



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN CANGREJO ROJO
(*UCIDES OCCIDENTALIS*) EN LA RESERVA ECOLÓGICA
MANGLARES CHURUTE, PROVINCIA DEL GUAYAS**

**MONITOREO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS
NATURALES**

AUTOR

VACA LEÓN JULIO ALEJANDRO

GUAYAQUIL, ECUADOR

2026

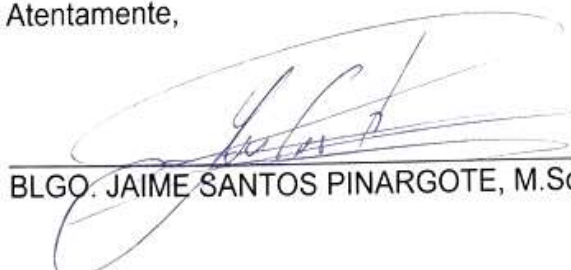


**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN CANGREJO ROJO (UCIDES OCCIDENTALIS) EN LA RESERVA ECOLÓGICA MANGLARES CHURUTE, PROVINCIA DEL GUAYAS, realizado por el estudiante VACA LEÓN JULIO ALEJANDRO, con cédula de identidad N°0930953054 de la carrera INGENIERÍA AMBIENTAL, Campus Guayaquil, ha sido orientado y carreraa durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador, por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,


BLGO. JAIME SANTOS PINARGOTE, M.Sc.

Guayaquil, 17 de mayo del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN CANGREJO ROJO (UCIDES OCCIDENTALIS) EN LA RESERVA ECOLÓGICA MANGLARES CHURUTE, PROVINCIA DEL GUAYAS", realizado por el estudiante VACA LEÓN JULIO ALEJANDRO, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

BLGO. RAUL ARIZAGA GAMBOA, M.Sc.
PRESIDENTE

ING. JUAN GUEVARA VINZA, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. DIEGO ARCOS JACOME, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Guayaquil, 17 de agosto del 2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis fruto de años de esfuerzo, dedicación y aprendizaje, a las personas que han sido mi mayor apoyo a lo largo de este camino.

En primer lugar, a mi madre, Tamy León, por su amor incondicional, sus sacrificios, su confianza y por ser mi principal fuente de inspiración. Gracias por acompañarme en cada etapa de mi vida y por brindarme la fortaleza necesaria para alcanzar mis metas.

A mis hermanos Maylin Vaca y Emanuel Recillo, quienes han estado presentes en los momentos más importaste, brindándome su apoyo, comprensión y ánimo para seguir adelante aun en momentos difíciles.

A mis amigos, tanto dentro como fuera de la carrera. Por compartir conmigo experiencias inolvidables, conocimientos, desafíos y alegrías que hicieron de esta etapa una experiencia enriquecedora. Su amistad y compañerismo fueron fundamentales durante mi formación profesional.

Y de manera muy especial, a mi pareja Ámbar Loor, quien me acompañó durante todo este recorrido académico, ofreciéndome su amor, paciencia, comprensión y apoyo incondicional.

A todos ustedes, que formaron parte de este logro. Les dedico este trabajo con profunda gratitud y cariño, porque cada uno dejó una huella invaluable en este importante capítulo de mi vida.

Con todo mi agradecimiento y amor.

Julio Vaca León

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la vida, la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta importante etapa de mi formación profesional,

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi madre, Tamy León, por su amor incondicional, esfuerzo, sacrificio y apoyo constante. Gracias por creer siempre en mí, por motivarme a perseguir mis sueños y por ser el pilar fundamental en cada uno de mis logros. Este logro también es suyo.

Agradezco a todos los docentes de mi carrera por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas, las cuales contribuyeron significativamente a mi formación académica y profesional. Su dedicación y compromiso fueron fundamentales durante mi proceso de aprendizaje.

De manera especial, expreso mi sincero agradecimiento a mi tutor, el Biólogo Jaime Santos, por su orientación, paciencia, conocimientos y apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional durante esta etapa de mi vida.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

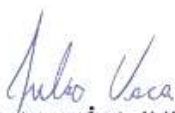
Julio Vaca León

Autorización de Autoría Intelectual

Yo JULIO ALEJANDRO VACA LEÓN, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre "CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN CANGREJO ROJO (UCIDES OCCIDENTALIS) EN LA RESERVA ECOLÓGICA MANGLARES CHURUTE, PROVINCIA DEL GUAYAS" para optar el título de INGENIERO AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen a parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 17 de agosto del 2026


VACA LEÓN JULIO ALEJANDRO
C.I. 0930953054

RESUMEN

La presente investigación se evaluó una muestra integral de 45 muestras de cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en tres zonas estratégicas de la Reserva Ecológica Manglares Churute, Guayas. Los resultados biométricos revelaron una población madura y homogénea, con peso total de 107 - 182 g, hepatopáncreas de 3.8 - 10.8 g, dimensiones de cefalotórax y quelas dentro de rangos normales, superando la talla mínima legal de captura. En el ámbito químico, los análisis realizados mediante espectroscopía de absorción atómica por vapor frío, reportaron concentraciones de mercurio (Hg) por debajo del límite de detección técnica (<0.08 mg/kg) en el hepatopáncreas, agua y sedimentos. No obstante, se registró únicamente una presencia puntual de 0.15 mg/kg en el sedimento de la Zona N°3, valor que se mantiene dentro de los estándares internacionales. Finalmente, la correlación estadística de Pearson dio un valor de $r \approx 0$, demostrando una correlación nula entre el peso del crustáceo y la acumulación del metal. Este hallazgo confirma que la inocuidad persiste en el ecosistema, independientemente del desarrollo biológico del crustáceo, lo que valida la seguridad alimentaria del recurso y la estabilidad ambiental de la reserva frente a la contaminación por el metal mercurio (Hg).

Palabras claves: hepatopáncreas, cefalotórax, quelas, espectroscopía, crustáceo.

ABSTRACT

The present study evaluated a comprehensive sample of 45 red crab (*Ucides occidentalis*) specimens across three strategic zones of the Manglares Churute Ecological Reserve, Guayas. Biometric results revealed a mature and homogeneous population, with total weights ranging from 107 to 182 g, hepatopancreas weights of 3.8 to 10.8 g, and cephalothorax and chelae dimensions within normal ranges, exceeding the minimum legal catch size. In the chemical scope, analyses conducted via cold vapor atomic absorption spectroscopy reported mercury (Hg) concentrations below the technical detection limit (<0.08 mg/kg) in hepatopancreas tissue, water and sediments. However, a single isolated presence of 0.15 mg/kg was recorded in the sediment of Zone N°3, a value that remains within international standards. Finally, the Pearson statistical correlation yielded a value of $r \approx 0$, demonstrating a null correlation between crustacean weight and metal accumulation. This finding confirms that safety persists within the ecosystem, independent of the crustacean's biological development, thereby validating the food safety of the resource and the environmental stability of the reserve with respect to mercury (Hg) contamination.

Keywords: *hepatopancreas, cephalothorax, chelae, spectroscopy, crustacean.*

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes del problema	1
1.2 Planteamiento y formulación del problema	3
1.2.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2.2 Formulación del problema.....	4
1.3 Justificación de la investigación	4
1.4 Delimitación de la investigación	6
1.5 Objetivo general.....	6
1.6 Objetivos específicos	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Estado del arte.....	7
2.2 Bases Teóricas	10
2.2.1 Componentes físicos y biológicos de la Reserva Ecológica Manglares Churute.....	10
2.2.1.1. Hidrología.	10
2.2.1.1.1. Aguas estuarinas.	11
2.2.1.1.2. Ríos.	11
2.2.1.2. Flora.	12
2.2.1.3. Fauna.	12
2.2.1.4. Sedimentos.....	13
2.2.2 Relación de las características biomorfológicas del cangrejo rojo (<i>Ucides occidentalis</i>) y la bioacumulación de metales pesados (Hg)	13
2.2.2.1. Cangrejo rojo (<i>Ucides occidentalis</i>).	13
2.2.2.1.1. Morfología y taxonomía.	13
2.2.2.1.2. Reproducción.....	14
2.2.2.1.3. Alimentación.	14
2.2.2.1.4. Hepatopáncreas.....	14
2.2.2.1.5. Importancia económica.....	15
2.2.2.2. Metales pesados.....	15
2.2.2.2.1. Mercurio.....	15
2.2.2.2.2. Origen y emisiones a la atmósfera.....	15
2.2.2.2.3. Afectaciones a la salud.	16
2.2.2.2.4. Bioacumulación.....	17

2.2.2.2.5 Biomagnificación.....	17
2.2.3 Técnicas de cuantificación de mercurio (Hg) en muestras de origen biológico.....	17
2.2.3.1. Espectrometría.	17
2.2.3.1.1. Espectrometría de absorción atómica.....	18
2.3 Marco Legal	19
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)	19
2.3.2 Convenio de Minamata sobre el Mercurio (2019)	21
2.3.3 Reglamento (UE) 2023/915 de la Comisión Europea (2023)	22
2.3.4 Código Orgánico del Ambiente [COA] (2017)	23
2.3.5 Ley Orgánica de los Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (2014).....	24
2.3.6 Acuerdo Ministerial N° 097-A (2015).....	25
2.3.7 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 456 (2013).....	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1 Enfoque de la investigación	27
3.1.1 Tipo de investigación	27
3.1.1.1. Investigación documental.	27
3.1.1.2. Investigación de campo y laboratorio.	27
3.1.2 Diseño de investigación	27
3.2 Metodología	27
3.2.1 Variables.....	27
3.2.1.1. Variable independiente.	27
3.2.1.2. Variable dependiente.....	28
3.2.2 Matriz de operacionalización de variables	28
3.2.3 Recolección de datos.....	29
3.2.3.1. Recursos materiales y tecnológicos.	29
3.2.3.2. Recursos informáticos de software.....	29
3.2.3.3. Métodos y técnicas.	29
3.2.3.3.1. Georreferenciación de las zonas y puntos de muestreo.	29
3.2.3.3.2. Técnicas de muestreo de agua, sedimento y cangrejo rojo (Ucides occidentalis).	29
3.2.3.3.3. Análisis estadístico.	31
4. RESULTADOS.....	33

4.1 Georreferenciación de los puntos de muestreo para la recolección del cangrejo rojo (<i>Ucides occidentalis</i>)	33
4.1.1 Zona de recolección N°1	34
4.1.2 Zona de recolección N°2	35
4.1.3 Zona de recolección N°3	35
4.2 Caracterización biomorfológica de las muestras de cangrejo rojo (<i>Ucides occidentalis</i>) recolectadas en las zonas de muestreo	36
4.2.1 Estructura de talla y características morfológicas externas de las muestras recolectadas	36
4.2.1.1. Asimetría de las quelas (quelípedos).....	36
4.2.1.1.1. Caracterización de las quelas derecha e izquierda del cangrejo rojo (<i>Ucides occidentalis</i>) en la zona N°1 de muestreo.	36
4.2.1.1.2. Caracterización de las quelas derecha e izquierda del cangrejo rojo (<i>Ucides occidentalis</i>) en la zona N°2 de muestreo.	38
4.2.1.1.3. Caracterización de las quelas derecha e izquierda del cangrejo rojo (<i>Ucides occidentalis</i>) en la zona N°3.	41
4.2.1.2. Talla del cefalotórax de las muestras de cangrejo rojo (<i>Ucides occidentalis</i>).....	43
4.2.1.2.1. Talla promedio del cefalotórax de la zona N°1.	43
4.2.1.2.2. Talla promedio del cefalotórax de la zona N°2.	44
4.2.1.2.3. Talla promedio del cefalotórax de la zona N°3.	44
4.2.2 Parámetros biométricos y condición fisiológica de las muestras recolectadas.....	45
4.2.2.1. Peso total de las muestras de Cangrejo Rojo (<i>Ucides occidentalis</i>).....	45
4.2.2.2. Peso del hepatopáncreas de las muestras de Cangrejo Rojo (<i>Ucides occidentalis</i>).	46
4.3 Correlación entre la concentración de mercurio en el cangrejo rojo y los niveles de mercurio en los sedimentos - aguas cercanas a los puntos de muestreo.	47
4.3.1 Niveles de Mercurio (Hg) en el hepatopáncreas del <i>Ucides occidentalis</i>	47
4.3.2 Niveles de Mercurio (Hg) en las muestras sedimento y agua	47
5. DISCUSIÓN.....	49
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
6.1 Conclusiones	52

6.2 Recomendaciones	52
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonificación de los puntos de muestreo	33
Figura 2. Delimitación de los puntos de muestreo de la Zona N°1.....	34
Figura 3. Delimitación de los puntos de muestreo de la Zona N°2.....	35
Figura 4. Delimitación de los puntos de muestreo de la Zona N°3.....	36
Figura 5. Análisis de la Quela Derecha del <i>Ucides occidentalis</i> en la Zona N°1..	37
Figura 6. Análisis de la Quela Izquierda del <i>Ucides occidentalis</i> en la Zona N°1.	38
Figura 7. Análisis de la Quela Derecha del <i>Ucides occidentalis</i> en la Zona N°2..	39
Figura 8. Análisis de la Quela Izquierda del <i>Ucides occidentalis</i> en la Zona N°2.	40
Figura 9. Análisis de la Quela Derecha del <i>Ucides occidentalis</i> en la Zona N°3..	41
Figura 10. Análisis de la Quela Izquierda del <i>Ucides occidentalis</i> en la Zona N°3	42
Figura 11. Análisis del Cefalotórax del <i>Ucides occidentalis</i> en la Zona N°1.....	43
Figura 12. Análisis del Cefalotórax del <i>Ucides occidentalis</i> en la Zona N°2.....	44
Figura 13. Análisis del Cefalotórax del <i>Ucides occidentalis</i> en la Zona N°3.....	45
Figura 14. Peso del Cangrejo Rojo en las Zonas de muestreo	46
Figura 15. Peso del hepatopáncreas del Cangrejo Rojo en las Zonas de muestreo	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos de determinados contaminantes en los alimentos	22
Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios	25
Tabla 3. Límite permisible para metales pesados en camarones congelados establecidos en la norma INEN 456:2013	26
Tabla 4. Variables independientes	28
Tabla 5. Variables dependientes	28
Tabla 6. Registro de Medidas Biométricas del Cangrejo Rojo	31

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°1: Delimitación de las zonas de muestreo.....	60
Anexo N°2: Cangrejo Rojo (<i>Ucides occidentalis</i>)	60
Anexo N°3: Clasificación Taxonómica del Cangrejo Rojo (<i>Ucides occidentalis</i>) .	61
Anexo N°4: Propiedades químicas del mercurio (Hg)	61
Anexo N°5: Coordenadas de las zonas de recolección de muestras.....	61
Anexo N°6: Coordenadas de los puntos de extracción de muestras de Cangrejo Rojo, Agua y Sedimento Zona N°1.....	61
Anexo N°7: Coordenadas de los puntos de extracción de muestras de Cangrejo, Agua y Sedimento Zona N°2.....	62
Anexo N°8: Coordenadas de los puntos de extracción de muestras de Cangrejo, Agua y Sedimento Zona N°3.....	62
Anexo N°9: Talla Quela Zona N°1.....	63
Anexo N°10: Talla Quela Zona N°2.....	63
Anexo N°11: Talla Quela Zona N°3.....	64
Anexo N°12: Talla Cefalotórax Zona N°1	64
Anexo N°13: Talla Cefalotórax Zona N°2	65
Anexo N°14: Talla Cefalotórax Zona N°3	65
Anexo N°15: Peso de Cangrejo Rojo (gramos)	66
Anexo N°16: Peso de Hepatopáncreas (gramos).....	66
Anexo N°17: Muestras de Cangrejo Rojo Zona N°1.....	67
Anexo N°18: Peso del Cangrejo Rojo	67
Anexo N°19: Muestras de Cangrejo Rojo Zona N°2.....	68
Anexo N°20: Extracción del hepatopáncreas	68
Anexo N°21: Peso del hepatopáncreas.....	69
Anexo N°22: Muestras de Cangrejo Rojo Zona N°3.....	69
Anexo N°23: Extracción muestra de sedimento	70
Anexo N°24: Muestra de sedimento	70
Anexo N°25: Reportes de concentración de Hg	71

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

En las últimas décadas, la contaminación ambiental ha aumentado considerablemente, afectando tanto a los ecosistemas terrestres como a los acuáticos. Los metales pesados ingresan a estos ambientes a través de procesos naturales, como erosión de minerales y rocas volcánicas, así como por actividades antrópicas relacionadas con la industria y la agricultura. Entre estas últimas destacan las descargas de efluentes industriales y aplicaciones de productos agroquímicos. Debido a sus características tóxicas, su persistencia en el medio ambiente y su capacidad de acumularse progresivamente en los tejidos de los organismos marinos, los metales pesados son considerados contaminantes de gran relevancia ambiental. Además, su naturaleza no biodegradable favorece su permanencia y dispersión en los ecosistemas.

La contaminación por mercurio en América Latina es un problema ambiental grave y de tiempos antiguos, se puede decir que aunque el uso generalizado de este metal pesado fue discontinuado en la década de 1960, la minería artesanal e ilegal continúa vertiendo mercurio en suelos y fuentes de agua en busca de oro, causando enfermedades, muertes y la destrucción de bosques en diversas regiones del continente, tanto países como Colombia, México, Venezuela, Bolivia y Perú, se han documentado altos niveles de mercurio en suelos, ríos y poblaciones humanas, afectando gravemente la salud y el medio ambiente, también podría representar un riesgo significativo para la salud pública y la biodiversidad en la región, especialmente en áreas donde los peces son la principal fuente de alimentación (Mongabay Latam, 2018).

Según el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE] (2015), la información presentada en el Convenio de Minamata sobre el Mercurio evidenció que Ecuador se encuentra entre los países más afectados por la contaminación generada por este metal, ocupando uno de los primeros lugares a nivel regional. Esta problemática se atribuye principalmente a la liberación de mercurio en cuerpos de agua y suelos como consecuencia de las actividades de minería artesanal y de pequeña escala. Ante esta situación, el Estado ecuatoriano ratificó dicho convenio, estableció en 2013 como un acuerdo internacional orientando a regular la extracción, comercialización, manejo y utilización del

mercurio, con el propósito de reducir sus impactos y proteger la salud humana y el medio ambiente.

En este contexto, resulta fundamental desarrollar programas de monitoreo y evaluación continua en distintos ecosistemas, especialmente en aquellos que cuentan con algún grado de protección, como los humedales. Estos ambientes desempeñan un papel esencial en el mantenimiento del equilibrio ecológico al proporcionar importantes servicios ecosistémicos. Sin embargo, debido a sus características físicas y biológicas, también presentan una elevada capacidad para retener y acumular contaminantes, lo que los convierte en ecosistemas particularmente vulnerables a la contaminación por metales pesados.

En base al estudio de Yubi (2023), realizó la evaluación de concentraciones de plomo, mercurio, arsénico y cadmio en sedimentos de la Laguna “El Canclón” ubicada en la Reserva Ecológica Manglares Churute en 3 estaciones: La Garganta, Centro y La Prístina; entre los resultados más relevantes se determinó que el Hg en la estación La Prístina no cumple con la normativa ecuatoriana.

Por otro lado, los manglares se destacan por ofrecer condiciones ambientales únicas, como aguas marinas-salobres, mareas y temperaturas adecuadas, los cuales favorecen a la reproducción que una de las especies más emblemáticas de las comunidades costeras del Ecuador, como es el cangrejo rojo. Según Mora y Pozo (2015), la pesca artesanal y venta del cangrejo rojo, representan una importante fuente de ingresos económicos a los habitantes ubicados especialmente en sitios de extracción, como las provincias del Guayas, El Oro y Manabí, esto debido a la gran demanda de consumo existente en el país.

Pero esta especie se ha visto afectada en los últimos años por el aumento de la contaminación en estos ecosistemas. Chuquimarca (2015) señala que el cangrejo rojo actúa como un organismo bioacumulador de metales pesados, debido a que estos elementos pueden concentrarse en órganos tejidos como el hepatopáncreas, la musculatura y las partes blandas. Los valores reportados en dichos tejidos exceden los niveles de seguridad establecidos por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria [EFSA].

Con lo mencionado anteriormente, fue necesario realizar investigaciones referentes a la contaminación de los recursos bióticos de la zona. En el caso de la captura del cangrejo rojo, que ha sido por mucho tiempo la base económica de las

familias que se dedican a su extracción y comercialización, por esta razón es considerado como un producto económico y de importancia social.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Según la Agencia Europea del Medio Ambiente (European Environment Agency [EEA] (2018), el mercurio se encuentra de manera natural en el ambiente, aunque normalmente los minerales lo contienen de forma estable, sin representar un riesgo significativo, el problema surge debido a las actividades humanas, las cuales han generado liberación de grandes cantidades de mercurio al ambiente, haciendo que este metal permanezca en circulación durante miles de años, lo ha generado preocupación por su presencia en el agua y sedimentos en cantidades altamente tóxicas que los animales pueden consumir fácilmente, introduciéndose así en la cadena alimenticia humana.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud [OMS] (2024), este metal pesado se ha clasificado como una de las 10 sustancias químicas que constituyen un problema grave para la salud pública, debido a que todas las personas expuestas a algún grado de mercurio son las que consumen principalmente pescados o mariscos contaminados.

