

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA
DE LOS RECURSOS NATURALES

*Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniera en
Biotecnología de los Recursos Naturales*

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**“DETERMINACIÓN DE METALES Cu, Cd, Pb Y Zn, EN MÚSCULO DE
CAMARÓN (*Penaeus vannamei*), AGUA Y SEDIMENTO DE PISCINAS
CAMARONERAS DE LA ZONA SUR DEL PAÍS”**

AUTORA:

ANABELL EULALIA ENCALADA DÁVILA

TUTORA:

INÉS PATRICIA MALO CEVALLOS, Ph.D.

CUENCA - ECUADOR

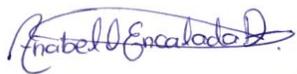
2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Anabell Eulalia Encalada Dávila con documento de identificación N° 0107263600, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana, la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DE METALES Cu, Cd, Pb Y Zn, EN MÚSCULO DE CAMARÓN (*Penaeus vannamei*), AGUA Y SEDIMENTO DE PISCINAS CAMARONERAS DE LA ZONA SUR DEL PAÍS”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales* en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Prioridad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2021.



Anabell Eulalia Encalada Dávila

C.I. 0107263600

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DE METALES Cu, Cd, Pb Y Zn, EN MÚSCULO DE CAMARÓN (*Penaeus vannamei*), AGUA Y SEDIMENTO DE PISCINAS CAMARONERAS DE LA ZONA SUR DEL PAÍS”**, realizado por Anabell Eulalia Encalada Dávila, obteniendo el *Trabajo Experimental* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2021.



Inés Patricia Malo Cevallos, Ph.D.

C.I. 0102291044

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Anabell Eulalia Encalada Dávila con documento de identificación N° 0107263600, autora del trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DE METALES Cu, Cd, Pb Y Zn, EN MÚSCULO DE CAMARÓN (*Penaeus vannamei*), AGUA Y SEDIMENTO DE PISCINAS CAMARONERAS DE LA ZONA SUR DEL PAÍS”**, certifico que el total contenido del *Trabajo Experimental*, es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, febrero del 2021.



Anabell Eulalia Encalada Dávila

C.I. 0107263600

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Danilo Encalada y Eulalia Dávila,
por el apoyo constante en mi proceso universitario y en mi vida en general,
siempre han estado a mi lado llenándome de amor.

A mi abuela, que aunque ya no esté conmigo siempre ha estado presente.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por no abandonarme y guiar mi camino.

A mis Padres, Danilo Encalada y Eulalia Dávila, por todo el amor y la paciencia, a pesar de todo son el pilar fundamental en mi vida, gracias por el apoyo y ayudarme a cumplir mis metas.

Agradezco a mis educadores, que han brindado su tiempo y sus conocimientos, sobre todo a la Dra. Inés por permitirnos ser parte de su proyecto y su apoyo a lo largo de este proyecto de investigación.

Agradezco a las camaronas y a su personal, que nos brindaron el apoyo a pesar del acceso restringido a las mismas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPITULO 1	1
INTRODUCCION	1
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Problema de Investigación	4
1.4 Formulación del problema	4
1.5 Objetivos	4
1.5.1 General	4
1.5.2 Específicos	5
1.6 Hipótesis	5
1.7 Justificación	5
1.8 Limitaciones	6
CAPITULO 2	7
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	7
2.1 La Industria Pesquera Ecuatoriana	8
2.1.2 La acuicultura en Ecuador	8
2.1.3 Sistemas de Cultivo de Camarón	10

2.2 El camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone, 1931).....	10
2.2.1 Rasgos Biológicos.....	11
2.2.2 Taxonomía:	11
2.2.3 Ciclo de producción del Camarón.....	12
2.2.4 Metales pesados	15
2.2.5 Metales pesados en Piscinas de Cultivo de camarón.....	18
2.2.6 Límites de Metales en Camarón	18
2.2.7 Límites de metales en Agua.....	18
2.2.8 Límites de metales en sedimento	19
CAPITULO 3	20
MARCO PROCEDIMENTAL	20
3.1 Nivel de investigación.....	21
3.2 Diseño de investigación	21
3.3 Variables.....	21
3.4 Población y muestra	21
3.4.1 Área de estudio	22
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	25
3.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	25
3.7 Procedimiento.....	25
3.7.1 Obtención de las muestras	25

3.7.2	Diseción de muestras de tejido y empaquetado para transporte	26
3.7.3	Muestreo de agua:	26
3.7.4	Conservación de Muestras de Agua.....	27
3.7.5	Recolección de muestras de sedimento.....	28
3.7.6	Recolección de camarones	28
3.7.7	Digestión de Muestras.....	30
3.7.8	Digestión de musculo de camarón	30
3.7.9	Digestión de Muestras de Agua	31
3.7.10	Digestión de Muestras de Sedimento.....	32
3.7.11	Cuantificación de Metales.....	35
3.7.12	Análisis Estadístico	36
CAPITULO 4	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1	Resultados obtenidos empleando espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP/MS)	42
4.1.2	Muestras de Camarón	42
4.1.2	Muestras de agua.....	46
4.1.3	Muestras de sedimento.....	50
4.2	Resultados de Prueba de Hipótesis	54

4.2.1 Análisis estadístico para la concentración de cadmio, zinc, plomo y cobre en músculo de camarón, agua y sedimento	54
4.3 Resultados de Prueba de Hipótesis de dos muestras.....	68
4.3.1 Resultados de las pruebas de hipótesis de dos muestras F y t de muestras de músculo de camarón	69
4.3.2 Resultados de las pruebas de hipótesis a través de los valores F y t de muestras de sedimento	74
4.3.3 Resultados de las pruebas de hipótesis de dos muestras F y t de muestras de agua	77
4.2 Discusión.....	81
CAPITULO 5.....	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
5.1 Conclusiones.....	85
5.2 Recomendaciones	86
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de Reproducción del Camarón Blanco	14
Figura 2. Ubicación de Camaronera en La Pitaya, Provincia del Oro.....	22
Figura 3 Ubicación de Camaronera en Huaquillas, Provincia del Oro.....	23
Figura 4 Ubicación de Camaronera en Santa Rosa, Provincia del Oro	23
Figura 5 Ubicación de Camaronera en Bajen, Provincia de Santa Elena	24
Figura 6 Ubicación de Camaronera en Chanduy, Provincia de Santa Elena.....	25
Figura 7 Piscina de Camaronera Ubicada en Huaquillas. Fuente: La autora.....	26
Figura 8 Piscina de Camaronera Ubicada en Chanduy. Fuente: La autora	26
Figura 9. Recolección de camarones en Camaronera de Chanduy. Fuente: La autora.....	29
Figura 10. Disección de camarones. Fuente: La autora	29
Figura 11 Pesado de las muestras. Fuente: La autora	30
Figura 12 Colocación de muestras en Digestor Microondas Mars 8. Fuente: La autora.....	31
Figura 13 Etiquetado de muestras después digestadas. Fuente: La autora	32
Figura 14 Método del cuarteo y subcuarteo en muestras de sedimento. Fuente: La autora	32
Figura 15. Muestras en estufa para secado. Fuente: La autora	33
Figura 16. Triturado de muestras de sedimento. Fuente: La autora.....	33
Figura 17. Tamizado de muestras de sedimento. Fuente: La autora.....	34
Figura 18. Preparación y sellado de muestras para digestión	34
Figura 19. Filtrado de muestras posterior al proceso de digestión	35
Figura 20. Inducción de muestras en equipo ICP. Fuente: La autora.	36

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Media de concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en músculo de camarón de camaronera ubicada en Huaquillas, El Oro.	42
Gráfica 2 Media de concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en músculo de camarón de camaronera ubicada en Santa Rosa, El Oro.....	43
Gráfica 3. Media de concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en músculo de camarón de camaronera ubicada en Chacras, El Oro.....	44
Gráfica 4. Media de la concentraciones de las muestras de Cd, Cu, Pb y Zn en músculo de camarón de camaronera ubicada en Bajen, Santa Elena.....	45
Gráfica 5. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en músculo de camarón de camaronera ubicada en Chanduy, Santa Elena. Fuente: La autora.	45
Gráfica 6. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en agua de camaronera ubicada en Huaquillas, El Oro. Fuente: La autora.	46
Gráfica 7. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en agua de camaronera ubicada en Santa Rosa, El Oro. Fuente: La autora.....	47
Gráfica 8. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en agua de camaronera ubicada en Chancras, El Oro. Fuente: La autora.....	48
Gráfica 9. Medias de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en agua de camaronera ubicada en Bajen, Santa Elena. Fuente: La autora.	49
Gráfica 10. Medias de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en agua de camaronera ubicada en Chanduy, Santa Elena. Fuente: La autora.	49
Gráfica 11. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en sedimento de las muestras de la camaronera ubicada en Huaquillas, El Oro. Fuente: La autora.	50

