Bromo y compuestos de bromo	P o V	100	Se enfría a 1 °C y 5 °C	1 mes		
Bromo residual	P o V	500	Se enfría a 1 °C y 5 °C	24 h	Mantener muestras almacenadas en la oscuridad. El análisis e debe llevarse a cabo en el lugar, dentro de 5 min de recogida de muestras.	
Cadmio	P lavado con ácido o VB lavado con ácido.	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO ₃	1 mes	6 meses	982
Calcio	P o V	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO ₃	1 mes		1107
Carbamatos	V lavado con solvente	1 000	Se enfría entre 1 °C y 5 °C.	14 días	Si la muestra se encuentra clorinada, para cada 1 000 ml de muestra, agregar 80 mg de Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O al contenedor antes de la recolección.	
	P	1 000	Congelar a -20 °C	1 mes		

Baird, R., Eaton, A., & Rice, E. (2017). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.).

ANEXO E

Equipos y dispositivos de la toma de muestras



Figura 1. Pértiga de muestreo



Figura 2. Baldes y recipientes para toma de muestras de agua



Figura 3. Botella Van Dorn muestreo aguas superficiales

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Ing. Tannia Vargas Maestrante	Quím. Lander Pérez Director	Quím. Lander Pérez Director
Fecha: 2021/06/20	Fecha: 2021/06/25	Fecha: 2021/06/25

Anexo II. Evidencia de la toma de muestras, análisis y equipos



Figura 2. Identificación de los puntos de muestreo



Figura 3. Descarga de la Refinería de Esmeraldas y Punto 1 de muestreo



Figura 4. Preparación de los materiales para la toma de muestra



Figura 5. Toma de muestra en el río Teaone - Esmeraldas



Figura 6. Ingreso de muestras río Teaone-UTA



Figura 7. Campana de extracción



Figura 8. Digestor de microondas
ETHOS UP 20125425



Figura 9. Sistema para destilación de agua



Figura 10. Equipo de absorción atómica AA 500



Figura 11. Determinación de muestras

Anexo III. Informe de los resultados obtenidos sobre metales pesados Río Teaone


		INFORME DE RESULTADOS No. A21-109				
Cliente:	Tannia Vargas					
Proyecto:	Contaminación Río Teaone					
Teléfono:	0992708639					
Dirección:	Provincia Esmeraldas					
Lugar de monitoreo:	Cuenca Río Teaone-Campaña I					
Fecha emisión de informe:	30/6/2021					
Muestra tomada por:	Cliente					
Procedimiento de Toma de muestras:	PE-Río Teaone					
Fecha y hora de recepción de muestras:	9/6/2021 13:00					
Período de análisis:	9/6/2021-30/6/2021					
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA						
CÓDIGO LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
A21-109	Punto 1-1 Anterior	05/06/2021	8:30	Río Teaone	0645139 E 0100450 N	Agua natural
RESULTADOS						
PARAMETRO	METODO/REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS	LIMITE*	INCERTIDUMBRE	
pH**	PE-01 4500H+ B, Ed. 23, 2017	upH	8.68	6.5-9	---	
TEMPERATURA**	PE-11 SM 2550 B, Ed. 23 2017	uS/cm	17.5	No aplica	---	
CADMIO*	PE-18 SM 3030 E, Ed. 23, 2017 SM 3111 B, Ed. 23, 2017	mg/l	0.033	0.001	---	
NIQUEL*		mg/l	0.251	0.025	---	
PLOMO*		mg/l	0.315	0.001	---	
Notas:						
Environovalab, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE Acreditación No. SAE LEN 18-040						
Los ensayos marcados con (*) No están incluidos en el alcance de la acreditación de SAE						
** Parámetro tomado por el cliente, incluido por su petición						
1: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1. Libro VI TULSMA: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Agua dulce						
SM: Standard Methods						
EPA: Environmental Protection Agency						
Environovalab recibió la muestra tratada (digestión ácida)						
Los análisis de los parámetros fueron realizados en las instalaciones de Environovalab						
Las muestras serán descartadas 15 días después de la entrega del informe de resultados						
Los valores reportados en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada						
Environovalab declina toda responsabilidad por el uso de los resultados presentados						
Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Environovalab						

Figura 12. Informe de resultados L1, Día 1.