Del mismo modo, la Agencia de Protección Ambiental y la Administración de Alimentos y Drogas de Estados Unidos (2004), indican que la mayoría de los pescados y mariscos contienen pequeñas cantidades de mercurio, que en niveles altos pueden llegar a afectar la salud de un bebé que no haya nacido o al desarrollo del sistema nervioso de un niño pequeño, por eso recomiendan que las mujeres en edad fértil, las madres lactantes, las mujeres embarazadas y los niños pequeños controlen el consumo de algunos tipos de mariscos y pescados bajos en mercurio.

No obstante, en otros países donde el consumo de cangrejo es común, se lo considera una fuente nutricional de calidad debido a sus otros componentes, sin tener en cuenta los altos niveles de metilmercurio (MeHg) que contienen. En investigaciones realizadas por Zhang et al. (2021) indica que los cangrejos domésticos en China presentan altos niveles de MeHg y su alto consumo no coincide con la evaluación de riesgo al MeHg, lo que indica que se subestiman los efectos tóxicos en la salud, especialmente en los grupos como las mujeres embarazadas.

Por consiguiente, en el Ecuador la Reserva Ecológica Manglares Churute destaca como un área natural crucial en el sistema de conservación nacional, albergando extensas hectáreas de manglares en la costa continental y representando los ecosistemas estuarios del Golfo de Guayaquil. La coexistencia de actividades como la pesca artesanal, la recolección de cangrejos, la presión de las camaroneras, contaminación por la minería ilegal y el uso constante de agroquímicos plantean desafíos para la protección del agua y la biodiversidad. Es esencial hallar un equilibrio entre el desarrollo económico y la preservación del ecosistema para garantizar la sostenibilidad y conservación de esta importante reserva (Monserrate, 2023).

El cangrejo rojo, es una especie emblemática de la costa del Pacífico, una fuente vital de alimento y recursos económicos en áreas de manglares del Golfo de Guayaquil, el Archipiélago de Jambelí y el estuario del Río Chone en Ecuador (Alvarado y Huayambe, 2016). Dada su relevancia comercial, fue crucial investigar si estos crustáceos bioacumulan metales pesados, asegurando que las concentraciones no pongan en riesgo su papel fundamental en el equilibrio ecológico de los manglares.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál será la concentración de mercurio presente en el cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*)?

1.3 Justificación de la investigación

La presencia de metales pesados en los recursos hídricos representa una amenaza significativa para la seguridad alimentaria y la salud pública. Diversas investigaciones han documentado la detección de elementos como Zinc (Zn), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Níquel (Ni) y Arsénico (As) en alimentos destinados al consumo humano, lo que evidencia la capacidad de estos contaminantes para incorporarse a la cadena trófica. De acuerdo con Díaz et al. (2016), el volumen de agua contaminada a nivel mundial se estima en aproximadamente 2 000 millones de m³ por día. En respuesta a esta problemática, la Asamblea de la Organización de la Naciones Unidas (ONU) incluyó en septiembre de 2015, dentro de los objetivos de Desarrollo Sostenible, el compromiso de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, así como el acceso al saneamiento para todas las personas en los países miembros.

En los últimos años el aumento de la minería ilegal se ha hecho presente en la provincia de El Oro, Ecuador, el cual ha dado paso a la contaminación de ríos de importantes cuencas hidrográficas de consumo local y nacional, debido al lavado de metales preciosos en el agua, que dejan residuos de metales tóxicos para el ambiente entre ellos el mercurio (Bravo et al., 2020). Este tipo de actividades, sumada al desarrollo industrial generan el vertimiento de sustancias químicas, emisiones atmosféricas, que llegan al suelo por precipitación y hasta el medio acuático por escorrentías, lo que traerían consigo un impacto negativo en la Reserva Ecológica Manglares Churute, ya que aumentaría la presencia de metales pesados, que afectarían a las diferentes especies presentes en este ecosistema, entre ellos el cangrejo rojo que es uno de los más comercializados para el consumo a nivel nacional.

Ante esta problemática, surgió la necesidad de implementar programas de monitoreo y evaluación de metales pesados con el propósito de proteger la biodiversidad y preservar la salud de las comunidades que dependen de los recursos naturales para su subsistencia. En este contexto, Siavichay (2013) investigó la bioacumulación de metales pesados tóxicos, particularmente plomo y cadmio, en el cangrejo rojo, una especie de gran relevancia comercial. Los resultados obtenidos permitieron establecer una línea base sobre las concentraciones de estos contaminantes y evidenciaron su capacidad de acumularse en tejidos como el músculo de los quelípedos y el hepatopáncreas.

Considerando la limitada disponibilidad de estudios recientes relacionados con esta temática, la presente investigación busca generar información actualizada y confiable sobre la presencia de metales pesados en esta especie. Los resultados obtenidos podrán servir como herramienta de apoyo para comuneros dedicados a la captura de cangrejo, pescadores, consumidores y entidades competentes, contribuyendo al fortalecimiento de estrategias orientadas al manejo sostenible de los ecosistemas y a la conservación de los recursos naturales.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Áreas concesionadas de manglar en la Reserva Ecológica Manglares Churute con coordenadas UTM correspondientes a WGS 84 9722612 N 639639 E Zona 17 hemisferio sur (**Anexo N°1**).

- **Tiempo:** El periodo de estudio tuvo una duración de cuatro meses.

- **Población:** El trabajo de investigación estuvo dirigido a los comuneros cangrejeros y la población del cantón Naranjal que abarca 83 691 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2022).

1.5 Objetivo general

Estimar la concentración de mercurio en el hepatopáncreas del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en la reserva ecológica Manglares Churute, para su comparación con los niveles máximos permisibles mediante el método espectrometría de absorción atómica.

1.6 Objetivos específicos

- Establecer zonas de muestreo en base a zonas de recolección del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en la reserva ecológica Manglares Churute mediante mapas georreferenciados elaborados con SIG.

- Determinar la concentración de mercurio en el hepatopáncreas del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*), muestras de sedimentos y aguas mediante la espectrometría de absorción atómica método a vapor frío.

- Establecer una correlación entre la concentración de mercurio en el cangrejo rojo y los niveles de mercurio en los sedimentos y aguas cercanas a los puntos de muestreo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Frías et al. (2023), en su estudio examinaron concentraciones de mercurio total (Hg) y Selenio (Se) en tejidos comestibles de tres especies de camarón blanco (*Litopenaeus Vannamei*), azul (*L. stylirostris*) y café (*F. californiensis*), recolectados en septiembre y octubre de 2017 desde Sonora, Sinaloa y Nayarit, en el noreste mexicano. En el tejido muscular se reportaron rangos de 0.026 – 0.829 µg/g para Hg y 0.126-1 µg/g para Se. Se identificaron variaciones estadísticamente significativas mayores concentraciones de Hg en Sonora y Se en Sinaloa. Sin embargo, la evaluación de riesgo sanitario (HQ) resultó baja (0.5550 – 0.607), lo cual concluyó que estos camarones son seguros para el consumo humano si implicaciones tóxicas notables.

Según la investigación de Calvo et al. (2023), el país de Costa Rica tiene ricos recursos hídricos pero una alta contaminación, siendo los metales pesados una preocupación importante debido a sus efectos adversos sobre la salud humana, animal y vegetal, su bioacumulación y su no biodegradabilidad. Los resultados mostraron MP en todos los ríos y algunos con probables niveles tóxicos, excepto Cd, Pb y As. Los sedimentos no tuvieron niveles tóxicos probables o indefinidos a excepción del Cd. Los modelos predictivos para cada MP en ríos mostraron niveles de confianza más bajos, siendo Pb (70%), Cr (73%), As (71%), Ni (74%) y el resto con niveles bajos.

Hernández, Paternina y Marrugo (2020) evaluaron la presencia de metales pesados en las ciénagas El Salado y Marimonda, ubicadas en Necoclí, Antioquia (Colombia), mediante técnicas de espectrometría de absorción atómica de llama y vapor frío. Los análisis de sedimentos revelaron concentraciones promedio en mg kg⁻¹ Cu, 11.925±7.234 Zn, 0.003±0.002 Cd y 0.0001±0.0006 Hg, valores que se encontraron dentro de los parámetros establecidos por las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental (CEQG). Asimismo, se analizaron ejemplares de *Andinoacara pulcher*, *Caquetaia kraussii* y *Piaractus brachypomus*, con concentraciones de metales pesados por debajo del límite de cuantificación (25,0 y 7.5 µg kg⁻¹ de Pb y Cd, respectivamente, 41.532±3.25; 79.911±3.433; 201.681±2.573 µg kg⁻¹ de Hg para cada una de las especies estudiadas), en todos los casos, las concentraciones detectadas se mantuvieron por debajo de los límites máximos permitidos por la Resolución 122 de la normativa colombiana. A pesar de

que los valores obtenidos no superaron los criterios de calidad ambiental establecidos por la normativa canadiense, los autores destacan la importancia de implementar programas de monitoreo periódico. Estas evaluaciones permitirían identificar posibles cambios de las condiciones fisicoquímicas del ecosistema que favorezcan la movilización o resuspensión de los metales pesados desde los sedimentos hacia la columna de agua.

En el estudio de Salas et al. (2021), se evaluó la concentración de metales pesados en el río Suches en Cojata, Puno, Perú. En donde se recolectaron y analizaron muestras de agua y sedimentos mediante espectrofotometría para cuantificar los niveles de arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), cobre (Cu) y mercurio (Hg). También se realizó un análisis cualitativo del comportamiento social de los actores comunitarios en Cojata. Los resultados mostraron que las concentraciones promedio de metales en el agua están por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 del Perú, sin embargo, en las muestras de sedimentos, los niveles de arsénico (11.52 mg kg^{-1}) y cadmio (1.14 mg kg^{-1}) superan los límites recomendados por las Pautas de Calidad de Sedimentos Provisionales (ISQG) de Canadá.

Ramírez (2021) investigó la toxicidad y la capacidad de bioconcentración del arsénico (As) y el mercurio (Hg) en juveniles de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) expuestos a diferentes niveles de salinidad. El estudio tuvo como finalidad analizar los efectos combinados de condiciones de baja salinidad y concentraciones subletales de estos metales sobre diversos parámetros fisiológicos y sanitarios, entre ellos la concentración de oxihemocianina, el contenido total de hemoglobina, la susceptibilidad frente a *Vibrio parahaemolyticus*, la bioacumulación de contaminantes y los posibles riesgos para la salud humana. Los resultados mostraron que las concentraciones medias de arsénico fueron de 30.8, 20.2, 16.8, y 13.9 mg/L a 5 g/L de salinidad, 30.4, 19.1, 16.8, y 14.8 mg/L a 10 g/L, 31.5, 19.0, 15.0 y 11.9 mg/L a 25 g/L durante 24, 48, 72 y 96 horas de exposición, respectivamente. No obstante, el análisis de los datos evidenció que las variaciones de salinidad no ejercieron un efecto significativo sobre la bioconcentración de arsénico después de 96 horas, lo que sugiere que este factor ambiental no influye de manera importante en la toxicidad de dicho metal para la especie estudiada.

Por otro lado, Quintana y Cabrera (2021) evaluaron los niveles de mercurio total en ejemplares de "Pintilla", una especie marina capturada mediante pesca artesanal y destinada al consumo humano. Para ello, analizaron 32 muestras recolectadas durante un periodo de ocho meses, empleando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío para la cuantificación del metal.

Los resultados evidenciaron que las mayores concentraciones promedio de mercurio se registraron en las muestras obtenidas en el Mercado Pesquero Artesanal de Chorrillos, con valores comprendidos entre (0.0563 – 0.2632 mg/kg) como para el tejido hepático (0.0464 – 0.2694 mg/kg), con respecto al Mercado Pesquero Artesanal de Ancón, tanto para el tejido muscular (0.0273 – 0.1193 mg/kg) como para el tejido hepático (0.0488 – 0.1911 mg/kg), todos los resultados expresados en base húmeda. Las autoridades concluyeron que las concentraciones detectadas se mantuvieron por debajo del límite máximo permitido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) establecido en (0.5 mg/kg). No obstante, el análisis estadístico reveló una correlación positiva de intensidad moderada entre las concentraciones de mercurio presentes en el tejido muscular y hepático en ambos puntos de muestreo, lo que sugiere una relación entre acumulación del metal en dichos tejidos.

Álava y Velásquez (2022) evaluaron las concentraciones de plomo (Pb), cadmio (Cd) y mercurio (Hg) en sedimentos de la Isla Refugio de Vida Silvestre en mayo, julio y agosto de 2021. Se encontraron concentraciones entre 35.878 y 63.520 mg/kg, 0.461 a 1.531 mg/kg, y no se detectó Hg (N/D). Los datos fueron comparados con la norma ambiental internacional, mostrando que los niveles de Pb y Cd excedieron el límite máximo permisible, excepto en mayo cuando los niveles de Cd estuvieron dentro del rango establecido. No se detectaron concentraciones de Hg, lo que indica que no hay presencia del metal en el sedimento. Las correlaciones de Pearson no mostraron correlación estadística entre los parámetros físicos del agua y los sedimentos con las concentraciones de Pb y Cd, excepto para la salinidad en los sedimentos.

Urdánigo y Zambrano (2022) analizaron las concentraciones de plomo (Pb), mercurio (Hg) y cadmio (Cd) presentes en el hepatopáncreas del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) del Refugio de Vida Silvestre Isla Corazón, con el propósito de evaluar su utilidad como bioindicador de contaminación de origen antrópico.

Para la cuantificación de estos metales se empleó la técnica de espectrometría de emisión óptica con plasma inductivamente (ICP-OES), siguiendo los métodos EPA 3015 y EPA 3051 en los laboratorios de la Universidad de Las Américas (USLA). Adicionalmente los autores aplicaron el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la relación entre las concentraciones de metales pesados y los parámetros fisicoquímicos del agua y del sedimento. Así mismo, realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey con el fin de identificar posibles diferencias significativas entre los datos obtenidos. Los resultados mostraron que las concentraciones de cadmio 0.014 a 0.202 mg/kg, mientras que las de mercurio variaron de 0.012 a 0.211 mg/kg, valores que se mantuvieron dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa correspondiente. En contraste, las concentraciones de plomo registraron valores comprendidos entre 0.671 a 4.093 mg/kg, superando los límites establecidos por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), durante los meses de mayo, julio y agosto. Por otra parte, los análisis estadísticos indicaron la ausencia de diferencias significativas entre las variables evaluadas, evidenciando que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las concentraciones de Pb, Hg y Cd y los parámetros fisicoquímicos analizados en el estudio.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Componentes físicos y biológicos de la Reserva Ecológica Manglares Churute

La Reserva se encuentra localizada en la provincia del Guayas, siendo parte del cantón Naranjal de Guayaquil, su longitud es de 0 a 700 m sobre el nivel del mar y posee 47 174.45 ha. Esta reserva alberga un ecosistema de manglar de la costa continental, que representa una muestra de ecosistema estuario pantanoso en el estuario principal del Golfo de Guayaquil, que además de constituir un remanente de bosque seco y húmedo tropical, cuenta con un sistema léntico de la región como la laguna del Canclón (Vergara, 2020). Los cuales convierten a esta área en un lugar único dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), siendo declarada en la categoría de Reserva Ecológica el 26 de julio de 1979.

2.2.1.1. Hidrología.

La reserva se encuentra influenciada por diversos sistemas fluviales que nacen en las estribaciones de la cordillera Occidental. Entre ellos destacan los ríos Churute y Ruidoso, cuyos desbordamientos contribuyen a la formación de la laguna

El Canclón. Este cuerpo de agua forma parte de los humedales reconocidos y protegidos por la Convención Ramsar, debido a su importancia ecológica y ambiental (Lasso, 1998).

La Convención Ramsar constituye un acuerdo internacional orientado a la conservación y uso sostenible de los humedales, promoviendo la protección de estos ecosistemas por su relevancia para la biodiversidad, el mantenimiento de los recursos hídricos y el bienestar de las poblaciones humanas.

2.2.1.1.1. Aguas estuarinas.

La reserva presenta un ecosistema estuarino caracterizado por la interacción entre las aguas salobres provenientes del estuario del río Guayas y los aportes de agua dulce de los ríos Taura, Churute, Cañar y Naranjal. Según la Fundación Natura et al. (2000), la confluencia de estos sistemas fluviales constituye una importante fuente de descarga hídrica y transporte de sedimentos hacia el estuario. La acción combinada de las corrientes mareales y el caudal del río Guayas ha favorecido la formación de una extensa red de canales y numerosas islas de morfología alargada. Entre las principales islas que conforman este complejo se encuentran Mondragón, Matorrillo, de los Ingleses y Álamos, mientras que Cabeza de Mate y Malabrigo corresponden a islas de menor extensión.

2.2.1.1.2. Ríos.

La reserva se encuentra atravesada por diversos cuerpos de agua pertenecientes a la llanura aluvial de la cuenca baja del río Guayas, entre los que destacan los ríos Taura, Cañar, Ruidoso y Churute.

El río Taura se origina por la confluencia de los ríos Boliche y Culebra, atraviesa el área estuarina de la reserva finalmente desemboca en el Golfo de Guayaquil. Este curso fluvial presenta un caudal promedio multianual de 47,04 m³/seg. Por su parte el río Cañar ubicado en el límite sur de la reserva, registra un caudal medio multianual de 25.8 m³/seg.

En cuanto al río Ruidoso, este fluye al sur del cerro Cimalón en dirección oeste, donde converge con el río Churute y el estero Espinal, contribuyendo a la formación del estero Churute (Monserrate, 2023)

Finalmente, el río Churute considerado de régimen estacional, recorre la zona norte de la laguna El Canclón antes de unirse al río Ruidoso para dar origen al estero Churute. A la altura del puente ubicado en la vía Km 26 Puerto Inca, presenta un caudal promedio multianual de 9,46 m³/seg. Además de su importancia

ecológica, este río constituye un recurso utilizado por las comunidades locales para actividades ganaderas y recreativas, particularmente como balneario (Monserrate, 2023).

2.2.1.2. Flora.

De acuerdo con Vergara (2020), la reserva alberga una amplia cobertura vegetal compuesta por numerosas especies arbóreas de importancia ecológica económica. Entre las especies más representativas se encuentran el Amarillo, Guayacán, Fernán Sánchez (especie de árbol), Bálsamo, Pechiche, Rabo de pava, Caoba, Cedro, y diversas especies de manglar, como Mangle rojo, negro, jelí y otros.

Asimismo, Vergara (2020) señala que la composición y distribución de la vegetación están estrechamente relacionadas con las variaciones altitudinales presentes en el área protegida. Como consecuencia, se pueden identificar distintos tipos de bosques que se desarrollan en función de su ubicación respecto al nivel del mar, entre estos se hallan:

- Bosque Deciduo de Tierras Bajas caracterizado por albergar especies de cactus y plantas espinosas.
- Bosque Seco que ocupa la planicie de inundación y partes bajas del cerro, siendo la más afectada por actividades humanas.
- Bosque Semi deciduo Piemontano.
- Bosque Siempre verde Piemontano localizado en zonas de pendientes fuertes.
- Bosque de Neblina Montano Bajo.
- Bosque Húmedo localizado en cerros a 300 metros de altitud en donde garúa y las nubes mantienen húmedo el clima.

2.2.1.3. Fauna.

La fauna presente en la Reserva Ecológica Manglares Churute se encuentra conformada por diversas comunidades animales vinculadas a ecosistemas de bosque seco y húmedo, ambientes lacustres, estuarinos, pastizales y áreas destinadas a actividades agrícolas. La coexistencia de estos diferentes sistemas ecológicos dentro de una misma área favorece la presencia de una elevada diversidad biológica, convirtiendo a la reserva en un importante refugio para numerosas especies de fauna silvestre (Fundación Natura et al., 2000).

De acuerdo a una ficha informativa de los Humedales Ramsar elaborada por Lasso (1998) entre las principales especies de fauna identificadas en Manglares Churute son:

El cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*), ostiones (*Cassostrea columbiensis*), el mejillón (*Mytella Guayanensis*), así como algunas especies de peces. Entre aves podemos mencionar: *Phalacrocorax olivaceus*, *Ardea cocoi*, *Egretta alba*, *Florida caerulea*, *Nyctanassa violácea*, *Eudocimus albus*, *Ajaia ajaja*, *Pandion haliaetus*, *Aramus garauna* y *Gallinula chloropus*. Entre los réptiles, la especie más relevantes es *Crocodylus acutus*. Entre los mamíferos tenemos a *Procyon cancrivorus* (párr. 7).