Gráfica 12. Medias de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en muestras de sedimento tomadas en la camaronera ubicada en Santa Rosa, El Oro. Fuente: La autora.....	51
Gráfica 13. Medias de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn de muestras de sedimento tomadas en la camaronera ubicada en Chacras, El Oro. Fuente: La autora.....	52
Gráfica 14. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en sedimento de camaronera ubicada en Bajen, Santa Elena. Fuente: La autora.....	53
Gráfica 15. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en sedimento de camaronera ubicada en Chanduy, Santa Elena.	54
Gráfica 16 Toma de muestras de camarón. Fuente: Autora.....	98
Gráfica 17 Muestras de agua. Fuente: Autora	¡Error! Marcador no definido.
Gráfica 18 Proceso de digestión de muestras. Fuente: Autora	¡Error! Marcador no definido.
Gráfica 19 Muestras digestadas, listas para filtrar. Fuente: Autora.....	¡Error! Marcador no definido.
Gráfica 20 Filtrado de muestras digestadas, Fuente: Autora	¡Error! Marcador no definido.
Gráfica 21 Etiquetado de muestras después del filtrado. Fuente: Autora.....	¡Error! Marcador no definido.
Gráfica 22 Almacenado de muestras digestadas en refrigeración. Fuente: Autora	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía de <i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone, 1931)	11
Tabla 2 Planteamiento de Hipótesis.....	55
Tabla 3 Valores de cadmio en las muestras de tejido de camarón.....	55
Tabla 4 Resultado de la prueba de hipótesis para cadmio en tejido de camarón con nivel de confianza del 95%	56
Tabla 5 Valores de plomo en las muestras de tejido de camarón	57
Tabla 6. Resultado de la prueba de hipótesis para plomo en tejido de camarón con nivel de confianza del 95%	57
Tabla 7 Valores de cadmio de las muestras de sedimento.....	58
Tabla 8. Resultado de la prueba de hipótesis para cadmio en muestras sedimento con nivel de confianza del 95%	59
Tabla 9 Valores de zinc de las muestras de sedimento.....	60
Tabla 10 Resultado de la prueba de hipótesis para zinc en muestras sedimento con nivel de confianza del 95%	60
Tabla 11. Valores de cobre de las muestras de sedimento.....	61
Tabla 12. Resultado de la prueba de hipótesis para cobre en muestras sedimento con nivel de confianza del 95%	61
Tabla 13. Valores de plomo en muestras de sedimento.....	62
Tabla 14 Resultado de la prueba de hipótesis para plomo en muestras sedimento con nivel de confianza del 95%	63

Tabla 15 Valores de Cd en muestras de agua	64
Tabla 16. Resultado de la prueba de hipótesis para cadmio en muestras de agua con Nivel de confianza de 95%	64
Tabla 17 Valores de cobre en muestras de agua	65
Tabla 18. Resultado de la prueba de hipótesis para cobre en muestras de agua con Nivel de confianza de 95%	65
Tabla 19 Valores de zinc en muestras de agua	66
Tabla 20 Resultado de la prueba de hipótesis para zinc en muestras de agua con Nivel de confianza de 95%	67
Tabla 21 Valores de plomo en muestras de agua.....	67
Tabla 22 Resultado de la prueba de hipótesis para plomo en muestras de agua con Nivel de confianza de 95%	68
Tabla 23 Planteamiento de Hipótesis de la prueba F.....	69
Tabla 24 Planteamiento de hipótesis de la prueba t.....	69
Tabla 25 Valores obtenidos de la prueba F para cadmio en muestras de camarón	69
Tabla 26 Resultado de la prueba t para cadmio en muestras de camarón.....	70
Tabla 27. Valores de la prueba F para zinc en muestras de camarón	71
Tabla 28 Resultado de la prueba t para zinc en muestras de camarón.....	71
Tabla 29 Valores de la prueba F para cobre en muestras de camarón	72
Tabla 30 Valores de prueba t para cobre en muestras de camarón	72

Tabla 31	Valores de la prueba F para plomo en muestras de camarón.....	73
Tabla 32	Valores de la prueba t para plomo en muestras de camarón.....	73
Tabla 33	Valores de la prueba F para zinc en muestras de sedimento	74
Tabla 34	Valores de la prueba t para zinc en muestras de sedimento.....	74
Tabla 35	Valores de la prueba F para cobre en muestras de sedimento	75
Tabla 36	Valores de la prueba t para cobre en muestras de sedimento	76
Tabla 37	Valores de la prueba F para plomo en muestras de sedimento	76
Tabla 38	Valores de la prueba t para plomo en muestras de sedimento	77
Tabla 39	Valores de la prueba F para zinc en muestras de agua	78
Tabla 40	Valores de la prueba t para zinc de muestras de agua	78
Tabla 41	Valores de prueba F para cobre en muestras de agua	79
Tabla 42	Valores de prueba F para cobre en muestras de agua	79
Tabla 43	Valores de la prueba F para plomo en muestras de agua.....	80
Tabla 44	Valores de la prueba t para plomo en muestras de agua.....	80

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se valorizó la concentración de cuatro metales pesados Cadmio, Plomo, Zinc y Cobre en muestras de músculo de camarón (*Penaeus vannamei*), agua y sedimento de piscinas de cría de camarón de cinco camaroneras del Ecuador, las muestras fueron tomadas de dos camaroneras ubicadas en la Provincia de Santa Elena y tres camaroneras ubicadas en la Provincia del Oro, en estación seca o de verano, en los primeros días del mes de enero. Se tomaron cinco muestras de agua, cinco muestras de tejido camarón y cinco muestras de sedimento de cada una de las camaroneras.

Para el análisis se empleó la técnica de espectrometría de emisión óptica acoplado al plasma inductivamente (ICP/OES), para el proceso de preparación de muestras se trató de reducir al máximo posibles errores en el laboratorio y los materiales, errores que puedan interferir en la concentración final de cada uno de los metales de interés. Los resultados de los tres elementos de análisis reportaron que el cadmio (Cd) es el metal que se encuentra en menor proporción con concentraciones de 0.000 ppm a 0.002 ppm, el plomo (Pb) le sigue con concentraciones de 0.002 ppm a 0.166 ppm, después va en cobre (Cu) con concentraciones de 0.006 ppm a 0.472 ppm y por último el zinc (Zn) con concentraciones de 0.009 ppm a 2.584 ppm.

Palabras clave: Metales pesados, *Penaeus vannamei*, Cadmio, Cobre, Zinc, Plomo

ABSTRACT

In this research, the concentration of four heavy metals; Cadmium, Lead, Zinc and Copper were valued in samples of shrimp muscle (*Penaeus vannamei*), water and sediment from shrimp farming pools at five shrimp farms in Ecuador. The samples were taken from two shrimp farms located in the Province of Santa Elena and three shrimp farms located in the Province of El Oro, in the summer or “dry season”, in the first days of January. Five water samples, five shrimp tissue samples and five sediment samples were taken from each of the shrimp farms.

For the analysis, inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) was used. For the sample preparation process, possible errors in the laboratory and materials were reduced to a minimum. These errors could interfere with the outcome of traces of each of the metals of interest. The results of the three elements of analysis reported that cadmium (Cd) is found in the lowest proportion, with concentrations from 0.000 ppm to 0.002 ppm, lead (Pb) follows with concentrations from 0.002 ppm to 0.166 ppm, then copper (Cu) with concentrations from 0.006 ppm to 0.472 ppm and finally zinc (Zn) with concentrations from 0.009 ppm to 2,584 ppm.

Keywords: Heavy metals, *Penaeus vannamei*, Cadmium, Copper, Zinc, Lead

1.CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 Introducción

En la actualidad todas las actividades que se designen a producir un bien generan contaminantes como subproductos no deseados, entre los contaminantes más importantes del agua se encuentran patógenos, materia orgánica, metales pesados, sedimentos en suspensión, pesticidas entre otros; estos contaminantes son la causa de la pérdida de calidad de agua en todo el mundo (UNESCO, 2009).

La importancia de estudiar las concentraciones de los metales pesados en las lagunas de cultivo de camarón es debido a que éstos son muy movilizados por fuentes antropogénicas, además de existir en la naturaleza de forma natural y son potencialmente tóxicos para los organismos acuáticos. Los organismos expuestos a estos contaminantes, pueden acumular los metales en sus tejidos a concentraciones más altas que las que normalmente se encuentran en el ambiente, en un proceso que conocemos como bioacumulación que es el depósito de un contaminante en un organismo, en este caso son los metales que pasan al organismo del camarón; después estos organismos serán consumidos por el hombre, debido al alto valor comercial que poseen (Boada, Moreno, Marcano & Maza, 2007; Figueruelo & Marino Dávila, 2004). Según el Banco Mundial (2019) el deterioro de la calidad del agua reduce un tercio el crecimiento económico de algunos países.

La contaminación es un cambio en las propiedades químicas, físicas y biológicas del agua, la tierra y el aire, que causa una modificación de la calidad de estos, que afecta de manera nociva a toda la vida en el planeta. Esta generalmente es provocada por el hombre haciendo a estos recursos inapropiados para la pesca, agricultura y otras actividades; así como para animales domésticos y la vida natural. (Atilo, 2007; Cárdenas, 2009; Orozco, Gonzáles, Rodríguez & Alfayate, 2003).

1.2 Antecedentes

La explotación de camarón empezó en el Ecuador en la década de los 50's, en barcos pesqueros; surgiendo como medio de subsistencia, para luego convertirse en una fuente económica importante además generó plazas de trabajo (García et al., 2018).

La industria Camaronera surgió en los 60's, la cual gracias a las buenas condiciones climáticas tuvo un muy buen desarrollo de la especie "*Penaeus vanamei*", que fue cultivada con un gran éxito en la región costera del país. En los años 90's debido a la enfermedad mancha blanca hubo una devastación en la producción de esta especie, sin embargo, en 1998 el Ecuador se convierte en el segundo productor de camarón a nivel mundial (Castellanos, 2009).