**INFORME DE RESULTADOS
No. A21-110**

Cliente:	Tannia Vargas
Proyecto:	Contaminación Rio Teaone
Teléfono:	0992708639
Dirección:	Provincia Esmeraldas
Lugar de monitoreo:	Cuenca Rio Teaone-Campaña I
Fecha emisión de informe:	30/6/2021
Muestra tomada por:	Cliente
Procedimiento de Toma de muestras:	PE-Rio Teaone
Fecha y hora de recepción de muestras:	9/6/2021 13:00
Periodo de análisis:	9/6/2021-30/6/2021

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
A21-110	Punto 2-1 Durante	05/6/2021	9:10	Rio Teaone	0645905 E 0102273 N	Agua natural

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO/REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS	LIMITE ¹	INCERTIDUMBRE
pH**	PE-01 4500H+ B, Ed. 23, 2017	upH	8.00	6.5-9	---
TEMPERATURA**	PE-11 SM 2550 B, Ed. 23 2017	uS/cm	17.2	No aplica	---
CADMIO*	PE-18 SM 3030 E, Ed. 23, 2017 SM 3111 B, Ed. 23, 2017	mg/l	0.034	0.001	---
NIQUEL*		mg/l	0.267	0.025	---
PLOMO*		mg/l	0.342	0.001	---

Notas:

Environovalab, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE Acreditación No. SAE LEN 18-040
Los ensayos marcados con (*) No están incluidos en el alcance de la acreditación de SAE

** Parámetro tomado por el cliente, incluido por su petición

1: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1. Libro VI TULSMA: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Agua dulce

SM: Standard Methods

EPA: Environmental Protection Agency

Environovalab recibió la muestra tratada (digestión acida)

Los análisis de los parámetros fueron realizados en las instalaciones de Environovalab

Las muestras serán descartadas 15 días después de la entrega del informe de resultados

Los valores reportados en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada

Environovalab declina toda responsabilidad por el uso de los resultados presentados

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Environovalab

Figura 13. Informe de resultados L2, Día 1.



**INFORME DE RESULTADOS
No. A21-111**

Cliente:	Tannia Vargas
Proyecto:	Contaminación Río Teaone
Teléfono:	0992708639
Dirección:	Provincia Esmeraldas
Lugar de monitoreo:	Cuenca Río Teaone-Campaña I
Fecha emisión de informe:	30/6/2021
Muestra tomada por:	Cliente
Procedimiento de Toma de muestras:	PE-Río Teaone
Fecha y hora de recepción de muestras:	9/6/2021 13:00
Período de análisis:	9/6/2021-30/6/2021

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA						
CODIGO LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
A21-111	Punto 3-1 Posterior 1	5/6/2021	10:00	Río Teaone	0648071 E 0102192 N	Agua natural

RESULTADOS					
PARAMETRO	METODO/REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS	LIMITE ¹	INCERTIDUMBRE
pH**	PE-01 4500H+ B, Ed. 23, 2017	upH	8.26	6.5-9	---
TEMPERATURA**	PE-11 SM 2550 B, Ed. 23 2017	uS/cm	17.4	No aplica	---
CADMIO*	PE-18 SM 3030 E, Ed. 23, 2017 SM 3111 B, Ed. 23, 2017	mg/l	0.039	0.001	---
NIQUEL*		mg/l	0.347	0.025	---
PLOMO*		mg/l	0.408	0.001	---

Notas:

Environovalab, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE Acreditación No. SAE LEN 18-040
Los ensayos marcados con (*) No están incluidos en el alcance de la acreditación de SAE

** Parámetro tomado por el cliente, incluido por su petición

1: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1. Libro VI TULSMA: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Agua dulce

SM: Standard Methods

EPA: Environmental Protection Agency

Environovalab recibió la muestra tratada (digestión ácida)

Los análisis de los parámetros fueron realizados en las instalaciones de Environovalab

Las muestras serán descartadas 15 días después de la entrega del informe de resultados

Los valores reportados en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada

Environovalab declina toda responsabilidad por el uso de los resultados presentados

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Environovalab

Figura 14. Informe de resultados L3, Día 1.