2.2.1.4. Sedimentos.

Los manglares de Churute actúan como una barrera natural que atrapa los sedimentos que son arrastrados por los ríos, el sistema estuarino de la reserva se caracteriza por la mezcla de aguas salinas del estuario del río Guayas con las aguas dulces aportadas por los ríos Taura, Churute, Cañar y Naranjal (Lasso, 1998).

2.2.2 Relación de las características biomorfológicas del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) y la bioacumulación de metales pesados (Hg)

2.2.2.1. Cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*).

El cangrejo que caracteriza a la Reserva Manglares Churute es el “Cangrejo Rojo” (*Ucides occidentalis*). Este cangrejo identificado en (**Anexo N°2**) es parte fundamental de la preservación de los manglares existentes, y su función principal es formar parte de la cadena trófica y reducir la materia orgánica (Macías, 2017).

2.2.2.1.1. Morfología y taxonomía.

Carbajal y Santamaría (2018), el cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) presenta un cefalotórax de forma ovalada, caracterizado por ser más ancho que largo y por poseer una superficie lisa. Su coloración puede variar desde tonalidades amarillo-anaranjadas hasta gris azulado, dependiendo de la región del cefalotórax observada. Asimismo, esta especie posee ojos pedunculados y, en cuanto a su anatomía interna, cuenta con diez branquias funcionales.

Otra característica distintiva corresponde a los márgenes laterales del abdomen, los cuales están cubiertos por una hielera de setas o pelos cortos. En las hembras, estas estructuras suelen ser mas largas y abundantes en comparación con los machos, constituyendo un riesgo útil para la diferenciación sexual de la especie.

La escala taxonómica del cangrejo rojo se puede consultar en la página World Register of Marine Species (WoRMS), pero en el (**Anexo N°3**) se detallan las características biológicas del *Ucides occidentalis*.

2.2.2.1.2. Reproducción.

La biología reproductiva de *Ucides occidentalis* se caracteriza por un patrón de iteroparidad estacional y un prolongado periodo reproductivo. según (Zambrano, 2016), la liberación de huevos se concentra entre diciembre y mayo, periodo que coincide con la estación lluviosa en Ecuador, lo que podría favorecer las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de las primeras etapas de vida de la especie.

Por otra parte, Cedeño (2013) reporto que la talla de madurez sexual morfométrica difiere entre sexos. Los machos alcanzan madurez a un ancho de cefalotórax de 63,5 mm, mientras que en las hembras este proceso ocurre a partir de los 57,8 mm, evidenciando un desarrollo reproductivo más temprano en comparación con los individuos masculinos.

2.2.2.1.3. Alimentación.

La dieta de *Ucides occidentalis* está constituida principalmente por material vegetal, por lo que se clasifica como una especie fitófaga. Su alimentación incluye hojas, frutos de las especies vegetales presentes en los ecosistemas de manglar. Sin embargo, Barragán (1993) reporta que estos crustáceos pueden adoptar hábitos alimentarios facultativamente carnívoros, consumiendo restos de organismos muertos cuando estos se encuentran disponibles cerca de sus refugios. Este comportamiento oportunista les permite complementar sus requerimientos nutricionales bajo determinadas condiciones ambientales.

2.2.2.1.4. Hepatopáncreas.

El hepatopáncreas es un órgano fundamental en el proceso digestivo de los crustáceos, ya que en él se lleva a cabo el primer paso de la digestión de los alimentos. Además de ser el principal responsable de la asimilación y distribución de los nutrientes, el hepatopáncreas también funciona como un almacén de energía, principalmente en forma de lípidos, que luego se utiliza para procesos de alta demanda energética como la reproducción, la muda y el crecimiento. Más allá de su papel en la digestión, también forma parte de la primera respuesta a las toxinas, filtrando y eliminando posibles sustancias tóxicas presentes en los

alimentos o el agua, como metales pesados u otros componentes dañinos. (Shrimpstar, 2022).

2.2.2.1.5. Importancia económica.

Los crustáceos son uno de los grupos más explotados en las zonas pesqueras y representan más del 30% del valor económico mundial de las capturas (Smith y Addison, 2003). Dentro de este grupo, los cangrejos de manglar son importantes tanto desde el punto de vista ecológico como económico. *Ucides* es un género destacado en América tropical, tanto en las costas del Pacífico como del Atlántico.

En Ecuador, la industria extractiva se centra en la especie *Ucides occidentalis*. Pesquería se caracteriza actualmente por varios regímenes de explotación, incluyendo la extracción en áreas de reserva de manglares y áreas de manglares otorgadas a asociaciones (Chalén y Correa, 2002).

2.2.2.2. Metales pesados.

2.2.2.2.1. Mercurio.

Las propiedades fisicoquímicas del mercurio se presentan en el (**Anexo N°4**) este elemento químico posee un número atómico de 80 y una masa atómica aproximada de 200 u. A temperatura ambiente se caracteriza por ser un metal líquido de color blanco plateado una propiedad poco común entre los elementos metálicos (Lenntech, 2026).

Además, el mercurio tiene la capacidad de formar amalgamas al combinarse con diversos metales, entre los que se incluyen oro, plata, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio. En la naturaleza, suele encontrarse principalmente en forma de sulfuro de mercurio, conocido como cinabrio rojo. También puede presentarse como metacinabrio negro, aunque con menor frecuencia, y en formas menos comunes como el cloruro de mercurio (Lenntech, 2026).

2.2.2.2.2. Origen y emisiones a la atmósfera.

El mercurio se origina a partir de fuentes naturales y atmosféricas, incluida la actividad geotérmica, las erupciones volcánicas, los combustibles fósiles, la producción industrial de metales y la extracción de oro a pequeña escala. El ciclo de los metales comienza cuando se emite, principalmente a la atmósfera, y puede ser transportado y transformado en otros metales o caer en la superficie de ecosistemas terrestres y acuáticos mediante un proceso llamado deposición. Este metal puede permanecer en la atmósfera hasta dos años antes de depositarse, y

las plantas desempeñan un papel crucial en este ciclo. Los árboles capturan el metal durante el crecimiento y lo transfieren al suelo cuando mueren y se pudren (U.S. Environmental Protection Agency [US EPA], 2022).

2.2.2.2.3. Afectaciones a la salud.

Según la US EPA (2016), el mercurio es una neurotoxina y la salud de las personas pueden verse afectada por la exposición al mercurio dependiendo de los siguientes factores:

- La forma del mercurio (por ejemplo, si es metilmercurio o mercurio elemental/metálico).
- La cantidad de mercurio a la que está expuesto.
- La edad de la persona expuesta (los fetos son los más vulnerables).
- La duración de la exposición.
- La manera en que la persona está expuesta (inhalación, consumo, contacto con la piel, etc.).
- La salud de la persona expuesta.

Además, los posibles síntomas de intoxicación por mercurio se incluyen:

- Pérdida de visión periférica.
- Sensaciones de cosquilleo, por lo general en las manos, pies y alrededor de la boca.
- Falta de coordinación de movimientos.
- Disfunción del habla, audición y capacidad de caminar.
- Debilidad muscular.

Asimismo, la US EPA (2016) indica que ante una alta exposición al mercurio inorgánico esta puede causar daños severos en el tracto gastrointestinal, sistema nervioso y riñones, a continuación, se indican los síntomas ante altas exposiciones al mercurio inorgánico:

- Erupciones en la piel y dermatitis,
- Cambios de humor,
- Pérdida de memoria,
- Trastornos mentales,
- Débilidad muscular.

2.2.2.2.4. Bioacumulación.

El proceso de bioacumulación ocurre cuando los organismos se exponen a un contaminante químico y básicamente se da su acumulación en el interior del cuerpo ya sea en tejidos y órganos a lo largo del tiempo. La Comisión Europea (2007) indica que “el término bioacumulación hace referencia a la acumulación neta, con el paso del tiempo, de metales [u otras sustancias persistentes] en un organismo a partir de fuentes tanto bióticas (otros organismos) como abióticas (suelo, aire y agua)” (párr. 1). En los animales, esta exposición puede producirse según en de diferentes rutas, ya sea las más comunes como la oral (p. ej.: alimentarse de comida contaminada) y la respiratoria (p. ej.: respirar polvo o humo contaminados).

2.2.2.2.5. Biomagnificación.

La biomagnificación es un proceso ecológico mediante el cual la concentración de contaminantes químicos persistentes aumenta progresivamente a medida que se avanza en los distintivos niveles de una cadena trófica. Según Rodríguez (2019), este fenómeno ocurre a través de la transferencia de contaminantes entre organismos, de tal manera que los individuos de niveles tróficos superiores incorporan las sustancias acumuladas por los organismos que constituyen su fuente de alimento.

Debido a que muchos de estos compuestos presentan una elevada persistencia ambiental y una limitada capacidad de degradación o excreción, tienden a acumularse en los tejidos de los organismos consumidores. Como resultado, los depredadores ubicados en los niveles tróficos mas altos suelen registrar concentraciones de contaminantes significativamente mayores que aquellas presentes en el ambiente o en los organismos de niveles inferiores. En consecuencia, la concentración de estas sustancias se incrementa gradualmente a lo largo de la cadena alimentaria, generando un efecto de amplificación conocido como biomagnificación.

2.2.3 Técnicas de cuantificación de mercurio (Hg) en muestras de origen biológico

2.2.3.1. Espectrometría.

De acuerdo Martínez (2020), la espectrofotometría es una técnica analítica fundamentada en la interacción entre la materia y la energía electromagnética. Su funcionamiento se basa en la medición de los cambios que experimenta la energía

al interactuar con una sustancia, siendo la intensidad de la energía absorbida o emitida una de las variables más comúnmente evaluadas. El tipo de espectrometría empleado depende de la magnitud física que se analiza como resultado de dicha interacción.

Entre las principales técnicas de espectrofotometría o espectrometría se encuentran:

- De absorción atómica
- De fluorescencia
- De ultravioleta visible
- Infrarroja
- De emisión
- De rayos X
- Raman
- Resonancia magnético nuclear

Asimismo, el espectro electromagnético constituye una representación ordenada de las ondas electromagnéticas según sus características físicas, principalmente su longitud de onda (λ) y frecuencias (ν). Esta clasificación permite diferenciar los distintos tipos de radiación empleados en las técnicas espectrometrías y comprender su interacción con la materia.

2.2.3.1.1. Espectrometría de absorción atómica.

La espectrofotometría de absorción atómica (EAA) es una técnica analítica ampliamente utilizada para la identificación y cuantificación de elementos metálicos presentes en diferentes tipos de muestras. Su principio de funcionamiento se basa en la medición de la radiación electromagnética absorbida por los átomos del elemento de interés cuando estos son expuestos a una longitud de onda específica. Para ello, un haz de luz atraviesa la muestra y la cantidad de energía absorbida es registrada por el equipo, permitiendo establecer una relación entre la absorbancia obtenida y la concentración del analito.

Según OrozcoLab (2021), la determinación cuantitativa del elemento se realiza mediante la comparación de los valores de absorbancia con una curva de calibración previamente elaborada a partir de estándares de concentración conocida. Gracias a su elevada sensibilidad, precisión y capacidad para detectar concentraciones bajas de metales.

2.3 Marco Legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)

Título II

Derechos

Capítulo II

Derechos del buen vivir

Sección primera

Agua y alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (p.13).

Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria (p.13).

Sección segunda: Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (p.13).

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional. (p.13).

Sección séptima: Salud

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional (p.17).

Capítulo VII

Derechos de la naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema (p.33).

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas (p.33).

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional (p.33).

Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado (p.34).

Título VI

Régimen de desarrollo

Capítulo I

Principios generales

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural (p.89).

Capítulo III: Soberanía alimentaria

Art. 281.- la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente.

Numeral 1. Impulsar la producción, transformación agroalimentaria y pesquera de las pequeñas y medianas unidades de producción, comunitarias y de la economía social y solidaria.

Numeral 7. Precautelar que los animales destinados a la alimentación humana estén sanos y sean criados en un entorno saludable.

Numeral 13. Prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos (pp. 90-91).

Título VII

Régimen del buen vivir

Capítulo II

Biodiversidad y recursos naturales

Sección primera

Naturaleza y ambiente

Art. 395.- La constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza (p.119).

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles (pp. 119-120).

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

3. Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente (p. 120).

2.3.2 Convenio de Minamata sobre el Mercurio (2019)

Artículo 19

Investigación, desarrollo y vigilancia

1. Las Partes se esforzarán por cooperar, teniendo en consideración sus respectivas circunstancias y capacidades, en la elaboración y el mejoramiento de:

a) Los inventarios del uso, el consumo y las emisiones antropógenas al aire, y de las liberaciones al agua y al suelo, de mercurio y compuestos de mercurio;

b) La elaboración de modelos y la vigilancia geográficamente representativa de los niveles de mercurio y compuestos de mercurio en poblaciones vulnerables y el entorno, incluidos medios bióticos como los peces, los mamíferos marinos, las tortugas marinas y los pájaros, así como la colaboración en la recopilación y el intercambio de muestras pertinentes y apropiadas;

- c) Las evaluaciones de los efectos del mercurio y los compuestos de mercurio para la salud humana y el medio ambiente, además de los efectos sociales, económicos y culturales, especialmente en lo que respecta a las poblaciones vulnerables;
- d) Las metodologías armonizadas para las actividades realizadas en el ámbito de los apartados a), b) y c) precedentes;
- e) La información sobre el ciclo ambiental, el transporte (incluidos el transporte y la deposición a larga distancia), la transformación y el destino del mercurio y los compuestos de mercurio en un conjunto de ecosistemas, teniendo debidamente en cuenta la distinción entre las emisiones y liberaciones antropógenas y naturales de mercurio y la nueva movilización de mercurio procedente de su deposición histórica;
- f) La información sobre el comercio y el intercambio de mercurio y compuestos de mercurio y productos con mercurio añadido; y
- g) La información e investigación sobre la disponibilidad técnica y económica de productos y procesos que no utilicen mercurio, y sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para reducir monitorizar las emisiones y liberaciones de mercurio y compuestos de mercurio (p. 42 - 43).

2.3.3 Reglamento (UE) 2023/915 de la Comisión Europea (2023)

Art. 2.- Normas generales

1. Los alimentos que se recogen en el anexo I no se comercializarán ni se utilizarán como materia prima en alimentos ni como ingredientes alimentarios cuando contengan un contaminante que supere el límite máximo establecido en el anexo I.
2. Los alimentos que cumplan los límites máximos establecidos en el anexo I no se mezclarán con alimentos que superen estos límites máximos.
3. Los límites máximos establecidos en el anexo I, salvo disposición en contrario en dicho anexo, se aplicarán a los alimentos comercializados y a la parte comestible del alimento de que se trate (p. 106).

Esta norma establece los límites máximos permisibles de mercurio que debe cumplir los crustáceos para el consumo directo en Anexo 1, que en este caso está resumido la **Tabla 1**.

Tabla 1.

Límites máximos de determinados contaminantes en los alimentos

Numeral	Contaminantes	Límite Máximo (mg/kg)	Observaciones
3	Metales y otros elementos		
3.3.	Mercurio		
3.3.1.1.	Crustáceos, moluscos y carne de pescado, excepto las especies que figuran en los puntos 3.3.1.2 y 3.3.1.3	0.50	Para los crustáceos, el límite máximo se aplica a la carne de los apéndices y el abdomen, lo que significa que se excluye el cefalotórax de los crustáceos. En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (<i>Brachyura</i> y <i>Anomura</i>), el límite máximo se aplica a la carne de los apéndices. En el caso de <i>Pecten maximus</i> , el límite máximo se aplica

solamente al músculo
aductor y las gónadas.

Fuente: Comisión Europea, 2023

2.3.4 Código Orgánico del Ambiente [COA] (2017)

Libro Preliminar

Título II

De los derechos, deberes y principios ambientales

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

1. La conservación, manejo sostenible y recuperación del patrimonio natural, la biodiversidad y todos sus componentes, con respeto a los derechos de la naturaleza y a los derechos colectivos de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades;
2. El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros (p.12)

Libro II

Patrimonio Natural

Título VI

Régimen forestal nacional

Capítulo IV

Formaciones vegetales naturales, paramos, moretales, manglares y bosques

Art. 103.- Disposiciones sobre el ecosistema manglar. El ecosistema manglar es un bien del Estado, el mismo que está fuera del comercio, no es susceptible de posesión o cualquier otro medio de apropiación, y sobre él no puede adquirirse el dominio ni ningún otro derecho real por prescripción; y solamente podrá ser aprovechado sosteniblemente mediante concesión otorgada o renovada por el Ministerio rector del ámbito pesquero.

Las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades ancestrales podrán solicitar se les conceda la custodia y uso sostenible del manglar para su subsistencia, aprovechamiento y comercialización exclusiva de peces, moluscos y crustáceos, entre otras especies, que se desarrollen en este hábitat. Se propiciará y priorizará la organización de asociaciones de la economía popular y solidaria. Las actividades de uso, y demás consideraciones técnicas relativas al área, estarán definidas por la Autoridad Ambiental Nacional (p. 36).

Art. 104.- Actividades permitidas en el ecosistema de manglar. Las actividades permitidas en el ecosistema de manglar, a partir de la vigencia de esta ley, serán las siguientes:

1. Control fitosanitario conforme lo establezca el plan de manejo u otros instrumentos de conservación y manejo de dichas áreas;
2. Fomento de la vida silvestre;
3. Turismo y actividades de recreación no destructivas del manglar;
4. Actividades tradicionales no destructivas del manglar, como manejo y uso de productos no maderables;
5. Servidumbre de tránsito;
6. Otras actividades no tradicionales, científicas, artesanales, no destructivas del manglar; y,

7. Otras actividades productivas o de infraestructura pública que cuenten con autorización expresa de la Autoridad Ambiental Nacional y que ofrezcan programas de reforestación (p. 36-37).

Libro Quinto

De la Zona Marino Costera

Capítulo II

Del Plan de Manejo Costero Integrado

Título IV: De los recursos marinos

Art. 275.- Del aprovechamiento sostenible de los recursos marinos costeros. El aprovechamiento sostenible de los recursos marinos y costeros deberá:

1. Mantener la diversidad, calidad y disponibilidad de los recursos pesqueros a fin de garantizar los procesos ecológicos y satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras, en el contexto de la soberanía alimentaria y el desarrollo sostenible;
3. Evitar su sobreexplotación para asegurar que el esfuerzo pesquero sea proporcional a la capacidad de producción de estos recursos;
4. Basarse en los datos científicos disponibles para la toma de decisiones, considerando los conocimientos tradicionales acerca de los recursos y su hábitat, así como los factores ambientales, económicos y sociales pertinentes;
5. Garantizar la protección y restauración de los hábitats críticos para la pesca en los ecosistemas marinos, especialmente los manglares, los arrecifes, ecosistemas coralinos, zonas de cría y desove (p.72).

2.3.5 Ley Orgánica de los Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (2014)

Título I

Disposiciones preliminares

Capítulo I

De los principios

Art. 4.- Principios de la Ley. Esta Ley se fundamenta en los siguientes principios:

- b) El agua, como recurso natural debe ser conservada y protegida mediante una gestión sostenible y sustentable, que garantice su permanencia y calidad (p.3)

Título III

Derechos, Garantías y Obligaciones

Capítulo III

Derechos de la naturaleza.

Art. 64.- Conservación del agua. La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida.

En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:

- a) La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares;
- b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad (p.19).

Capítulo VI

Garantías Preventivas

Sección Segunda

Objetivos de Prevención y Control De La Contaminación Del Agua.

Art. 81.- Autorización administrativa de vertidos. La autorización para realizar descargas estará incluida en los permisos ambientales que se emitan para el efecto. Los parámetros de la calidad del agua por ser vertido y los procedimientos para el otorgamiento, suspensión y revisión de la autorización, serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional o acreditada, en coordinación con la Autoridad Única del Agua.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de su competencia y dentro de su jurisdicción emitirán la autorización administrativa de descarga prevista en esta Ley con sujeción a las políticas públicas dictadas por la Autoridad Ambiental Nacional (p. 23).

2.3.6 Acuerdo Ministerial N° 097-A (2015)

Anexo 1: Del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al agua.

5.1 Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, marítimas y de estuarios.

5.1.2 Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios.

5.1.2.2 Los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario, se presentan en la **Tabla 2.** (pp. 13-14).

Tabla 2.

Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios

Parámetro	Expresados como	Unidad	Agua marina y de estuario
Mercurio	Hg	mg/l	0.0001

Fuente: MAATE, 2015

5.2 Criterios generales para la descarga de efluentes

5.2.1 Principios básicos para descarga de efluentes

5.2.1.1 Los laboratorios que realicen los análisis de muestras de agua de efluentes o cuerpos receptores deberán estar acreditados por el SAE (18).