La presencia de metales pesados en los cuerpos de agua se produce de dos maneras: la primera es la natural como la erosión, y, la segunda es la antropogénica que es aquella inducida por el hombre. Además los metales son persistentes en el ambiente, es decir que no pueden ser degradados por procesos antropológicos y biológicos. Una vez que entran en los ecosistemas acuáticos, se transforman y se distribuyen como material particulado ($>0.45 \mu\text{m}$), coloidales ($1 \text{ nm}-0.45 \mu\text{m}$) y como material disuelto ($=1 \text{ nm}$). El conocimiento de la distribución de metales pesados en tejido de camarón es muy importante ya que así se puede identificar qué órgano puede ser sensitivo y selectivo en la acumulación (Boada et al., 2007).

Según Escobedo (2017), los metales pesados constituyen un peligro para la biota acuática, ya que deterioran la calidad de las fuentes hídricas, con implicaciones en las actividades acuícolas que son la producción controlada de organismos acuáticos.

1.3 Problema de Investigación

Los camarones son animales susceptibles a sufrir ante condiciones ambientales adversas, el estrés provocado hace que no coman bien, crecen despacio y llegan a enfermarse. Al mantener las lagunas de cultivo en buenas condiciones se puede incrementar su supervivencia, mejorando la producción su alimentación y así su salud. El medio ambiente de una piscina de camarón está compuesto de agua y suelo; si factores como la calidad del agua y del suelo se ven afectados, como resultado se obtendrá animales enfermos por aumento de estrés.

Los metales son elementos que se encuentran en los ecosistemas acuáticos, debido a desechos industriales, desechos de aguas residuales o a procesos naturales como la erosión o actividad volcánica. El incremento de estos metales pesados provoca contaminación, además de incrementar su baja toxicidad y acumularse en tejidos (Boada et al., 2007) esto es realmente alarmante pues, posteriormente los camarones serán consumidos por el ser humano, pudiendo causar afecciones en órganos y tejidos.

1.4 Formulación del problema

¿Qué concentración de metales pesados se encuentran el músculo de camarón *Penaeus vanamei*, en el agua y sedimentos de las piscinas de cultivo del sur del Ecuador?

1.5 Objetivos

1.5.1 General

Determinar el porcentaje de metales pesados Cu, Cd, Pb y Zn en musculo de camarón (*Penaeus vanamei*), agua y sedimento de piscinas de camaroneras del sur del Ecuador.

1.5.2 Específicos

- Realizar correctamente la toma de muestras mediante los protocolos establecidos, y su conservación para que mantenga sus propiedades hasta las pruebas de laboratorio.
- Analizar los resultados de la evaluación aplicando métodos estadísticos para la determinación de las camaronas que cumplen los estándares para metales pesados.
- Comparar los resultados obtenidos de cada camarona, para agruparlos mediante referencia geográfica.

1.6 Hipótesis

La concentración de metales pesados en músculo de camarón no excede los límites permisibles, existirá una relación entre la cantidad de metales pesados de agua y sedimento, con la absorción de metales de los tejidos de camarón.

1.7 Justificación

Los metales pesados pueden afectar la salud de los ecosistemas artificiales de camarón, y de los consumidores; ya que el agua que se utiliza para las lagunas proviene de las fuentes hídricas cercanas como el mar, podrían ser una de las fuentes de contaminación con más altas concentraciones de metales pesados.

La absorción de metales pesados puede causar afecciones en los seres humanos, según la OMS (2018) la absorción de plomo es un grave riesgo para la salud, ya que se va acumulando en el organismo y es especialmente dañino para niños; se distribuye por todo el cuerpo, hasta llegar al cerebro, huesos, hígado, riñones; además no existe un nivel de exposición al plomo que se considere seguro.

La vida media de los compuestos metálicos en el organismo tiende a ser prolongada debido a su afinidad y acumulación en los huesos, en el caso del Pb y el Cd con vidas medias que son superiores a los 20 años (Ferrer, 2003).

Los metales pesados causan un gran impacto a la salud, ya que se produce bioacumulación en los tejidos de camarón, al consumir este alimento después de que el mismo haya tenido una prolongada exposición a estos compuestos, se produce una elevada toxicidad (Díaz, González, Reyes, Torres & Vergara, 2016).

1.8 Limitaciones

La presente investigación se realizó en los laboratorios de Ciencias de la vida de Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, en cinco camaroneras del sur del Ecuador ubicadas en las provincias del Oro y Santa Elena. Los limitantes fueron: la dificultad en la toma de muestras debido al acceso restringido a las camaroneras, además del traslado a cada una de ellas, se debió tramitar permisos para poder ingresar y además la toma de muestras la realizó el personal de cada lugar, también se tomó en cuenta el clima en las distintas provincias en el mes de febrero; otro limitante fue la pandemia debido al Covid-19, ya que esto retrasó la entrada al laboratorio de la Universidad por 6 meses, en los que las muestras debieron permanecer congeladas.

CAPITULO 2
FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 La Industria Pesquera Ecuatoriana

La industria pesquera es la actividad que se dedica a la captura, extracción y recolección de organismos acuáticos en aguas costeras, oceánicas e interiores, que tienen como fin el consumo humano (Acebo Plaza & Nuñez, 2016).

La mayor parte del pescado que consumimos no viene directamente del mar sino de granjas acuícolas, aun así, la cantidad de peces capturados no está disminuyendo, ya que se usan como alimento para estas granjas acuícolas además de otros usos de la industria (Love, 2015).

Ecuador oceanográficamente tiene una ubicación privilegiada al tener aguas marinas, estuarios, ribereñas y lacustres de alta diversidad pesquera. Los casi mil kilómetros de costas están distribuidos en el hemisferio norte y sur; a estas concurren diferentes masas de agua como la corriente de Humboldt y el Fenómeno del Niño (Cámara Nacional de Pesquería, 2018; Acebo & Nuñez, 2016).

2.1.1 La acuicultura en Ecuador

La acuicultura es la cría de organismos acuáticos como peces, crustáceos, moluscos y algas, esta varía mucho, pudiendo ir desde criaderos de camarón en estanques agua salada hasta cría en piscinas de agua dulce (Cumbicus Ortega, Jaramillo Aveiga, Ruiz Carrillo & Salazar Córdoba, 2018). La acuicultura a nivel mundial es uno de los pilares para incrementar la producción de alimentos, ya que los organismos que provienen de ésta proporcionan una fuente de micronutrientes esenciales y proteínas para el ser humano; además de constituir una fuente de empleo para millones de personas alrededor del mundo, sobre todo en países en desarrollo (Ruiz Chóez, Avendaño, Cabanilla & Montúfar, 2018).

El Ecuador tiene una superficie de 256370 km² y se encuentra situado al noreste de Sudamérica, en la costa del Pacífico; más del noventa y cinco por ciento de la acuicultura en Ecuador corresponde a la industria camaronera y ha ido creciendo con el paso de los años (FAO, 2005).

La actividad camaronera del Ecuador inició en la provincia del Oro, un grupo de empresarios locales observó que en estanques pequeños que se encontraban cerca a los estuarios vivía camarón, en los ochenta, esta actividad había crecido un 600%, posicionando al Ecuador entre los primeros exportadores a escala mundial. En los 90 empezó la expansión de esta industria a otras provincias y se crearon laboratorios de larvas y fábricas de balanceado (FAO, 2005; Machado, 2013)

A partir de la introducción de la acuicultura en Ecuador en el año de 1968 y después de la aplicación de métodos industrializados en la producción, es cuando el Ecuador se transformó en un importante productor y exportador de camarón en el mercado internacional. Tras un crecimiento constante, en 1998 llegó a exportar 114 795 toneladas a un valor FOB de 875 millones de dólares, que fueron los niveles más altos de su historia. En este año récord de la producción camaronera, las exportaciones de este crustáceo contribuyeron con el veinte y seis por ciento de las exportaciones privadas (FAO, 2004).

La actividad acuícola del Ecuador se ha desarrollado en base al cultivo de camarón Blanco *Penaeus (Litopenaeus*) vannamei* Boone, 1931 y Tilapia (*Oreochromis mossambicus, niloticus, spp*), la mayor producción de camarón se encuentra ubicada en la región Costa (Ruiz, Avendaño & Montúfar, 2018).

Inicialmente las exportaciones de camarón ecuatoriano se destinaban casi exclusivamente a los Estados Unidos. El sector se propuso diversificar los mercados de destino y actualmente posee tres mercados perfectamente definidos: Estados Unidos, Europa y Oriente. Adicionalmente, se está comercializando el camarón ecuatoriano en otros países de América, como Chile, Bolivia, Colombia y Uruguay (FAO, 2004).

2.1.2 Sistemas de Cultivo de Camarón

En el Ecuador existen tres métodos de cultivo para camarón

1. Extensivo: Con densidades de 10000 – 15000/ ha, producciones de 600 lb/ año y con una alimentación libre de dietas formuladas.
2. Cultivo semi-intensivo: Con densidades de 15000 – 120000/ha, una producción promedio de 1000 – 1500 lb/año y con uso de dietas formuladas.
3. Cultivo Intensivo: Densidades de más de 120000/ha, producciones mayores a 5000 lb/año y alimentación con dietas formuladas (Gentiloni, 2006).

2.2 El camarón *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

El camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) es nativo del Océano Pacífico donde las aguas llegan a temperaturas superiores a veinte grados centígrados desde el Sur de Norte América hasta Sur América hasta Perú (Briggs, Funge-Smith, Subasinghe & Phillips, 2005).