**INFORME DE RESULTADOS
No. A21-112**

Cliente:	Tannia Vargas
Proyecto:	Contaminación Rio Teaone
Teléfono:	0992708639
Dirección:	Provincia Esmeraldas
Lugar de monitoreo:	Cuenca Rio Teaone-Campaña I
Fecha emisión de informe:	30/6/2021
Muestra tomada por:	Cliente
Procedimiento de Toma de muestras:	PE-Rio Teaone
Fecha y hora de recepción de muestras:	9/6/2021 13:00
Periodo de análisis:	9/6/2021-30/6/2021

INFORMACION DE LA MUESTRA						
CODIGO LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
A21-112	Punto 4-1 Posterior 2	05/6/2021	11:00	Rio Teaone	068792 E 0101976 N	Agua natural

RESULTADOS					
PARAMETRO	METODO/REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS	LIMITE*	INCERTIDUMBRE
pH**	PE-01 4500H+ B, Ed. 23, 2017	upH	8.32	6.5-9	---
TEMPERATURA**	PE-11 SM 2550 B, Ed. 23 2017	uS/cm	17.1	No aplica	---
CADMIO*	PE-18 SM 3030 E, Ed. 23, 2017 SM 3111 B, Ed. 23, 2017	mg/l	0.043	0.001	---
NIQUEL*		mg/l	0.206	0.025	---
PLOMO*		mg/l	0.525	0.001	---

Notas:

Environovalab, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE Acreditación No. SAE LEN 18-040
Los ensayos marcados con (*) No están incluidos en el alcance de la acreditación de SAE

** Parámetro tomado por el cliente, incluido por su petición

1: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1. Libro VI TULSMA: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Agua dulce

SM: Standard Methods
EPA: Environmental Protection Agency

Environovalab recibió la muestra tratada (digestión acida)
Los análisis de los parámetros fueron realizados en las instalaciones de Environovalab
Las muestras serán descartadas 15 días después de la entrega del informe de resultados
Los valores reportados en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada
Environovalab declina toda responsabilidad por el uso de los resultados presentados
Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Environovalab

Figura 15. Informe de resultados L4, Día 1.



**INFORME DE RESULTADOS
No. A21-113**

Cliente:	Tannia Vargas
Proyecto:	Contaminación Rio Teaone
Teléfono:	0992708639
Dirección:	Provincia Esmeraldas
Lugar de monitoreo:	Cuenca Rio Teaone-Campaña I
Fecha emisión de informe:	30/6/2021
Muestra tomada por:	Cliente
Procedimiento de Toma de muestras:	PE-Rio Teaone
Fecha y hora de recepción de muestras:	9/6/2021 13:00
Período de análisis:	9/6/2021-30/6/2021

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
A21-113	Punto 5-1 Descarga	05/6/2021	12:10	Rio Teaone	0649215,5 E 0101845 N	Agua natural

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO/REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS	LIMITE ¹	INCERTIDUMBRE
pH**	PE-01 4500H+ B, Ed. 23, 2017	upH	8.41	6,5-9	---
TEMPERATURA**	PE-11 SM 2550 B, Ed. 23 2017	uS/cm	18.0	No aplica	---
CADMIO*	PE-18 SM 3030 E, Ed. 23, 2017 SM 3111 B, Ed. 23, 2017	mg/l	0.063	0.001	---
NIQUEL*		mg/l	0.680	0.025	---
PLOMO*		mg/l	0.621	0.001	---

Notas:

Environovalab, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE Acreditación No. SAE LEN 18-040
Los ensayos marcados con (*) No están incluidos en el alcance de la acreditación de SAE

** Parámetro tomado por el cliente, incluido por su petición

1: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1. Libro VI TULSMA: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Agua dulce

SM: Standard Methods

EPA: Environmental Protection Agency

Environovalab recibió la muestra tratada (digestión acida)

Los análisis de los parámetros fueron realizados en las instalaciones de Environovalab
Las muestras serán descartadas 15 días después de la entrega del informe de resultados
Los valores reportados en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada

Environovalab declina toda responsabilidad por el uso de los resultados presentados

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Environovalab



firmado digitalmente por:
**MIRYAN GABRIELA
FLORES HERRERA**

Figura 16. Informe de resultados L5, Día 1.