5.2.1.2 De acuerdo con su caracterización toda descarga puntual al sistema de alcantarillado y toda descarga puntual o no puntual a un cuerpo receptor, deberá cumplir con las disposiciones de esta Norma (p.18).

5.2.1.5 Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados (p. 19).

5.2.1.6 Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas (p. 19).

5.2.1.9 Se prohíbe verter desechos sólidos, tales como: basuras, animales muertos, mobiliario, entre otros, y líquidos contaminados hacia cualquier cuerpo de agua y cauce de aguas estacionales secas o no (p. 19).

5.2.3 Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado

5.2.3.1 Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas (p. 19).

5.2.5 Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua marina

5.2.5.1 Se prohíbe la descarga de aguas residuales domésticas e industriales a cuerpos de agua salobre y marina, sujetos a la influencia de flujo y reflujo de mareas. Todas las descargas a cuerpos de agua estuarinos, sin excepción, deberán ser interceptadas para tratamiento y descarga de conformidad con las disposiciones de esta norma. Las Municipalidades deberán incluir en sus planes maestros o similares, las consideraciones para el control de la contaminación de este tipo de cuerpos receptores, por efecto de la escorrentía pluvial urbana (p. 22).

2.3.7 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 456 (2013)

Camarones o Langostinos congelados.

Requisitos

6.1.5.1 El límite máximo de contaminantes no debe superar lo establecido en la siguiente **Tabla 3** (p. 4)

Tabla 3.

Límite permisible para metales pesados en camarones congelados establecidos en la norma INEN 456:2013

Requisitos	Límite Máximo en mg/kg
Mercurio, como Hg	0.5

Fuente: NTE INEN, 2013

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo debido a que se basa exclusivamente en la recolección, medición y análisis estadístico de datos numéricos de la biometría de las muestras de *Ucides occidentalis* (tallas y pesos), sedimento, agua de río y resultados de concentración de mercurio.

3.1.1 Tipo de investigación

3.1.1.1. Investigación documental.

La presente investigación se basó en fuentes bibliográficas, libros, artículos científicos, informes, revistas, tesis, trabajos de posgrado y páginas web. Adicionalmente, en temas relacionados con estudios ya realizados sobre la presencia de mercurio en agua, sedimentos y organismos vivos de la Reserva Ecológica Manglares de Churute. Además de definiciones básicas, calidad del agua de estuarios y espectrofotometría atómica.

3.1.1.2. Investigación de campo y laboratorio.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación la recolección de datos se realizó a través de la toma de muestras de agua, sedimentos y muestras de hepatopáncreas del cangrejo recolectadas en manglares de la Reserva Ecológica Manglares de Churute.

Las muestras fueron analizadas en un laboratorio certificado donde se analizaron las concentraciones de mercurio en las muestras de agua, sedimentos y organismos vivos.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, ya que se basa en la observación y recolección de datos en el hábitat natural de la especie sin manipular deliberadamente las variables ambientales o biológicas. Posteriormente, el análisis se limita a medir y describir las dimensiones físicas, al igual que el nivel de Hg existente en el ecosistema y crustáceos.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente.

- Peso del cangrejo (g)
- Tamaño del cangrejo (cm)

- Muestra de agua (L)
- Muestra de sedimento (g)
- Puntos de muestreo (número de puntos)

3.2.1.2. Variable dependiente.

- Concentración de mercurio en el cangrejo (mg/kg)
- Concentración de mercurio en muestra de agua (mg/kg)
- Concentración de mercurio en muestra de sedimento (mg/kg)

3.2.2 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 4.

Variables independientes

Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Peso del cangrejo (g)	Cuantitativa	Continua	Masa del cangrejo medida en gramos.
Tamaño del cangrejo (cm)	Cuantitativa	Continua	Longitud o dimensión corporal del cangrejo en centímetros.
Muestra de agua (L)	Cuantitativa	Continua	Volumen de agua recolectado en litros para análisis.
Muestra de sedimento (g)	Cuantitativa	Continua	Cantidad de sedimento recolectado en gramos.
Puntos de muestreo (N°)	Cuantitativa	Discreta	Número de sitios donde se realiza la recolección de muestras.

Elaborado por: El Autor, 2026

Tabla 5.

Variables dependientes

Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Concentración de mercurio en el cangrejo (mg/kg)	Cuantitativa	Continua	Cantidad de mercurio presente en el tejido del cangrejo.
Concentración de mercurio en muestra de agua (mg/kg)	Cuantitativa	Continua	Nivel de mercurio detectado en las muestras de agua recolectadas.
Concentración de mercurio en muestra de sedimento (mg/kg)	Cuantitativa	Continua	Cantidad de mercurio presente en las muestras de sedimento.

Elaborado por: El Autor, 2026

3.2.3 Recolección de datos

3.2.3.1. Recursos materiales y tecnológicos.

- Laptop
- Celular
- Pendrive
- Guantes de látex
- Pala
- Fundas herméticas
- Rotulador
- Hielera
- Hielo
- Balde
- Cuerda
- Botellas de plástico

3.2.3.2. Recursos informáticos de software.

- Word
- Excel
- QGIS 3.40.8

3.2.3.3. Métodos y técnicas.

3.2.3.3.1. Georreferenciación de las zonas y puntos de muestreo.

La Reserva Ecológica Manglares Churute se localizar al sureste de la provincia del Guayas, cerca de Guayaquil. Sus coordenadas geográficas son 2°30'32" S y 79°44'38" O en las coordenadas UTM Datum WGS-84 zona 17S, con una superficie de 47 174.45 ha. El software QGIS 3.40.8 'Prizren', con Licencia Pública General GNU (GPL), permitió posicionar la imagen satelital del área de estudio correctamente en el espacio geográfico dentro de QGIS. Al cargar los puntos de control (CSV), se asociaron las ubicaciones específicas de la imagen con sus coordenadas geográficas exactas. Una vez la imagen georreferenciada, se añadieron capas adicionales del área protegida para su debida delimitación.

3.2.3.3.2. Técnicas de muestreo de agua, sedimento y cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*).

- Muestreo de agua.

Según la norma INEN 2169 (2013) establece los procedimientos y las medidas de precaución que deben aplicarse durante la conservación y el transporte de muestras de agua destinadas a análisis de laboratorio. En cumplimiento de estas directrices, los recipientes utilizados para la determinación de parámetros físicos y químicos fueron llenados completamente y sellados de manera que se evitara la presencia de aire en su interior. Este procedimiento tiene como finalidad minimizar la interacción entre la muestra y la fase gaseosa, así como reducir los efectos de la agitación durante el transporte. De esta manera se previenen alteraciones en las características fisicoquímicas de la muestra, tales como cambios en la concentración de dióxido de carbono, variaciones de pH, la transformación de bicarbonatos en carbonatos susceptibles de precipitación y la oxidación del hierro.

Cada recipiente que contuvo las muestras fue rotulado de manera clara y permanente para evitar errores de identificación en los laboratorios. Se llevó a cabo un control de todos los detalles como fecha, hora naturaleza, tipo de análisis, etc.

Para conservar las muestras durante su conservación y el traslado, se realizó un simple enfriamiento (en baño de hielo entre 2°C y 5°C) y se almacenó en un lugar oscuro. Durante el transporte, las muestras se protegieron y sellaron para evitar daños o perforaciones.

- Muestreo de sedimento.

Las muestras de sedimentos fueron almacenadas en bolsas plásticas herméticas previamente esterilizadas, con el fin de preservar sus características originales y evitar posibles contaminaciones durante su manipulación y transporte. Posteriormente, cada muestra fue identificada mediante un código único, registrado de forma clara y legible con marcador indeleble para garantizar su correcta trazabilidad.

Debido a que los sedimentos procedían de ecosistemas de manglar, se permitió la decantación del material recolectado antes de su almacenamiento definitivo, procurando eliminar, en la medida de lo posible, el exceso de agua sobrenadante. Este procedimiento facilitó la conservación de la muestra y redujo posibles alteraciones en los análisis posteriores.

- Métodos de captura y conservación de muestras

La captura de los ejemplares de cangrejo rojo se realizó mediante técnicas artesanales tradicionalmente empleadas en la zona de estudio. Posteriormente, se efectuó la caracterización biométrica de cada individuo, registrándose las medidas

morfológicas mediante una cinta métrica y el peso corporal utilizando una balanza previamente calibrada, con el fin de garantizar la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos.

Tabla 6.

Registro de Medidas Biométricas del Cangrejo Rojo

Código de muestra	Tamaño	Peso
1	cm	g
2	cm	g
3	cm	g
N	cm	g

Elaborado por: El autor, 2026

Las muestras fueron transportadas en contenedores adecuados, para evitar su deshidratación, manteniéndolos en contenedores refrigerados a una temperatura de 4°C hasta ser procesadas en el laboratorio.

Las muestras fueron diseccionadas cuidadosamente para extraer el hepatopáncreas, que es el órgano de interés para el estudio. Posteriormente, se registró el peso del hepatopáncreas extraído de cada muestra y se almacenó en recipientes limpios y herméticos, manteniendo la cadena del frío. Por último, las muestras de agua, sedimento y del hepatopáncreas fueron enviadas al laboratorio para el análisis de mercurio (Hg) a través de la espectrometría de absorción atómica por vapor frío.

3.2.3.3.3. Análisis estadístico.

- Estadística descriptiva.

En la presente investigación se llevó a cabo una estadística descriptiva para el cálculo de medidas de tendencia central y de dispersión (desviación estándar y error típico), lo que permitió resumir el comportamiento físico de las 15 muestras por cada zona de muestreo. Para el diseño de gráficos, se empleó un intervalo de confianza del 95%, ya que permitió determinar con precisión si las diferencias de tamaño entre la quela derecha e izquierda y cefalotórax son estadísticamente significativas.

– **Media aritmética ($\bar{X}$):** La media aritmética es el valor obtenido al sumar todos los datos y dividir el resultado entre el número total de datos.

– **Desviación estándar (σ):** Indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Si la desviación estándar es baja significa que los cangrejos son muy similares entre sí.

– **Límite inferior (LI):** Valor mínimo estimado dentro de un intervalo de confianza del 95%.

– **Límite superior (LS):** Valor máximo estimado dentro de un intervalo de confianza del 95%.

– **Error (SEM):** Variabilidad entre la media de la muestra.

- Estadística inferencial.

La inferencia estadística constituye una rama de la estadística que engloba los métodos y procedimientos utilizados para obtener conclusiones sobre una población a partir del análisis de muestras aleatorias. Su finalidad es realizar generalizaciones científicamente validas acerca de las características poblacionales, considerando siempre de la inferencia estadística destacan dos componentes fundamentales: la estimación de parámetros y el contraste de hipótesis (Rustom, 2012).

- Correlación de Pearson (r).

El coeficiente de correlación de Pearson es una medida estadística empleada para evaluar la intensidad y dirección de la relación lineal entre dos variables cuantitativas, medidas al menos en escala de intervalo. Este coeficiente permite determinar el grado de asociación existente entre las variables analizadas, facilitando la interpretación de su comportamiento conjunto.

Una de las principales ventajas de este estadístico es su simplicidad tanto en el cálculo como en la interpretación de los resultados. Sus valores oscilan entre -1 y +1, donde los valores cercanos a +1 indican una correlación positiva fuerte, los valores próximos a -1 reflejan una correlación negativa fuerte y los valores cercanos a 0 sugieren la ausencia de una relación lineal significativa entre las variables. Si se consideran dos variables, X e Y, el coeficiente de correlación de Pearson se representa mediante el estadístico r_{xy} entonces:

$$-1 \leq r_{xy} \leq 1$$

El coeficiente de correlación de Pearson viene definido por la siguiente expresión:

$$r_{xy} = \frac{\sum z_x z_y}{N} \quad \text{Fórmula (1)}$$

4.RESULTADOS

4.1 Georreferenciación de los puntos de muestreo para la recolección del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*)

Con respecto a las zonas de recolección de muestras (**Figura 1**), el desplazamiento se realizó mediante una lancha a motor, debido a que este medio permitió una navegación más ágil y eficiente a través de los ríos del ecosistema de manglar. Asimismo, las jornadas de muestreo se efectuaron durante la marea alta, ya que en períodos de escasa precipitación los niveles del caudal tienden a disminuir la escasez de lluvia repercute en niveles de caudales bajos, lo que limita la navegabilidad y el acceso a determinados puntos de interés. Esta planificación reconoció a la necesidad de garantizar la continuidad del recorrido, optimizar el tiempo de muestreo y reducir posibles interferencias operativas asociadas a condiciones hidrológicas desfavorables (**Anexo N°5**).

Figura 1.

Zonificación de los puntos de muestreo



Elaborado por: El Autor, 2026

Por otra parte, las excursiones se planificaron entre las 9:00 a.m. y las 11:00 a.m., con una duración estimada de entre 45 minutos y 1 hora, partiendo desde

Puerto Baquerizo Moreno y Puerto Inca. Al llegar a la zona de captura, el maestro cangrejero evaluó el lugar que sea adecuado para la recolección del cangrejo rojo, basándose en su experiencia y conocimiento del entorno. Para el día de desembarco se realizó la recolección de las muestras con una temperatura de 28 °C.

4.1.1 Zona de recolección N°1

La zona N°1 se localiza en el sector más septentrional del área evaluada, por lo que es una zona de extracción más cercana a sectores internos del ecosistema de manglar (**Figura 2**). Esta ubicación está asociada a áreas con menor intervención antrópica y mayor estabilidad ambiental, lo que favorece la presencia del recurso (**Anexo N°6**).

Figura 2.

Delimitación de los puntos de muestreo de la Zona N°1



Elaborado por: El Autor, 2026

4.1.2 Zona de recolección N°2

Al contrario, la zona N°2, se encuentra desplazada hacia el sureste en relación con la zona N° 1, evidenciando una diferencia espacial significativa (**Figura 3**). Esta zona corresponde a áreas de mayor accesibilidad para los recolectores, lo que potencialmente incrementa la presión de extracción y refleja un uso más frecuente del recurso (**Anexo N°7**).

Figura 3.

Delimitación de los puntos de muestreo de la Zona N°2



Elaborado por: El Autor, 2026

4.1.3 Zona de recolección N°3

Por su parte, la zona N°3, se ubica en el sector más meridional del área de estudio, marcando una expansión de las actividades de extracción hacia zonas periféricas del manglar (**Figura 4**). La cercanía espacial entre las zonas N°2 y N°3, especialmente en el eje longitudinal, sugiere una continuidad de áreas de aprovechamiento, aunque con posibles diferencias en intensidad de captura debido a variaciones en las condiciones ambientales y el esfuerzo de pesca (**Anexo N°8**).

De manera comparativa, la distribución de los tres puntos refleja una heterogeneidad espacial en las zonas de extracción, lo que evidencia que la

actividad de captura de cangrejo rojo no se concentra en un solo sector, sino que se dispersa a lo largo del ecosistema de manglar. Esta variabilidad espacial es un elemento clave para la gestión del recurso, ya que permite identificar áreas de mayor presión extractiva y zonas potenciales de conservación o manejo diferenciado.

Figura 4.

Delimitación de los puntos de muestreo de la Zona N°3



Elaborado por: El Autor, 2026

4.2 Caracterización biomorfológica de las muestras de cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) recolectadas en las zonas de muestreo

4.2.1 Estructura de talla y características morfológicas externas de las muestras recolectadas

4.2.1.1. Asimetría de las quelas (quelípedos).

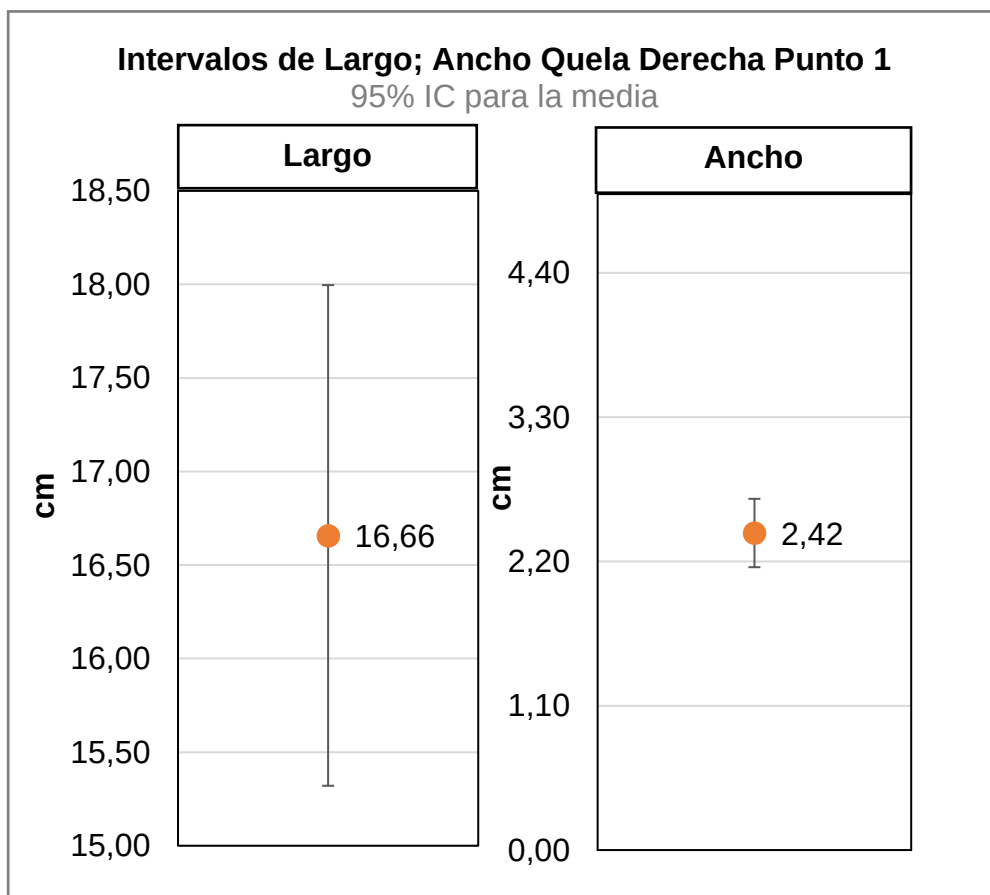
4.2.1.1.1. Caracterización de las quelas derecha e izquierda del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en la zona N°1 de muestreo.

De acuerdo al caso de la quela (pinza) derecha, los datos muestran que los cangrejos tienen un largo promedio de 16.66 cm. Sin embargo, al visualizar la **Figura 5**, existe una diferencia evidente entre los ejemplares más pequeños y los

más grandes que varían entre 15 y 18 cm aproximadamente. Esto a su vez, nos indica que en la zona de muestreo N°1 conviven cangrejos de distintas edades o tamaños. En cuanto al ancho, su promedio es de 2.42 cm, lo cual indica una medida regular.

Figura 5.

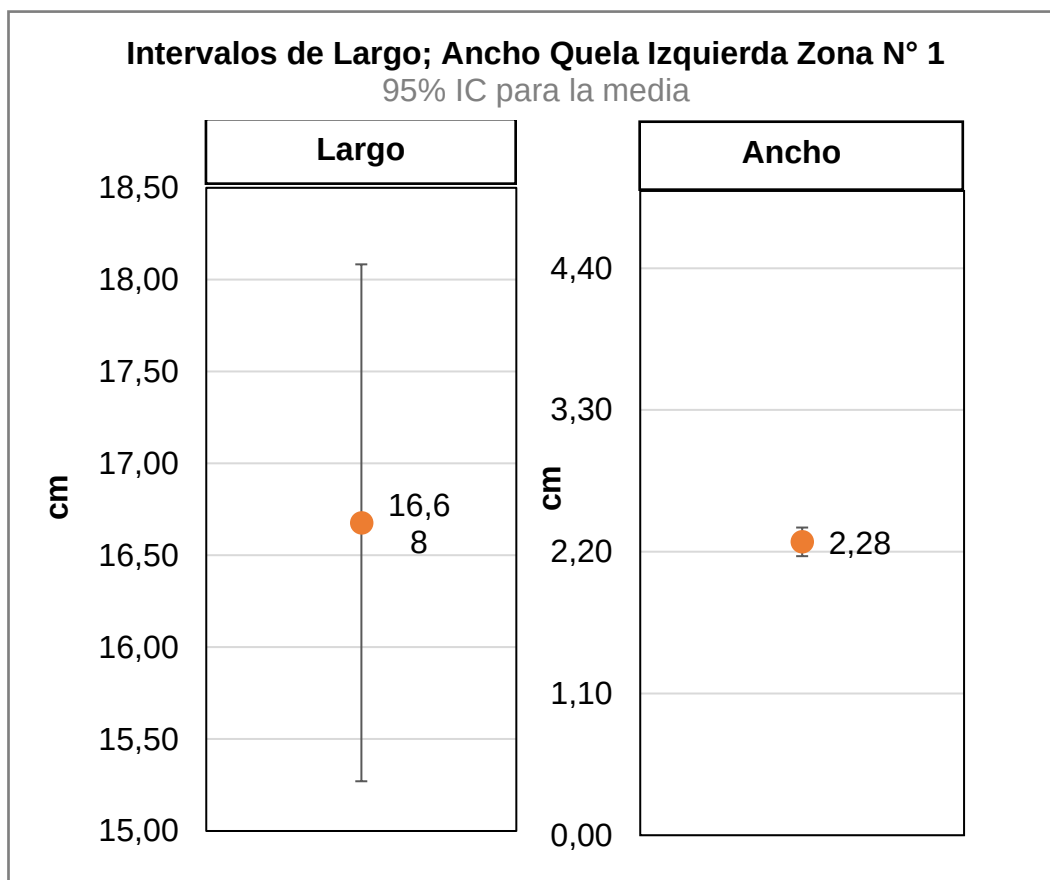
Análisis de la Quela Derecha del *Ucides occidentalis* en la Zona N°1



Elaborado por: El Autor, 2026

Por otra parte, con respecto a la quela (pinza) izquierda (**Figura 6**), presenta un largo parecido al de la derecha de 16.68 cm, lo que demuestra que los cangrejos de esta zona se encuentran desarrollándose de forma equilibrada y simétrica. Lo más interesante del lado ancho, es que tienen un promedio de 2.28 cm. Además de que la mayoría de los cangrejos tienen un ancho muy parecido entre sí, con un mínimo de variación.