2.2.1 Rasgos Biológicos

Rostrum moderadamente largo con 7–10 dientes dorsales y 2–4 dientes ventrales. En los machos maduros petasma simétrico y semi abierto. Espermátóforos complejos, consistentes de masa espermática encapsulada por la vaina. Las hembras maduras tienen el télico abierto. Se desarrollan por etapas que son: seis etapas de nauplios, tres de proto-zoeas, y tres etapas de mysis. Su coloración es blanca translúcida, pero puede cambiar dependiendo del sustrato, la alimentación y la turbidez del agua. Talla máxima 23 cm, con CL máxima de 9 cm. Comúnmente las hembras crecen más rápidamente y adquieren mayor talla que los machos (Crespi & New, 2009).

2.2.2 Taxonomía:

Tabla 1 Taxonomía de Litopenaeus vannamei (Boone, 1931)

Reino	Animalia
Subreino	Bilateria
Filo	Arthropoda
Clase	Malacostraca (Latreille, 1802)
Orden	Decapoda (Latreille, 1802)
Familia	Penaeidae (Rafinesque, 1815)
Genero	<i>Litopenaeus</i> (Pérez Farfante, 1969)

Fuente: (Guala G & Döring M, 2020).

Las etapas del camarón son: nauplio, protozoa, mysis y postlarva. A medida que se van desarrollando las larvas de camarón (*Litopenaeus vannamei*), tienen la necesidad de consumir alimento que aporte requerimientos nutricionales, los mismos que son cubiertos con alimento artificial y con alimento vivo (microalgas) dentro de las etapas de su desarrollo, el camarón (*Litopenaeus vannamei*) presenta un rápido crecimiento, por tal motivo la alimentación en esta etapa es muy importante, debe aportar beneficios que mejoren el desarrollo en los diferentes estadios y fases de cultivo de la especie presenta (Cumbicus Ortega, Jaramillo Aveiga, Ruiz Carrillo & Salazar Córdoba, 2018).

2.2.3 Ciclo de producción del Camarón

Para el ciclo de producción del camarón blanco, primero se realiza una selección de los progenitores, los primeros son capturados del mar, y deben cumplir ciertos parámetros importantes como un peso de 15 a 20 g y edad de un año o más, se introduce a su posterior desove. Una vez transcurridos 7 meses o más, cuando los camarones alcanzan un peso de aproximadamente 30 g se trasladan a estanques de maduración (FAO, 2009).

2.2.3.1 Técnicas de Cultivo

Según Tacón (2002) y FAO (2009) existen cuatro sistemas de cultivo, los cuales son explicados a continuación:

1. Sistemas Extensivos que son comunes en América Latina, se realizan en grandes estanques de 5 ha, pudiendo llegar a extensiones de 100 ha y con producciones de 150 a 500 kg/ha, las cosechas se realizan una o dos veces por año. La alimentación en este cultivo se realiza naturalmente por fertilización, generalmente una dosis al día.

2. Sistemas semi-intensivos poseen estanques más pequeños que la extensiva, que van de 1 a 20 ha, el camarón también se alimenta mediante productos naturales por fertilización de dos a 3 dosis por día. Este tipo de sistema puede producir de 500 a 5000 kg/ha.
3. Sistemas intensivos, son estanques pequeños que van de 0,1 a 2 ha que puedan drenarse, poseen una alta tasa de recambio de agua, con aireación continua, fertilización constante y alimentación suplementaria. Este tipo de cultivo genera rendimientos de 8 a 15.000 kg/ha.
4. Sistemas super-intensivos, se llevan a cabo en estanques de plástico o concreto de 282 m² a en invernaderos, sin recambio de agua, son ecológicos, con bajos costos de alimentación y producción de 28.000 y 68.000 kg/ha cada 5 meses o menos.

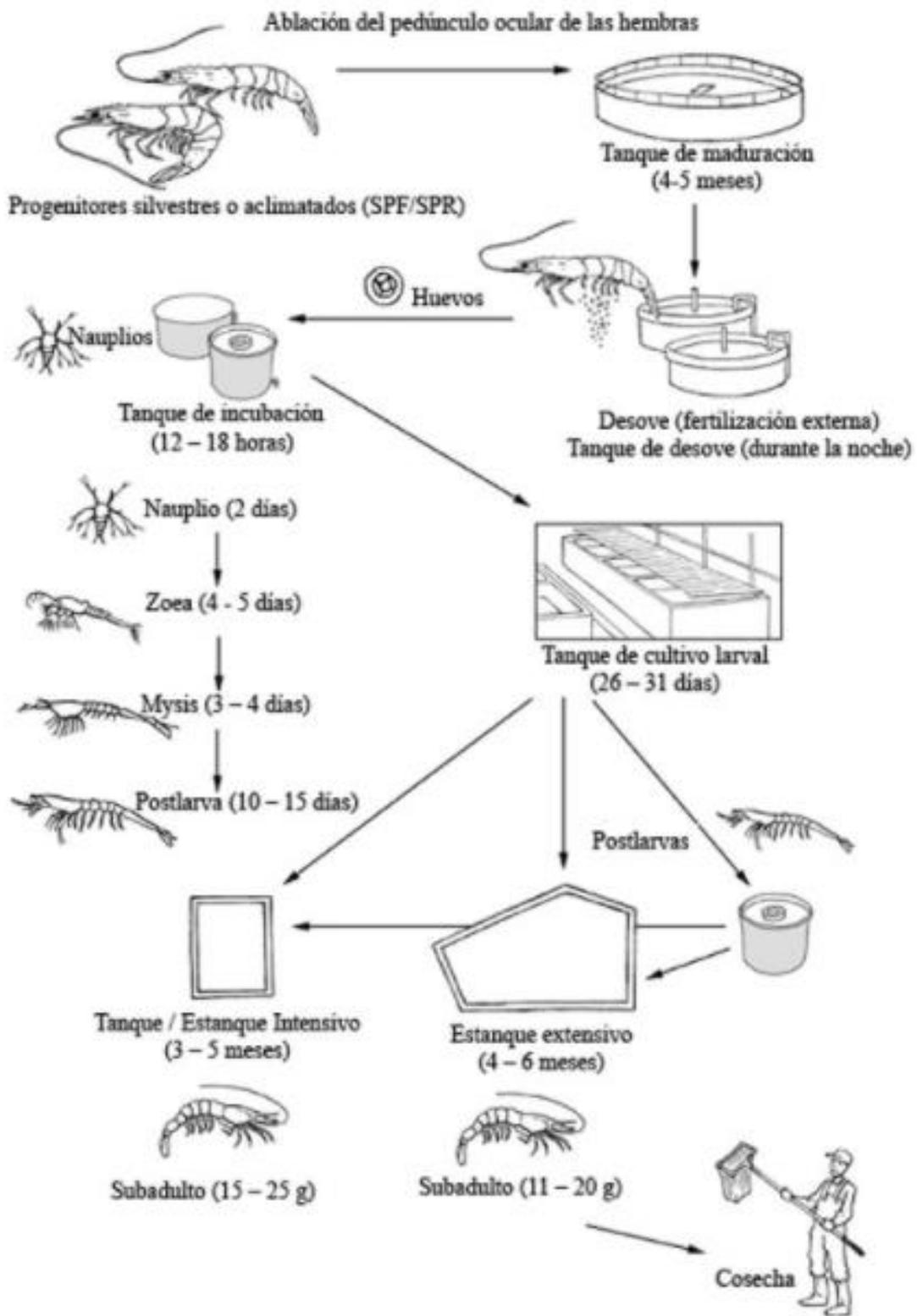


Figura 1. Ciclo de Reproducción del Camarón Blanco

Fuente:(FAO, 2009)

2.2.4 Metales pesados

Son metales que tienen un peso menor a 5 g cm^{-3} o que poseen un número atómico superior a veinte. Desde un punto de vista de sistemas vivos hay metales que son nutrientes esenciales como el Zinc y el Cobre; también existen metales que no tienen función en los seres vivos, como el plomo y el cadmio; llegando a ser tóxicos. Las características importantes de los metales pesados son: elevada resistencia en el medio, biomagnificación, pueden llegar a provocar daños ambientales cuando llegan a ciertos niveles de concentración. El origen natural de los metales pesados es la meteorización (Ramos-Miras, 2009).

2.2.4.1 El Cadmio

El cadmio es un metal de transición, un poco soluble, generalmente se comporta como un ácido de Lewis débil, es decir que formará uniones más estables con bases de Lewis débiles. En suelos no contaminados su concentración varía mucho, dependiendo de que deriven de rocas ígneas ($<0,1$ a $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$), sedimentarias ($0,3$ a 11 mg kg^{-1}) o metamórficas ($0,1$ a 1 mg kg^{-1}) (Ramos-Miras, 2009).

2.2.4.1.1 Efectos Tóxicos del cadmio

Se adsorbe por vías digestiva y respiratoria, se acumula en algunos órganos como los riñones, pulmón, testículos, páncreas y es un inhibidor de la absorción del calcio en el cuerpo; su eliminación es lenta, ya que la vida media del cadmio en el organismo es mayor a diez años. El cadmio posee acción tóxica e irritante; a su vez la acción irritante sería la responsable de los incidentes agudos de la intoxicación, ésta se ejerce sobre la mucosa nasal, el tubo digestivo y el árbol respiratorio (Fernández Espinosa, 2001).

