

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS

ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA



TESIS

**PARA OBTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO**

**Determinación y Cuantificación de Metales Pesados (As, Cd, Hg, Pb) en
la Cuenca Media del Rio Chancay – Lambayeque _ 2022**

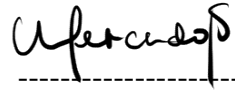
Investigador: Br. Renán Florentino Vidarte Requejo

Asesor : M. CS. Manuel Antonio Díaz Paredes

LAMBAYEQUE, 2023

Dr. Ángel Wilson Mercado Seminario

Presidente



Firma

Dr. Sebastian Huangal Scheineder

Secretario



Firma

M.SC. Gerardo Santamaría Baldera

Vocal



Firma

M.SC. Manuel Antonio Díaz Paredes

Asesor



Firma



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N°085-2023-UINV-FIQIA

Siendo las 5:00 pm del día 22 de febrero del 2023, se reunieron vía plataforma virtual, <https://meet.google.com/mzi-buzg-jxy> los miembros de jurado evaluador de la Tesis Titulada:

“Determinación Y Cuantificación De Metales Pesados (As, Cd, Hg, Pb) En La Cuenca Media Del Rio Chancay - Lambayeque _ 2022.”; designados por Decreto N° 241-2022-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 18 de julio del 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| ➤ Dr. Angel Wilson Mercado Seminario | Presidente |
| ➤ Dr. Sebastian Huangal Scheineder | Secretario |
| ➤ Ing. Gerardo Santamaría Baldera | Vocal. |

La tesis fue asesorada por Msc. Manuel Antonio Díaz Paredes, nombrado (a) por Decreto N° 020-2020-UINV-FIQIA de fecha 24 de enero del 2020. El acto de sustentación fue autorizado por RESOLUCION N° 049-2023-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 15 de febrero del 2023. La Tesis fue presentada y sustentada por el Bachiller: RENAN FLORENTINO VIDARTE REQUEJO; y tuvo una duración de 40 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de 16 (dieciséis) en la escala vigesimal, mención BUENO Por lo que quedan APTO (s) para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultadde Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional PedroRuiz Gallo.

Siendo las 6:14 pm se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Firmas

.....
Presidente
Dr. Angel Wilson Mercado Seminario

.....
Vocal
Ing. Gerardo Santamaria Baldera

.....
Secretario
Dr. Sebastian Huangal Scheineder

.....
Asesor
M.Sc. Manuel Anotnio Diaz Paredes

Declaración Jurada de Originalidad

Yo, **Renán Florentino Vidarte Requejo** investigador principal, y **Manuel Antonio Díaz Paredes** asesor del trabajo de investigación **“Determinación y Cuantificación de Metales Pesados (As, Cd, Hg, Pb) en la Cuenca Media del Rio Chancay – Lambayeque _ 2022”**, Juramos que este trabajo no está plagiado y contiene información falsa. De probarse lo contrario, acepto la responsabilidad de la cancelación de esta investigación y por tanto de las gestiones administrativas que pudieran derivarse. Esto puede dar lugar a la revocación del título o grado otorgado con base en este trabajo.

Lambayeque 20 de febrero 2023



Renán Florentino Vidarte Requejo.....



Manuel Antonio Díaz Paredes.....

A MI MADRE:

Sra. CARMELA REQUEJO BURGOS

Índice General.

Declaración Jurada de Originalidad.....	iii
Índice general.....	v
Índice de Tablas (cuadros).....	vi
Índice de Figuras.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I.Introducción.....	1
II. Antecedentes y Bases Teóricas	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Bases teóricas.....	3
2.2.1 Metales pesados.	3
2.2.2 Metales pesados (origen natural).	4
2.2.3 Metales pesados (origen antropogénico).	4
IV. Resultados y Discusión.....	24
4.1 Resultados de análisis de agua.....	24
4.2 Análisis descriptivo para los puntos de muestreos	34
4.3 Análisis descriptivo para los parámetros físicos.....	35
4.3.1 Análisis descriptivo parámetro potencial de hidrógeno del agua.	35
4.3.2 Análisis descriptivo parámetro Temperatura del agua.....	36

4.3 Análisis descriptivo para los parámetros metales pesados	40
4.3.1 Análisis descriptivo de la concentración de Arsénico en el agua de la cuenca media del Rio Chancay - Lambayeque	41
4.3.2 Análisis descriptivo de la concentración de Cadmio en el agua de la cuenca media del Rio Chancay – Lambayeque	43
4.3.3 Análisis descriptivo de la concentración de Mercurio en el agua de la cuenca media del Rio Chancay – Lambayeque	44
4.3.4 Análisis descriptivo de la concentración de Plomo en el agua de la cuenca media del Rio Chancay – Lambayeque	45
4.4 Análisis inferencial para los parámetros metales pesados	46
4.4.1 Comprobación del objetivo principal.....	46
4.4.2 Comprobación del objetivo específico.....	48
V.Conclusiones	53
VI. Recomendaciones.....	57
VI.Bibliografía	56
Anexos	58
Anexo 1: Certificado de acreditación IAS.HH	59
Anexo 2: Certificado de acreditación INACAL.	60
Anexo 3: Evidencias fotográficas de trabajos.....	61

Índice de Tablas (cuadros)

Tabla 1	17
Diagrama de flujo de metodología del presente trabajo	
Tabla 2	18
Especificaciones técnicas de muestreo y preservación de agua	
Tabla 3	20
Método de análisis y parámetros estudiados en agua de la cuenca media del Rio Chancay - Lambayeque	
Tabla 4	24
Georeferenciación de puntos de muestreo	
Tabla 5	25
Datos tomados en campo, fecha (30 - 05 - 2022). Muestreo 1	
Tabla 6	25
Datos tomados en campo, fecha (20 – 08 – 2022. Muestreo 2	
Tabla 7	26
Datos tomados en campo, fecha (10 – 11 – 2022). Muestreo 3	
Tabla 8	26
Datos meteorológicos de los puntos de muestreo. Muestreo 1, fecha 30 – 05 – 2022	
Tabla 9	27
Datos meteorológicos de los puntos de muestreo. Muestreo 2, fecha 20 – 08– 2022	

Tabla 10	28
Datos meteorológicos de los puntos de muestreo. Muestreo 3, fecha 10 – 11 – 2022	
Tabla 11	29
Resultado de análisis de metales pesados. Muestreo 1, punto de muestreo E1 (Repartidor La Puntilla). Fecha de muestreo 30 – 05 – 2022	
Tabla 12	30
Resultado de análisis de metales pesados. Muestreo 1, punto de muestreo E2 (Presa Bocatoma Racarrumi). Fecha de muestreo 30 – 05 – 2022	
Tabla 13	31
Resultado de análisis de metales pesados. Muestreo 2, punto de muestreo E1 (Presa Repartidor La Puntilla). Fecha de muestreo 20 – 08 – 2022	
Tabla 14	32
Resultado de análisis de metales pesados. Muestreo 2, punto de muestreo E2 (Presa Bocatoma Racarrumi). Fecha de muestreo 20 – 08 – 2022	
Tabla 15	33
Resultado de análisis de metales pesados. Muestreo 3, punto de muestreo E1 (Presa Repartidor La Puntilla). Fecha de muestreo 10 – 11 – 2022	
Tabla 16	34
Resultado de análisis de metales pesados. Muestreo 3, punto de muestreo E2 (Presa Bocatoma Racarrumi). Fecha de muestreo 10 – 11 – 2022	
Tabla 17	35

Punto de muestreo por fechas	
Tabla 18	36
Potencial de Hidrogeno por punto de muestreo	
Tabla 19	36
Temperatura del agua por punto de muestreo	
Tabla 20	41
Estadísticos de presencia de metales pesados (Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo) en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque	41
Tabla 21	42
Estadísticos de concentraciones de Arsénico en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque	42
Tabla 22	43
Concentraciones de Cadmio en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque	43
Tabla 23	44
Concentraciones de Mercurio en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque	44
Tabla 24	45
Concentraciones de Plomo en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque	
Tabla 25	47

Determinación y cuantificación de metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) en el recurso hídrico de la cuenca media del Rio Chancay – Lambayeque.....	47
---	----

Tabla 26	48
----------------	----

Determinación y cuantificación de metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) en el recurso hídrico de la cuenca media del Rio Chancay – Lambayeque.....	48
---	----

Tabla 27	49
----------------	----

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y categorización de los cuerpos de agua continentales superficiales.....	
--	--

Índice de Figuras

Figura 1	15
Diagrama de flujo de metodología del presente trabajo	
Figura 2	17
Ubicación de los puntos de muestreo	
Figura 3	21
Esquema de la cuenca media del Rio Chancay - Lambayeque	
Figura 4	37
Variación de los parámetros físicos entre puntos de muestreo E1: (200 metros río arriba de la represa Repartidor La Puntilla). E2: (200 metros río arriba de la represa Bocatoma Racarrumi).	
Fecha de muestreo 30 – 05 – 2022.....	37
Figura 5	38
Variación de los parámetros físicos entre puntos de muestreo E1: (200 metros río arriba de la represa Repartidor La Puntilla). E2: (200 metros río arriba de la represa Bocatoma Racarrumi).	
Fecha de muestreo 20 - 08 – 2022	38
Figura 6	39
Variación de los parámetros físicos entre puntos de muestreo E1: (200 metros río arriba de la represa Repartidor La Puntilla). E2: (200 metros río arriba de la represa Bocatoma Racarrumi).	
Fecha de muestreo 10 - 11 – 2022	39
Figura 7	40

Variación promedio de los parámetros físicos (Temperatura y Potencial de Hidrogeno) en la cuenca media del río Chancay – Lambayeque en el año 2022	40
Figura 8	42
Concentraciones de Arsénico en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque	42
Figura 9	43
Concentraciones de Cadmio en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque	43
Figura 10	44
Concentraciones de Mercurio en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque	
Figura 11	46
Concentraciones de Plomo en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque	

RESUMEN

El presente trabajo de determinación y cuantificación de ARSENICO, CADMIO, MERCURIO Y PLOMO en agua se llevó a cabo en la cuenca media del Río Chancay - Lambayeque, ubicada en el norte del Perú, en las regiones de Cajamarca y Lambayeque.

Los puntos de muestreo ubicados en $-6^{\circ}44'35.658''S$ $-79^{\circ}29'57.672''W$ sector Repartidor la Puntilla y $-6^{\circ}37'28.74''S$ $-79^{\circ}18'12.93''W$ sector Bocatoma Racarumi. Las muestras se analizaron en Laboratorio AGQ PERÚ S.A.C, según Procedimientos Normalizados de Trabajo EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994), Técnica Espect ICP-MS. Se determinó los parámetros físicos del agua, la Temperatura más alta registrada fue $24.0^{\circ}C$ y una mínima de $22.1^{\circ}C$. El Potencial de Hidrogeno registro un máximo de 8.01 y un mínimo de 7.40. El agua de la cuenca media del río Chancay-Lambayeque es ligeramente alcalina. La concentración máxima de arsénico y plomo es de 0,00405 mg/l y 0,00127 mg/l, respectivamente. Las concentraciones de cadmio y mercurio estuvieron por debajo de 0,00001 mg/l y 0,000070 mg/l, respectivamente.

El Decreto Supremo N° 004 – 2017 MINAM determina estándares de calidad ambiental para agua, admite la presencia de metales pesados como: Cd, Hg, Pb y As en el agua de la cuenca media del río Chancay. Sin embargo, concentraciones de estos metales no superan los límites permitidos por la misma norma. El agua de la cuenca media del río Chancay - Lambayeque puede ser aprovechada para producir agua potable con desinfección. También se puede utilizar para producir agua que se puede potabilizar con un tratamiento convencional y avanzado. Además, el agua de este río se puede utilizar para riego de vegetales (riego restringido y riego no restringido). El agua de este río también se puede utilizar para bebida de animales.

Palabras Clave: Metales pesados, Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo, ECA. Concentraciones.

ABSTRACT

The present work of determination and quantification of ARSENIC, CADMIUM, MERCURY AND LEAD in water was carried out in the middle basin of the Chancay -Lambayeque River, located in the north of Peru, in the regions of Cajamarca and Lambayeque.

The sampling points located at $-6^{\circ}44'35.658''\text{S}$ $-79^{\circ}29'57.672''\text{W}$ sector Repartidor la Puntilla and $-6^{\circ}37'28.74''\text{S}$ $-79^{\circ}18'12.93''\text{W}$ sector Bocatoma Racarumi . The samples were analyzed at Laboratorio AGQ PERÚ S.A.C, according to Standardized Work Procedures.

EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994), Spectrum ICP-MS Technique. The physical parameters of the water were determined, the highest temperature recorded was 24.0°C and a minimum of 22.1°C . The Hydrogen Potential registered a maximum of 8.01 and a minimum of 7.40. The water of the middle basin of the Chancay-Lambayeque river is slightly alkaline. The maximum concentration of arsenic and lead is 0.00405 mg/l and 0.00127 mg/l , respectively. Cadmium and mercury concentrations were below 0.00001 mg/l and 0.000070 mg/l , respectively.

Supreme Decree No. 004 - 2017 MINAM determines environmental quality standards for water, admits the presence of heavy metals such as: Cd, Hg, Pb and As in the water of the middle basin of the Chancay river. However, concentrations of these metals do not exceed the limits allowed by the same standard. The water from the middle basin of the Chancay - Lambayeque river can be used to produce disinfected drinking water. It can also be used to produce water that can be made drinkable with conventional and advanced treatment. Also, the water from this river can be used for vegetable irrigation (restricted irrigation and unrestricted irrigation). The water from this river can also be used for animal drinking.