Figura 6.

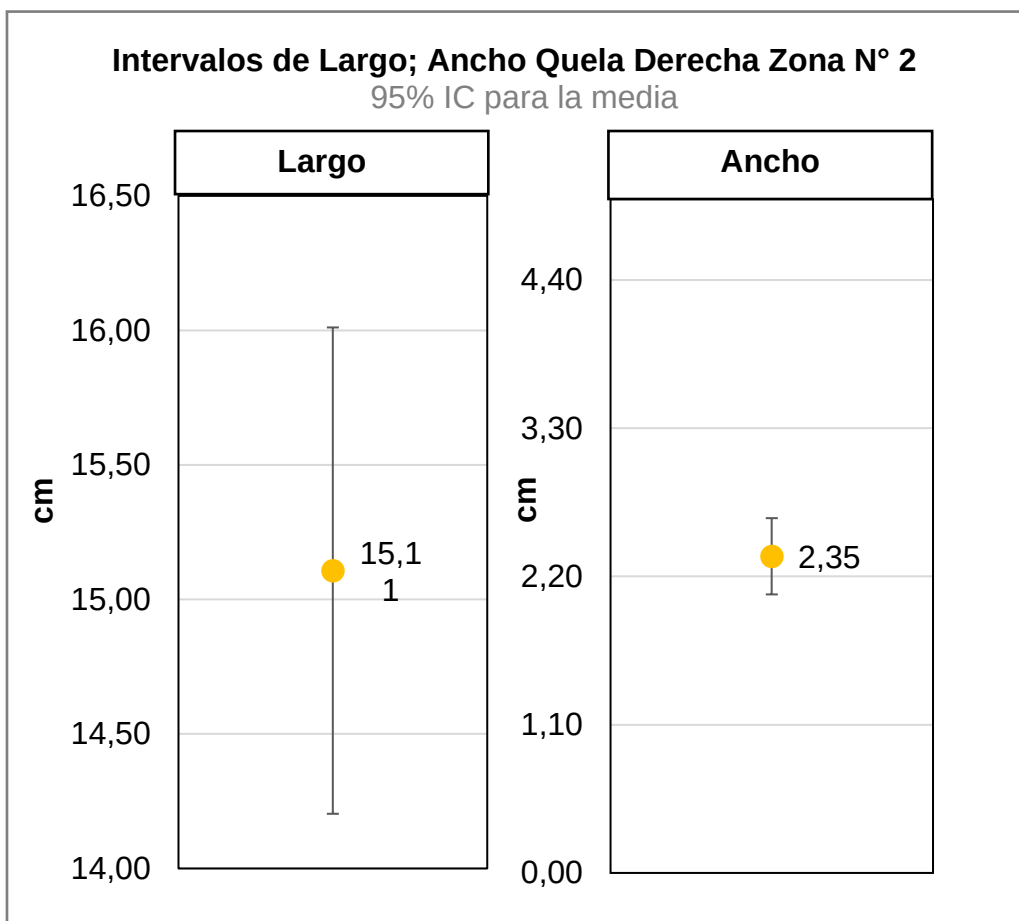
Análisis de la Quela Izquierda del *Ucides occidentalis* en la Zona N°1

Elaborado por: El Autor, 2026

Finalmente, el análisis morfométrico de los cangrejos recolectados en la zona N°1, indican promedios de largo para la quela derecha e izquierda de 16.66 cm y 16.68 cm, y de ancho 2.42 cm y 2.28 cm, lo cual presenta una variabilidad moderada con desviaciones estándar que oscilan entre 0.20 y 2.54. Estas dimensiones son indicadores críticos de la edad y estado fisiológico del crustáceo; dado que el mercurio (Hg) en un metal pesado que se bioacumula y biomagnifica con el tiempo (**Anexo N°9**).

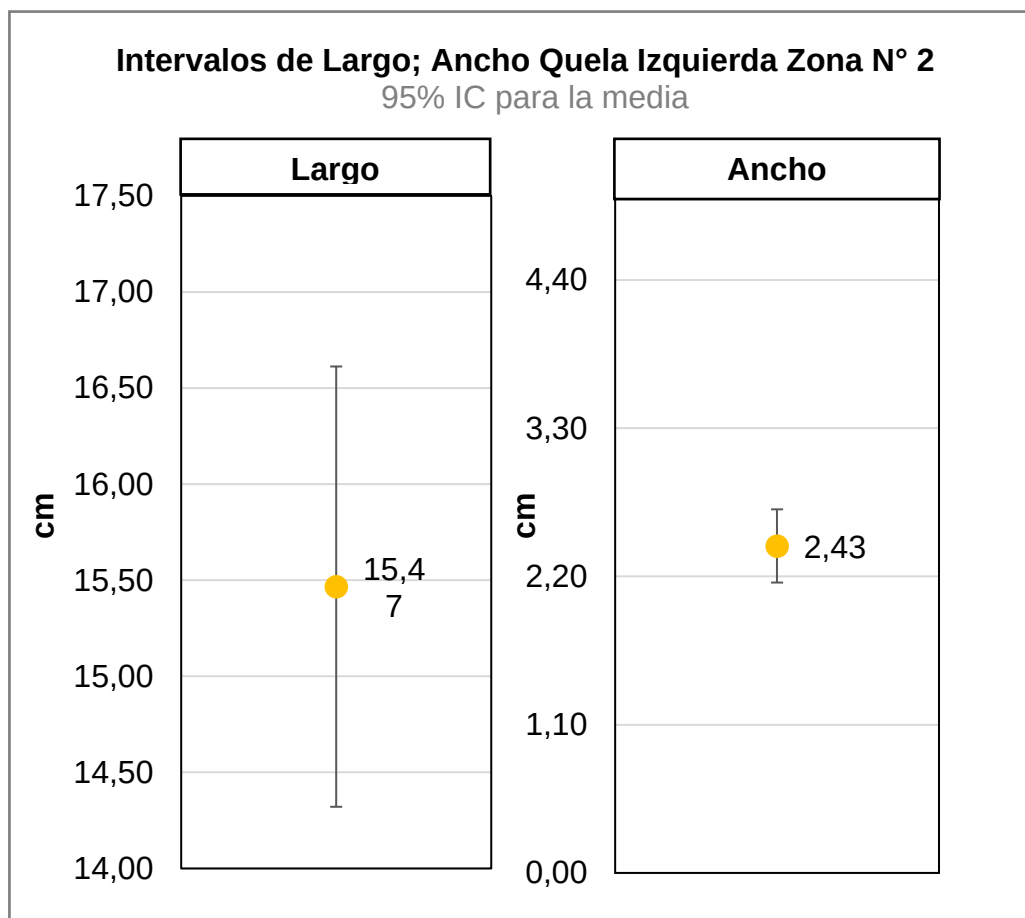
4.2.1.1.2. Caracterización de las quelas derecha e izquierda del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en la zona N°2 de muestreo.

En la zona N°2, la quela (pinza) derecha de los cangrejos tiene un largo promedio de 15.11 cm y un ancho de 2.35 cm. En la **Figura 7**, se puede constatar que los tamaños son un pocos más variados en comparación a las otras zonas de muestreo, lo que indica que la población de cangrejos de esta zona posee medidas más diversas.

Figura 7.**Análisis de la Quela Derecha del *Ucides occidentalis* en la Zona N°2****Elaborado por: El Autor, 2026**

Por su parte en la **Figura 8**, la quela (pinza) izquierda en esta zona registra un largo promedio de 15.47 cm, siendo ligeramente más grande que la derecha, y un ancho promedio de 2.43 cm. Aunque existe una pequeña diferencia de tamaño entre ambos lados.

Figura 8.

Análisis de la Quela Izquierda del *Ucides occidentalis* en la Zona N°2**Elaborado por: El Autor, 2026**

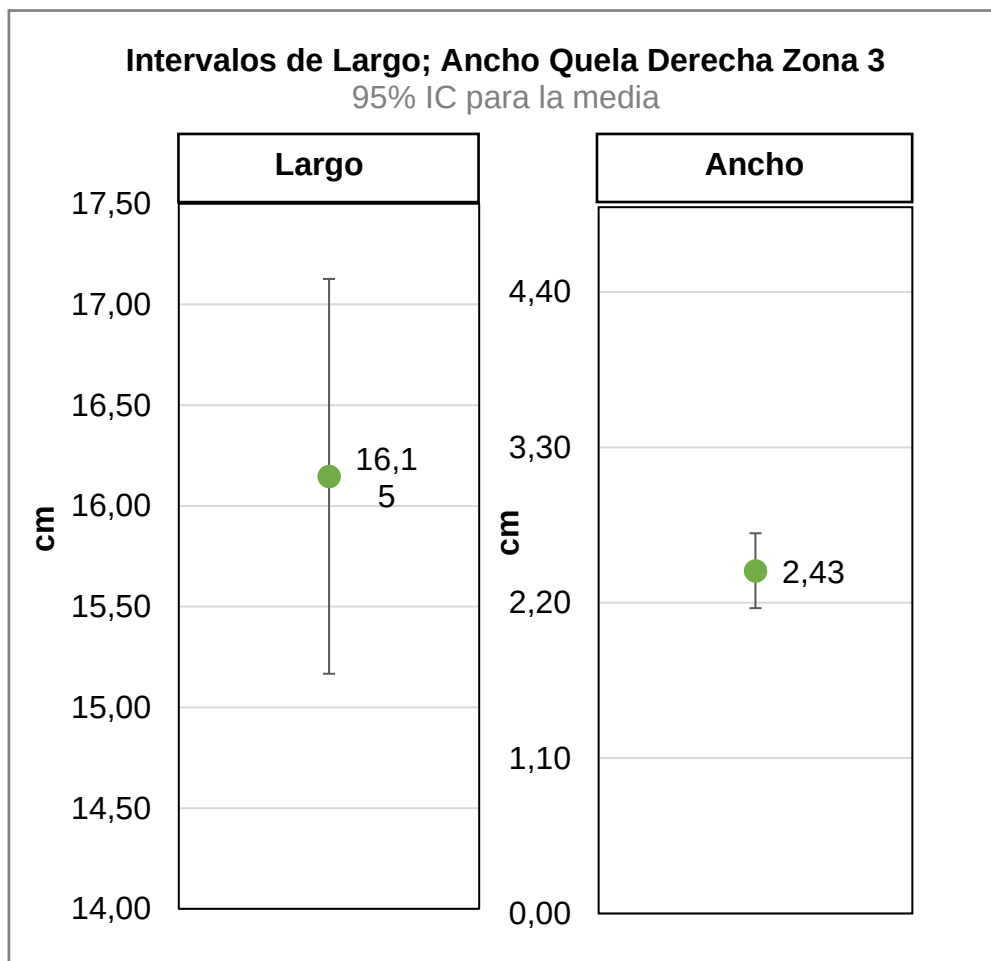
Por último, la zona N°2 de muestreo, refleja que ambas quelas muestran una ligera asimetría funcional, con la pinza izquierda siendo levemente más grande en promedio (15.47 cm de largo y 2.43 cm de ancho) frente a la derecha (15.11 cm de largo y 2.35 cm de ancho). Aunque los intervalos indican que existe una variabilidad natural en el crecimiento de los crustáceos, la cercanía entre estos valores valida que la población de esta especie cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) mantiene un desarrollo físico equilibrado (**Anexo N°10**).

4.2.1.1.3. Caracterización de las quelas derecha e izquierda del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en la zona N°3.

En cuanto a la zona N°3, la quela (pinza) derecha muestra un largo promedio de 16.15 cm y un ancho de 2.43 cm. En la **Figura 9**, se evidencia una dispersión considerable de error de ± 0.98 , lo que indica que el grupo de cangrejos en estudio es físicamente diverso en cuanto a su longitud. Cabe recalcar que las pinzas con mayor superficie y masa muscular, como las registradas en esta zona, suelen tener un historial de bioacumulación de Hg más prolongado al haber filtrado sedimentos del manglar durante más tiempo que los cangrejos más jóvenes.

Figura 9.

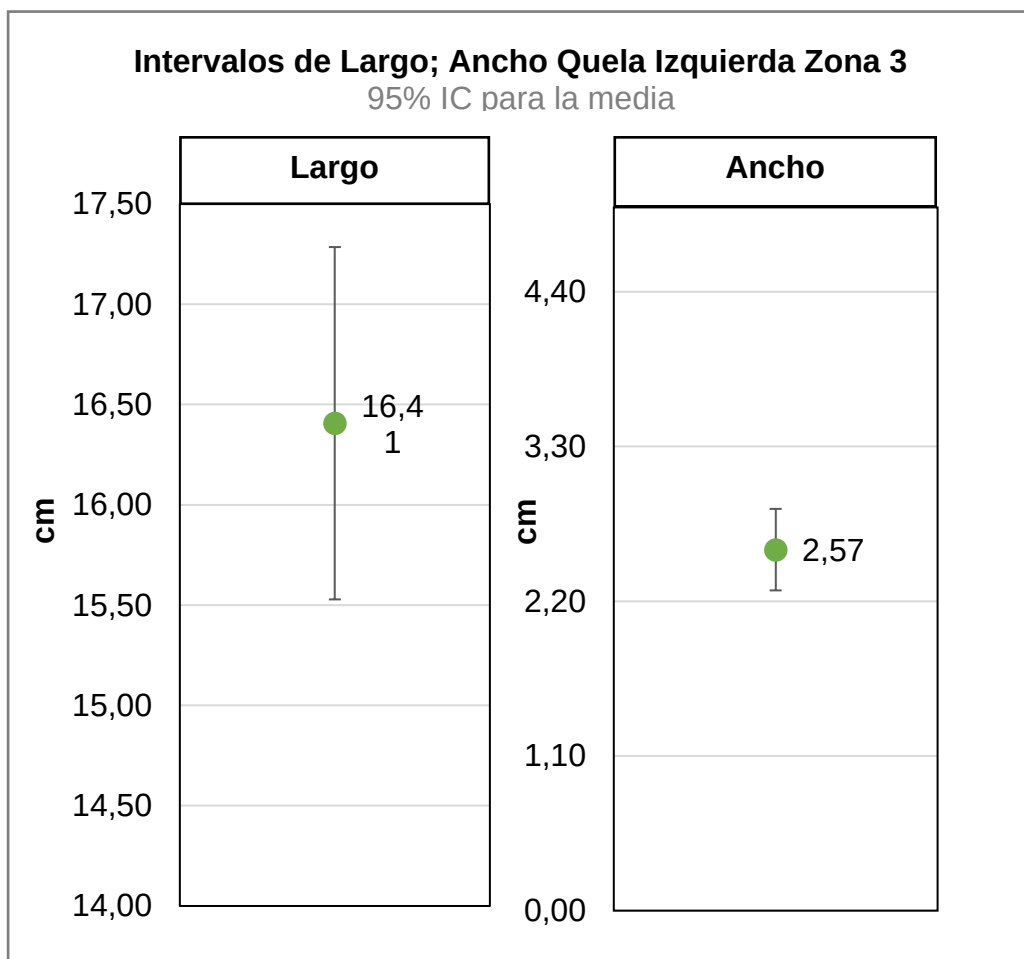
Análisis de la Quela Derecha del *Ucides occidentalis* en la Zona N°3



Elaborado por: El Autor, 2026

Por otro lado, la quela (pinza) izquierda presenta medidas más altas de esta zona de muestreo, con un largo promedio de 16.41 cm y un ancho de 2.57 cm. La **Figura 10**, revela que esta extremidad es ligeramente más robusta que la derecha, manteniendo una presión estadística notable con un error de ± 0.88 en su longitud.

Figura 10.

Análisis de la Quela Izquierda del *Ucides occidentalis* en la Zona N°3**Elaborado por: El Autor, 2026**

Finalmente, ambas quelas revelan un desarrollo físico superior en comparación a las demás zonas de muestreo, destacando una ligera predominancia de la quela (pinza) izquierda, la cual alcanza un largo promedio de 16.41 cm y el mayor ancho registrado en el análisis con 2.57 cm. Aunque la quela derecha presenta una media de largo levemente menor de 16.15 cm y una mayor variabilidad en sus medidas (**Anexo N°11**).

4.2.1.2. Talla del cefalotórax de las muestras de cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*).

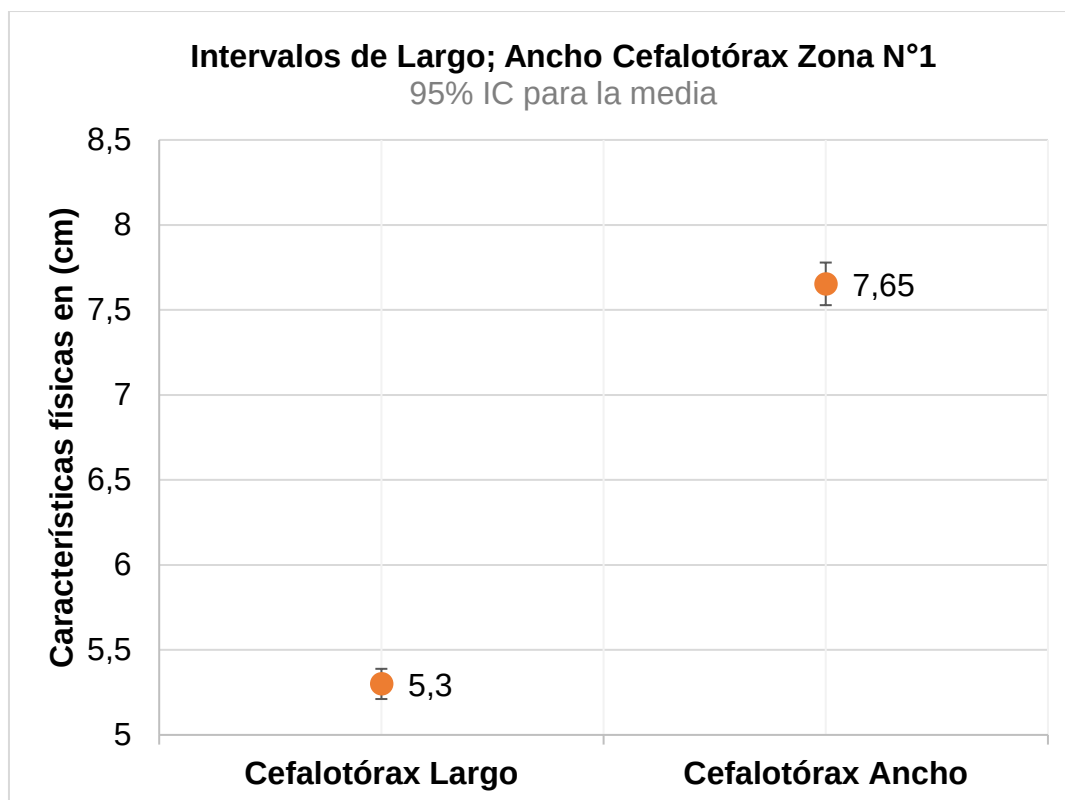
Se realizó la caracterización individual de cada muestra en las distintas zonas de muestreo, con la finalidad de establecer una media representativa que permita normalizar los datos biológicos frente a la cantidad de carga contaminante (Hg). Esta estandarización es indispensable, ya que el cefalotórax es una zona crítica, ya que protege los órganos vitales y hepatopáncreas del crustáceo, puesto que los metales pesados suelen acumularse allí con mayor intensidad.