**INFORME DE RESULTADOS
No. A22-114**

Cliente:	Tannia Vargas
Proyecto:	Contaminación Rio Teaone
Teléfono:	0992708639
Dirección:	Provincia Esmeraldas
Lugar de monitoreo:	Cuenca Rio Teaone-Campaña II
Fecha emisión de informe:	30/6/2021
Muestra tomada por:	Cliente
Procedimiento de Toma de muestras:	PE-Rio Teaone
Fecha y hora de recepción de muestras:	9/6/2021 13:00
Periodo de análisis:	9/6/2021-30/6/2021

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA						
CÓDIGO LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
A22-114	Punto 1-2 Anterior	6/6/2021	9:00	Rio Teaone	0645139 E 0100450 N	Agua natural

RESULTADOS						
PARAMETRO	METODO/REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS	LIMITE ¹	INCERTIDUMBRE	
pH**	PE-01 4500H+ B, Ed. 23, 2017	upH	7.99	6.5-9	---	
TEMPERATURA**	PE-11 SM 2550 B, Ed. 23 2017	uS/cm	17.8	No aplica	---	
CADMIO*	PE-18 SM 3030 E, Ed. 23, 2017 SM 3111 B, Ed. 23, 2017	mg/l	0.041	0.001	---	
NIQUEL*		mg/l	0.210	0.025	---	
PLOMO*		mg/l	0.275	0.001	---	

Notas:

Environovalab, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE Acreditación No. SAE LEN 18-040
Los ensayos marcados con (*) No están incluidos en el alcance de la acreditación de SAE

** Parámetro tomado por el cliente, incluido por su petición

1: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1. Libro VI TULSMA: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Agua dulce

SM: Standard Methods

EPA: Environmental Protection Agency

Environovalab recibió la muestra tratada (digestión acida)

Los análisis de los parámetros fueron realizados en las instalaciones de Environovalab
Las muestras serán descartadas 15 días después de la entrega del informe de resultados

Los valores reportados en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada

Environovalab declina toda responsabilidad por el uso de los resultados presentados

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Environovalab



firmado electrónicamente por:
**MIRYAN GABRIELA
FLORES HERRERA**

Figura 17. Informe de resultados L1, Día 2.



INFORME DE RESULTADOS No. A22-115

Cliente:	Tannia Vargas
Proyecto:	Contaminación Rio Teaone
Teléfono:	0992708639
Dirección:	Provincia Esmeraldas
Lugar de monitoreo:	Cuenca Rio Teaone-Campaña II
Fecha emisión de informe:	30/6/2021
Muestra tomada por:	Cliente
Procedimiento de Toma de muestras:	PE-Rio Teaone
Fecha y hora de recepción de muestras:	9/6/2021 13:00
Periodo de análisis:	9/6/2021-30/6/2021

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CODIGO LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
A22-115	Punto 2-2 Durante	06/6/2021	9:45	Rio Teaone	0645905 E 0102273 N	Agua natural

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO/REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS	LIMITE*	INCERTIDUMBRE
pH**	PE-01 4500H+ B, Ed. 23, 2017	upH	8.10	6.5-9	---
TEMPERATURA**	PE-11 SM 2550 B, Ed. 23 2017	uS/cm	17.9	No aplica	---
CADMIO*	PE-18 SM 3030 E, Ed. 23, 2017 SM 3111 B, Ed. 23, 2017	mg/l	0.042	0.001	---
NIQUEL*		mg/l	0.281	0.025	---
PLOMO*		mg/l	0.377	0.001	---

Notas:

Environovalab, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE Acreditación No. SAE LEN 18-040
Los ensayos marcados con (*) No están incluidos en el alcance de la acreditación de SAE

** Parámetro tomado por el cliente, incluido por su petición

1: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1. Libro VI TULSMA: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Agua dulce

SM: Standard Methods

EPA: Environmental Protection Agency

Environovalab recibió la muestra tratada (digestión ácida)

Los análisis de los parámetros fueron realizados en las instalaciones de Environovalab

Las muestras serán descartadas 15 días después de la entrega del informe de resultados

Los valores reportados en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada

Environovalab declina toda responsabilidad por el uso de los resultados presentados

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Environovalab



firmado electrónicamente por:
**MIRYAN GABRIELA
FLORES HERRERA**

Figura 18. Informe de resultados L2, Día 2.