Keywords: Heavy metals, Arsenic, Cadmium, Mercury, Lead, ECA. Concentrations.

I. Introducción

El presente estudio de determinación y cuantificación de metales pesados en agua del Río Chancay-Lambayeque, Contribuye a brindar información de carácter ambiental y ayudará en el diagnóstico de su cuenca, facilitando así la toma de decisiones, especialmente de carácter gubernamental.

En las últimas décadas, con el aumento de la población rural, el aumento de los niveles de industrialización y una importante inversión regional, se ha prestado mucha atención a los estudios de calidad del agua en las cuencas. La importancia de esta investigación en metales pesados en sedimentos y agua radica en sus propiedades: rápida bioacumulación, alta persistencia y alta toxicidad.

Altamente tóxicos son considerados los metales pesados, porque en forma de iones o compuestos que forman, poseen solubilidad en agua y su absorción por los organismos vivos es muy factible. Una vez absorbidos, es muy posible que ellos se unan a importantes componentes celulares, como enzimas, proteínas y ácidos nucleicos, y así poder incidir en su función. En cuanto se refiere a los humanos, estos metales inclusive sean en mínimas cantidades pueden generar consecuencias de salud grave y fisiológicos. Respecto a las plantas depende de la forma en el aspecto químico del metal para que las transformaciones se den de manera múltiple y diversa, pueden generar efectos altamente nocivos, el transporte de electrones en las mitocondrias, anular la germinación de semillas, disminución de la fotosíntesis, causar clorosis, y afectar la síntesis de ATP. Por sus propiedades químicas y físicas y, para aspectos como el medio ambiente y salud, los metales pesados pueden ser muy nocivos. Los que son más peligrosos son el Mercurio, el Arsénico, el Plomo y el Cadmio: 1) en la corteza de la tierra son abundantes, 2) utilizados generalmente en procesos agrícolas o industriales, 3) se liberan en espacios públicos entrando en contacto 4) para

Los humanos son muy nocivos y 5) generan alteraciones en los ciclos biogeoquímicos. Cronológicamente hace 40 años, los metales pesados han sido partícipes de múltiples desgracias en contaminación y efectos nocivos, graves y desastrosos para la salud humana y el medio ambiente: por citar un ejemplo podemos ver la actual contaminación de las aguas subterráneas por arsénico en Bangladesh y Al oeste de Bengala y el envenenamiento por metilmercurio en la bahía de Minamata (Japón) en la década de 1950.

Debido a las actividades humanas que ocurren en y alrededor de la cuenca alta y media referente a la cuenca del río Chancay - Lambayeque, esta cuenca recibe directa o indirectamente las aguas residuales de estas actividades.

En caso de que se viertan contaminantes en aquel cuerpo compuesto de agua, estos compuestos se disocian acuosamente y son arrastrados río abajo por escorrentía, donde se utilizan para el riego de cultivos, consumo humano y animal, generación de agua potable, entre otros.

Se plantea como objetivo principal y específico:

Determinar y cuantificar metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque.

Comparar los resultados del análisis de metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) con el Decreto Supremo N° 004-2017 MINAM.

II. Antecedentes y Bases Teóricas

2.1 Antecedentes

Acorde con resultados del VI monitoreo de Participación sobre la Calidad del Agua de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), se ha establecido que el agua que proviene de la Cuenca del río Chancay-Lambayeque ha sido y viene siendo contaminada por algunas empresas mineras, así como diversas descargas de aguas residuales de algunas organizaciones.

"Las especies bentobióticas que viven en sedimentos superficiales contaminados pueden ser más vulnerables a las agresiones ambientales. Como resultado, los metales pueden acumularse más arriba en la cadena alimentaria, por ejemplo, en peces y humanos". (Romero, 2000, págs. 37 - 47)

Numerosas actividades humanas dan como resultado una variedad de descargas, todas las cuales contribuyen a una concentración creciente de metales pesados en los sedimentos de los ríos. Los metales son solubles o insolubles durante los cambios fisicoquímicos estacionales, dependiendo de su relación con otros elementos (estación seca, inundación, etc.) 1996) (Baruah et al).

Los ríos son una parte importante de nuestro patrimonio natural y cultural, pero desde el siglo pasado han experimentado cierta degradación ecológica, principalmente debido a las inundaciones y su gestión, los canales, la ocupación costera, la urbanización, industria y agricultura. (González del Tánago & García de Jalón 2007).

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Metales pesados (*Generalidades*)

Los metales pesados naturalmente constituyen la corteza terrestre. Algunos metales pesados (por ejemplo, cobre, selenio y zinc) son necesarios para el correcto funcionamiento del

Metabolismo del cuerpo humano porque actúan como oligoelementos. En cantidades lo suficientemente altas, pueden causar envenenamiento, pero esto es raro.

Los metales se definen en función de su reflectividad, conductividad eléctrica, conductividad térmica y propiedades mecánicas como la resistencia y la ductilidad. Estas propiedades determinan las características físicas de los metales en estado sólido. Una definición más práctica al definir los metales es al considerar su toxicidad. Se definen como elementos que reaccionan para perder electrones y formar un catión cuando se encuentran en ambientes biológicos. (Cornelis y Nordberg, 2007).

Los metales pesados son peligrosos porque tienden a acumularse en los organismos vivos. Significa que los metales pesados aumentan la concentración de una sustancia química en un organismo vivo con el tiempo en comparación con la concentración de esa misma sustancia química en el medio ambiente. Lo que hace que los metales pesados sean tóxicos no es porque tengan características inherentes, sino porque pueden formarse en altas concentraciones junto con especies específicas en ciertos ambientes.

2.2.2 Metales pesados (origen natural)

Los diferentes niveles de metales pesados están presentes en los ríos según los efectos de los factores ambientales y la formación del suelo. Estos efectos varían según el tipo de roca y suelo.

La interacción de factores ambientales con los suelos y las rocas creados como resultado de estas interacciones determina la presencia en los sistemas fluviales de metales pesados (incluyendo biota, agua y sedimentos) (Adriano, 1986).

2.2.3 Metales pesados (origen antropogénico)

La contaminación antropogénica se entiende como la intervención humana en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados.

Es difícil encontrar productos industriales o manufacturados que no contengan metales pesados. (Wittmann, 1981).

2.2.4 Metales Pesados (orígenes agropecuarios)

El agua de manantial agrícola se produce a partir de desechos agrícolas que acumulan metales pesados por el uso y mal uso de pesticidas, fertilizantes y desechos orgánicos que pueden usarse como fertilizante. (Rosas Rodríguez, 2001).

La agricultura es reconocida como principal fuente de metales pesados en el ambiente debido a la aplicación generalizada de fertilizantes químicos y biológicos, en Particular fósforo y nitrógeno, pesticidas, compost derivado de desechos y lodos de plantas de tratamiento de agua y estiércol animal.

2.2.5 Metales pesados (origen industrial)

En los sistemas acuáticos, los efluentes de las empresas que depositan la basura en los lechos de los ríos es una de las fuentes más importantes de metales pesados.

Estos vertidos suelen estar mal gestionados, no están expuestos a métodos de depuración, o el tratamiento que se les proporciona es insuficiente o inexistente. (Rosas Rodríguez, 2001).

Porque para señalar la contaminación de fuentes industriales o mineras, la concentración de estos químicos en el agua ha aumentado con el tiempo, principalmente como resultado de la humectación. Es probable que lixiviados de vertederos o descargas de aguas residuales se descubran como una fuente de contaminación en un futuro próximo. En este contexto también debe destacarse el hecho de que el agua que circula por acuíferos formados por rocas con metales pesados en su composición puede, en determinadas situaciones, sufrir un enriquecimiento natural en metales pesados como consecuencia de este proceso.

2.2.6 Arsénico (As)

Los metaloides son elementos químicos que se pueden encontrar en una variedad de estados, pero rara vez se encuentran en forma sólida. Los semimetales son elementos químicos que existen en forma sólida debido a su estructura atómica. El arsénico proviene de la tabla periódica como un elemento químico. Se encuentra en una variedad de formas en la naturaleza. Se puede encontrar en un número de formas en el mundo natural. Se conoce desde la antigüedad, y ahora se reconoce que es extremadamente peligroso para los seres humanos.

Elemento frecuente que se encuentra en variados minerales como agente impuro, particularmente contenedores de plomo, zinc, cobalto y cobre, así como en otros metales.

Además de la quema de carbón, las principales causas de la contaminación por arsénico son la producción de fertilizantes fosfatados, pesticidas y vidrio.

Existe evidencia abrumadora de estudios epidemiológicos de que beber agua que contiene altos niveles de arsénico está asociado con la presencia y crecimiento de cáncer en múltiples órganos, particularmente en pulmones, vejiga y piel, y que beber agua que contiene altos niveles de arsénico está asociado con el desarrollo de cáncer en estos órganos. Como resultado de la presencia de arsénico en el medio ambiente, enfermedades como el cáncer se han convertido en un grave problema de salud pública en muchas regiones del mundo. El arsénico inorgánico trivalente tiene mayor reactividad y toxicidad que el arsénico pentavalente, y generalmente se supone que la forma trivalente es cancerígena. Sin embargo, no hay evidencia que apoye esta suposición. Sin embargo, todavía hay muchas dudas y debates de la actividad cancerígena y las exposiciones a dosis bajas de la forma de la curva dosis-respuesta.

2.2.7 Cadmio (Cd)

El cadmio puro es un metal plateado blando. El cloruro de cadmio y sulfato de cadmio son fácilmente disueltos en agua. El cadmio existe en el agua como iones hidratados o complejos de iones con otras sustancias inorgánicas u orgánicas. El cadmio flota en forma soluble en agua. Las formas insolubles son inmóviles y se asientan en los sedimentos en los que se adsorben.

La alimentación no es principal fuente de exposición al cadmio en los no fumadores en los Estados Unidos. En general, todas estas verduras de hoja como papas, espinacas, lechuga y granos integrales, semillas de girasol, frijoles, maní contienen altas concentraciones de cadmio, que van desde 5% a 0.12 mg/cadmio/kg (ATDSR, 2016, cuarto párrafo)

Se han encontrado altas concentraciones de cadmio en corrientes de agua cerca de industrias productoras de cadmio (pasado y presente). Las especies acuáticas pueden acumular cadmio, que entra en la cadena alimentaria. Aquellos que pescan en aguas locales deben tener precaución y seguir todos los avisos pertinentes (ATDSR, 2016, primer párrafo). La ingestión de alimentos o agua potable que contengan altos niveles de cadmio puede causar irritación estomacal grave, lo que provoca vómitos y diarrea y, a veces, la muerte. La exposición a largo plazo a pequeñas cantidades de cadmio puede provocar la acumulación de cadmio en los riñones. Cuando alcanza niveles lo suficientemente altos, se produce insuficiencia renal. La exposición a largo plazo a bajas concentraciones de cadmio aumenta la fragilidad de los huesos y los hace más susceptibles a fracturas (ATDSR, 2016, tercer párrafo).

2.2.8 Mercurio (Hg)

Es un elemento natural en la corteza terrestre que puede ser liberado a la atmósfera por la acción humana, volcánica y la erosión de las rocas.

El mercurio es un elemento natural en el medio ambiente y está presente en varios ambientes como el aire, el agua y el suelo. La ingestión de mercurio (incluso en bajas concentraciones) puede ocasionar importantes problemas de salud y es especialmente perjudicial durante el embarazo y la primera infancia. Es venenoso para los sistemas neurológico e inmunológico, así como para la piel, los pulmones, el sistema digestivo, la piel, los ojos y los riñones. También es peligroso hacia el sistema reproductivo. Además, es perjudicial para el sistema reproductivo si se usa en grandes cantidades.

Las personas que son particularmente propensas a los efectos del mercurio se dividen en dos categorías, a saber: Los efectos de este químico en el desarrollo son especialmente dañinos para los fetos, que son particularmente vulnerables a ellos. Durante la gestación, se ha demostrado que la exposición al metilmercurio daña el cerebro en desarrollo y el sistema neurológico del bebé si la madre come pescado o mariscos, según una investigación reciente. Los efectos del metilmercurio en el neurodesarrollo son las consecuencias más graves para la salud. Por lo tanto, la exposición prenatal a esta sustancia química puede tener un impacto negativo en la concentración, la memoria, el lenguaje, el pensamiento cognitivo, habilidades visuoespaciales del niño y la motricidad fina, así como en su desarrollo general y bienestar después del nacimiento.

La segunda categoría consiste en personas que han estado expuestas a altas cantidades de mercurio de manera regular (exposición crónica) (como las poblaciones de pescadores de subsistencia o las personas expuestas debido a su trabajo). Tras la ingestión de pescado contaminado por muchas comunidades pesqueras de subsistencia, se ha demostrado que entre 1,5 y 17 niños por cada mil sufren deficiencias cognitivas (retraso mental leve) (Brasil, Canadá, China, Colombia y Groenlandia). Los peces se encuentran entre las especies que se encuentran en estas comunidades.

Finalmente, las emisiones de mercurio fueron generadas por una variedad de fuentes, incluida la gran mayoría del carbón utilizado en centrales eléctricas, sistemas residenciales de calefacción y cocina, y operaciones industriales como la extracción de oro y la quema de desechos.