4.2.1.2.1. Talla promedio del cefalotórax de la zona N°1.

El análisis morfométrico del cefalotórax en la zona N°1 (**Figura 11**) muestra una medida de 5.3 cm de largo y 7.65 cm de ancho, con una dispersión de datos sumamente baja, como lo indican las desviaciones estándar de 0.16 y 0.23 respectivamente. Por otra parte, la relación entre el ancho del cefalotórax (7.65 cm) y el largo (5.3 cm) confirma que las muestras de cangrejos analizadas se encuentran dentro de los rangos biológicos esperados para la especie *Ucides occidentalis* (**Anexo N°12**).

Figura 11.

Análisis del Cefalotórax del *Ucides occidentalis* en la Zona N°1



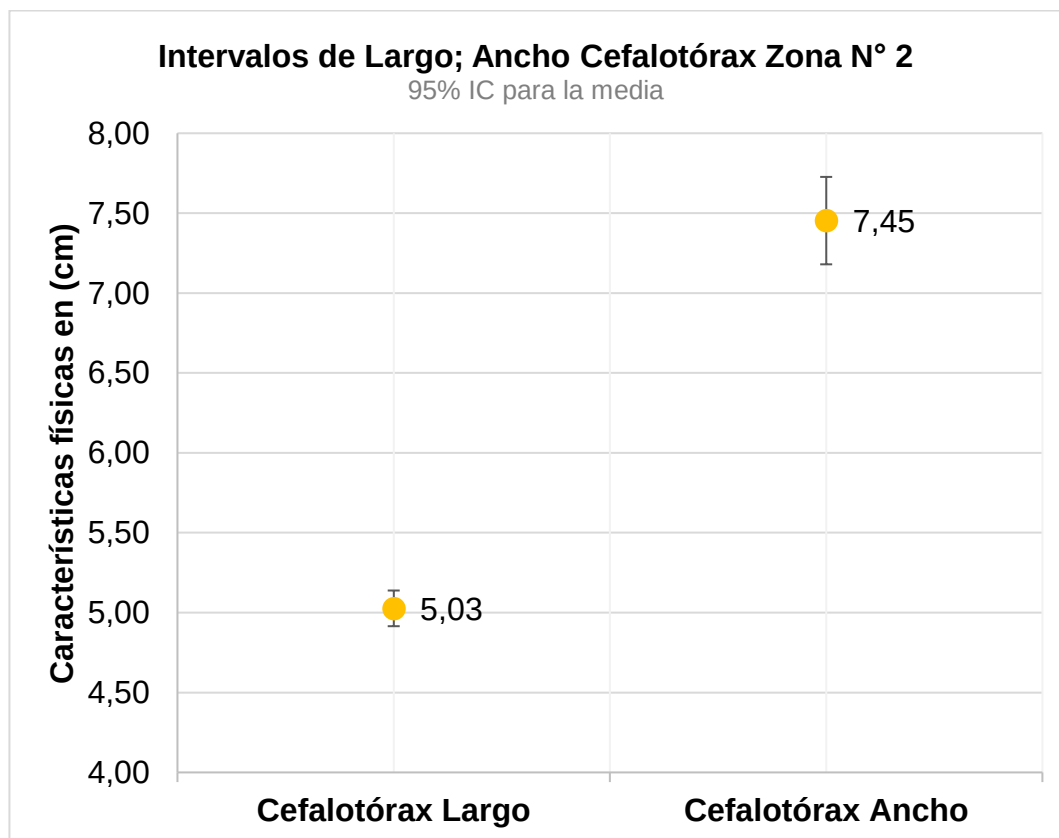
Elaborado por: El Autor, 2026

4.2.1.2.2. Talla promedio del cefalotórax de la zona N°2.

En base al análisis del cefalotórax de las muestras de *Ucides occidentalis* extraídas de la zona N°2 de muestreo (**Figura 12**), se obtuvo una media de 5.03 cm de largo y 7.45 cm de ancho. Aunque sus valores siguen siendo consistentes, se observa una variabilidad ligeramente mayor en el ancho (desviación estándar de 0.49) en comparación con el largo (0.20). En cuanto a los datos obtenidos, se sugiere que existe una mayor diversidad en el crecimiento de cangrejos de esta zona, la cual puede ser relacionada por la disponibilidad de nutrientes o condiciones del sustrato lodoso donde los crustáceos habitan (**Anexo N°13**).

Figura 12.

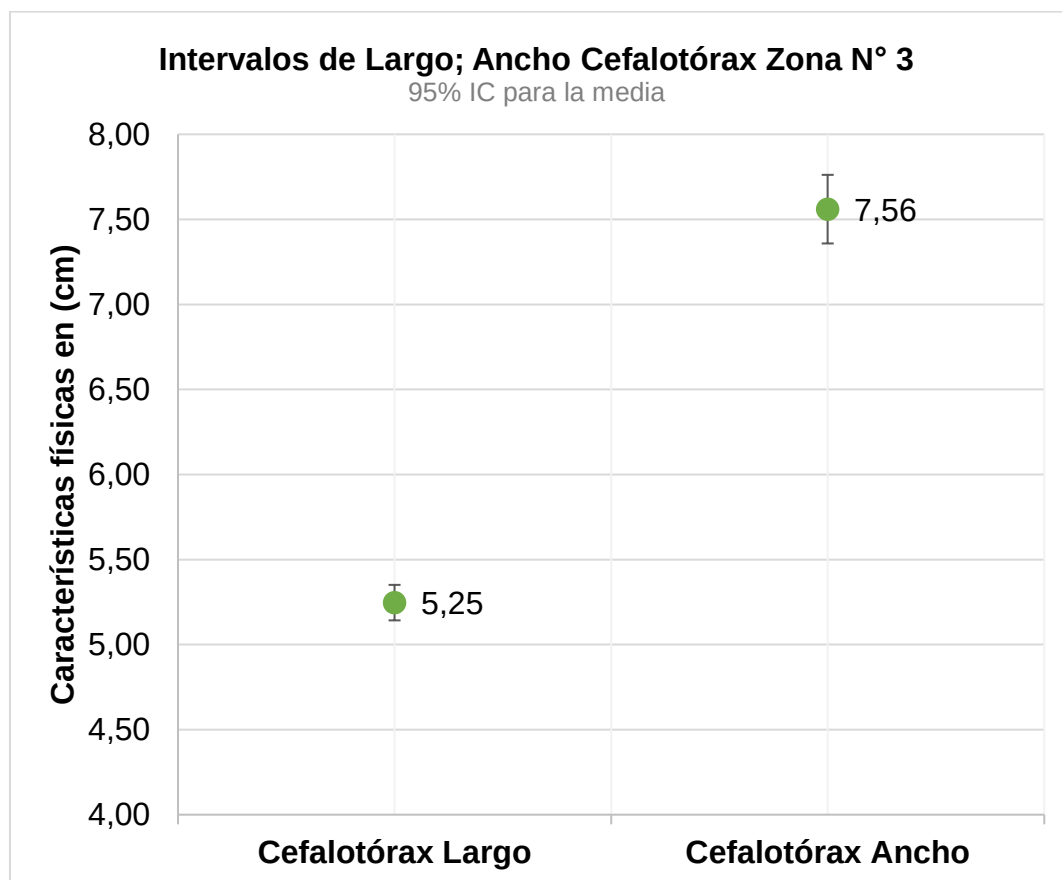
Análisis del Cefalotórax del *Ucides occidentalis* en la Zona N°2



Elaborado por: El Autor, 2026

4.2.1.2.3. Talla promedio del cefalotórax de la zona N°3.

En la zona N°3, el cefalotórax de las muestras de *Ucides occidentalis* presentan una media de 5.25 cm de largo y 7.56 cm de ancho. En la **Figura 13**, se puede visualizar una alta precisión en las medidas, con un error estándar de apenas ± 0.10 para el largo y ± 0.20 para el ancho. Estos valores indican que los crustáceos de esta zona son adultos, con un desarrollo biológico estable (**Anexo N°14**).

Figura 13.**Análisis del Cefalotórax del *Ucides occidentalis* en la Zona N°3**

Elaborado por: El Autor, 2026

4.2.2 Parámetros biométricos y condición fisiológica de las muestras recolectadas

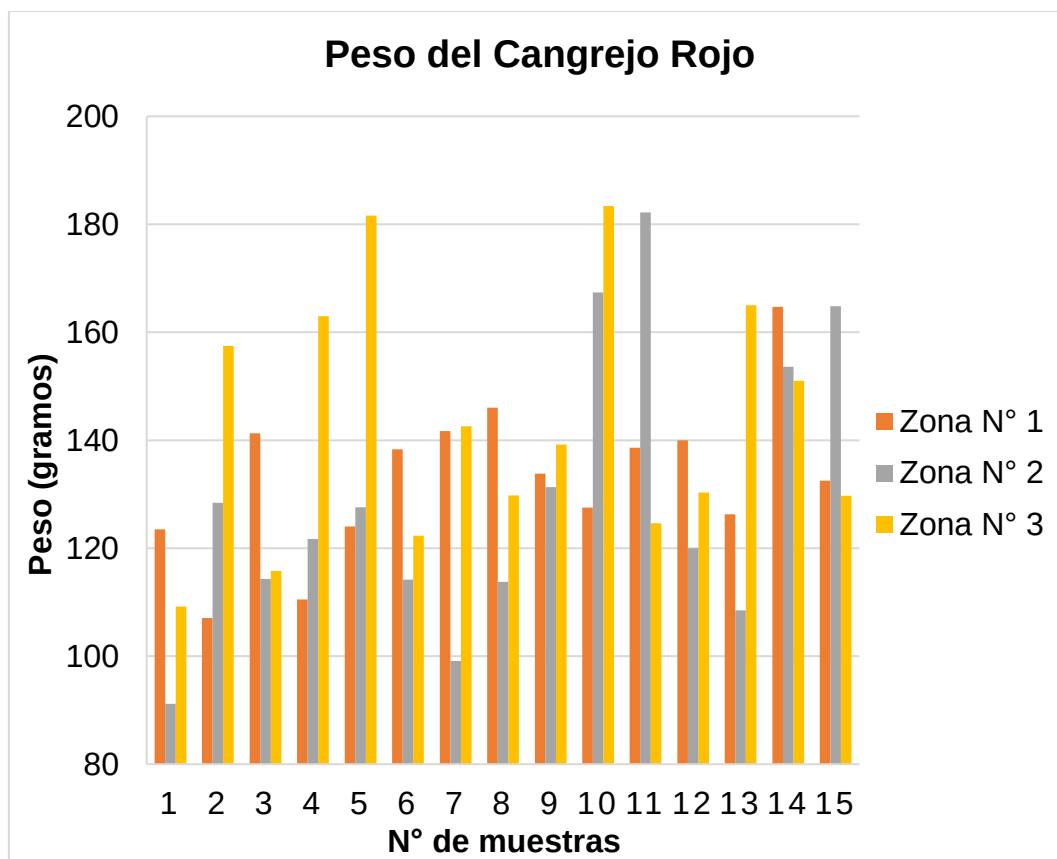
4.2.2.1. Peso total de las muestras de Cangrejo Rojo (*Ucides occidentalis*).

Con respecto al análisis del peso de *Ucides occidentalis*, se evidencia una fluctuación significativa entre las 3 zonas de muestro de la Reserva Ecológica Manglares Churute, con valores que oscilan desde los 91.2 g hasta picos máximos de 183.4 g. En la **Figura 14**, se observa que la Zona N°3 presenta una tendencia hacia pesos más elevados en comparación con las Zonas N° 1 y N°2, lo que indica que en este sector habitan cangrejos con un mayor desarrollo de masa muscular y reservas de grasa. Desde el punto de vista toxicológico, los crustáceos más pesados suelen tener una mayor capacidad de almacenamiento en tejidos blandos, lo que podría traducirse en una acumulación total de mercurio superior debido al

volumen biológico disponible para retener el metal pesado a través del tiempo (Anexo N°15).

Figura 14.

Peso del Cangrejo Rojo en las Zonas de muestreo



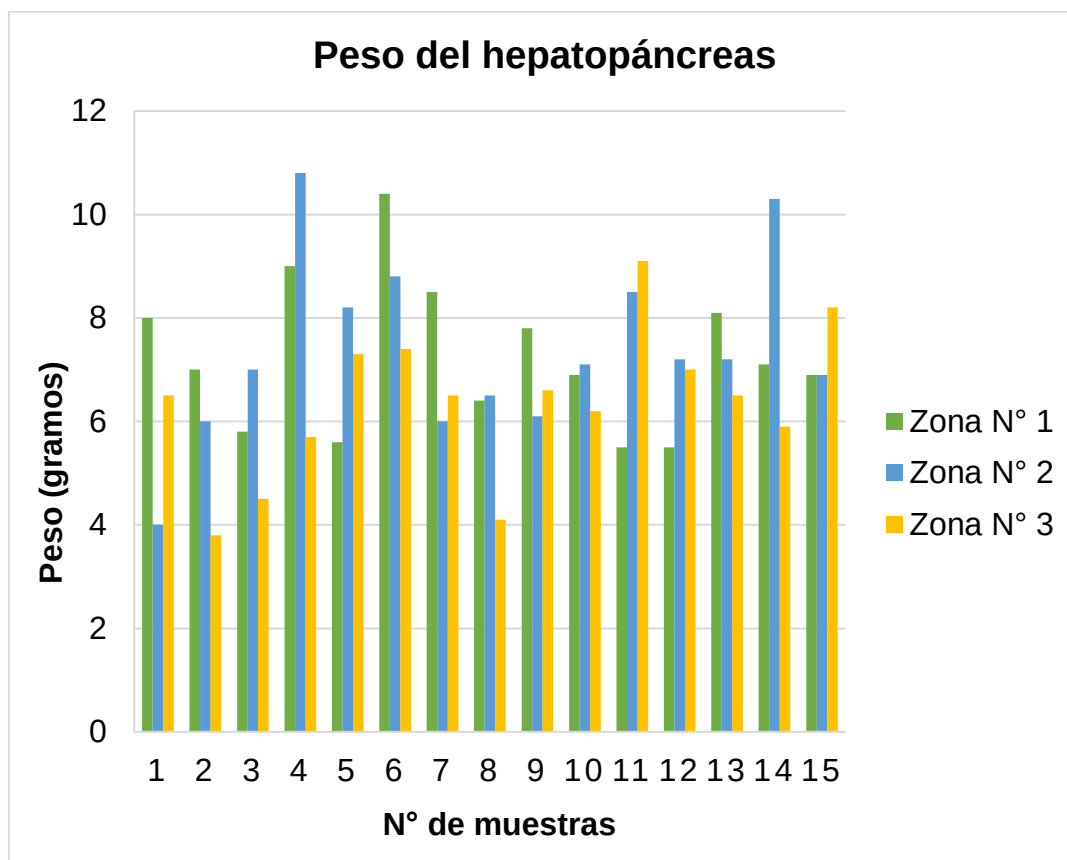
Elaborado por: El Autor, 2026

4.2.2.2. Peso del hepatopáncreas de las muestras de Cangrejo Rojo (*Ucides occidentalis*).

El peso del hepatopáncreas de las muestras de *Ucides occidentalis* de la Reserva Ecológica Manglares Churute muestra una variabilidad dinámica entre las tres zonas de muestreo, con valores que oscilan entre los 3.8 g y los 10.8 g. En la **Figura 15**, se observa que, aunque las medidas son relativamente cercanas, la Zona N°2 presenta picos de pesos más elevados en comparación con las demás (Anexo N°16).

Figura 15.

Peso del hepatopáncreas del Cangrejo Rojo en las Zonas de muestreo



Elaborado por: El Autor, 2026

4.3 Correlación entre la concentración de mercurio en el cangrejo rojo y los niveles de mercurio en los sedimentos - aguas cercanas a los puntos de muestreo.

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian una distribución diferenciada del mercurio (Hg) entre las matrices analizadas (cangrejo rojo, agua y sedimentos) en la Reserva ecológica Manglares Churute, lo que refleja el comportamiento ambiental característico de este metal en ecosistemas de manglar.

4.3.1 Niveles de Mercurio (Hg) en el hepatopáncreas del *Ucides occidentalis*

La ausencia de mercurio (<0.08 mg/kg) en las 45 muestras de cangrejo rojo analizadas indica que, al momento del estudio, no existe evidencia de bioacumulación de este metal en el hepatopáncreas de la especie.

4.3.2 Niveles de Mercurio (Hg) en las muestras sedimento y agua

De manera concordante, las muestras de agua recolectadas no presentaron concentraciones detectables de mercurio, lo cual puede explicarse por procesos de

dilución, volatilización y sedimentación propios de los sistemas estuarinos. La baja solubilidad del mercurio en la columna de agua y su tendencia a asociarse con partículas finas y materia orgánica hacen que esta matriz no siempre refleje la presencia del metal aun cuando exista acumulación en otros compartimientos del ecosistema.

En cuanto a los sedimentos, los resultados muestran un comportamiento espacial diferenciado. Los sedimentos correspondientes a las Zonas N°1 y N°2, no presentaron presencia detectable de mercurio, lo que sugiere condiciones ambientales relativamente estables y una baja influencia de fuentes contaminantes en estos sectores del manglar. Sin embargo, en la Zona N°3, el más alejado de los otros sitios de muestreo, se registró una concentración de mercurio de 0.15 mg/kg, lo que evidencia una acumulación localizada del metal en el sedimento.

5. DISCUSIÓN

En la presente investigación se evaluaron 45 ejemplares de cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) con la finalidad de determinar la concentración de mercurio (Hg) en el hepatopáncreas. Los análisis realizados mostraron que las concentraciones de este metal se encontraron por debajo del límite de detección del método analítico empleado, por lo que no fue posible evidenciar su presencia en las muestras analizadas. Estos resultados sugieren que los individuos procedentes de la Reserva Ecológica Manglares Churute no presentan niveles detectables de mercurio en el hepatopáncreas bajo condiciones y el periodo de muestreo considerados en el estudio. Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por De Cock et al. (2021), quienes evaluaron la presencia de diferentes metales, incluido el Hg, en *Ucides occidentalis* del estuario del Guayas. Los autores analizaron tejidos del organismo, entre ellos el hepatopáncreas, además de sedimentos y otras matrices ambientales. La comparación resulta relevante debido a que ambas investigaciones fueron desarrolladas sobre la misma especie y dentro del sistema estuarino del Guayas.

El análisis espacial de las zonas de extracción de cangrejo rojo permite identificar diferencias en la distribución y localización de las áreas de captura dentro del área de estudio. La heterogeneidad espacial observada en la distribución de los puntos de extracción de cangrejo rojo concuerda con lo reportado en diversos estudios sobre pesquerías artesanales en ecosistemas de manglar. Investigaciones realizadas en manglares de América latina señalan que la actividad extractiva del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) no se concentra en un único sector, si no que se distribuye espacialmente en función de factores ambientales, accesibilidad y conocimiento tradicional de los recolectores (Calvo et al., 2023).

La selección de las tres zonas de muestreo se alinea con reportes de investigaciones que reconocen el valor del conocimiento tradicional de los recolectores para identificar áreas con mayor probabilidad de encuentro del recurso. Hernández et al. (2020) documenta que los pescadores artesanales poseen un entendimiento detallado de la distribución espacial del cangrejo rojo basado en generaciones de observación directa, lo cual resulta complementario a los análisis técnicos de SIG. En el presente estudio, la distribución de los puntos de muestreo refleja esta integración entre saber local y metodología científica,

permitiendo una caracterización más representativa del sistema de explotación real.

Los datos morfométricos de las tres zonas de muestreo (Zona N°1, N°2 y N°3) evidencian variaciones en las características físicas de los organismos capturados, lo cual puede relacionarse con diferencias en la presión extractiva entre sectores de fácil y difícil acceso. Estudios desarrollados en manglares de Ecuador y Brasil indican que las áreas sometidas a mayor presión extractiva suelen localizarse en sectores de fácil acceso, mientras que zonas internas o de difícil ingreso presentan una menor intensidad de captura y pueden funcionar como refugios naturales para la especie (Ávala y Velásquez, 2022). La diferencia espacial observada en el presente estudio coincide con la identificación de sectores potenciales de manejo diferenciado, donde la variabilidad en el peso del cangrejo rojo (que oscila entre 107.1 g y 181.6 g según la zona y la muestra) sugiere la existencia de condiciones ambientales y antrópicas diferenciadas entre los puntos de muestreo georreferenciados.