**INFORME DE RESULTADOS
No. A22-116**

Cliente:	Tannia Vargas
Proyecto:	Contaminación Rio Teaone
Teléfono:	0992708639
Dirección:	Provincia Esmeraldas
Lugar de monitoreo:	Cuenca Rio Teaone-Campaña II
Fecha emisión de informe:	30/6/2021
Muestra tomada por:	Cliente
Procedimiento de Toma de muestras:	PE-Rio Teaone
Fecha y hora de recepción de muestras:	9/6/2021 13:00
Período de análisis:	9/6/2021-30/6/2021

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CODIGO LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
A22-116	Punto 3-2 Posterior 1	06/6/2021	10:30	Rio Teaone	0648071 E 0102192 N	Agua natural

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO/REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS	LIMITE ¹	INCERTIDUMBRE
pH**	PE-01 4500H+ B, Ed. 23, 2017	upH	8.14	6.5-9	---
TEMPERATURA**	PE-11 SM 2550 B, Ed. 23 2017	uS/cm	18.0	No aplica	---
CADMIO*	PE-18 SM 3030 E, Ed. 23, 2017 SM 3111 B, Ed. 23, 2017	mg/l	0.055	0.001	---
NIQUEL*		mg/l	0.418	0.025	---
PLOMO*		mg/l	0.526	0.001	---

Notas:

Environovalab, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE Acreditación No. SAE LEN 18-040
Los ensayos marcados con (*) No están incluidos en el alcance de la acreditación de SAE

** Parámetro tomado por el cliente, incluido por su petición

1: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1. Libro VI TULSMA: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Agua dulce

SM: Standard Methods

EPA: Environmental Protection Agency

Environovalab recibió la muestra tratada (digestión acida)

Los análisis de los parámetros fueron realizados en las instalaciones de Environovalab

Las muestras serán descartadas 15 días después de la entrega del informe de resultados

Los valores reportados en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada

Environovalab declina toda responsabilidad por el uso de los resultados presentados

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Environovalab

Figura 19. Informe de resultados L3, Día 2.



INFORME DE RESULTADOS No. A22-117

Cliente:	Tannia Vargas
Proyecto:	Contaminación Rio Teaone
Teléfono:	0992708639
Dirección:	Provincia Esmeraldas
Lugar de monitoreo:	Cuenca Rio Teaone-Campaña II
Fecha emisión de informe:	30/6/2021
Muestra tomada por:	Cliente
Procedimiento de Toma de muestras:	PE-Rio Teaone
Fecha y hora de recepción de muestras:	9/6/2021 13:00
Período de análisis:	9/6/2021-30/6/2021

INFORMACION DE LA MUESTRA

CODIGO LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
A22-117	Punto 4-2 Posterior 2	6/6/2021	11:15	Rio Teaone	068792 E 0101976 N	Agua natural

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO/REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS	LIMITE ¹	INCERTIDUMBRE
pH**	PE-01 4500H+ B, Ed. 23, 2017	upH	8.18	6.5-9	---
TEMPERATURA**	PE-11 SM 2550 B, Ed. 23 2017	uS/cm	18.0	No aplica	---
CADMIO*	PE-18 SM 3030 E, Ed. 23, 2017 SM 3111 B, Ed. 23, 2017	mg/l	0.055	0.001	---
NIQUEL*		mg/l	0.471	0.025	---
PLOMO*		mg/l	0.529	0.001	---

Notas:

Environovalab, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE Acreditación No. SAE LEN 18-040
Los ensayos marcados con (*) No están incluidos en el alcance de la acreditación de SAE

** Parámetro tomado por el cliente, incluido por su petición

1: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1. Libro VI TULSMA: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Agua dulce

SM: Standard Methods

EPA: Environmental Protection Agency

Environovalab recibió la muestra tratada (digestión acida)

Los análisis de los parámetros fueron realizados en las instalaciones de Environovalab

Las muestras serán descartadas 15 días después de la entrega del informe de resultados

Los valores reportados en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada

Environovalab declina toda responsabilidad por el uso de los resultados presentados

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Environovalab

Figura 20. Informe de resultados L4, Día 2.