2.2.9 Plomo (Pb)

Es un elemento considerado tóxico y se encuentra de forma natural en la corteza de nuestra tierra por grandes cantidades. Como resultado de su uso generalizado en varias partes del mundo, se ha producido una gran contaminación ambiental, al igual que una cantidad sustancial de exposición humana, lo que ha tenido graves consecuencias para la salud pública.

Muchas principales fuentes de contaminación ambiental del mundo se encuentran en las industrias de minería, metalurgia, fabricación y reciclaje, así como en el uso continuo de pintura y combustible a base de plomo en muchas regiones del mundo.

Cuando se trata de los efectos nocivos del plomo, los niños pequeños son especialmente vulnerables. Esto puede tener consecuencias significativas y a largo plazo para su salud, particularmente en términos del cerebro y el sistema neurológico en crecimiento. También es posible que la exposición al plomo provoque retrasos en el desarrollo del cerebro y el sistema Nervioso. Tanto en adultos como en niños, el plomo puede causar daños a largo plazo, aumentando el riesgo de presión arterial alta y daño renal, entre otros problemas de salud.

También se muestra que la exposición al plomo en niveles bajos, incluso en ausencia de síntomas evidentes, puede causar una amplia gama de alteraciones en una variedad de sistemas en todo el cuerpo humano. Tiene el potencial de tener una influencia particularmente severa en el desarrollo del cerebro en individuos jóvenes, lo que resulta en cocientes académicos más bajos, cambios de comportamiento como una capacidad reducida para concentrarse y un aumento en el comportamiento antisocial, así como un peor desempeño en la escuela. Es probable que la

Exposición a este químico cause diversas enfermedades y efectos negativos en el cuerpo humano. Una vez que se manifiestan los problemas neurológicos y de comportamiento relacionados con el plomo, se cree que son irreversibles.

2.2.10 Cuenca hidrográfica

Es un área que lleva el agua a un punto común, arroyo, lago o río. Cada una de estas pequeñas cuencas canaliza el agua hacia una cuenca más grande que desemboca en el mar. Estas cuencas son el hogar de una gran variedad de flora y fauna y ofrecen muchas oportunidades de recreación al aire libre.

2.2.11 Muestra simple o puntual

Este tipo de muestreo también se denomina muestreo discreto. Se trata de tomar una muestra de agua de un lugar o ubicación específica para un análisis específico. Reflejan las características y condiciones de los componentes originales del agua en el lugar, momento y condiciones específicos en los que se obtuvo el agua. En este caso, las características del reservorio de agua se pueden presentar adecuadamente con ejemplos simples, como afluentes, aguas subterráneas, algunos reservorios de agua superficial y algunos flujos de aguas residuales.

2.2.12 Establecimiento de una red de puntos de muestreo dentro o entre cuencas hidrográficas

Para cuencas hidrográficas e intercuenas, la localización de los puntos a muestrear debe incluir los aspectos siguientes:

En el nacimiento del cuerpo de agua.

En un estuario o desembocadura de un río al mar.

Confluencia aguas arriba con afluentes y desvíos.

Punto de control bajo fuentes de carga puntual y difusa.

Agua debajo de la desembocadura de pozas y lagunas.

En áreas protegidas como reservas naturales, parques naturales.

La priorización de los puntos de monitoreo es esencial en cuencas hidrográficas densamente pobladas.

Se precisa que el muestreo se debe realizar siguiendo la dirección opuesta al río.

2.2.13 Estándar de calidad ambiental (ECA)

Contaminación en el medio ambiente mediante el establecimiento de niveles máximos permisibles de contaminantes. El objetivo es garantizar el mantenimiento a largo plazo de la calidad ambiental a través de herramientas avanzadas de gestión ambiental y una evaluación exhaustiva. Para regular la emisión de agentes contaminantes se han desarrollado lo siguiente:

Se puede determinar la cantidad o concentración de elementos, compuestos o propiedades físicas, químicas y biológicas específicas en el aire, el agua o el suelo, aunque no suponga un riesgo significativo para las personas o el medio ambiente circundante.

2.2.14 Límite máximo permisible (LMP)

Concentraciones o grados excesivos de elementos o compuestos o propiedades físicas y químicas establecidas para un efluente o emisión causan o pueden causar daño a la salud humana, El bienestar humano y el medio ambiente cuando se exceden estas concentraciones o grados de características.

2.2.15 Valores máximos admisibles (VMA)

En cuestión de los efluentes que no son domésticos, esta nomenclatura refiere a una concentración de elementos físicos, también químicos caracterizados por efluentes no domésticos que se va a descargar a una red de alcantarillado sanitario y que, si se exceden, causar daños inmediatos o progresivos a la instalación.

2.2.16 Cuerpo receptor

Cuando un curso, como un río, lago o arroyo; o ambiente marino (bahía, estuario, golfo) se utiliza para referirse a la descarga de efluentes cloacales al mar provenientes de áreas urbanas, instalaciones industriales o sistemas de riego, se denomina cuerpo receptor en sentido general.

2.2.17 Parámetros de Calidad de Agua

Se refieren a factores físicos, químicos y microbiológicos:

2.2.17.1 Parámetros físicos. La calidad del agua se afecta por sustancias que pueden no ser tóxicas pero que pueden cambiar la apariencia del agua, incluida la suspensión, la turbidez, el color y la temperatura.

2.2.17.2 Parámetros químicos. Las actividades industriales y mineras contaminan el agua con metales pesados tóxicos como arsénico, plomo, mercurio y cadmio, y las actividades agrícolas contaminan el agua con fertilizantes.

2.2.17.3 Parámetros microbiológicos. Riesgos para la salud más comunes y generalmente asociados con el agua potable son los males infecciosos causados por patógenos como parásitos, bacterias y virus.

2.2.18 Temperatura

Un parámetro físico importante que afecta la actividad biológica, el consumo de oxígeno, la formación de precipitados complejos, la desinfección, ralentiza o acelera los procesos generales de mezcla. Sedimentación, filtración y floculación.

2.2.19 Potencial del hidrógeno (pH)

Una medida de si una sustancia es básica, neutra o ácida mediante el cálculo del número de iones de hidrógeno presentes. Diseñado para evaluar el efecto de la acidez o la alcalinidad

Causada por procesos naturales o artificiales. Este parámetro se mide en el sitio. Medido en una escala de 0 a 14.

2.2.20 Marco legal

2.2.20.1 Ley general del ambiente (Ley N° 28611). Esta ley es la base organizativa del marco legal y normativo del Perú para la gestión ambiental, el cual se basa en el Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica. Establece las normas básicas que deben observarse para asegurar la efectiva realización del derecho a un medio ambiente sano, equilibrado y adecuado para su pleno desarrollo, y establece las obligaciones para promover su eficaz gestión y protección; el medio ambiente y sus componentes para mejorar el bienestar y lograr el desarrollo sostenible en todo el país.

2.2.20.2 Decreto Supremo N° 020 – 2021 MINAM Aprobación de normas de calidad ambiental (ECA) para suministro de agua y desarrollar regulaciones adicionales. Determina los elementos, las propiedades químicas, físicas y químicas y la cantidad de parásitos biológicos que deben estar presentes en el agua como recipientes y componentes principales de los ecosistemas acuáticos y no deben causar mayores preocupaciones sanitarias o ambientales.

2.2.20.3 Decreto Supremo N° 001 – 2010 – AG – Reglamento de la ley de Recursos Hídricos (Ley 29338). Ley N° 29338 sobre Recursos Hídricos que por objetivo tiene controlar el uso y manejo de los recursos hídricos, que comprenden las aguas continentales (superficiales y subterráneas) y los productos básicos relacionados con ellas, así como los actos de los organismos gubernamentales y de las personas que intervienen en estas aguas. Todo ello en cumplimiento de los términos de la Ley N° 29338, que rige la gestión de los recursos hídricos.

III. Métodos y Materiales

3.1 Diseño Metodológico

La metodología del presente proyecto comprende 3 fases:

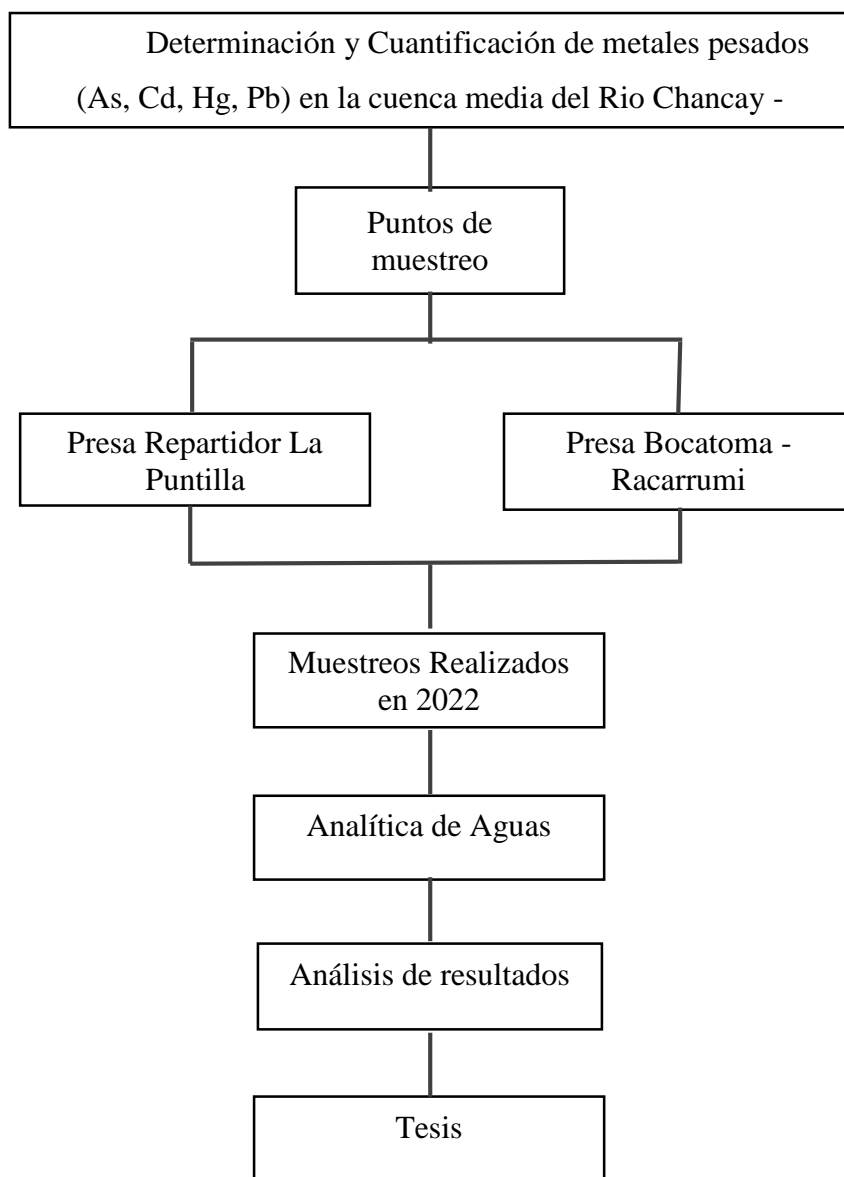
Muestreo de agua en la cuenca media del Río Chancay-Lambayeque (puntos de muestreo E1 (200 metros río arriba de la Presa Repartidor La Puntilla) y E2 (200 metros de la Presa Bocatoma Racarrumi).

Análisis de agua en laboratorio AGQ Laboratorios.

Análisis y discusión de resultados.

Figura 1

Diagrama de flujo de metodología del presente trabajo



Nota. Esquema de la metodología del presente trabajo por Renán Virarte.

3.2 Definición y Operacionalización de Variables

Se realizará la determinación analítica y cuantificación de metales pesados y los resultados se utilizarán para evaluar si las aguas de la cuenca del río Chancay - Lambayeque cumplen o no con los requisitos para ser aprovechadas por los organismos vivos.

3.3 Localización del Área de Estudio (Cuenca media del Río Chancay - Lambayeque)

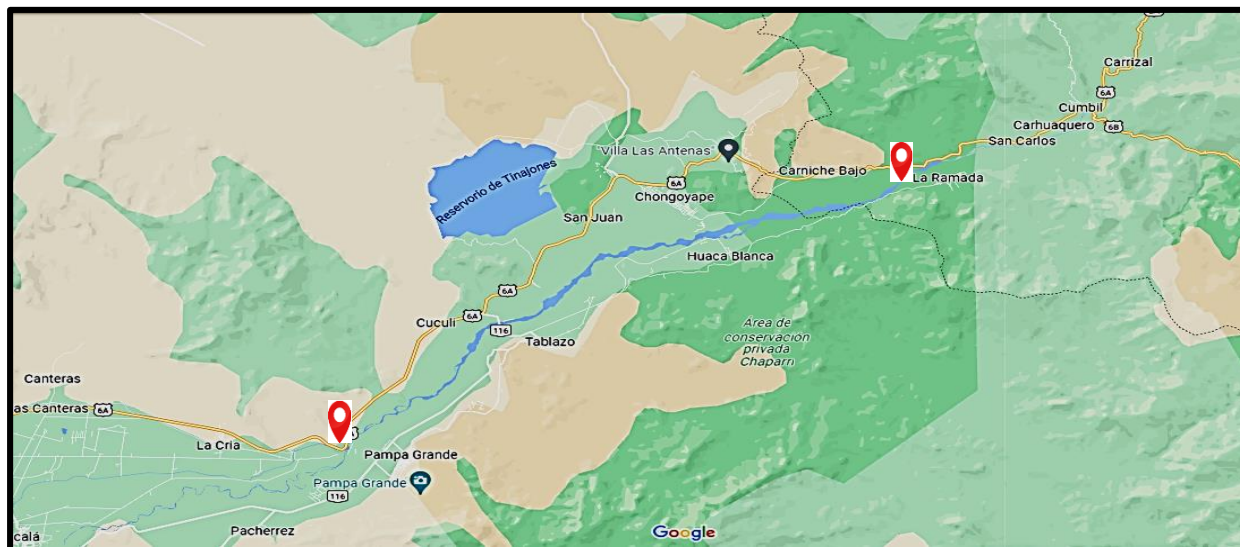
La cuenca Chancay-Lambayeque está ubicada en la parte norte del territorio peruano en las coordenadas geográficas entre 6° 20' a 6° 55' de latitud sur y 78° 38' a 80° 03' de longitud oeste. Comprende las regiones de Cajamarca y Lambayeque. Ubicado en la vertiente del Océano Pacífico, cubre un área de aproximadamente 5.482 kilómetros cuadrados. Esta medida no tiene en cuenta el área de derivación del río Chotano.