Las características morfométricas del cefalotórax (largo y ancho) y de las quelas (derecha e izquierda) presentan variaciones entre las tres zonas estudiadas que respaldan la pertinencia de la estratificación espacial del muestreo. Los datos muestran que el cefalotórax largo oscila entre 4.8 cm y 5.6 cm en promedio según la zona, mientras que el ancho del cefalotórax varía entre 7.45 cm y 7.85 cm. Estas diferencias morfométricas, junto con la variación en el peso total (132.5 g a 164.8 g en cada zona), sugieren la existencia de condiciones ambientales diferenciadas que justifican el establecimiento de zonas de muestreo independientes mediante técnicas de georreferenciación, en concordancia con estudios que emplean variables biológicas para validar estratificaciones espaciales en pesquerías de crustáceos (Salas et al., 2021).

Los resultados obtenidos indican la ausencia de mercurio (Hg) en las 45 muestras de cangrejo rojo (*Ucides Occidentalis*) y muestras de agua (<0.08 mg/kg), evidenciando la ausencia de este metal en los crustáceos y cuerpos de agua procedentes de la Reserva Ecológica Manglares Churute. Este resultado sugiere que las concentraciones ambientales de Hg presentes en el área no son suficientes para ser incorporadas a la biota, o que los mecanismos fisiológicos del cangrejo permiten regular y eliminar el metal antes de que alcance niveles detectables. Sin embargo, se detectó una concentración baja de Hg de 0.15 mg/kg en el sedimento

de la Zona N°3., lo que podría estar asociado a factores como diferencias en la dinámica hidrosedimentaria, mayor contenido de materia orgánica, características granulométricas del sedimento o posibles aportes puntuales de origen natural o antrópico.

El hepatopáncreas de los crustáceos decápodos constituye el órgano principal de acumulación de metales pesados debido a su función metabólica y su papel en el almacenamiento de nutrientes. La ausencia de mercurio en el cangrejo rojo (45 muestras), a pesar de su presencia puntual en sedimentos de la Zona N°3, indica que actualmente no se está produciendo una transferencia significativa del metal desde el sedimento hacia la biota. Este resultado coincide con estudios que señalan que la bioacumulación de mercurio no depende solo de su concentración total, sino que también de su forma química, biodisponibilidad y condiciones ambientales que favorezcan procesos como la metilación. En conjunto los resultados sugieren que el ecosistema de manglar de la Reserva Ecológica Manglares Churute, presenta condiciones favorables en relación con la contaminación por mercurio, aunque con evidencias de acumulación localizadas en sedimentos. Este resultado es comparable a estudios en camarón (*Litopenaeus vannamei*) donde la ausencia de bioacumulación se atribuye a bajas tasas de metilación del mercurio en sedimentos con baja carga contaminante (Frías et al., 2023). Los resultados también adquieren importancia debido a que la Reserva Ecológica Manglares Churute constituye un ecosistema de manglar con relevancia ecológica. Investigaciones recientes realizadas específicamente en los sedimentos de esta reserva han demostrado el interés científico que existe en caracterizar las condiciones ambientales de estos sistemas y su diversidad biológica (Álvarez Montero et al., 2026). En este contexto, el hallazgo puntual de Hg en el sedimento del punto 3 constituye un elemento que debe ser considerado dentro de futuros programas de monitoreo ambiental.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El análisis espacial de las zonas de extracción del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en la Reserva Ecológica Manglares Churute, se realizó a través de SIG reflejando una distribución heterogénea de las áreas de captura, en función de la accesibilidad y disponibilidad de recurso. Esta variabilidad espacial garantizó la sostenibilidad del recurso y la conservación del ecosistema de manglar para llevar a cabo el estudio.

El análisis biomorfológico de *Ucides occidentalis* reveló variaciones en su peso total de 107 g hasta 182 g y hepatopáncreas con pesos de 3.8 g hasta 108 g. La caracterización individual de las 45 muestras en las distintas zonas de muestreo permitió establecer una media representativa para estandarizar los datos biológicos frente a la cantidad de carga contaminante.

La espectrometría de absorción atómica por vapor frío reveló la ausencia de mercurio en el hepatopáncreas de las 45 muestras de cangrejo rojo y en las muestras de agua de los tres puntos de muestreo (<0.08 mg/kg), mientras que únicamente el sedimento de la Zona N°3 registra una concentración de 0.15 mg/kg. Este patrón indica que no cumple con la hipótesis, ya que no se evidencia presencia de mercurio en el hepatopáncreas de las muestras de cangrejo rojo, sin embargo, presenta mayor afinidad en los sedimentos, manteniendo niveles de contaminación bajos.

6.2 Recomendaciones

Implementar un programa sistemático de evaluación de mercurio en agua, sedimentos y organismos bioindicadores, ampliando el número de puntos de muestreo e incorporando muestreos estacionales (especialmente en épocas lluviosas) para identificar variaciones temporales y espaciales asociadas a la dinámica hidrológica del ecosistema.

Es imprescindible que se realicen investigaciones exhaustivas sobre el metilmercurio por su alta toxicidad y bioacumulación, e incorporar especies como camarón (*Litopenaeus vannamei*) y concha prieta (*Anadara tuberculosa*) como bioindicadores adicionales. Esta aproximación permitirá comprender el comportamiento del mercurio en la red trófica del manglar, identificar puntos de biomagnificación y establecer líneas bases para programas de vigilancia ambiental

continúa.

Fortalecer las estrategias de educación ambiental dirigidas a las comunidades locales, mediante programas de Sistema de Información Geográfica (SIG), que permitan visualizar especialmente las zonas de mayor presión extractiva, rotación de áreas de captura y sectores prioritarios para su conservación. Esta formación promoverá prácticas responsables que permitirán preservar la calidad ambiental y el equilibrio ecológico de los manglares.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Protección Ambiental y la Administración de Alimentos y Drogas. (2004). *Lo que usted necesita saber sobre el mercurio en el pescado y los mariscos*. EPA: <https://archive.epa.gov/epa/choose-fish-and-shellfish-wisely/lo-que-usted-necesita-saber-sobre-el-mercurio-en-el-pescado-y-los.html>
- Alvarado, R., y Huayambe, H. (2016). *Estudio de factibilidad para la creación de un establecimiento especializado en nuevas tendencias culinarias del cangrejo rojo (Ucides occidentalis) en la ciudad de Guayaquil*. Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/14188>
- Álvarez Montero, X., Mercado Reyes, I., Castillo Chamba, W., Gordillo, G., Santos Ordóñez, E., Portalanza, D., y Saeteros Hernández, A. (2026). Metabarcoding insights into the fungal diversity and biotechnological potential of mangrove sediments in Ecuador's Reserva Ecológica Manglares Churute. *Frontiers in Fungal Biology* 7, 1710970. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/ffunb.2026.1710970>
- Arcagni, M., Arribére, M., Bubach, D., Daga, R., Perez, S., Ribero, S., . . . Sánchez, R. (2010). Concentraciones de metales pesados en distintos compartimentos de lagos andinos de Patagonia Norte. *Ecología Austral*, 20(2), 155-171. <https://www.researchgate.net/publication/235945641>
- Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la república del Ecuador. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Asamblea Nacional. (2014). *Ley orgánica de los recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua*. MAATE: <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Ávala, J., y Velásquez, A. (2022). Concentración de metales pesados en sedimentos del Refugio de Vida Silvestre Isla Corazón y Fraguas, cantón Sucre- Manabí. *Repositorio Digital ESPAM*. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1790>
- Barragán, J. (1993). Biología del cangrejo de manglar, *Ucides occidentalis*, Ortmann, (Crustacea: Decapoda: Gecarcinidae). *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*, 3(1), 135–149. <https://institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2017/08/Biologia-del-cangrejo-de-mangla.pdf>

- Bravo, A., Espinosa, M., y Vilela, W. (2020). La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro. *Estudios de la Gestión: Revista Internacional de Administración*(8), 210-228. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8>
- Calvo, G., Quirós, N., Robles, D., Caballero, A., Navarro, A., y Araya, F. (2023). *Elaboración de un modelo para predecir la vulnerabilidad de metales pesados en agua y sedimentos en distintas regiones del país*. RepositorioTEC: <https://hdl.handle.net/2238/14555>
- Carbajal, P., y Santamaría, J. (2018). *Guía Ilustrada para Reconocimiento de Especies de Cangrejos Braquiuros y Anomuros con Valor Comercial del Perú*. Repositorio Digital IMARPE: <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3202>
- Cedeño, I. (2013). *Aspectos reproductivos del cangrejo rojo de manglar (Ucides occidentalis) en el Golfo de Guayaquil, Diciembre 2011–Abril 2012*. Instituto Nacional de Pesca: https://institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2017/08/INP_BE_A4_N2.pdf
- Chalén, X., y Correa, J. (2002). *Seguimiento de la actividad de extracción del cangrejo rojo durante la veda*. Documento Interno INP.
- Chuquimarca, L. (2015). *Contenido de metales pesados (Hg, Pb, Cd), en el tejido blando del quelípedo y hepatopáncreas del cangrejo rojo (Ucides occidentalis), en tres localidades del perfil costero de la Provincia de El Oro*. Universidad Técnica de Machala: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2833>
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Comisión Europea. (2007). *Bioacumulación*. Scientific Committees: https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/glosario/abc/bioacumulacion-bioacumular.htm
- Comisión Europea. (2023). *Reglamento (UE) 2023/915 de la Comisión Europea, relativo a los límites máximos de determinados contaminantes en los alimentos y por el que se deroga el Reglamento (CE) n.º 1881/2006*. <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/915/oj>
- De Cock, A., De Troyer, N., Forio, M. A. E., Garcia Arevalo, I., Van Echelpoel, W., . . . Goethals, P. (2021). From mangrove to fork: Metal presence in the Guayas

- Estuary (Ecuador) and commercial mangrove crabs. *Foods*, 10(8).
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods10081880>
- Díaz, M., González, E., Reyes, Y., Torres, O., y Vergara, I. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66-77.
<https://doi.org/https://doi.org/10.19053/1900771X.v16.n2.2016.5447>
- European Environment Agency. (2018). *Mercury: A persistent threat to the environment and health*. <https://www.eea.europa.eu/es/articles/el-mercurio-una-amenaza-persistente#:~:text=%C2%BFCu%C3%A1nto%20mercurio%20hay%20en%20el,superiores%20a%20los%20niveles%20naturales>.
- Frías, M., Sánchez, A., Ruelas, J., Escobar, O., Osuna, C., Aguilar, M., . . . Delgado, C. (2023). Total mercury and selenium in wild shrimp from coastal lagoons of Northwest Mexico: human health risk assessment. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*.
<https://doi.org/10.1007/s00128-022-03683-4>.
- Hernández, I., Paternina, R., y Marrugo, J. (2020). Contenido de metales pesados en sedimentos y peces provenientes de las ciénagas Marimonda y El Salado en Antioquia, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 23(2), 239-249.
<https://doi.org/10.15446/ga.v23n2.81611>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *NTE INEN 2169:2013 Agua. Calidad del agua. Muestreo, manejo y conservación de muestras*. Insistec: <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACI%C3%93N%20DE%20MUESTRAS.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *NTE INEN 456:2013 Camarones o Langostinos Congelados. Requisitos*. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/07/NTE-INEN-456-CAMARONES-O-LANGOSTINOS-CONGELADOS-REQUISITOS.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2022). Censo Ecuador 2022: Densidad Poblacional, según cantón de residencia.
<https://geo.cepal.org/censo-ecuador/>

- Lasso, S. (1998). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar*. Ramsar Sites Information Service:
<https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/EC502RIS.pdf>
- Lenntech. (2026). *Propiedades químicas del Mercurio - Efectos del Mercurio sobre la salud - Efectos ambientales del Mercurio*. Lenntech:
<https://www.lenntech.es/periodica/elementos/hg.htm>
- MAATE. (2015). *Acuerdo Ministerial N° 097-A: Anexo 1 de la Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua*.
https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015.pdf
- Macías, R. (2017). *Guariche o cangrejo rojo*.
<https://x.com/RoddyMacias/status/820321181010194433>
- Martínez, M. (2020). *Análisis Instrumental. Espectrometría de Absorción Atómica (EAA)*. Universidad Politécnica de València:
<http://hdl.handle.net/10251/138418>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2015). *Convenio de Minamata sobre el mercurio*. Registro Oficial Suplemento 497:
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Convenio-de-Minamanta-sobre-el-Mercurio.pdf>
- Mongabay Latam. (2018). *Mercurio en Latinoamérica: 6 reportajes sobre los efectos de la minería*. <https://es.mongabay.com/2018/02/mercurio-en-latinoamerica/>
- Monserate, R. (2023). *Determinación de nitrógeno y fósforo en aguas de la laguna “El Canclón” de la Reserva Ecológica Manglares Churute, Guayas*. Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/68105>
- Mora, A., y Pozo, M. (2015). Estructura poblacional del cangrejo rojo (*Ucides Occidentalis*) en un gradiente de inundación dentro de un bosque de manglar riverino (Isla Mondragón, Estuario Río Guayas). *Escuela Superior Politécnica del Litoral*.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31064>
- Organización Mundial de la Salud. (2024). *Mercurio*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health#:~:text=La%20OMS%20clasifica%20al%20mercurio,es%20muy%20distinto%20del%20etilmercurio.>

- OrozcoLab. (2021). *Espectrofotometría de Absorción Atómica*. <https://www.oroicolab.com.mx/blog/espectrofotometria-de-absorcion-atmica>
- Quintana, S., y Cabrera, C. (2021). Niveles de Mercurio Total en *Cheilodactylus variegatus* Valenciennes, 1833 “Pintadilla” en la zona costera de Chorrillos-Ancón. *Revista de investigación UNMSM*, 24(48). <https://doi.org/https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21768>
- Ramírez, J. (2021). *Toxicidad del arsénico y mercurio en Litopenaeus vannamei: efecto agudo y subletal en camarones expuestos a diferentes salinidades*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste: <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3075>
- Rodríguez, J. (2019). *¿Qué es la biomagnificación?* Divulgazeral: <https://www.azeral.es/divulgazeral/ecotoxicologia/que-es-la-biomagnificacion>
- Rustom, A. (2012). *Estadística Descriptiva, Probabilidad e Inferencia. Una Vision conceptual y aplicada*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/120284>
- Salas, D., Chaiña, F., Belizario, G., Quispe, E., Huanqui, R., Velarde, E., . . . Hermoza, M. (2021). Evaluación de metales pesados y comportamiento social asociados con la calidad del agua en el río Suches, Puno, Perú. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 12(6), 145-195. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-06-04>
- Shrimpstar. (2022). *The Hepatopancreas And Its Importance In Shrimp*. Intelligon Blogs: <https://blogs.intelligon.com/2022/05/31/the-hepatopancreas-and-its-importance-in-shrimp-farming/>
- Siavichay, B. (2013). *Determinación del cadmio y plomo en el tejido blando, hepatopáncreas, del cangrejo rojo (Ucides Occidentalis) y sedimento de la reserva ecológica Manglares Churute*. Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1678>
- Smith, M., y Addison, J. (2003). Methods for stock assessment of crustacean fisheries. *Fisheries Research*, 65(1-3), 231-256. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2003.09.017>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2022). *Información básica sobre el mercurio*. EPA: <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-el-mercurio>

- United Nations Environment Programme. (2019). *Minamata Convention on Mercury: Text and annexes*.
<https://minamataconvention.org/sites/default/files/2021-06/Minamata-Convention-booklet-Sep2019-SP.pdf>
- Urdánigo, L., y Zambrano, K. (2022). *Concentración de metales pesados en el cangrejo rojo (Ucides occidentalis) del Refugio de Vida Silvestre "Isla Corazón" Cantón Sucre-Manabí*. Repositorio Digital ESPAM:
<http://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/1784>
- US EPA. (2016). *Efectos en la salud por la exposición al mercurio*.
<https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-en-la-salud-por-la-exposicion-al-mercurio>
- Vergara, N. (2020). *Reservas Naturales del Ecuador*. Academia:
https://www.academia.edu/18121995/RESERVAS_NATURALES_DEL_ECUADOR
- Yubi, M. (2023). *Determinación de plomo, mercurio, arsénico y cadmio en sedimentos de la laguna "El Canclón" de La Reserva Ecológica Manglares Churute, Guayas*. Universidad de Guayaquil:
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/71301>
- Zambrano, R. (2016). Período reproductivo de *Ucides occidentalis* en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales*, 10(2), 102-106.
- Zhang, Z., Chen, L., Cheng, M., Liu, M., y Wang, X. (2021). *Biotransport of mercury and human methylmercury exposure through crabs in China – A life cycle-based analysis*,. *Journal of Hazardous Materials*,:
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125684>

Fuente: Macías, 2017

Anexo N°3: Clasificación Taxonómica del Cangrejo Rojo (*Ucides occidentalis*)

Descripción	Nombre
Reino	Animalia
Phylum	Arthropoda
Subphylum	Crustacea
Clase	Malacostraca
Orden	Decapoda
Infraorden	Brachyura
Familia	Ocypodidae
Género	Ucides
Especie	<i>Ucides occidentalis</i>

Fuente: Ortmann, 1897**Anexo N°4:** Propiedades químicas del mercurio (Hg)

Nombre	Mercurio
Número atómico	80
Valencia	1,2
Estado de oxidación	+2
Electronegatividad	1,9
Radio covalente (Å)	1,49
Radio iónico (Å)	1,10
Radio atómico (Å)	1,57
Configuración electrónica	[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²
Primer potencial de ionización (eV)	10,51
Masa atómica (g/mol)	200,59
Densidad (g/ml)	16,6
Punto de ebullición (°C)	357
Punto de fusión (°C)	-38,4
Descubridor	Los antiguos

Fuente: Lenntech, s.f.**Anexo N°5:** Coordenadas de las zonas de recolección de muestras

Zonas	X	Y
Zona 1	642860,29	9723215,47
Zona 2	643393,95	9716518,72
Zona 3	643085,87	9711109,56

Elaborado por: El Autor, 2026**Anexo N°6:** Coordenadas de los puntos de extracción de muestras de Cangrejo Rojo, Agua y Sedimento Zona N°1

Muestras	X	Y
Punto 1-1	643076.60	9722820.72
Punto 1-2	643092.56	9722833.14
Punto 1-3	643102.80	9722831.00
Punto 1-4	643111.12	9722836.38
Punto 1-5	643114.44	9722847.42
Punto 1-6	643109.08	9722856.25

Punto 1-7	643108.38	9722851.58
Punto 1-8	643103.70	9722848.87
Punto 1-9	643100.98	9722845.50
Punto 1-10	643093.07	9722843.96
Punto 1-11	643090.53	9722845.78
Punto 1-12	643088.61	9722847.24
Punto 1-13	643086.33	9722849.10
Punto 1-14	643083.76	9722850.21
Punto 1-15	643081.44	9722852.10
Agua P-1	642993.34	9722797.20
Sedimento P-1	643101.15	9722833.14

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°7: Coordenadas de los puntos de extracción de muestras de Cangrejo, Agua y Sedimento Zona N°2

Muestras	X	Y
Punto 2-1	643644.85	9715986.14
Punto 2-2	643662.63	9715991.42
Punto 2-3	643646.57	9715998.06
Punto 2-4	643638.27	9715990.14
Punto 2-5	643643.55	9715986.79
Punto 2-6	643648.19	9715985.16
Punto 2-7	643651.21	9715977.33
Punto 2-8	643658.17	9715977.89
Punto 2-9	643666.1	9715976.91
Punto 2-10	643668.54	9715974.17
Punto 2-11	643672.83	9715974.74
Punto 2-12	643677.21	9715971.14
Punto 2-13	643679.72	9715967.90
Punto 2-14	643684.64	9715963.86
Punto 2-15	643688.55	9715962.44
Agua P-2	643655.89	9715820.59
Sedimento P-2	643670.36	9715983.25

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°8: Coordenadas de los puntos de extracción de muestras de Cangrejo, Agua y Sedimento Zona N°3

Muestras	X	Y
Punto 3-1	643164.65	9712177.20
Punto 3-2	643158.61	9712152.25
Punto 3-3	643133.41	9712133.60
Punto 3-4	643143.09	9712192.61
Punto 3-5	643162.35	9712218.94
Punto 3-6	643186.61	9712219.54

Punto 3-7	643173.13	9712233.06
Punto 3-8	643184.85	9712236.13
Punto 3-9	643209.29	9712235.76
Punto 3-10	643218.30	9712241.76
Punto 3-11	643201.19	9712245.13
Punto 3-12	643184.74	9712237.49
Punto 3-13	643181.71	9712216.78
Punto 3-14	643172.69	9712205.70
Punto 3-15	643165.49	9712185.48
Agua P-3	643725.35	9712014.99
Sedimento P-3	643139.55	9712169.45