2.2.4.2 El Cobre

Es un metal no ferroso, uno de los metales traza más abundantes, es un micronutriente esencial para la mayoría de los organismos, su utilidad se debe a las muchas propiedades físicas, químicas, eléctricas entre otras, además de ser un metal abundante en el planeta (Fernández Espinosa, 2001; Lodoño-Franco et al, 2016).

El sulfato de cobre es uno de los principales compuestos usados en la Industria Agropecuaria, utilizado en pesticidas, fungicidas y algicidas. La exposición aguda por ingerir sulfato de cobre puede llegar a causar necrosis hepática, y llevar al individuo a la muerte (Lodoño-Franco et al, 2016).

2.2.4.3 El plomo

Es un elemento que existe naturalmente en el medio ambiente, sin embargo, la existencia de concentraciones altas en la naturaleza se debe a actividades humanas. Es un metal con propiedades como resistencia a la corrosión, es maleable, con bajo punto de fusión y dúctil por lo que ha sido usado ampliamente desde la antigüedad, incluso llegando a ser usado en tratamientos de enfermedades. Del siglo dieciséis al diecinueve el envenenamiento por plomo fue muy importante. Hoy en día se encuentra en una gran variedad de productos y ha sido clasificado como el contaminante más común en el ambiente (US Geological Survey, 2009; ATSDR, 2007; Hemberg, 2000).

Las partículas de plomo no se degradan en el ambiente y se transportan a través de agua, aire y suelo. El plomo se transfiere al suelo, aire y agua por medios naturales como la meteorización, precipitación y escorrentía; en el suelo, los sedimentos son sumideros importantes para el plomo, limitando la tasa de lixiviación (ATSDR, 2019).

Está documentado que los efectos más comunes de intoxicación por plomo son respiratorios, renales, cardiovasculares, inmunológicos (ATSDR, 2019). La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasificó al plomo como posible carcinógeno humano (IARC, 2006).

2.2.4.4 El Zinc

El zinc es un elemento no tan abundante en la naturaleza, representando solo el 0.012% de la corteza terrestre y con una concentración en suelos de 50 mg/kg; aun así es un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza (Rubio, Izquierdo, Revert & Hardisson, 2007).

Es un nutriente necesario para los seres vivos, se encuentra en todas las células del cuerpo; es necesario ya que el cuerpo lo necesita para fabricar proteínas y ADN. El zinc ayuda a mejorar el sistema inmunitario, favorece la cicatrización de heridas y ayuda al funcionamiento normal de los sentidos del gusto y olfato (NIH, 2019).

Aunque la información sobre las funciones de zinc en las especies acuáticas es limitada, se reconoce que las funciones metabólicas básicas del zinc son similares en todas las especies (NIH, 2019). Una sobredosis de zinc puede causar anemia o cáncer de próstata, la inhalación de altas concentraciones de zinc puede causar neumonitis o síndrome respiratorio en adultos; a nivel celular el exceso de zinc en el cuerpo produce muerte celular (Rubio et al, 2007). Los suplementos con zinc en las piscinas de cultivo de camarones, en la dieta, han mejorado la tasa de conversión de alimento y el crecimiento de manera significativa (Figueiredo-Silva, 2020).

2.2.5 Metales pesados en piscinas de cultivo de camarón

Dado que el cambio de agua de las piscinas es bajo, los metales se encuentran en las distintas partes como en la materia orgánica disuelta y particulada, otra se incorpora a la biota y la mayor parte se incorpora en los sedimentos. Algunos estudios han evaluado la concentración de metales en sedimentos, tejido de camarón y agua de piscinas de camaronerías.

El conocimiento de la distribución de metales pesados en tejido de camarón es muy importante ya que así se puede identificar qué órgano puede ser sensitivo y selectivo en la acumulación (Boada et al., 2007).

2.2.6 Límites de Metales en Camarón

Según el Instituto Nacional de Pesca los niveles permisibles para cadmio en camarón son de 0.5 mg/kg y para el plomo los rangos son de 0.5 mg/kg, en la ley NTE INEN 456:2013 para Camarones y Langostinos Congelados.

Según el Codex Alimentarius de la FAO los límites de plomo en camarones son de 0.1 mg/kg y la Unión Europea 0.3 mg/kg.

Para el cadmio según el Codex Alimentarius es de 0.05 mg/kg y la Unión Europea 0.1 mg/kg.

No se reportan niveles de concentración para cobre y zinc en alimentos dentro del Codex Alimentarius, ni en la norma NTE INEN 456:2013.

2.2.7 Límites de metales en Agua

Para el agua de estuarios y marina el límite de concentración según el Codex Alimentarius es de Cd 0.05mg/l y para Pb es 0.01mg/l.

Los parámetros considerados como límites permisibles para el agua de las piscinas camaroneras según AM097A (Ministerio del Ambiente, 2015) Anexo 1 para zinc son de 25 mg/l, para cobre 2 mg/l, para cadmio 0.05 mg/l y para plomo 0.05 mg/l.

2.2.8 Límites de metales en sedimento

Según el AM 097 del Ministerio del Ambiente (2015) Anexo 2 los límites permisibles para cobre en sedimento es de 30 mg/Kg, los límites para cadmio son de 0.5 mg/ kg, para plomo 25 mg/kg y para zinc 60 mg/Kg.

CAPITULO 3
MARCO PROCEDIMENTAL

3.1 Nivel de investigación

Investigación Cuantitativa: debido a que se basa en el estudio y análisis de la realidad a través de un proceso de medición.

3.2 Diseño de investigación

El diseño del presente trabajo de investigación es experimental, debido a que se realizaron análisis a nivel de laboratorio al sujeto de estudio, en este caso las muestras de tejido de camarón, sedimento y agua de piscinas camaroneras (variable dependiente) para determinar su concentración de metales Cu, Zn, Pb y Cd, así mismo se controlaron los factores físico químicos (variables independientes), obteniendo así heterogeneidad en las muestras, finalmente los resultados se obtuvieron mediante espectroscopía de absorción atómica como en estudios similares (Arias, 2012).

3.3 Variables

Variable dependiente: concentración de metales pesados.

Variable independiente: muestras de tejido de camarón, agua y sedimento

Variable interviniente: condiciones ambientales favorables o desfavorables, método de toma de muestras.

3.4 Población y muestra

Se obtuvieron muestras de dos provincias del Ecuador; El Oro y Santa Elena. Las muestras de camarón se tomaron de una laguna de cada camaronera, 8 camarones de cada una. Las muestras de sedimento se tomaron de cinco puntos de las lagunas.

Las muestras de agua se tomaron de cinco puntos diferentes alrededor de las lagunas por los trabajadores de cada camaronera, debido al acceso restringido.

3.4.1 Área de estudio

3.4.1.1 Ubicación geográfica

Se tomaron como fuentes de estudio cinco camaroneras, dos ubicadas en la provincia de Santa Elena y tres ubicadas en la provincia de El Oro.

3.4.1.2 Camaroneras ubicadas en la provincia de El Oro

Primera camaronera en la provincia de El Oro: $3^{\circ}23'02.4''\text{S}$ $80^{\circ}07'40.8''\text{W}$. La Pitaya en Chacras.



Figura 2. Ubicación de Camaronera en La Pitaya, Provincia del Oro.

Segunda camaronera en la provincia de El Oro: $3^{\circ}30'33.7''\text{S}$ $80^{\circ}11'31.7''\text{W}$. Huaquillas

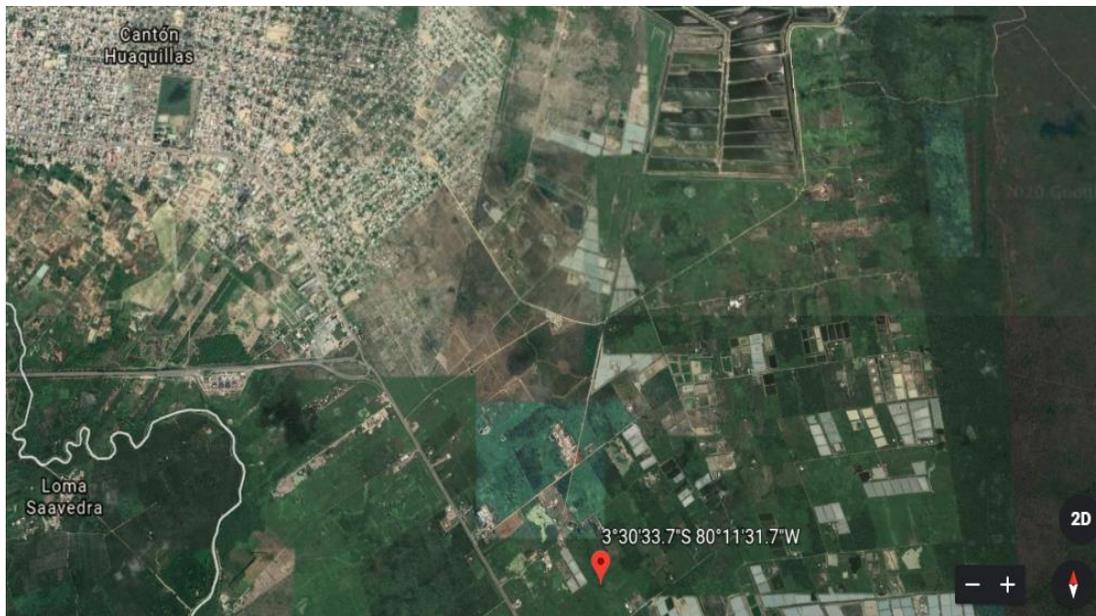


Figura 3 Ubicación de Camaronera en Huaquillas, Provincia del Oro.