La cuenca se dividen de la siguiente manera: Cuenca Baja: desde la desembocadura del río Chancay - Lambayeque hasta el distribuidor La Puntilla. Cuenca media: desde el distribuidor La Puntilla hasta la zona de Cirato. Cuenca Alta: desde Cirato hasta los límites de la cuenca (al este) (Nuñez S. ,2006).

Para tomar muestras de agua he seleccionado 2 estaciones de nuestro representativas las cuales se denominan E2 (a 200 metros rio arriba de la Presa Bocatoma Racarumi) y E1 (a 200 metros rio arriba de la Presa Repartidor la Puntilla). Se realizaron 3 repeticiones de cada muestreo en los meses de junio, agosto y noviembre de 2022.

Figura 2

Ubicación de los puntos de muestreo en la cuenca media del Rio Chancay - Lambayeque



Nota. Imagen tomada de Google Maps.

Tabla 1

Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo. E1 (200 metros río arriba de la Presa Repartidor La Puntilla). E2 (200 metros de la Presa Bocatoma Racarrumi)

Puntos de muestreo	Distrito	Fecha de muestreo	Coordenadas geográficas	
			N	W
E1	Chongoyape	1) 31 – 05 - 2022	-6°44'35.658''	-79°29'57.672''
		2) 20 – 08 - 2022	-6°44'35.658''	-79°29'57.672''
		3) 10 – 11 – 2022	-6°44'35.658''	-79°29'57.672''
E2	Llama	1) 31 – 05 - 2022	-6°37'28.74''	-79°18'12.93''
		2) 20 – 08 - 2022	-6°37'28.74''	-79°18'12.93''
		3) 10 – 11 - 2022	-6°37'28.74''	-79°18'12.93''

Nota. N: coordenada geográfica de Latitud. W: coordenada geográfica de Longitud.

3.4 Protocolo de Muestreo de Agua

Las muestras de agua para ríos y arroyos se toman mejor de las áreas centrales del río o áreas donde el agua fluye pero no turbulenta. Debe evitar tomar agua de las riberas de los ríos donde el agua no está completamente mezclada y puede verse afectada por la evaporación o la contaminación. Los puntos de muestreo fueron ubicados de acuerdo con los estándares del Protocolo Estatal para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Autoridad Nacional del Agua (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).

Tabla 2

Especificaciones técnicas de muestreo y preservación de agua

Parámetro	Material de envase	Volumen (ml)	Preservación
Ph	-----	-----	Analizar Inmediatamente
Arsénico	Plástico	250	Agregar HNO ₃ (1:1) Ph<2 (mínimo 20 gotas), refrigerar <6 °C
Cadmio	Plástico	250	Agregar HNO ₃ (1:1) Ph<2 (mínimo 20 gotas), refrigerar <6 °C
Mercurio	Plástico	250	Agregar HNO ₃ (1:1) Ph<2 (mínimo 20 gotas), refrigerar <6 °C
Plomo	Plástico	250	Agregar HNO ₃ (1:1) Ph<2 (mínimo 20 gotas), refrigerar <6 °C

Nota. Fuente AGQ LABORATORIOS.

3.5 Analítica Referente al Agua

De acuerdo con el Procedimiento Normalizado de Trabajo EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994). Las muestras se analizaron mediante la técnica Spect ICP-MS; en Laboratorio AGQ PERÚ S.A.C., Av. Luis José de Orbegoso N° 350 Urb. El Pino - San Luis - Lima - PERU, registro N° LE – 072 INACAL, Certificado de Autenticidad N°. TL -502 - IAS.

3.5.1 Sistema ICP-MS (*espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo*)

Los instrumentos ICP utilizan un método analítico único en el que excitan electrones en las capas más externas de un átomo con gas argón acoplado por inducción a radiofrecuencias. Después de pulverizar la muestra con gas argón, la analizan promoviendo la excitación de electrones en una nube de átomos y la ionización a través del salto de electrones desde el estado fundamental a un nivel de energía más alto. Los instrumentos ICP son capaces de analizar muchos elementos diferentes empleando técnicas de análisis inteligentes. Cuando los electrones del plasma vuelven a su estado imperturbable, liberan un cuanto de energía en forma de radiación electromagnética. La longitud de onda emitida de esta manera varía según el tipo de átomo presente en la muestra, y su intensidad puede ser proporcional a la concentración de esa muestra.

Los sistemas ICP-MS utilizan espectrometría de masas de plasma de acoplamiento inductivo, que consiste en inducir una corriente en un plasma para permitir que los iones generados se aspiren a través de sistemas de detección de espectrometría de masas. Estos sistemas de iones tienen espectros de masa distintivos que pueden ser detectados y contados por un detector de espectrometría de masas. Cada elemento tiene sus propios iones con una masa particular que se puede identificar de otros elementos. Algunos analistas creen que esta herramienta puede medir todos los elementos de la tabla periódica. Sin embargo, otros omiten los gases nobles y C, H, N, O en sus cálculos.

Los sensores avanzados de este dispositivo tienen una alta sensibilidad. Es posible obtener resultados de detección de ultratrazas usando ICP-OES o muestras limpias sin dilución con ICP-MS. Esto les permite detectar cuantitativamente incluso los rastros más pequeños en una muestra. Además, las ventajas adicionales de este dispositivo incluyen su rentabilidad y su capacidad para detectar trazas en una muestra. ICP-OES y la absorción atómica requieren la formación de hidruros o vapor frío. Estos elementos incluyen Sb, Se, As y Hg; ICP-MS no requiere estos elementos porque su respuesta es extremadamente selectiva y sensible. Además, determinar las respuestas de estos elementos requiere un análisis profundo de muchos otros elementos.

Finalmente, la extrema sensibilidad de los instrumentos ICP-MS y los avances en accesorios como los inyectores han permitido que estos instrumentos inyecten muestras altamente impuras, como agua de mar e hipersalmuera, en el dispositivo a una dilución de 1/10 o 1/100, proporcionando lecturas confiables. (AGQ LABS, 2021, tercer parrafo).

Tabla 3

Métodos analíticos y parámetros estudiados en agua de la cuenca media del Rio Chancay - Lambayeque

Parámetro	Unidad	Método de análisis
Arsénico	mg/l	Método EPA 200.8 (1994) Rev. 5.4
Cadmio	mg/l	Método EPA 200.8 (1994) Rev. 5.4
Mercurio	mg/l	Método EPA 200.8 (1994) Rev. 5.4
Plomo	mg/l	Método EPA 200.8 (1994) Rev. 5.4

Nota. EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (Agencia de Protección Ambiental. Método EPA 200.8 (1994) Revisión. 5.4).

3.6 Diseño de Contrastación de Hipótesis

Se realiza la determinación analítica y cuantificación de metales pesados y los resultados se utilizarán para evaluar si las aguas de la cuenca media del río Chancay - Lambayeque cumplen o no con los requisitos para ser aprovechadas por los organismos vivos.

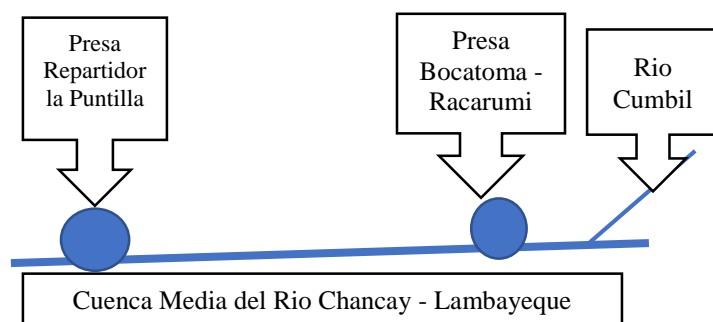
Para este estudio se ubicaron los puntos de muestreo visitando los propios sitios. En los determinados punto de muestreo se registran tanto parámetros meteorológicos y hidrobiológicos: coordenadas, tiempo, altura (m), presión atmosférica, viento (m/s), temperatura del agua (°C), temperatura ambiente (°C), Potencial de Hidrogeno, presencia de peces, olor, color aparente, humedad relativa y % de nubosidad.

3.7 Población

El Río Chancay y sus aguas perteneciente a la cuenca media ubicado en el departamento de Lambayeque, va desde el distribuidor La Puntilla ubicada en la coordenada geográfica -6.743685 de Latitud Sur y -79.499308 de Longitud Oeste hasta la zona de Cirato ubicada en la coordenada geográfica -6.633658 de latitud sur y -79.126513 de longitud Oeste.

Figura 3

Esquema de la cuenca media del Rio Chancay - Lambayeque



3.8 Muestra

250 ml de agua de los puntos de muestreo: E1 (200 metros río arriba de la Presa Repartidor La Puntilla) y E2 (200 metros de la Presa Bocatoma Racarrumi).

3.9 Materiales y Reactivos

Envases de plástico de 250 ml para toma de muestras, Nevera (cooler), bolsas refrigerantes ICE PACK (03 unid), hielo (02 Kg), guantes quirúrgicos, Ácido nítrico (1:1) 10 ml.

Instrumentos: Termómetro digital, Ph-metro, Sistema de Posicionamiento Global (GPS), Equipo ICP – MS.

3.10 Identificación de Muestras

Se colocaron etiquetas en los recipientes de muestra para distinguirlos entre sí. Estas etiquetas deben incluir como mínimo los datos siguientes: Fecha de la muestra, hora y el tipo de muestra, número de muestra. También se creará un formato de registro de todos los datos geográficos que se utilizarán para identificar los lugares de prueba y que permitirán repetir la prueba en cualquier momento. Además, la temperatura ambiente, la temperatura de la muestra de agua, las coordenadas geográficas del lugar donde se obtuvo la muestra y las observaciones realizadas durante el proceso de muestreo también se registran en esta hoja de registro.

3.11 Envases Para la Toma de Muestras

Las muestras de agua se tomarán en recipientes de plástico estériles, de 250 ml de volumen.

3.12 Procedimiento de Toma de Muestras.

Asegúrese de que las muestras sean indicativas de las circunstancias que ocurren en y alrededor del lugar y la hora de la prueba, y que tengan el volumen adecuado para permitir que se realicen las mediciones necesarias.

3.13 Transporte y Preservación de Muestras

Una vez recolectadas, se entregaron al laboratorio de análisis en el menor tiempo para garantizar la precisión. Se almacenaron en baño de hielo a $< 6^{\circ}\text{C}$ y en la oscuridad para evitar la degradación orgánica de la muestra durante el transporte.

3.14 Recolección de Muestras

Utilizando guantes y mascarillas estériles, las botellas se tomarán por la sección central y se sumergirán y llenarán con un volumen de 250 ml de agua, seguidamente agregar HNO_3 (1:1), $\text{pH} < 2$ (mínimo 20 gotas), refrigerar $< 6^{\circ}$.

3.15 Análisis Estadísticos de los Datos

La estadística que se utiliza para este estudio y cual sirve para probar la hipótesis se vincula a los objetivos de estudio y las pruebas de laboratorio realizadas.

La calidad del medio ambiente que correspondiente a la variable de estudio se caracteriza por los criterios nacionales de calidad dictado por el D.S. N° 004-2017 - MINAM, que ha sido registrado para evitar que se supere los límites permisibles. Se utiliza sistemas estadísticos como el Excel. Versión 2022 y SSPS. Versión 26, se presentan los resultados en tablas y gráficos.

IV. Resultados y Discusión

4.1 Resultados de Análisis de Agua

Datos registrados en los puntos de muestreo.

Tabla 4

Georeferenciación de puntos de muestreo

Estación de muestreo	Distrito	Fecha de muestreo	Coordenada	
			N	W
E2	Llama	1) 30-05-2022	-6° 37' 28.74''	-79°18'12.93''
		2) 20-08-2022	-6° 37' 28.74''	-79°18'12.93''
		3) 10-11-2022	-6° 37' 28.74''	-79°18'12.93''
E1	Chongoyape	1) 30-05-2022	-6°44'35.658''	-79°29'57.672''
		2) 20-08-2022	-6°44'35.658''	-79°29'57.672''
		3) 10-11-2022	-6°44'35.658''	-79°29'57.672''

Nota. Sistemas de coordenadas geográficas DMS (Degrees, Minute and Seconds). Latitud (N) y Longitud (W).