INFORME DE RESULTADOS No. A22-118

Cliente:	Tannia Vargas
Proyecto:	Contaminación Rio Teaone
Teléfono:	0992708639
Dirección:	Provincia Esmeraldas
Lugar de monitoreo:	Cuenca Rio Teaone-Campaña II
Fecha emisión de informe:	30/6/2021
Muestra tomada por:	Cliente
Procedimiento de Toma de muestras:	PE-Rio Teaone
Fecha y hora de recepción de muestras:	9/6/2021 13:00
Periodo de análisis:	9/6/2021-30/6/2021

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
A22-118	Punto 5-2 Descarga	06/6/2021	12:10	Rio Teaone	0649215,5 E 0101845 N	Agua natural

PARAMETRO	METODO/REFERENCIA	RESULTADOS			
		UNIDADES	RESULTADOS	LIMITE ¹	INCERTIDUMBRE
pH**	PE-01 4500H+ B, Ed. 23, 2017	upH	8.30	6.5-9	---
TEMPERATURA**	PE-11 SM 2550 B, Ed. 23 2017	uS/cm	18.1	No aplica	---
CADMIO*	PE-18 SM 3030 E, Ed. 23, 2017 SM 3111 B, Ed. 23, 2017	mg/l	0.071	0.001	---
NIQUEL*		mg/l	0.555	0.025	---
PLOMO*		mg/l	0.662	0.001	---

Notas:

Environovalab, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE Acreditación No. SAE LEN 18-040
Los ensayos marcados con (*) No están incluidos en el alcance de la acreditación de SAE

** Parámetro tomado por el cliente, incluido por su petición

1: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1. Libro VI TULSMA: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Agua dulce

SM: Standard Methods

EPA: Environmental Protection Agency

Environovalab recibió la muestra tratada (digestión ácida)

Los análisis de los parámetros fueron realizados en las instalaciones de Environovalab
Las muestras serán descartadas 15 días después de la entrega del informe de resultados

Los valores reportados en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada

Environovalab declina toda responsabilidad por el uso de los resultados presentados

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Environovalab



firmado electrónicamente por:
**MIRYAN GABRIELA
FLORES HERRERA**

Figura 21. Informe de resultados L5, Día 2.

Anexo IV. Certificados materiales de referencia


www.sigmaldrich.com

Certificate of Analysis – Certified Reference Material

Certipur® Cadmium standard solution 1000 mg/l Cd



Product no.:	1.19777.0100
Lot no.:	HC01336077
Description of CRM:	Cadmium standard solution 1000 mg/l Cd
Expiry date:	2023/01/31
Storage:	+15°C to +25°C tightly closed in the original container
Composition:	Cd(NO ₃) ₂ in HNO ₃ 0.5 mol/l

Analyte	Certified value as mass fraction	Associated uncertainty, $U=k \cdot u$ ($k=2$) as mass fraction
Cd	985 mg/kg	± 5 mg/kg

Metrological traceability: Directly traceable to NIST SRM 3108, lot 130116

Measurement method: Inductively coupled plasma optical emission spectrometry ICP-OES

Intended use: This reference material is intended for use as a calibration standard in element analysis.

Instructions for handling and correct use: Shake well before use and never pipet directly from the original container. See Details for correct use on page 2.

Health and safety information: Please refer to the Safety Data Sheet for detailed information about the nature of any hazard and appropriate precautions to be taken.

Accreditation: Merck KGaA, Darmstadt, Germany is accredited by the German accreditation authority DAkkS as registered reference material producer D-RM-15185-01-00 in accordance with ISO 17034 and registered calibration laboratory D-K-15185-01-00 according to DIN EN ISO/IEC 17025.

Certificate issue date: 2020/02/06

Certipur®


Certificate of Analysis – Certified Reference Material

Nickel standard solution 1000 mg/l Ni



Product no.:	1.19792.0100
Lot no.:	HC90700592
Description of CRM:	Nickel standard solution 1000 mg/l Ni
Expiry date:	2022/09/30
Storage:	+15°C to +25°C tightly closed in the original container
Composition:	Ni(NO ₃) ₂ in HNO ₃ Suprapur® 0,5 mol/l

Analyte	Certified value as mass fraction	Associated uncertainty, $U=k \cdot u$ ($k=2$) as mass fraction
Ni	988 mg/kg	± 5 mg/kg

Metrological traceability: Directly traceable to NIST SRM 3136, lot 120619.

Measurement method: Inductively coupled plasma optical emission spectrometry ICP-OES

Intended use: This reference material is intended for use as a calibration standard for atomic absorption spectrometry, spectrophotometry and other analytical techniques.

Instructions for handling and correct use: Shake well before use and never pipet directly from the original container. See Details for correct use on page 2.

Health and safety information: Please refer to the Safety Data Sheet for detailed information about the nature of any hazard and appropriate precautions to be taken.