Tercera camaronera en la provincia de El Oro: 3°25'07.4"S 79°57'20.6"W. Santa Rosa

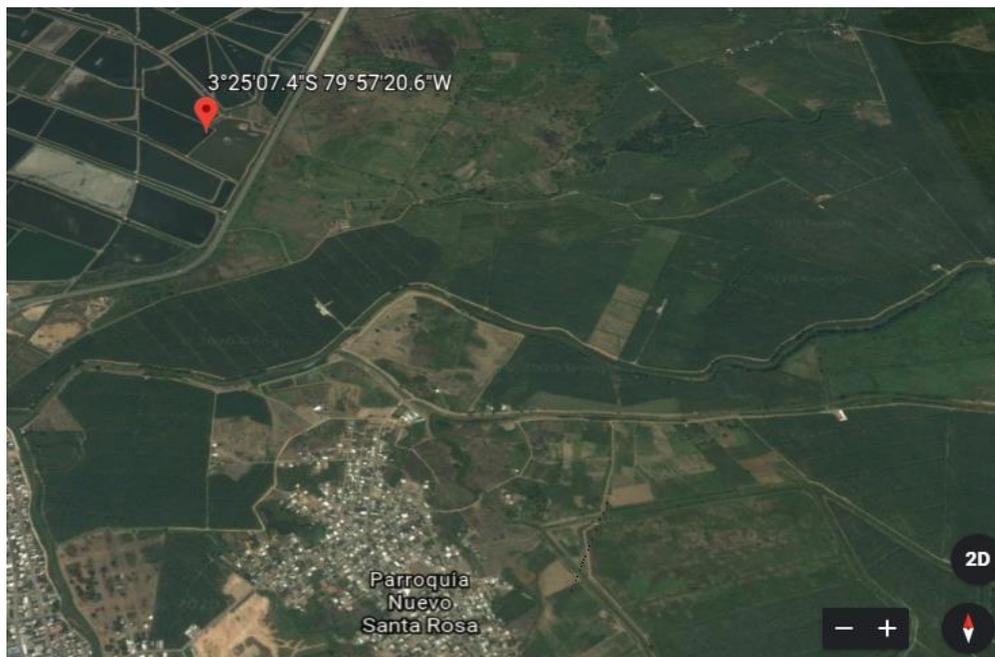


Figura 4 Ubicación de Camaronera en Santa Rosa, Provincia del Oro

3.4.1.3 Camaroneras Ubicadas en la provincia de Santa Elena

Primera camaronera en Santa Elena: 2°26'58.8"S 80°09'10.8"W. Bajen (camaronera Santa Priscila)

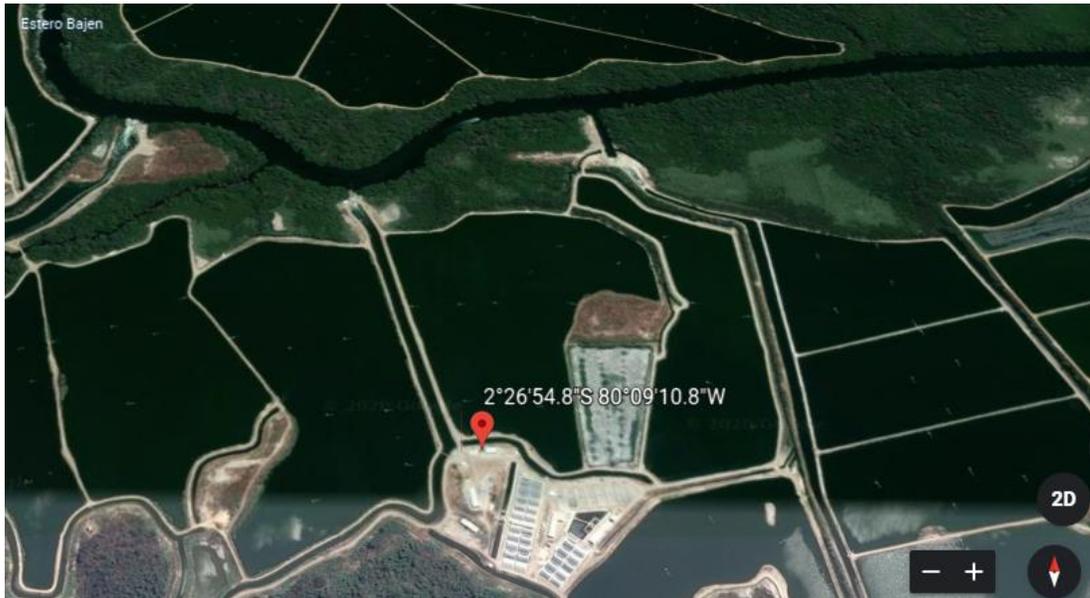


Figura 5 Ubicación de Camaronera en Bajen, Provincia de Santa Elena

Segunda camaronera en Santa Elena: 2°25'23.4"S 80°38'38.2"W. Chanduy.

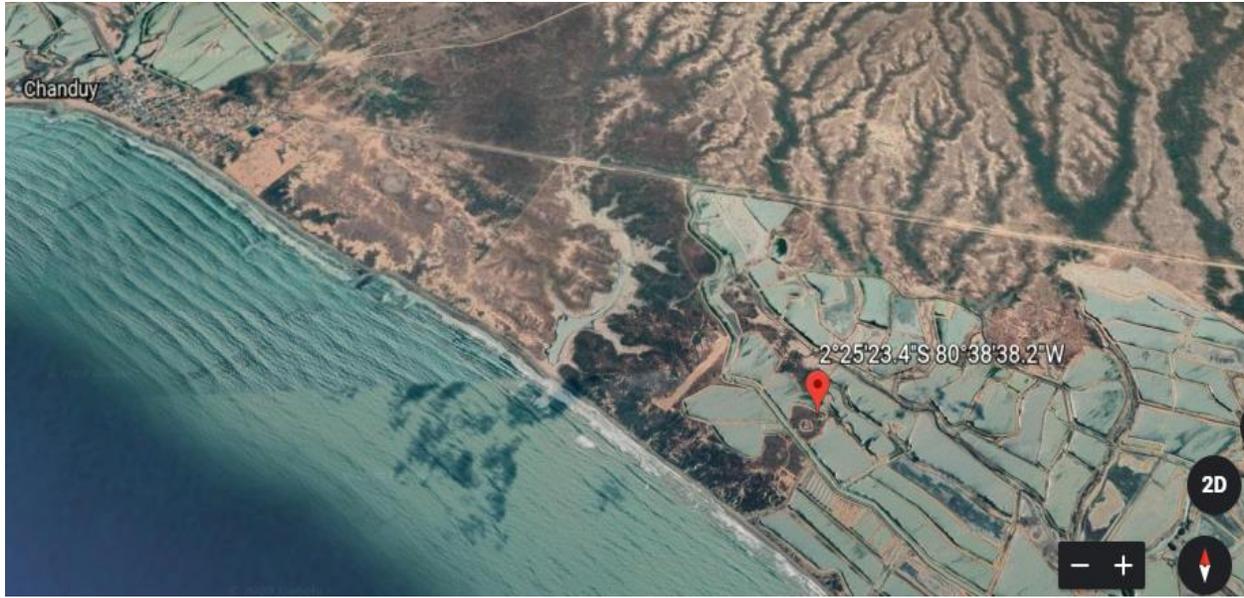


Figura 6 Ubicación de Camaronera en Chanduy, Provincia de Santa Elena.

3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron varios instrumentos y técnicas tales como libros, artículos científicos, tesis, artículos de revistas, fotografías, bitácoras.

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se desarrolló un análisis estadístico, mediante hipótesis de la muestra, para corroborar que los datos obtenidos no sobrepasen los límites establecidos en la ley vigente ecuatoriana.

3.7 Procedimiento

3.7.1 Obtención de las muestras

Se obtuvo la materia prima de tres camaroneras ubicadas en la Provincia de Santa Elena: San Pablo, Salinas, Mar Bravo; y de tres camaroneras ubicadas en la provincia de El Oro: Santa Rosa, Arenillas y Huaquillas, se tomaron muestras de agua y sedimento de las piscinas de cultivo; y muestras de cinco camarones por piscina elegida según un plan de muestreo por cada camaronera.



Figura 7 Piscina de Camaronera Ubicada en Huaquillas. Fuente: La autora



Figura 8 Piscina de Camaronera Ubicada en Chanduy. Fuente: La autora

3.7.2 Disección de muestras de tejido y empaquetado para transporte

La disección se realizó seguido de la recolección de las muestras, con un bisturí estéril se procedió a sacar los órganos para después empaquetarlos y congelarlos para el viaje.

3.7.3 Muestreo de agua:

Para el muestreo de agua se siguieron los protocolos que describe EPA (2016) y las Normas NTE INEN 2 226:2000 y NTE INEN 2 169:98 que se describen a continuación:

Características de las botellas para la toma de muestras, pueden usarse botellas de vidrio o plásticas, se recomienda usar botellas de 1000 mL de boca ancha para recolección de muestras con plomo y cobre; de preferencia botellas que no contengan hendiduras para que no disminuya el volumen del agua necesario para los ensayos.

El muestreo debe realizarse en todos los puntos y profundidades posibles de ingreso y salida.