Tabla 5

Datos tomados en campo, fecha (30 - 05 - 2022). Muestreo 1

Punto de muestreo	pH	Temperatura del agua °C	Olor	Color	Presencia de peces	Materia Flotante
E1	7.40	23.3	Ausente	verdoso	Si	Ausente
E2	8.00	22.1	Ausente	verdoso	Si	Ausente

Nota: E1: punto de muestreo (200 metros rio arriba de la represa Repartidor La Puntilla). E2: punto de muestreo (200 metros rio arriba de la represa Bocatoma Racarrumi). pH (Potencial de Hidrogeno).

Tabla 6

Datos tomados en campo, fecha (20 – 08 – 2022. Muestreo 2

Punto de muestreo	pH	Temperatura del agua °C	Olor	Color	Presencia de peces	Materia Flotante
E1	7.47	22.6	Ausente	azulino	Si	Ausente
E2	8.01	23.3	Ausente	azulino	Si	Ausente

Nota. E1: punto de muestreo (200 metros rio arriba de la represa Repartidor La Puntilla). E2: punto de muestreo (200 metros rio arriba de la represa Bocatoma Racarrumi). pH (Potencial de Hidrogeno).

Tabla 7

Datos tomados en campo, fecha (10 – 11 – 2022). Muestreo 3

Punto de muestreo	pH	Temperatura del agua °C	Olor	Color	Presencia de peces	Materia Flotante
E1	7.55	24.0	Ausente	verdoso	Si	Ausente
E2	7.97	22.8	Ausente	turbio	Si	Ausente

Nota. E1: Punto de muestreo (200 metros rio arriba de la represa Repartidor La Puntilla). E2: punto de muestreo (200 metros rio arriba de la represa Bocatoma Racarrumi). pH (Potencial de Hidrogeno).

Tabla 8

Datos meteorológicos de los puntos de muestreo. Muestreo 1, fecha 30 – 05 – 2022

Sitio de muestreo	E1	E2
Fecha	30-05-2022	30-05-2022
Hora	10:52	12:47
Temperatura ambiente (°C)	26.1	26.6
Nubosidad (%)	0,0	62.5
Viento (m/s)	2 Suroeste	3 Oeste Suroeste
Altitud (m)	139	291
Presión Atmosférica (hPa)	1013.5	1011
Humedad relativa (%)	56.6	44.7

Nota. Puntos de muestreo E1 (200 metros rio arriba de la Presa Repartidor La Puntilla), E2 (200 metros rio arriba de la Presa Bocatoma Racarrumi).

Tabla 9

Datos meteorológicos de los puntos de muestreo. Muestreo 2, fecha 20 – 08 – 2022

Sitio de muestreo	E1	E2
Fecha	20-08-2022	20-08-2022
Hora	09:09:48	11:41:51
Temperatura ambiente (°C)	19.7	24.3
Nubosidad (%)	32.8	10.2
Viento (m/s)	1 m/s Suroeste	3 m/s Suroeste
Altitud (m)	139	288
Presión Atmosférica (hPa)	1015,3	1014,3
Humedad relativa (%)	70.0	52.8

Nota. Puntos de muestreo E1 (200 metros río arriba de la Presa Repartidor La Puntilla). E2 (200 metros de la Presa Bocatoma Racarrumi).

Tabla 10

Datos meteorológicos de los puntos de muestreo. Muestreo 3, fecha 10 – 11 – 2022

Sitio de muestreo	E1	E2
Fecha	10 – 11 – 2022	10 – 11 – 2022
Hora	10:45	12:30
Temperatura ambiente (°C)	24.3	27 .0
Nubosidad (%)	88.34	17.2
Viento (m/s)	2 m/s Oeste Suroeste	4 m/s Oeste Suroeste
Altitud (m)	139	288
Presión Atmosférica (hPa)	1016.2	1014.0
Humedad relativa (%)	52.7	37.6

Nota. Puntos de muestreo E1 (200 metros río arriba de la Presa Repartidor La Puntilla). E2 (200 metros de la Presa Bocatoma Racarrumi).

Tabla 11

Resultado de análisis de metales pesados. Muestreo 1, punto de muestreo E1 (Repartidor La Puntilla). Fecha de muestreo 30 – 05 – 2022

Parámetro	PNT	Técnica	Límite de Cuantificación/ Detección (#)	Resultado	Unidades	Incertidumbre
Arsénico	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00004 mg/L	0,00405	mg/L	±0,00052 7
Cadmio	EPA Method 200.8. Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00001 mg/L	< 0,00001	mg/L	-
Mercurio	EPA Method 200.8. Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,000070 mg/L	< 0,000070	mg/L	-
Plomo	EPA Method 200.8. Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00006 mg/L	< 0,00006	mg/L	-

Nota. Fuente AGQ LABORATORIOS. La incertidumbre del resultado no se aplica a valores por debajo del límite de cuantificación (LC). PNT (Procedimientos Normalizados de Trabajo). EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994 (Agencia de Protección Ambiental. Método 200.8 Revisión 5.4 (1994)). Espect ICP-MS (Técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo).

Tabla 12

Resultado de análisis de metales pesados. Muestreo 1, punto de muestreo E2 (Presa Bocatoma Racarrumi). Fecha de muestreo 30 – 05 – 2022

Parámetro	PNT	Técnica	Límite de Cuantificación/ Detección (#)	Resultado	Unidades	Incertidumbre
Arsénico	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00004 mg/L	0,00233	mg/L	±0,00030 2
Cadmio	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00001 mg/L	< 0,00001	mg/L	-
Mercurio	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,000070 mg/L	< 0,000070	mg/L	-
Plomo	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00006 mg/L	< 0,00006	mg/L	-

Nota. Fuente AGQ LABORATORIOS. La incertidumbre del resultado no se aplica a valores por debajo del límite de cuantificación (LC). PNT (Procedimientos Normalizados de Trabajo). EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (Agencia de Protección Ambiental. Método 200.8 Revisión 5.4 (1994)). Espect ICP-MS (Técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo).

Tabla 13

Resultado de análisis de metales pesados. Muestreo 2, punto de muestreo E1 (Presa Repartidor La Puntilla). Fecha de muestreo 20 – 08 – 2022

Parámetro	PNT	Técnica	Límite de Cuantificación/ Detección (#)	Resultado	Unidades	Incertidumbre
Arsénico	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00004 mg/L	0,00319	mg/L	±0,00049 2
Cadmio	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00001 mg/L	< 0,00001	mg/L	-
Mercurio	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,000070 mg/L	< 0,000070	mg/L	-
Plomo	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00006 mg/L	< 0,00006	mg/L	-

Nota. Fuente AGQ LABORATORIOS. La incertidumbre del resultado no se aplica a valores por debajo del límite de cuantificación (LC). PNT (Procedimientos Normalizados de Trabajo). EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (Agencia de Protección Ambiental. Método 200.8 Revisión 5.4 (1994)). Espect ICP-MS (Técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo).

Tabla 14

Resultado de análisis de metales pesados. Muestreo 2, punto de muestreo E2 (Presa Bocatoma Racarrumi). Fecha de muestreo 20 – 08 – 2022

Parámetro	PNT	Técnica	Límite de Cuantificación/ Detección (#)	Resultado	Unidades	Incertidumbre
Arsénico	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00004 mg/L	0,00208	mg/L	$\pm 0,00027$ 1
Cadmio	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00001 mg/L	< 0,00001	mg/L	-
Mercurio	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,000070 mg/L	< 0,000070	mg/L	-
Plomo	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00006 mg/L	< 0,00006	mg/L	-

Nota. Fuente AGQ LABORATORIOS. La incertidumbre del resultado no se aplica a valores por debajo del límite de cuantificación (LC). PNT (Procedimientos Normalizados de Trabajo). EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (Agencia de Protección Ambiental. Método 200.8 Revisión 5.4 (1994)). Espect ICP-MS (Técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo).

Tabla 15

Resultado de análisis de metales pesados. Muestreo 3, punto de muestreo E1 (Presa Repartidor La Puntilla). Fecha de muestreo 10 – 11 – 2022

Parámetro	PNT	Técnica	Límite de Cuantificación/ Detección (#)	Resultado	Unidades	Incertidumbre
Arsénico	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00004 mg/L	0,00319	mg/L	±0,00041 4
Cadmio	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00001 mg/L	< 0,00001	mg/L	-
Mercurio	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,000070 mg/L	< 0,000070	mg/L	-
Plomo	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00006 mg/L	< 0,00006	mg/L	-

Nota. Fuente AGQ LABORATORIOS. La incertidumbre del resultado no se aplica a valores por debajo del límite de cuantificación (LC). PNT (Procedimientos Normalizados de Trabajo). EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (Agencia de Protección Ambiental. Método 200.8 Revisión 5.4 (1994)). Espect ICP-MS (Técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo).

Tabla 16

Resultado de análisis de metales pesados. Muestreo 3, punto de muestreo E2 (Presa Bocatoma Racarrumi). Fecha de muestreo 10 – 11 – 2022

Parámetro	PNT	Técnica	Límite de Cuantificación/ Detección (#)	Resultado	Unidades	Incertidumbre
Arsénico	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00004 mg/L	0,00274	mg/L	$\pm 0,00035$ 6
Cadmio	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00001 mg/L	< 0,00001	mg/L	-
Mercurio	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,000070 mg/L	< 0,000070	mg/L	-
Plomo	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS	0,00006 mg/L	0,00127	mg/L	$\pm 0,00022$ 9

Nota. Fuente AGQ LABORATORIOS. La incertidumbre del resultado no se aplica a valores por debajo del límite de cuantificación (LC). PNT (Procedimientos Normalizados de Trabajo). EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (Agencia de Protección Ambiental. Método 200.8 Revisión 5.4 (1994)). Espect ICP-MS (Técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo).

4.2 Análisis Descriptivo Para los Puntos de Muestreos

El muestreo 1 en el punto de muestreo E1 se realizó el 30 de mayo de 2022. El muestreo 1 en el punto de muestreo E2 se realizó el 30 de mayo de 2022. El muestreo 2 en el punto de muestreo E1

Se realizó el 20 de agosto de 2022. El muestreo 2 en el punto de muestreo E2 se realizó el 20 de agosto de 2022. El muestreo 3 en el punto de muestreo E1 se realizó el 10 de noviembre de 2022. Y el muestreo 3 en el punto de muestreo E2 se realizó el 10 de noviembre de 2022. (Ver Tabla 17).

Tabla 17

Punto de muestreo por fechas

Punto de muestreo	Fecha de muestreo
E1	30-05-2022
E2	30-05-2022
E1	20-08-2022
E2	20-08-2022
E1	10-11-2022
E2	10-11-2022

Nota. E1: punto de muestreo (200 metros río arriba de la represa Repartidor La Puntilla). E2: punto de muestreo (200 metros río arriba de la represa Bocatoma Racarrumi).

4.3 Análisis Descriptivo Para los Parámetros Físicos

4.3.1 Análisis descriptivo parámetro potencial de hidrógeno del agua

Valores de pH obtenidos para la muestra 1 en el punto de muestra E1: 7,40; para el punto de muestra 1 en el punto de muestra E2: 8,00; para la muestra 2 en el punto de muestra E1: 7,47; para la muestra 2 en el punto de muestra E2: 8,01; para la muestra 3 en muestra punto E1: 7,55 Finalmente para muestra 3 en muestra punto E2: 7,97. Así mismo, el parámetro de pH varió de 7.40 a 8.01 con un promedio de 7.73. (Ver Tabla 18).

Tabla 18*Potencial de Hidrogeno por punto de muestreo*

Fecha de muestreo	pH-E1	pH-E2
30-05-2022	7.40	8.00
20-08-2022	7.47	8.01
10-11-2022	7.55	7.97

Nota. E1: punto de muestreo (200 metros rio arriba de la represa Repartidor La Puntilla). E2: punto de muestreo (200 metros rio arriba de la represa Bocatoma Racarrumi). pH: Potencial de hidrogeno.

4.3.2 Análisis descriptivo parámetro Temperatura del agua

La temperatura obtenida del muestreo 1 en el punto de muestreo E1: 23,3; para el muestreo 1 en el punto de muestreo E2: 22,1; para el punto de muestreo 2 en el punto de muestreo E1: 22,6; para el muestreo 2 en el punto de muestreo E2: 23,3; para el muestreo 3 en el punto de muestreo E1: 24,00 Finalmente para la muestra 3 en el punto de muestra E2: 22,8. Asimismo, el parámetro de temperatura oscila entre 22,1 y 24,0 con una media de 23,05. (Ver Tabla 19).