Accreditation: Merck KGaA, Darmstadt, Germany is accredited by the German accreditation authority DAkkS as registered reference material producer D-RM-15185-01-00 in accordance with ISO Guide 34 and registered calibration laboratory D-K-15185-01-00 according to DIN EN ISO/IEC 17025.

Certificate issue date: 2019/09/26

Certificate of Analysis – Certified Reference Material

Certipur® Lead standard solution 1000 mg/l Pb



Product no.: 1.19776.0100
Lot no.: HC91308676
Description of CRM: Lead standard solution 1000 mg/l Pb
Expiry date: 2022/12/31
Storage: +15°C to +25°C tightly closed in the original container
Composition: Pb(NO₃)₂ in HNO₃ 0.5 mol/l

Analyte	Certified value as mass fraction	Associated uncertainty, $U=k \cdot u$ ($k=2$) as mass fraction
Pb	987 mg/kg	± 5 mg/kg

Metrological traceability: Directly traceable to NIST SRM 3128, lot 101026
Measurement method: Inductively coupled plasma optical emission spectrometry ICP-OES
Intended use: This reference material is intended for use as a calibration standard in element analysis.
Instructions for handling and correct use: Shake well before use and never pipet directly from the original container. See Details for correct use on page 2.
Health and safety information: Please refer to the Safety Data Sheet for detailed information about the nature of any hazard and appropriate precautions to be taken.
Accreditation: Merck KGaA, Darmstadt, Germany is accredited by the German accreditation authority DAkkS as registered reference material producer D-RM-15185-01-00 in accordance with ISO 17034 and registered calibration laboratory D-K-15185-01-00 according to DIN EN ISO/IEC 17025.
Certificate issue date: 2019/12/18

Certificate of Analysis

Trace Metals 1 - Whole Volume- WP 500mL

Certified
Reference
Material

Description

Product ID QC3132-500ML
Lot LRAC1302
Expiration Date April 2024
Manufacturing Date April 2019
Storage Conditions Refrigerate
Solvent/Matrix 0.15% NITRIC ACID IN WATER

Certified Values

Analyte	Units	Certified Value ^{1,4}	Analytical Value ⁶
Aluminum, Al	µg/L	589 ± 3	585
Arsenic, As	µg/L	118 ± 1	117
Beryllium, Be	µg/L	230 ± 1	228
Cadmium, Cd	µg/L	163 ± 1	162
Chromium, Cr (total)	µg/L	275 ± 1	277
Cobalt, Co	µg/L	224 ± 1	222
Copper, Cu	µg/L	662 ± 3	649
Iron, Fe	µg/L	1763 ± 9	1780
Lead, Pb	µg/L	163 ± 1	165
Lithium, Li	µg/L	206 ± 1	208
Manganese, Mn	µg/L	1536 ± 8	1530
Mercury, Hg	µg/L	23.6 ± 0.1	22.6
Nickel, Ni	µg/L	630 ± 3	627
Selenium, Se	µg/L	160 ± 1	160
Vanadium, V	µg/L	415 ± 2	417
Zinc, Zn	µg/L	463 ± 2	460

Anexo V. Normas de Referencia



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2169:2013
Primera revisión

**AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y
CONSERVACIÓN DE MUESTRAS**

Primera Edición

WATER. WATER QUALITY. SAMPLING. HANDLING AND CONSERVATION OF SAMPLES.

First Edition

Figura 22. NTE INEN 2169:2013



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2176:2013
Primera revisión

AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO

Primera Edición

WATER QUALITY. SAMPLING. GUIDANCE ON SAMPLING TECHNIQUES

First Edition

Figura 23. NTE INEN 2176:2013



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2226:2013
Primera revisión

AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE MUESTREO

Primera Edición

WATER. WATER QUALITY. SAMPLING. DESIGN OF SAMPLING PROGRAMMES

First Edition

Figura 24. NTE INEN 2226:2013

NORMA
INTERNACIONAL

ISO/IEC
17025

Segunda edición
2005-05-15

**Requisitos generales para la competencia
de los laboratorios de ensayo y de
calibración**

*General requirements for the competence of testing and calibration
laboratories*

*Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires
d'étalonnages et d'essais*

Número de referencia
ISO/IEC 17025:2005(ES)



Figura 25. Norma Internacional ISO/IEC 17025