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°9: Talla Quela Zona N°1

Muestra	Ancho		Largo	
	Ancho quela derecha	Ancho quela izquierda	Largo quela derecha	Largo quela izquierda
1	1.8 cm	2.4 cm	15 cm	15.5 cm
2	2 cm	-	15.8 cm	-
3	3.1 cm	2.1 cm	16.2 cm	12.6 cm
4	2.2 cm	-	17.7 cm	-
5	3 cm	1.8 cm	12.5 cm	11.6 cm
6	-	2.3 cm	-	19.3 cm
7	2.4 cm	2.2 cm	20.7 cm	20.5 cm
8	2.3 cm	2.5 cm	18.6 cm	17.7 cm
9	-	2.3 cm	-	15.4 cm
10	-	2.3 cm	-	17.1 cm
11	2.3 cm	2.4 cm	15.1 cm	19.3 cm
12	2.5 cm	2.1 cm	19.6 cm	17.8 cm
13	2.4 cm	2.5 cm	17.6 cm	17.4 cm
14	3.2 cm	2.2 cm	17.5 cm	15.9 cm
15	1.8 cm	2.5 cm	13.6 cm	16.7 cm
Media	2.42 cm	2.28 cm	16.66 cm	16.68 cm
Desviación estándar	0.47	0.20	2.42	2.54
Límite inferior	2.16 cm	2.17 cm	15.32 cm	15.27 cm
Límite superior	2.68 cm	2.39 cm	18.00 cm	18.08 cm
Error	0.26	0.11	1.34	1.41

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°10: Talla Quela Zona N°2

Muestra	Ancho		Largo	
	Ancho quela derecha	Ancho quela izquierda	Largo quela derecha	Largo quela izquierda
1	2.8 cm	1.8 cm	16.2 cm	13.2 cm
2	2 cm	2.1 cm	15.7 cm	16.7 cm
3	2.3 cm	2.1 cm	15.1 cm	15.2 cm
4	2.5 cm	2.4 cm	18.2 cm	18.1 cm

5	2.2 cm	2.4 cm	15.5 cm	16 cm
6	3.2 cm	1.9 cm	15.5 cm	13 cm
7	2 cm	3.1 cm	13.3 cm	15.5 cm
8	3.1 cm	2.2 cm	14.1 cm	12.1 cm
9	2.2 cm	2.3 cm	15.2 cm	15.2 cm
10	2 cm	3.2 cm	12.8 cm	15 cm
11	2.2 cm	2.3 cm	17 cm	17.1 cm
12	1.4 cm	3 cm	12.4 cm	13.8 cm
13	-	3.2 cm	-	15.9 cm
14	2 cm	2.6 cm	14.1 cm	20.2 cm
15	3 cm	1.8 cm	16.4 cm	15 cm
Media	2.35 cm	2.43 cm	15.11 cm	15.47 cm
Desviación estándar	0.51	0.49	1.63	2.07
Límite inferior	2.07 cm	2.15 cm	14.20 cm	14.32 cm
Límite superior	2.63 cm	2.70 cm	16.01 cm	16.61 cm
Error	0.28	0.27	0.90	1.15

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°11: Talla Quela Zona N°3

Muestra	Ancho		Largo	
	Ancho quela derecha	Ancho quela izquierda	Largo quela derecha	Largo quela izquierda
1	2.3 cm	2.2 cm	15.2 cm	14.2 cm
2	2.5 cm	3.3 cm	16.7 cm	18.2 cm
3	1.7 cm	1.9 cm	11.8 cm	12.6 cm
4	3.4 cm	2.2 cm	17.7 cm	16.3 cm
5	3.1 cm	2.2 cm	18.8 cm	16.7 cm
6	2.2 cm	2.1 cm	16.4 cm	16.1 cm
7	2.5 cm	2.6 cm	18 cm	17.4 cm
8	2.3 cm	2 cm	16.2 cm	16.6 cm
9	2.3 cm	2.4 cm	16.2 cm	16.4 cm
10	3.3 cm	2.3 cm	17.7 cm	14.6 cm
11	2 cm	3.1 cm	14.6 cm	16.9 cm
12	2.3 cm	2.4 cm	16.8 cm	16.4 cm
13	2.2 cm	3.4 cm	16.6 cm	18.8 cm
14	2.1 cm	3.2 cm	15.6 cm	17.4 cm
15	2.2 cm	3.2 cm	13.9 cm	17.5 cm
Media	2.43 cm	2.57 cm	16.15 cm	16.41 cm
Desviación estándar	0.48	0.52	1.77	1.59
Límite inferior	2.16 cm	2.28 cm	15.17 cm	15.53 cm
Límite superior	2.69 cm	2.86 cm	17.13 cm	17.28 cm
Error	0.27	0.29	0.98	0.88

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°12: Talla Cefalotórax Zona N°1

Muestra	Cefalotórax Largo	Cefalotórax Ancho
1	5.2 cm	7.5 cm
2	5.3 cm	7.4 cm
3	5.3 cm	7.5 cm

4	5.5 cm	8 cm
5	5.1 cm	7.4 cm
6	5.3 cm	7.8 cm
7	5.6 cm	7.9 cm
8	5.2 cm	7.8 cm
9	5.4 cm	7.5 cm
10	5.2 cm	7.4 cm
11	5.2 cm	7.5 cm
12	5.3 cm	8 cm
13	5.6 cm	7.9 cm
14	5.1 cm	7.7 cm
15	5.2 cm	7.5 cm
Media	5.3 cm	7.65 cm
Desviación estándar	0.16	0.23
Límite inferior	5.21 cm	7.53 cm
Límite superior	5.39 cm	7.78 cm
Error	0.09	0.13

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°13: Talla Cefalotórax Zona N°2

Muestra	Cefalotórax Largo	Cefalotórax Ancho
1	4.8 cm	7 cm
2	5 cm	7.1 cm
3	4.9 cm	7.1 cm
4	5.4 cm	8.1 cm
5	5.1 cm	7.6 cm
6	4.8 cm	7.5 cm
7	4.9 cm	7 cm
8	4.8 cm	7.1 cm
9	4.8 cm	7.3 cm
10	5.1 cm	7.3 cm
11	5.2 cm	7.6 cm
12	5 cm	7.3 cm
13	5.1 cm	7.4 cm
14	5.4 cm	8.9 cm
15	5.1 cm	7.5 cm
Media	5.03 cm	7.45 cm
Desviación estándar	0.20	0.49
Límite inferior	4.91 cm	7.18 cm
Límite superior	5.14 cm	7.73 cm
Error	0.11	0.27

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°14: Talla Cefalotórax Zona N°3

Muestra	Cefalotórax Largo	Cefalotórax Ancho
1	4.9 cm	7 cm
2	5.4 cm	7.7 cm
3	5.1 cm	7.2 cm
4	5.3 cm	8.2 cm
5	5.2 cm	8.1 cm

6	5.2 cm	7.4 cm
7	5.6 cm	8.2 cm
8	5 cm	7.3 cm
9	5.1 cm	7.4 cm
10	5.4 cm	7.6 cm
11	5.2 cm	7.6 cm
12	5.2 cm	7.2 cm
13	5.5 cm	7.6 cm
14	5.2 cm	7.4 cm
15	5.4 cm	7.5 cm
Media	5.25 cm	7.56 cm
Desviación estándar	0.19	0.36
Límite inferior	5.14 cm	7.36 cm
Límite superior	5.35 cm	7.76 cm
Error	0.10	0.20

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°15: Peso de Cangrejo Rojo (gramos)

Muestra	Zona N° 1	Zona N° 2	Zona N° 3
1	123.5 g	91.2 g	109.2 g
2	107.1 g	128.4 g	157.5 g
3	141.3 g	114.3 g	115.8 g
4	110.5 g	121.7 g	163 g
5	124 g	127.6 g	181.6 g
6	138.3 g	114.2 g	122.3 g
7	141.7 g	99.1 g	142.6 g
8	146 g	113.8 g	129.8 g
9	133.8 g	131.3 g	139.2 g
10	127.5 g	167.4 g	183.4 g
11	138.6 g	182.2 g	124.6 g
12	140 g	120 g	130.3 g
13	126.3 g	108.5 g	165 g
14	164.7 g	153.6 g	151 g
15	132.5 g	164.8 g	129.7 g

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°16: Peso de Hepatopáncreas (gramos)

Muestra	Zona N° 1	Zona N° 2	Zona N° 3
1	8 g	4 g	6.5 g
2	7 g	6 g	3.8 g
3	5.8 g	7 g	4.5 g
4	9 g	10.8 g	5.7 g
5	5.6 g	8.2 g	7.3 g
6	10.4 g	8.8 g	7.4 g
7	8.5 g	6 g	6.5 g
8	6.4 g	6.5 g	4.1 g
9	7.8 g	6.1 g	6.6 g
10	6.9 g	7.1 g	6.2 g
11	5.5 g	8.5 g	9.1 g
12	5.5 g	7.2 g	7 g

13	8.1 g	7.2 g	6.5 g
14	7.1 g	10.3 g	5.9 g
15	6.9 g	6.9 g	8.2 g

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°17: Muestras de Cangrejo Rojo Zona N°1



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°18: Peso del Cangrejo Rojo



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°19: Muestras de Cangrejo Rojo Zona N°2



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°20: Extracción del hepatopáncreas



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°21: Peso del hepatopáncreas

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°22: Muestras de Cangrejo Rojo Zona N°3

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°23: Extracción muestra de sedimento

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°24: Muestra de sedimento

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°25: Reportes de concentración de Hg



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

Pag. 1/2

CONTROL INTERNO

CÓDIGO ÚNICO	1680585-1008	Reporte No.	983
NOMBRE DE LA EMPRESA	VACA LEON JULIO ALEJANDRO VACA LEON JULIO ALEJANDRO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA			
TIPO DE PRODUCTO	HEPATOPANCREAS		
PRESENTACIÓN	CONGELADO		
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	HEPCH-P1
FECHA DE RECEPCIÓN	18/12/2024		
CORREOS	julio.vaca.leon@uagraria.edu.ec		
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS	18/12/2024		
PESO DECLARADO (g)	111	MARCA	N/A
FECHA FINALIZACIÓN DE ANÁLISIS	26/12/2024		
ORDEN DE TRABAJO	1680585	CLASIFICACIÓN	N/A
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	26/12/2024		
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura máxima (°C) 27	HUMEDAD RELATIVA	Humedad máxima (%) 70

RESULTADO DE ANÁLISIS

PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*MERCURIO	PI-MP1 VARIAN AA 60, 1986	< 0,08	mg/kg

Muestreo realizado por	Empresa
Observaciones	0,08 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial y total. Los resultados emitidos en éste reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 2/2



Archivo Firmado Digitalmente por:
**SULLY CECIBEL
STACIO FORROZA**

SULLY STACIO (e)

**RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO**



Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 1/2

CÓDIGO ÚNICO	1680585-1009	Reporte No.	968
NOMBRE DE LA EMPRESA	VACA LEON JULIO ALEJANDRO VACA LEON JULIO ALEJANDRO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA			
TIPO DE PRODUCTO	HEPATOPANCREAS		
PRESENTACIÓN	CONGELADO		
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	HEPCH-P2
		FECHA DE RECEPCIÓN	18/12/2024
CORREOS	julio.vaca.leon@uagraria.edu.ec		FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS
			18/12/2024
PESO DECLARADO (g)	110	MARCA	N/A
		FECHA FINALIZACIÓN DE ANÁLISIS	26/12/2024
ORDEN DE TRABAJO	1680585	CLASIFICACIÓN	N/A
		FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	26/12/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura máxima (°C) 27	HUMEDAD RELATIVA	Humedad máxima (%) 70

RESULTADO DE ANÁLISIS

PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*MERCURIO	PI -MP1 VARIAN AA 60, 1986	< 0,08	mg/kg

Muestreo realizado por	Empresa
Observaciones	0,08 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial y total. Los resultados emitidos en éste reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 2/2



Archivo Firmado Digitalmente por:
**SULLY CECIBEL
STACIO SORROZA**

SULLY STACIO (e)

**RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO**



Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 1/2

CÓDIGO ÚNICO	1680585-1010	Reporte No.	969
NOMBRE DE LA EMPRESA	VACA LEON JULIO ALEJANDRO VACA LEON JULIO ALEJANDRO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA			
TIPO DE PRODUCTO	HEPATOPANCREAS		
PRESENTACIÓN	CONGELADO		
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	HEPCH-P3
FECHA DE RECEPCIÓN	18/12/2024		
CORREOS	julio.vaca.leon@uagraria.edu.ec		FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS
			18/12/2024
PESO DECLARADO (g)	96	MARCA	N/A
FECHA FINALIZACIÓN DE ANÁLISIS	26/12/2024		
ORDEN DE TRABAJO	1680585	CLASIFICACIÓN	N/A
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	26/12/2024		
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura máxima (°C) 27	HUMEDAD RELATIVA	Humedad máxima (%) 70

RESULTADO DE ANÁLISIS

PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*MERCURIO	PI -MP1 VARIAN AA 60, 1986	< 0,08	mg/kg

Muestreo realizado por	Empresa
Observaciones	0,08 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial y total. Los resultados emitidos en éste reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 2/2



Archivo Firmado Digitalmente por:
**SULLY CECIBEL
STACIO SORROZA**

SULLY STACIO (e)

**RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO**



Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 1/2

CÓDIGO ÚNICO	1680585-1011	Reporte No.	971
NOMBRE DE LA EMPRESA	VACA LEON JULIO ALEJANDRO VACA LEON JULIO ALEJANDRO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA			
TIPO DE PRODUCTO	agua		
PRESENTACIÓN	AGUA DE RIO		
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	AGCH-P1
		FECHA DE RECEPCIÓN	18/12/2024
CORREOS	julio.vaca.leon@uagraria.edu.ec		FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS
			18/12/2024
PESO DECLARADO (g)	1000	MARCA	N/A
		FECHA FINALIZACIÓN DE ANÁLISIS	26/12/2024
ORDEN DE TRABAJO	1680585	CLASIFICACIÓN	N/A
		FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	26/12/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura máxima (°C) 27	HUMEDAD RELATIVA	Humedad máxima (%) 70

RESULTADO DE ANÁLISIS

PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*MERCURIO	PI -MP1 VARIAN AA 60, 1986	< 0,08	mg/l

Muestreo realizado por	Empresa
Observaciones	0,08 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial y total. Los resultados emitidos en éste reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 2/2



Archivo Firmado Digitalmente por:
**SULLY CECIBEL
STACIO SOBROZA**

SULLY STACIO (e)

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO



Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 1/2

CÓDIGO ÚNICO	1680585-1012	Reporte No.	974
NOMBRE DE LA EMPRESA	VACA LEON JULIO ALEJANDRO VACA LEON JULIO ALEJANDRO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA			
TIPO DE PRODUCTO	AGUA		
PRESENTACIÓN	AGUA DE RIO		
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	AGCH-P2
		FECHA DE RECEPCIÓN	18/12/2024
CORREOS	julio.vaca.leon@uagraria.edu.ec		FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS
			18/12/2024
PESO DECLARADO (g)	1000	MARCA	N/A
		FECHA FINALIZACIÓN DE ANÁLISIS	26/12/2024
ORDEN DE TRABAJO	1680585	CLASIFICACIÓN	N/A
		FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	26/12/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura máxima (°C) 27	HUMEDAD RELATIVA	Humedad máxima (%) 70

RESULTADO DE ANÁLISIS

PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*MERCURIO	PI -MP1 VARIAN AA 60, 1986	< 0,08	mg/l

Muestreo realizado por	Empresa
Observaciones	0,08 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial y total. Los resultados emitidos en éste reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 2/2



Archivo Firmado Digitalmente por:
**SULLY CECIBEL
STACIO SORROZA**

SULLY STACIO (e)

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO



Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 1/2

CÓDIGO ÚNICO	1680585-1013	Reporte No.	976
NOMBRE DE LA EMPRESA	VACA LEON JULIO ALEJANDRO VACA LEON JULIO ALEJANDRO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA			
TIPO DE PRODUCTO	AGUA		
PRESENTACIÓN	AGUA DE RIO		
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	AGCH-P3
		FECHA DE RECEPCIÓN	18/12/2024
CORREOS	julio.vaca.leon@uagraria.edu.ec		FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS
			18/12/2024
PESO DECLARADO (g)	1000	MARCA	N/A
		FECHA FINALIZACIÓN DE ANÁLISIS	26/12/2024
ORDEN DE TRABAJO	1680585	CLASIFICACIÓN	N/A
		FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	26/12/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura máxima (°C) 27	HUMEDAD RELATIVA	Humedad máxima (%) 70

RESULTADO DE ANÁLISIS

PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*MERCURIO	PI -MP1 VARIAN AA 60, 1986	< 0,08	mg/l

Muestreo realizado por	Empresa
Observaciones	0,08 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial y total. Los resultados emitidos en éste reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 2/2



Archivo Firmado Digitalmente por:
**SULLY CECIBEL
STACIO SORROZA**

SULLY STACIO (e)

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO



Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 1/2

CÓDIGO ÚNICO	1680585-1014	Reporte No.	977
NOMBRE DE LA EMPRESA	VACA LEON JULIO ALEJANDRO VACA LEON JULIO ALEJANDRO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA			
TIPO DE PRODUCTO	SEDIMENTO		
PRESENTACIÓN	FRESCO		
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	SECH-P1
		FECHA DE RECEPCIÓN	18/12/2024
CORREOS	julio.vaca.leon@uagraria.edu.ec		FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS
			18/12/2024
PESO DECLARADO (g)	300	MARCA	N/A
		FECHA FINALIZACIÓN DE ANÁLISIS	26/12/2024
ORDEN DE TRABAJO	1680585	CLASIFICACIÓN	N/A
		FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	26/12/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura máxima (°C) 27		HUMEDAD RELATIVA
			Humedad máxima (%) 70

RESULTADO DE ANÁLISIS

PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*MERCURIO	PI -MP1 VARIAN AA 60, 1986	< 0,08	mg/kg

Muestreo realizado por	Empresa
Observaciones	0,08 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial y total. Los resultados emitidos en éste reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 2/2



Archivo Firmado Digitalmente por:
**SULLY CECIBEL
STACIO SOBROZA**

SULLY STACIO (e)

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO



Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 1/2

CÓDIGO ÚNICO	1680585-1015	Reporte No.	979
NOMBRE DE LA EMPRESA	VACA LEON JULIO ALEJANDRO VACA LEON JULIO ALEJANDRO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA			
TIPO DE PRODUCTO	SEDIMENTO		
PRESENTACIÓN	FRESCO		
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	SECH-P2
CORREOS	julio.vaca.leon@uagraria.edu.ec	FECHA DE RECEPCIÓN	18/12/2024
PESO DECLARADO (g)	300	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS	18/12/2024
ORDEN DE TRABAJO	1680585	FECHA FINALIZACIÓN DE ANÁLISIS	26/12/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura máxima (°C) 27	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	26/12/2024
		HUMEDAD RELATIVA	Humedad máxima (%) 70

RESULTADO DE ANÁLISIS			
PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*MERCURIO	P1 -MP1 VARIAN AA 60, 1986	< 0,08	mg/kg

Muestreo realizado por	Empresa
Observaciones	0,08 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial y total. Los resultados emitidos en este reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 2/2



Archivo Firmado Digitalmente por:
**SULLY CECIBEL
STACIO SORROZA**

SULLY STACIO (e)

**RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO**



Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 1/2

CÓDIGO ÚNICO	1680585-1016	Reporte No.	981
NOMBRE DE LA EMPRESA	VACA LEON JULIO ALEJANDRO VACA LEON JULIO ALEJANDRO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA			
TIPO DE PRODUCTO	SEDIMENTO		
PRESENTACIÓN	FRESCO		
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	SECH-P3
		FECHA DE RECEPCIÓN	18/12/2024
CORREOS	julio.vaca.leon@uagraria.edu.ec		FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS
			18/12/2024
PESO DECLARADO (g)	300	MARCA	N/A
		FECHA FINALIZACIÓN DE ANÁLISIS	26/12/2024
ORDEN DE TRABAJO	1680585	CLASIFICACIÓN	N/A
		FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	26/12/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura máxima (°C) 27		HUMEDAD RELATIVA
			Humedad máxima (%) 70

RESULTADO DE ANÁLISIS

PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*MERCURIO	PI -MP1 VARIAN AA 60, 1986	0,15	mg/kg

Muestreo realizado por	Empresa
Observaciones	

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial y total. Los resultados emitidos en éste reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador



Ministerio de Producción,
Comercio Exterior, Inversiones y Pesca

**LABORATORIO LAQM
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD**

INFORME DE RESULTADO

ORIGINAL

CONTROL INTERNO

Pag. 2/2



Archivo Firmado Digitalmente por:
**SULLY CECIBEL
STACIO SOBROZA**

SULLY STACIO (e)

**RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO**



Dirección: Letamendi 102 y la Ría * Teléfono: (593) 42401776 ext 126
* Código Postal: 090308 * Correo electrónico: fhurtado@produccion.gob.ec * Guayaquil-Ecuador