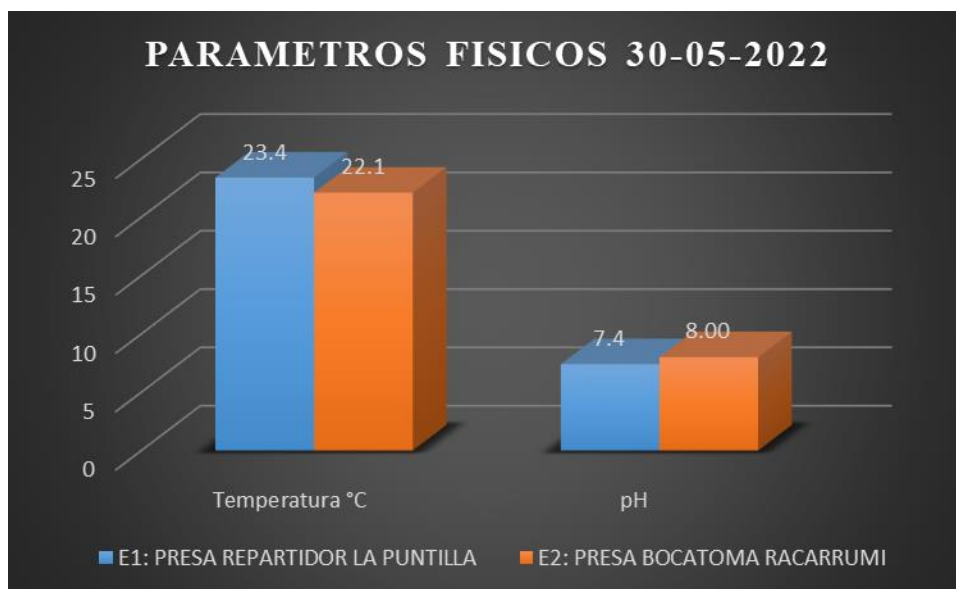
Tabla 19*Temperatura del agua por punto de muestreo*

Fecha de muestreo	Temperatura °C-E1	Temperatura °C-E2
30-05-2022	23.3	22.1
20-08-2022	22.6	23.3
10-11-2022	24.0	22.8

Nota. E1: punto de muestreo (200 metros rio arriba de la represa Repartidor La Puntilla). E2: punto de muestreo (200 metros rio arriba de la represa Bocatoma Racarrumi).

Figura 4

Variación de los parámetros físicos entre puntos de muestreo E1: (200 metros rio arriba de la represa Repartidor La Puntilla). E2: (200 metros rio arriba de la represa Bocatoma Racarrumi). Fecha de muestreo 30 – 05 – 2022

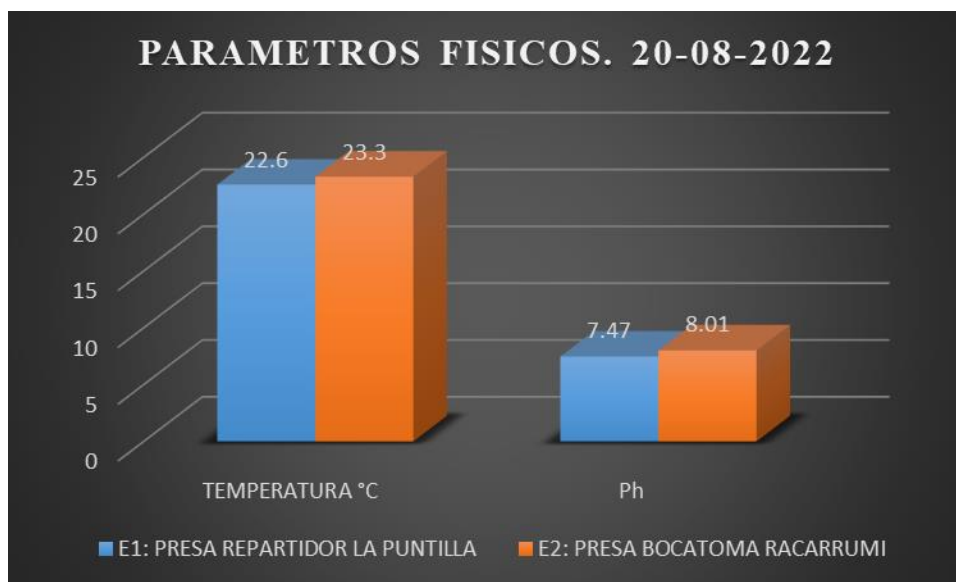


Nota. Valores de los parámetros físicos en los dos puntos de muestreo E1, E2, tomados el 30 – 05 – 2022 en la cuenca media del Rio Chancay – Lambayeque.

Figura 5

Variación de los parámetros físicos entre puntos de muestreo E1: (200 metros río arriba de la represa Repartidor La Puntilla). E2: (200 metros río arriba de la represa Bocatoma Racarrumi).

Fecha de muestreo 20 - 08 – 2022

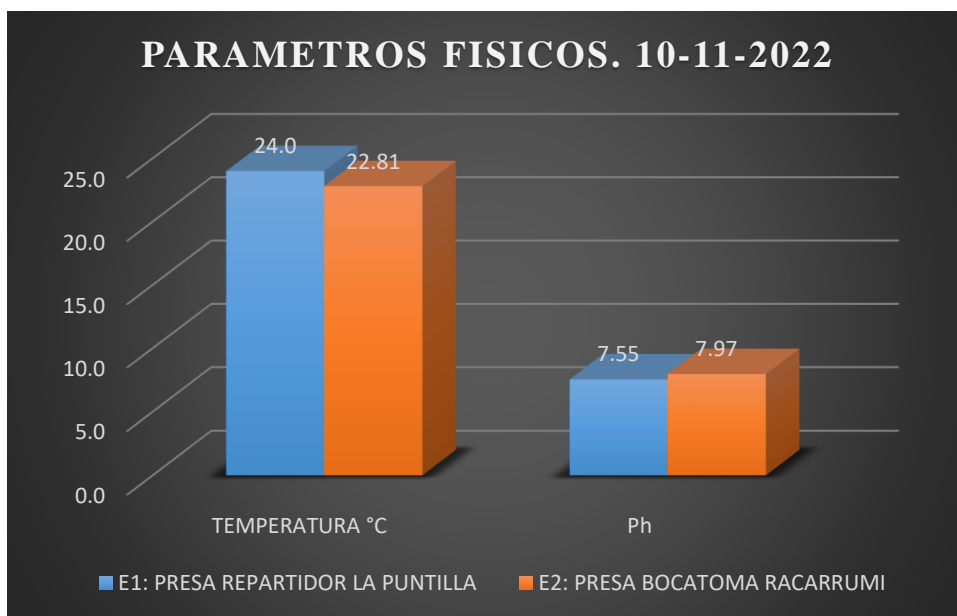


Nota. Valores de los parámetros físicos en los dos puntos de muestreo E1, E2, tomados el 20 – 08 – 2022 en la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque.

Figura 6

Variación de los parámetros físicos entre puntos de muestreo E1: (200 metros río arriba de la represa Repartidor La Puntilla). E2: (200 metros río arriba de la represa Bocatoma Racarrumi).

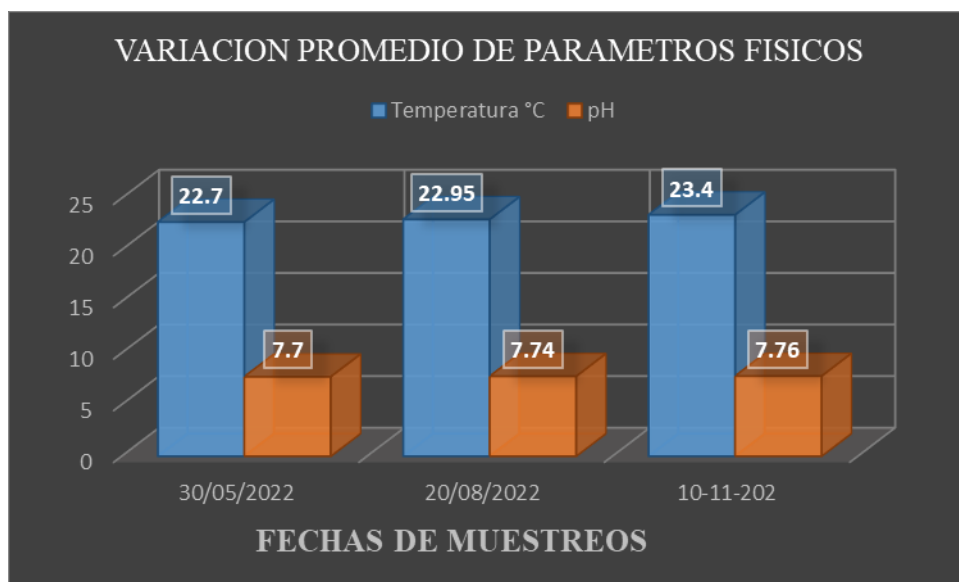
Fecha de muestreo 10 - 11 – 2022



Nota. Valores de los parámetros físicos en los dos puntos de muestreo E1, E2, tomados el 10 – 11 – 2022 en la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque.

Figura 7

Variación promedio de los parámetros físicos (Temperatura y Potencial de Hidrogeno) en la cuenca media del rio Chancay – Lambayeque en el año 2022



Nota. Valores promedios de los parámetros físicos del Río Chancay – Lambayeque en el año 2022.

4.3 Análisis Descriptivo Para los Parámetros Metales Pesados

En cuanto a la presencia de metales pesados en el agua de la cuenca media del río Chancay - Lambayeque, el Arsénico fluctuó con un valor mínimo de 0.00208, un valor máximo de 0.00405 y un valor promedio de 0.0029650, referente a su cuantificación o límite de medición. Asimismo, las medidas de Plomo varían, con un mínimo de 0,00006, un máximo de 0,00127 y una media de 0,0000600, con referencia a su cuantificación o límite de medida. Ver (tabla 20).

Tabla 20

Estadísticos de presencia de metales pesados (Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo) en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque

		Arsénico	Cadmio	Mercurio	Plomo
Muestras	Válido	6	6	6	6
	Perdidos	0	0	0	0
	Mediana	,0029650	,0000100	,00007000	,0000600
	Mínimo	,00208	,00001	,000070	,00006
	Máximo	,00405	,00001	,000070	,00127

Fuente. SPSS Statistics. Versión 26.

4.3.1 Análisis descriptivo de la concentración de Arsénico en el agua de la cuenca media del Río Chancay - Lambayeque

Referente a la Presencia de Arsénico en el agua mediante el método EPA Method 200.8 Rev.5.4 (1994). Para el muestreo 1 y punto de muestreo E1 obtuvo un valor de 0,00405; para el muestreo 1 y punto de muestreo E2 obtuvo un valor de 0,00233; para el muestreo 2 y punto de muestreo E1 obtuvo un valor de 0,00319; para el muestreo 2 y punto de muestreo E2 obtuvo un valor de 0,00208; para el muestreo 3 y punto de muestreo E1 obtuvo un valor de 0,00319 y para el muestreo 3 y punto de muestreo E2 obtuvo un valor de 0,00274. Ver (tabla 21).

Tabla 21

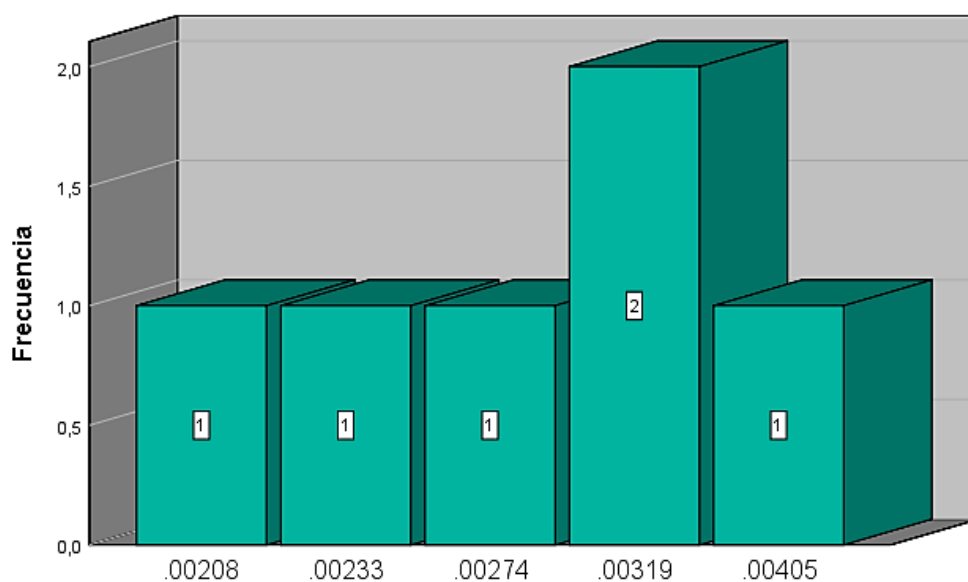
Estadísticos de concentraciones de Arsénico en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque

Muestreo y Punto	Valor	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
M2_E2	,00208	1	16,7	16,7	16,7
M1_E2	,00233	1	16,7	16,7	33,3
M3_E2	,00274	1	16,7	16,7	50,0
M2,ME_E1	,00319	2	33,3	33,3	83,3
M1_E1	,00405	1	16,7	16,7	100,0
	Total	6	100,0	100,0	

Nota. Fuente SPSS Statistics. Versión 26. E1, E2: Puntos de muestreo. M: Muestreo.

Figura 8

Concentraciones de Arsénico en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque



Fuente: SPSS Statistics. Versión 26.

4.3.2 Análisis descriptivo de la concentración de Cadmio en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque

Referente a la Presencia de Cadmio en el agua mediante el método EPA Method 200.8 Rev.5.4 (1994). Para los 3 muestreos y puntos de muestreo E1 y E2 se obtuvo un valor constante que es igual al Límite de cuantificación o medición. Ver (tabla 22).