Muestreo:

1. Identificar los lugares de muestreo y las características del flujo
2. Verificar en el laboratorio el volumen de muestra requerido para el análisis.
3. Usar equipo de protección: guantes y gafas.
4. Enjuague la botella tres veces con el agua de la muestra.
4. Llenar la botella y agregar cuidadosamente los conservantes, siguiendo instrucciones del laboratorio.
5. La botella debe llenarse de una a dos pulgadas de la parte superior.

3.7.4 Conservación de muestras de agua

Para la conservación de las muestras de agua se siguió el protocolo descrito por Enzymes (2019), el cual establece lo siguiente para conservación de muestras en congelador.

- a) Recoja sus muestras en un recipiente limpio, seguro para el congelador con una tapa o tapa segura. Asegúrese de dejar espacio para la expansión del agua congelada. Etiquete la muestra con la hora y el lugar de recolección.
- b) Coloque las muestras en un congelador doméstico (~ -20 °C) o en un congelador de laboratorio (~ -80 °C).

- c) El tiempo requerido para la congelación variará con el tamaño de la muestra.
- d) Después de descongelar, las muestras estarán listas para el análisis.

3.7.5 Recolección de muestras de sedimento

Para la recolección de muestras de sedimento se intentó seguir el Protocolo para recolección de muestras de Sedimento del Espectro Analítico -método 200.7/6010C/6020B- (Eurofins, 2016) y la Norma NTE INEN 2 226:2000. Ya que por las restricciones de entrada a las camaroneras las muestras fueron tomadas por los trabajadores de las mismas, en cinco lugares diferentes, adentrándose en las orillas de las piscinas de las camaroneras.

Se pueden usar recipientes de vidrio y plástico. Las muestras se congelan a ≤ 6 °C, las muestras se pueden almacenar en periodos de hasta 6 meses. La cantidad de muestra que se debe recolectar es de 100 g.

3.7.6 Recolección de camarones

Se siguió un protocolo para muestreo de tejido de camarón en el cual se realiza la disección del camarón y se coloca en un contenedor de vidrio con solución estabilizadora, que conservó al tejido hasta su llegada al laboratorio de la Universidad para el análisis.



Figura 9. Recolección de camarones en Camaronera de Chanduy. Fuente: La autora



Figura 10. Disección de camarones. Fuente: La autora

3.7.7 Digestión de muestras

Para la digestión de las muestras se siguieron los métodos del equipo Mars 6, de los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.

3.7.8 Digestión de músculo de camarón

La preparación de las muestras de camarón consiste en pesar 0.5 g de muestra (peso húmedo), agregar 10 mL de HNO_3 . Se debe permitir que las muestras se predigesten permaneciendo abiertas al menos 15 minutos antes de sellar los tubos de teflón, después se las colocó en el digestor microondas.



Figura 11 Pesado de las muestras. Fuente: La autora

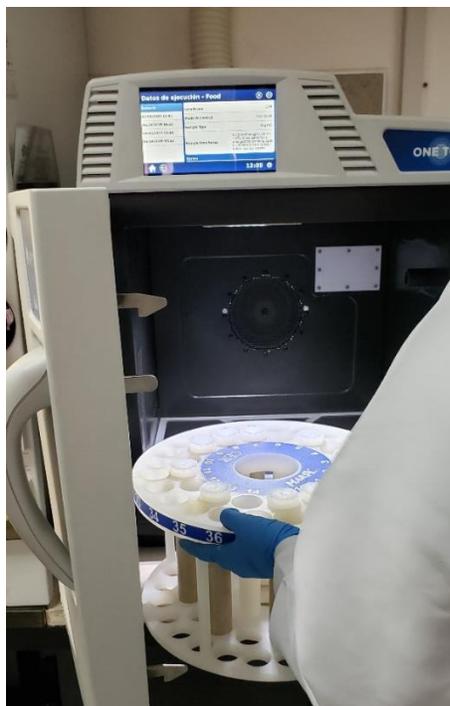


Figura 12 Colocación de muestras en Digestor Microondas Mars 8. Fuente: La autora

Se filtraron las muestras con papel filtro libre de metales y se aforaron en balones de 50 mL con ácido nítrico al 2%.

3.7.9 Digestión de muestras de agua

Se usaron muestras compuestas de agua, para eso se tomaron 10 mL de cada muestra, y se preparó la muestra madre.

Para la preparación de la muestra se utilizaron 10 mL de agua de la muestra compuesta, se añadieron 3 mL de HNO_3 . Se colocó el agua directamente en los tubos de teflón con el ácido y se procedió a digerir.

Después de la digestión las muestras se aforaron en balones de 50 mL con ácido nítrico al 2%.



Figura 13 Etiquetado de muestras después digestadas. Fuente: La autora

3.7.10 Digestión de muestras de sedimento

Las muestras de sedimento se tomaron mediante el método de cuarteo y subcuarteo, hasta llegar hasta aproximadamente 50 g de cada una de las muestras, después se metieron a la estufa por 24 horas a 60 °C, para extraer la humedad.



Figura 14 Método del cuarteo y subcuarteo en muestras de sedimento. Fuente: La autora



Figura 15. Muestras en estufa para secado. Fuente: La autora

Después las muestras fueron trituradas en un mortero y por último fueron tamizadas, con un tamiz de 500 μm .



Figura 16. Triturado de muestras de sedimento. Fuente: La autora



Figura 17. Tamizado de muestras de sedimento. Fuente: La autora.

Se colocaron 0.5 g de muestra y 10 mL de HNO_3 , en tubos de teflón, se los selló de manera adecuada y se colocaron en el digestor microondas Mars 8.



Figura 18. Preparación y sellado de muestras para digestión. Fuente: La autora

Después de la digestión de todas las muestras, estas fueron filtradas con papel filtro libre de metales, y se procedió a aforar a 50 mL con ácido nítrico al 2%. Posteriormente se guardaron en refrigeración.



Figura 19. Filtrado de muestras posterior al proceso de digestión. Fuente: La autora.

3.7.11 Cuantificación de metales

Para la cuantificación de las concentraciones de metales que poseen las muestras se utilizó el Espectrofotómetro Icap OES

En esta técnica, se realiza la introducción continua de la muestra líquida, este equipo posee un sistema de nebulización que forma un aerosol que es transportado por el Argón a la antorcha del plasma, acoplado de forma inductiva por radio frecuencia. En el plasma, debido las altas temperaturas generadas, los analitos son atomizados e ionizados generándose los espectros de emisión atómicos de líneas características. Los espectros son dispersados por la red de difracción y el detector sensible a la luz se encarga de medir las intensidades de las líneas. Después la información es procesada por el sistema informático.

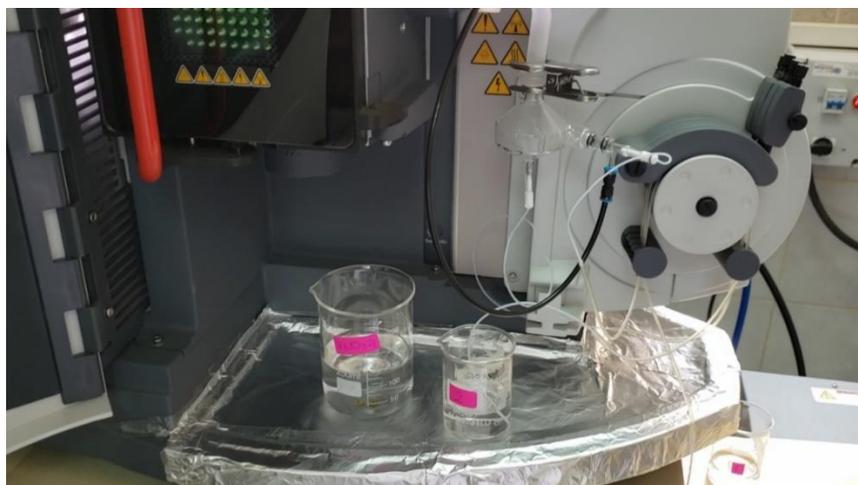


Figura 20. Inducción de muestras en equipo ICP. Fuente: La autora.

3.7.12 Análisis Estadístico

En el análisis estadístico del presente estudio se emplearon los programas “PAWS Statistics Visor”, y “R Statistics”. En el estudio los resultados se sujetaron a un análisis estadístico de hipótesis de la muestra para la comparación de la concentración del elemento metálico en el tejido de camarón, agua y sedimento, con la norma vigente.

También se realizó la prueba F que se utiliza para saber si las varianzas de los dos grupos de muestras que se están comparando son iguales o diferentes estadísticamente y con esto poder elegir la prueba t correcta.

3.7.12.1 Prueba de Hipótesis de una muestra

La hipótesis es Afirmación relativa a un parámetro de la población sujeta a verificación. En el análisis estadístico se establece una afirmación, una hipótesis, se recogen datos que posteriormente se utilizan para probar la aserción, entonces, una prueba de hipótesis se realiza para determinar si la hipótesis es una afirmación razonable.

Se usa la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_x}{S_x/\sqrt{n}}$$

Donde:

\bar{X} : Es la media muestral

μ_x : Es la media poblacional

S_x : Es la desviación o error estándar de la muestra

n: Es el número de muestras

3.7.12.2 Prueba de Hipótesis de dos muestras

Se realizó la prueba de hipótesis de dos muestras para comparar los valores obtenidos de las medias de cada provincia difieren o no estadísticamente. Cuando se toman muestras pequeñas se supone que las poblaciones de interés están distribuidas de manera normal, y los intervalos de confianza se basan en la distribución t, existen dos fórmulas; la primera es aquella con varianzas desconocidas pero iguales y la segunda es aquella con varianzas desconocidas pero desiguales.