Tabla 22

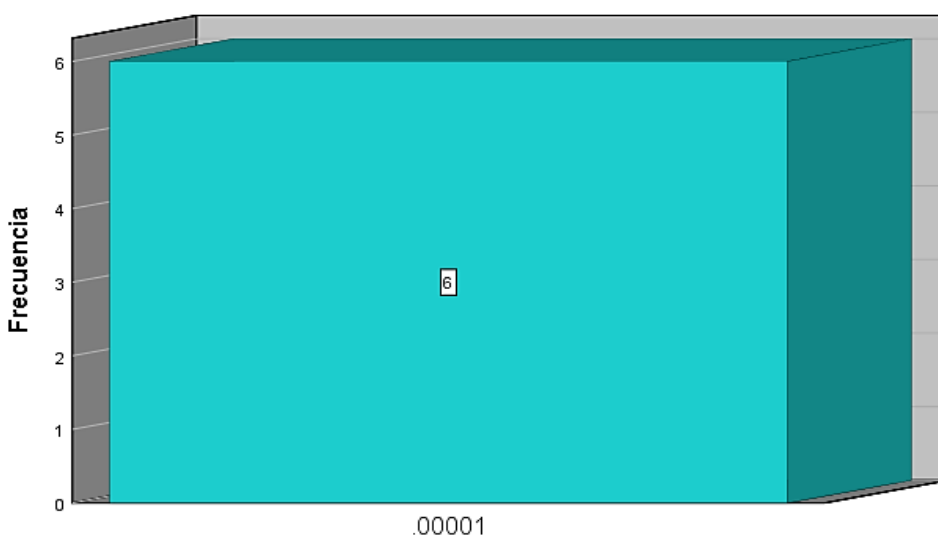
Concentraciones de Cadmio en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00001	6	100,0	100,0	100,0

Fuente. SPSS Statistics. Versión 26

Figura 9

Concentraciones de Cadmio en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque



Fuente. SPSS Statistics. Versión 26.

4.3.3 Análisis descriptivo de la concentración de Mercurio en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque

Referente a la Presencia de Mercurio en el agua mediante el método EPA Method 200.8 Rev.5.4 (1994). Para los 3 muestreos y puntos de muestreo E1 y E2 se obtuvo un valor constante que es igual al Límite de cuantificación o medición (0,000070 mg/L). Ver (tabla 23).

Tabla 23

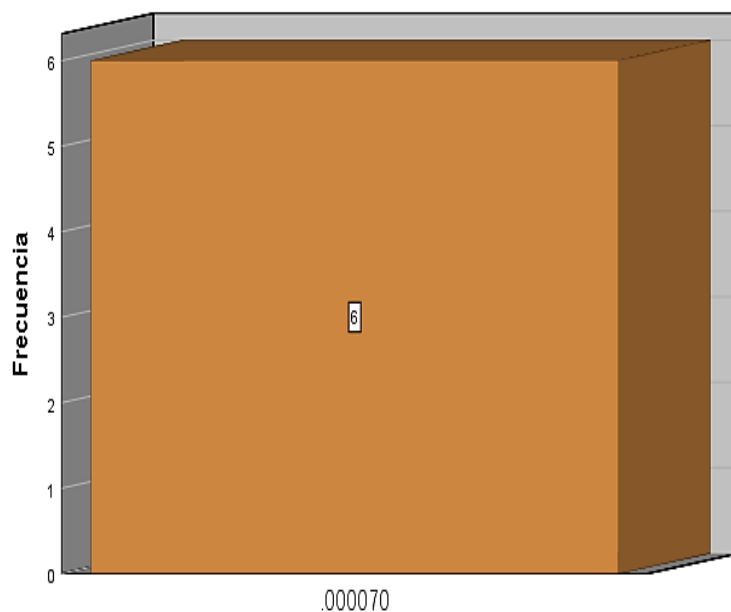
Concentraciones de Mercurio en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,000070	6	100,0	100,0	100,0

Fuente. SPSS Statistics. Versión 26.

Figura 10

Concentraciones de Mercurio en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque



Nota. Fuente SPSS Statistics. Versión 26.

4.3.4 Análisis descriptivo de la concentración de Plomo en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque

Referente a la Presencia de Plomo en el agua mediante el método EPA Method 200.8 Rev.5.4 (1994). Para el muestreo 1 y punto de muestreo E1 obtuvo un valor de 0,00006; para el muestreo 1 y punto de muestreo E2 obtuvo un valor de 0,00006; para el muestreo 2 y punto de muestreo E1 obtuvo un valor de 0,00006; para el muestreo 2 y punto de muestreo E2 obtuvo un valor de 0,00006; para el muestreo 3 y punto de muestreo E1 obtuvo un valor de 0,00006 y finalmente para el muestreo 3 y punto de muestreo E2 obtuvo un valor de 0,00127. Ver (tabla 24).

Tabla 24

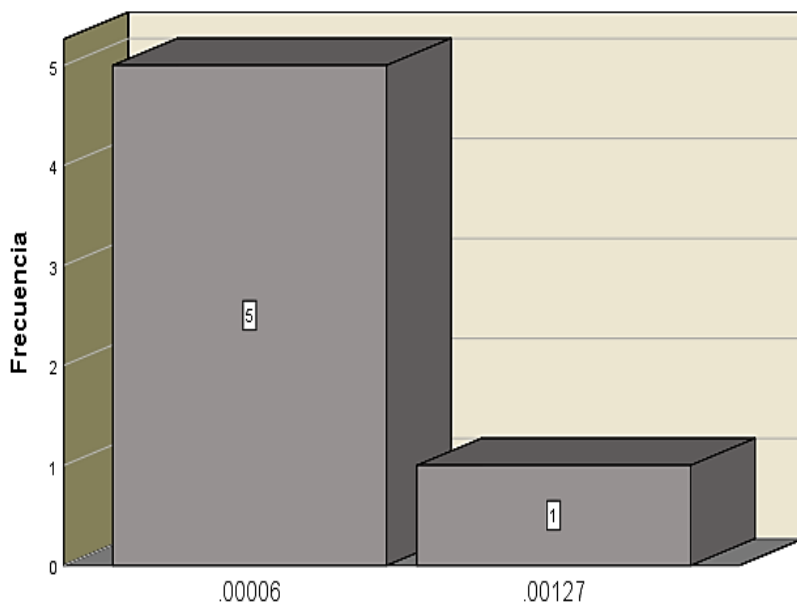
Concentraciones de Plomo en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00006	5	83,3	83,3	83,3
	,00127	1	16,7	16,7	100,0
	Total	6	100,0	100,0	

Fuente. SPSS Statistics. Versión 26

Figura 11

Concentraciones de Plomo en el agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque



Fuente. SPSS Statistics. Versión 26.

4.4 Análisis Inferencial Para los Parámetros Metales Pesados

4.4.1 Comprobación del objetivo principal

Determinar y cuantificar metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) en el recurso hídrico de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque.

Tabla 25

Determinación y cuantificación de metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) en el recurso hídrico de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque

Parámetro: Metales Pesados					
Muestreo	Punto de Muestreo	Arsénico (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Plomo (mg/L)
M1	E1	0,00405	< 0,00001	< 0,000070	< 0,00006
		I: $\pm 0,00052$ 7	I: -	I: -	I: -
M1	E2	0,00233	< 0,00001	< 0,000070	< 0,00006
		I: $\pm 0,000330$ 2	I: -	I: -	I: -
M2	E1	0,00379	< 0,00001	< 0,000070	< 0,00006
		I: $\pm 0,00049$ 2	I: -	I: -	I: -
M2	E2	0,00208	< 0,00001	< 0,000070	< 0,00006
		I: $\pm 0,00027$ 1	I: -	I: -	I: -
M3	E1	0,00319	< 0,00001	< 0,000070	< 0,00006
		I: $\pm 0,00041$ 4	I: -	I: -	I: -
M3	E2	0,00274	< 0,00001	< 0,000070	0,00127
		I: $\pm 0,00035$ 6	I: -	I: -	I: $\pm 0,00022$ 9

Nota. Fuente: AGQ Laboratorios. M: muestreo. Puntos de muestreo E1 (200 metros río arriba de la Presa Repartidor La Puntilla). E2 (200 metros río arriba de la Presa Bocatoma Racarrumi). I: Incertidumbre. (-): No admite incertidumbre. mg/ L: Miligramo por litro.

Tabla 26

Determinación y cuantificación de metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) en el agua de la cuenca media del Rio Chancay – Lambayeque

	Arsénico	Cadmio	Mercurio	Plomo
Muestras Válido	6	6	6	6
Perdidos	0	0	0	0
Mediana	,0029650	,0000100	,00007000	,0000600
Mínimo	,00208	,00001	,000070	,00006
Máximo	,00405	,00001	,000070	,00127

Fuente. SPSS Statistics. Versión 26.

Interpretación:

En cuanto a lo referente a la concentración de metales pesados en el agua, el Arsénico mostró una fluctuación de un valor mínimo de 0,00208 mg/L, un valor máximo de 0,00405 mg/L y una media de 0,0029650 referente a su Límite de cuantificación o medición.

Asimismo, el Plomo fue el otro metal pesado que mostró variación en su medición, siendo el valor mínimo 0,00006 mg/L, el valor máximo de 0,00127 mg/L y una media de 0,0000600 referente a su Límite de cuantificación o medición. Ver (tabla 25).

4.4.2 Comprobación del objetivo específico

Comparar los resultados de los análisis de metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) con El Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM, relacionado con los estándares de calidad ambiental para el agua.

Tabla 27

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Categorización de las Aguas

Continenciales Superficiales

Parámetro	Unidad de medida	Categoría 1			Categoría 3		Categoría 4
		Subcategoría A			Subcategoría D1	Subcategoría D2	Subcategoría E2
		A1	A2	A3			
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,1	0,2	0,15
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01	0,01	0,05	0,00025
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	0,01	0,0001
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,0025

Nota. Fuente: Decreto Supremo No. 004-2017-MINAM, relacionado con los estándares de calidad ambiental para agua. Categoría 1: Poblacional y recreacional (A1: Agua potable después de la desinfección. A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado). Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de Animales (Subcategoría D1: Riego de vegetales (Agua para riego restringido y riego no restringido). Subcategoría D2: (Bebida de animales). Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (Subcategoría E2: Ríos (ríos de la sierra y costa).

Interpretación:

La cuenca media del río Chancay - Lambayeque contiene Arsénico, un metal pesado que registra una concentración de 0,00405 mg/L en el agua. Esto hace que cumpla con el Estándar de

Calidad Ambiental (ECA) para agua de río establecida por Decreto Supremo N° 004 - 2017 - MINAM. Por lo tanto, se compara con el estándar de calidad ambiental (ECA) para agua establecido en el Decreto Supremo N° 004 - 2017 - MINAM, la concentración permitida es de 0,01 mg/L para la categoría 1: Poblacional y recreacional y subcategorías A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado).

Que es la concentración de 0,1 mg/L para la categoría 3 y subcategoría D1 (Agua para riego restringido y riego no restringido); Que es la concentración de 0,2 mg/L para la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de Animales y subcategoría D2: (Bebida de animales).

Que es la concentración de 0,15 mg/L para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático y subcategoría E2 Ríos (Ríos de la costa y sierra)).

El Cadmio es el metal pesado que en el agua de la cuenca media del Rio Chancay – Lambayeque se obtuvo una concentración menor a 0,00001 mg/L, por lo tanto, se compara con el estándar de calidad ambiental (ECA) para agua establecido por el Decreto Supremo N° 004 - 2017 – MINAM, que es la concentración permitida de 0,003 mg/L para la categoría 1: Poblacional y recreacional y subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Que es la concentración permitida de 0,005 mg/L para la categoría 1: Poblacional y recreacional y subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

Que es la concentración permitida de 0,01 mg/L para la categoría 1: Poblacional y recreacional y A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado).

Que es la concentración de 0,01 mg/L para la categoría 3 y subcategoría D1 (Agua para riego restringido y riego no restringido); Que es la concentración de 0,05 mg/L para la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de Animales y subcategoría D2: (Bebida de animales).

Que es la concentración de 0,00025 mg/L para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático y subcategoría E2 Ríos (Ríos de la costa y sierra)).

El Mercurio es el metal pesado que en el agua de la cuenca media del Rio Chancay – Lambayeque registró un concentración menor a 0,000070 mg/L, por lo tanto, se compara con el estándar de calidad ambiental (ECA) para agua establecido por el Decreto Supremo N° 004 - 2017 - MINAM, cuya concentración permitida es de 0.001 mg/L para la categoría 1: Poblacional y recreacional y subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Que es la concentración de 0,002 mg/L para la categoría 1: Poblacional y recreacional y subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

Que es la concentración de 0,002 mg/L para la categoría 1: Poblacional y recreacional y A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado).

Que es la concentración de 0,001 mg/L para la categoría 3 y subcategoría D1 (Agua para riego restringido y riego no restringido); Que es la concentración de 0,01 mg/L para la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de Animales y subcategoría D2: (Bebida de animales).

Que es la concentración de 0,0001 mg/L para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático y subcategoría E2 Ríos (Ríos de la costa y sierra)).

La cuenca media del río Chancay - Lambayeque contiene Plomo, un metal pesado que registra una concentración de 0,00127 mg/L en el agua. Esto hace que cumpla con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua de río establecida por Decreto Supremo N° 004 - 2017 - MINAM. Por lo tanto, se compara con el estándar de calidad ambiental (ECA) para agua

Establecido por el Decreto Supremo N° 004 - 2017 – MINAM, que es la concentración de 0,01 mg/L para la categoría 1: Poblacional y recreacional y subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Que es la concentración de 0,05 mg/L para la categoría 1: Poblacional y recreacional y subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

Que es la concentración de 0,05 mg/L para la categoría 1: Poblacional y recreacional y A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado).

Que es la concentración de 0,05 mg/L para la categoría 3 y subcategoría D1 (Agua para riego restringido y riego no restringido); Que es la concentración de 0,05 mg/L para la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de Animales y subcategoría D2: (Bebida de animales).

Que es la concentración de 0,0025 mg/L para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático y subcategoría E2 Ríos (Ríos de la costa y sierra)).

V. Conclusiones

Se determina y cuantifica la concentración de metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) en el agua de la cuenca media del Rio Chancay – Lambayeque en el año 2022; es lo siguiente:

La concentración de Arsénico mostró una fluctuación de un valor mínimo de 0,00208 mg/L, un valor máximo de 0,00405 mg/L y una media de 0,0029650 mg/L, referente a su Límite de cuantificación.

La concentración de Plomo mostró variación en su medición $< 0,00006$ mg/L, el valor máximo de 0,00127 mg/L y una media de 0,0000600 mg/L, referente a su Límite de cuantificación.

Se determinó la concentración de Cadmio $< 0,00001$ mg/L.

Se determinó la concentración de Mercurio $< 0,000070$ mg/L.

Los parámetros físicos del agua (temperatura y pH) en la cuenca media del río Chancay - Lambayeque no difieren significativamente entre los diferentes puntos y fechas de muestreo, la temperatura más alta fue de 24.0 °C registrada en el punto de muestro E1 y la mínima Temperatura fue de 22,1 °C registrada en el punto de muestreo E2. El pH más alto fue de 8.00 registrado en el punto de muestro E2 y el mínimo pH fue de 7.47 registrada en el punto de muestreo E1.

Los parámetros Físicos como Potencial de Hidrogeno, se encuentra dentro de los valores permitidos por el ECA para la categoría 1 y sus respectivas subcategorías A1, A2, A3. De igual modo para las categoría 3 y 4 y sus respectivas subcategorías D1, D2 y E2 en ese orden.

Se concluye que el agua de la cuenca media del Rio Chancay – Lambayeque es ligeramente alcalina.

Se realiza la comparación de las concentraciones de metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) en el agua de la cuenca media del Rio Chancay – Lambayeque en el año 2022 con el Decreto Supremo N° 004 – 2017 - MINAM; se concluye lo siguiente:

Las concentraciones de Arsénico obtenidas en los puntos de muestreos E1 y E2 se encuentran por debajo de los límites permitidos por el ECA para la categoría 1 y sus respectivas subcategorías A1, A2, A3. De igual modo para las categorías 3 y 4 y sus respectivas subcategorías D1, D2 y E2 en ese orden.

Las concentraciones de cadmio obtenidas en los sitios de muestreo E1 y E2 estuvieron por debajo del límite permitido de la ECA, para la categoría 1 y sus respectivas subcategorías A1, A2, A3. De igual modo para las categorías 3 y 4 y sus respectivas subcategorías D1, D2 y E2 en ese orden.

Las concentraciones de Mercurio obtenidas en los puntos de muestreos E1 y E2 se encuentran por debajo de los límites permitidos por el ECA para la categoría 1 y sus respectivas subcategorías A1, A2, A3. De igual modo para las categorías 3 y 4 y sus respectivas subcategorías D1, D2 y E2 en ese orden.

Las concentraciones de Plomo obtenidas en los puntos de muestreos E1 y E2 se encuentran por debajo de los límites permitidos por el ECA para la categoría 1 y sus respectivas subcategorías A1, A2, A3. De igual modo para las categorías 3 y 4 y sus respectivas subcategorías D1, D2 y E2.

El agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque podrá ser utilizada para generar Aguas potabilizadas con desinfección, aguas potabilizadas con tratamiento convencional y aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

El agua de la cuenca del río Chancay-Lambayeque puede ser utilizada para producir agua potable por medio de desinfección, agua potable tratada convencionalmente y agua potable generada con tratamiento avanzado.

El agua de la cuenca media del Río Chancay – Lambayeque podrá ser utilizada para Riego de vegetales (riego restringido y riego no restringido) y bebida de animales).

El agua de la cuenca del río Chancay-Lambayeque puede ser utilizada para bebida de animales y riego de vegetales (riego restringido y no restringido).

VI. Recomendaciones

Realizar monitoreo de agua en la cuenca media del Rio chancay - Lambayeque cuando esta presenta una coloración turbia.

Identificar posibles fuentes de contaminación por arsénico al agua de la cuenca media del río Chancay-Lambayeque.

La autoridad competente debe realizar programas de sensibilización y capacitación a la población para reforzar el cuidado de la cuenca del Rio Chancay –Lambayeque.

VII. Bibliografía

- Adriano, D.C. (1986). Trace elements in the terrestrial environment. Springer Verlag. New York, pp 533.
- ANA. (2008) Modernización de la gestión de los recursos hídricos: <http://documentos.org/curated/es677101468296413660/pdf/e20830v10SPANI1ntan10Noviembre020008.pdf>
- ANA, (2013). ANA confirma que cuenca Chancay-Lambayeque está afectada principalmente por desagües domésticos. Consultado el 10 de abril 2019. <https://www.ana.gob.pe/noticia/ana-confirma-que-cuenca-chancay-lambayeque-esta-afectada-principalmente-por-desagues>
- ANA, (2013). Informe de identificación de fuentes contaminantes complementaria en la cuenca Chancay-Lambayeque. Consultado el 10 de abril 2019. <http://www.ana.gob.pe:8090/media/22686/informe%20n%C2%B0%20004-2012>
- ATDSR (2016) Resúmenes de Salud Pública – Cadmio. Consultado el 14 de junio de 2022. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html
- (Cornelis, R & Nordberg, M. 2007). Química general, muestreo, métodos analíticos y especiación. (p. 25). Amsterdam. Academic Press.
- González del Tánago, M., & García de Jalón, D. (2007). Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos. (p. 318). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Romero A.M. et al.: (2000). Metales (Cr, Pb, Zn) en Sedimentos y Quironomidos del Rio Rocha. Revista Boliviana de ecología y conservación ambiental. 8: 37 – 47.
- Rosas Rodríguez, H. (2001). Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona.

- Torres, S. (2006). Estudio Geoambiental de la cuenca del Rio Chancay Lambayeque. *Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 33 (c). <https://repositorio.ingemmet.gob.pe>
- Vega, S. (1990). *Evaluación Epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales*. Centro panamericano de ecología Humana y Salud, Organización Mundial de la Salud. Limusa.
- AGQ LABS (2019) Análisis de metales en aguas con ICP-OES o ICP-MS, criterios técnicos y económicos. Análisis de metales en aguas con equipos ICP. Consultado el 17 de junio de 2022. <https://agqlabs.cl/2021/07/28/analisis-de-metales-con-equipos-icp/>
- ANA (2016) Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1475.pdf>.
- MARC (2022) Que son sedimentos. Consultado el 18 de octubre de 2022. https://www.marc.org/sites/default/files/2022-06/sediment_espanol.pdf

Anexos

Anexo 1: Certificado de acreditación IAAS.

Anexo 2: Certificado de acreditación INACAL.

Anexo 3: Evidencias de trabajos realizados.

Anexo 1: Certificado de acreditación IAS.HH

IAS INTERNATIONAL
ACCREDITATION
SERVICE®

CERTIFICATE OF ACCREDITATION

This is to attest that

AGQ PERÚ S.A.C.
AV. LUIS JOSÉ DE ORBEGOSO NO 350, URBANIZACIÓN EL PINO
SAN LUIS 15022, LIMA, REPUBLIC OF PERU
Testing Laboratory TL-502

has met the requirements of AC89, IAS Accreditation Criteria for Testing Laboratories, and has demonstrated compliance with ISO/IEC Standard 17025:2017, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. This organization is accredited to provide the services specified in the scope of accreditation.

Effective Date March 31, 2022

 
President

IAS is an ILAC/MRA Signatory
Visit www.iasonline.org for current accreditation information.

Anexo 2: Certificado de acreditación INACAL.

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a

AGQ PERÚ S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Luis Jose de Orbegoso N° 350, Urb. El Pino, distrito de San Luis, departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 30 de abril de 2021

Fecha de Vencimiento: 29 de abril de 2025



Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRIA
Alejandra FAU 20600283015 soft
Fecha: 2021-05-14 12:46:30
Motivo: Soy el Autor del Documento

ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRIA
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 07 de mayo de 2021

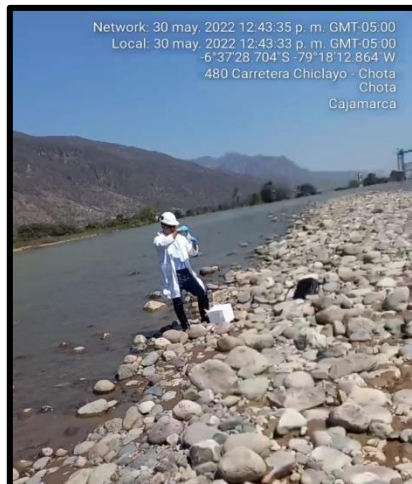
El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cubre la notificación solo que el cliente puede estar sujeto a ampliaciones, modificaciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El cliente y signatario debe confirmarlo en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion indicando la verificación al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Interconexión Multilateral (MIA) de Inter Acreditación, Cooperación (IACC) e Internacional Acreditación Reciproca (IAR) y del Acuerdo de Interconexión Multilateral con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

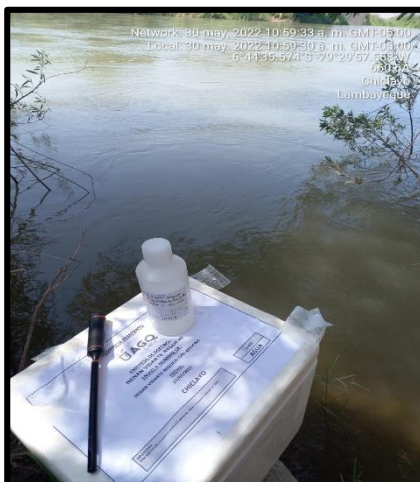
DA-acr-01P-02M Vers 012

Anexo 3: Evidencias fotográficas de trabajos.

Toma de muestra en Presa Bocatoma - Racarumi (E2). Fecha: 30.05.2022



Toma de muestra en Presa Repartidor la Puntilla (E1). 05.30.2022



Instalaciones de laboratorio AGQ PERÚ S.A.C



Toma de muestra en Presa Bocatoma - Racarumi (E2). Fecha: 20.08.2022



Medición de pH en Presa Bocatoma - Racarumi (E2). Fecha: 30.05.2022



Medición de pH en Presa Repartidor la puntilla (E1). Fecha: 30.05.2022



Toma de muestra en Presa Repartidor la Puntilla (E1). Fecha: 10.11.2022



Toma de muestra en Presa Bocatoma - Racarumi (E2). Fecha: 10.11.2022



Acondicionamiento de muestras en cooler con hielo y gel ice pack. Fecha: 10.11.2022



TESIS VIDARTE 4

ASESOR: Manuel Antonio Díaz Paredes



INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	19%	6%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	visorsig.oefa.gob.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ingemmet.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%

10	extwprlegs1.fao.org Fuente de Internet	1 %
11	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
12	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	< 1 %
13	repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet	< 1 %
14	www.liddellcoal.com.au Fuente de Internet	< 1 %
15	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	< 1 %
16	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
17	revistas.unh.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
18	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
19	repositorio.udl.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
20	repositorio.pucp.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %

21	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	< 1 %
22	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	< 1 %
23	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
24	agqlabs.cl Fuente de Internet	< 1 %
25	biblioteca.cucba.udg.mx:8080 Fuente de Internet	< 1 %
26	cdigital.uv.mx Fuente de Internet	< 1 %
27	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	< 1 %
28	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
29	repositorio.unamad.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
30	worldwidescience.org Fuente de Internet	< 1 %
31	www.aquacome.org Fuente de Internet	< 1 %

32 www.tropecol.com <1 %
Fuente de Internet

33 Submitted to Universidad Nacional del Centro <1 %
del Peru
Trabajo del estudiante

34 1library.co <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

TESIS VIDARTE 4

ASESOR: Manuel Antonio Díaz Paredes






Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Manuel Antonio Díaz Paredes	
Título del ejercicio:	Tesis vidarte 4	
Título de la entrega:	Tesis vidarte 4	
Nombre del archivo:	RV122T_4.pdf	
Tamaño del archivo:	1.64M	
Total páginas:	76	
Total de palabras:	13,007	
Total de caracteres:	73,740	
Fecha de entrega:	27-dic.-2022 10:05p. m. (UTC-0500)	
Identificador de la entrega...	1987009995	

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA



TESIS

"Determinación y Cuantificación de Metales Pesados (As, Cd, Hg, Pb) en la Carne Muela del Rio Chontay - Lambayeque., 2022"

Investigador: Dr. Raúl Francisco Vidarte Rospajo

Autor: M. CS. Manuel Antonio Díaz Paredes

LAMBAYQUE, 2022

CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, MANUEL ANTONIO DIAZ PAREDES, Revisor del trabajo de investigación, del Bachiller.

RENAN FLORENTINO VIDARTE REQUEJO

Titulada:

**DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS (As, Cd, Hg, Pb)
EN LA CUENCA MEDIA DEL RIO CHANCAY-LAMBAYEQUE - 2022**

Luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice desimilitud de **19 %** verificable en el reporte de similitud en el programa Turnitin.

La suscrita analizó dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 27 de diciembre del 2022.



.....

M. SC. MANUEL ANTONIO DIAZ PAREDES

ASESOR