3.7.12.2.1 Prueba de distribución F

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Donde:

S_1^2 y S_2^2 son las varianzas muestrales respectivas.

3.7.12.2.2 Prueba de hipótesis de dos muestras, para poblaciones normales, varianzas desconocidas pero iguales

La fórmula es:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{Sp^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Donde:

\bar{X}_1 es la media de la primera muestra

\bar{X}_2 es la media de la segunda muestra

n_1 es el número de observaciones de la primera muestra

n_2 es el número de observaciones de la segunda muestra

Sp^2 es la estimación conjunta de la varianza de la población

La fórmula para la varianza conjunta es:

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Donde:

S_1^2 es la varianza (desviación estándar elevada al cuadrado) de la primera muestra

S_2^2 es la varianza de la segunda muestra

Los grados de libertad se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$gl = n_1 + n_2 - 2$$

3.7.12.2.3 Prueba de hipótesis de dos muestras, para poblaciones normales, varianzas desconocidas pero desiguales

La fórmula es:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)}}$$

Donde:

\bar{X}_1 es la media de la primera muestra

\bar{X}_2 es la media de la segunda muestra

S_1 es la varianza (desviación estándar elevada al cuadrado) de la primera muestra

S_2 es la varianza de la segunda muestra

n_1 es el número de observaciones de la primera muestra

n_2 es el número de observaciones de la segunda muestra

El cálculo de los grados de libertad para la prueba con varianza desigual se calcula con la siguiente fórmula:

$$gl = \frac{\left[\left(\frac{S_1^2}{n_1} \right) + \left(\frac{S_2^2}{n_2} \right) \right]^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}}$$

Donde:

n_1 y n_2 son los tamaños muestrales respectivos

S_1 y S_2 son las desviaciones estándares de las muestras respectivas.

CAPITULO 4

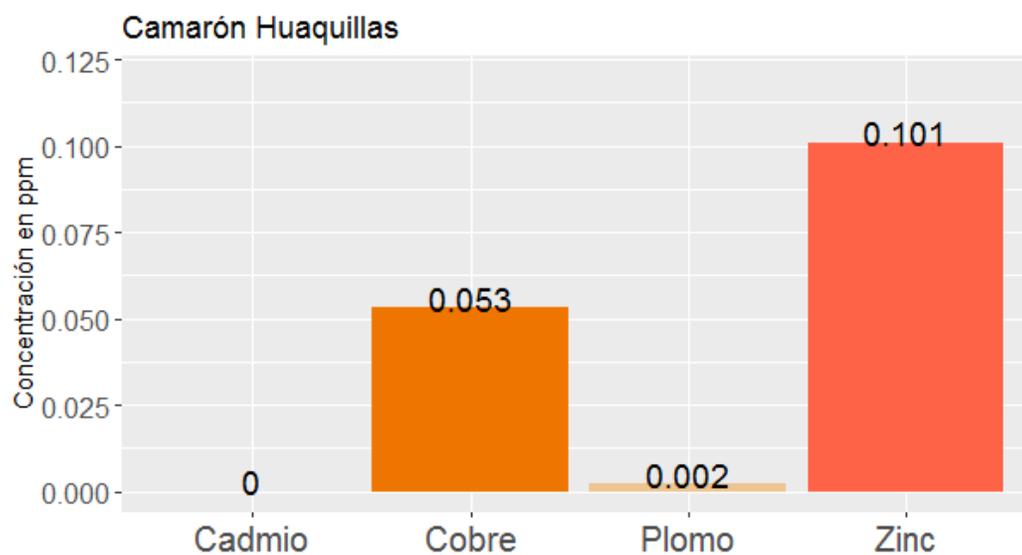
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos empleando espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP/MS)

4.1.2 Muestras de Camarón

4.1.2.1 Muestras de la Provincia de El Oro

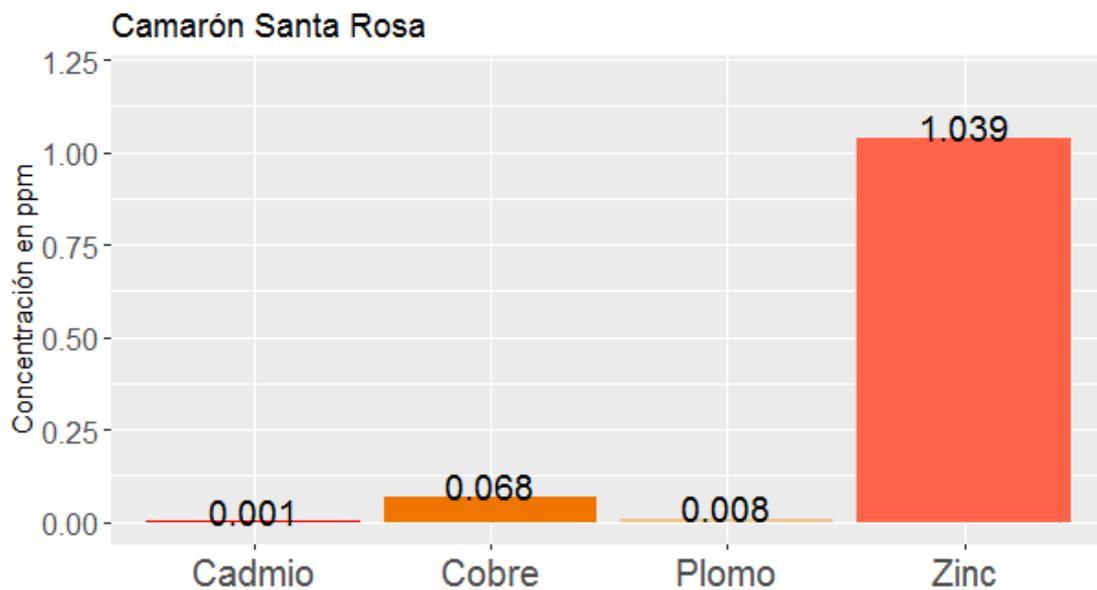
En la gráfica 1 se observa la concentración de las medias de las muestras de tejido de camarón de la primera camaronera ubicada en la provincia de El Oro se puede observar que no posee cadmio, lo que significa que se encuentra dentro de los rangos permitidos por la normativa vigente. La concentración de plomo es de 0.002 ppm, no sobrepasa los límites permisibles en las normativas vigentes en el *Codex Alimentarius*, Unión Europea y El Instituto Nacional de Pesca del Ecuador. El valor de la media de la concentración zinc es de 0.101 ppm.



Gráfica 1. Media de concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en músculo de camarón de camaronera ubicada en Huaquillas, El Oro.

Fuente: La autora

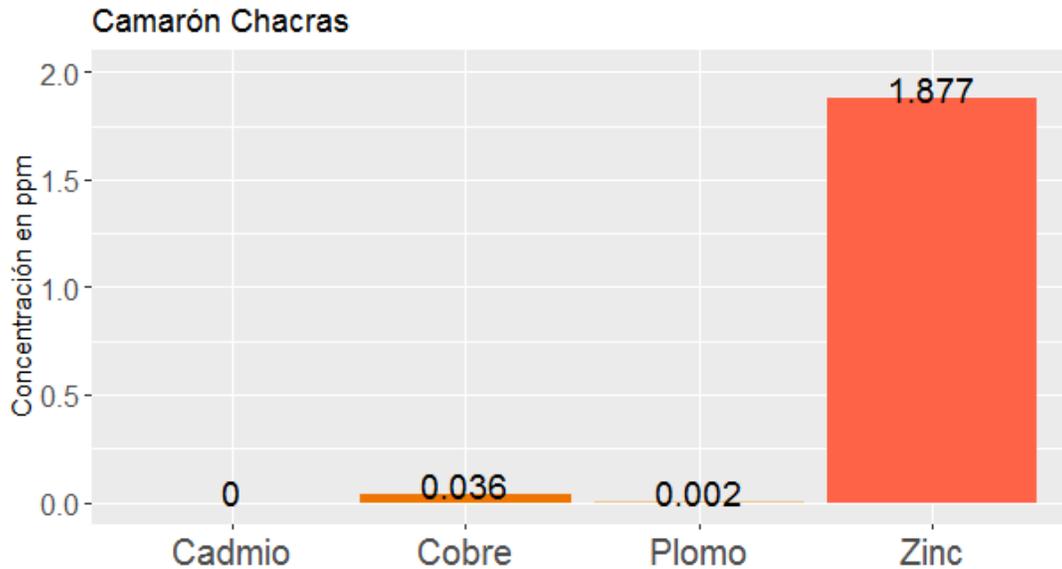
En la gráfica 2 se observa que la media de la concentración de cadmio en las muestras de tejido de camarón en las piscinas camaroneras de Santa Rosa es de 0.001 ppm, no sobrepasa los límites permisibles en la normativa de Ecuador del Instituto Nacional de Pesca, ni del *Codex Alimentarius*. Los valores de la media de concentración de plomo son de 0.008 ppm que están debajo de los límites permisibles. El valor de la media de la concentración cobre es de 0.068 ppm y el nivel de zinc es de 1.039 ppm.



Gráfica 2 Media de concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en músculo de camarón de camaronera ubicada en Santa Rosa, El Oro.

Fuente: La autora

En la tercera gráfica se observa que las medias de las concentraciones de Cd y Pb de la camaronera de Chacras no sobre pasan los límites permisibles en las normativas, las concentraciones de cobre son de 0.036 ppm y la de zinc es la más alta con 1.877 ppm.

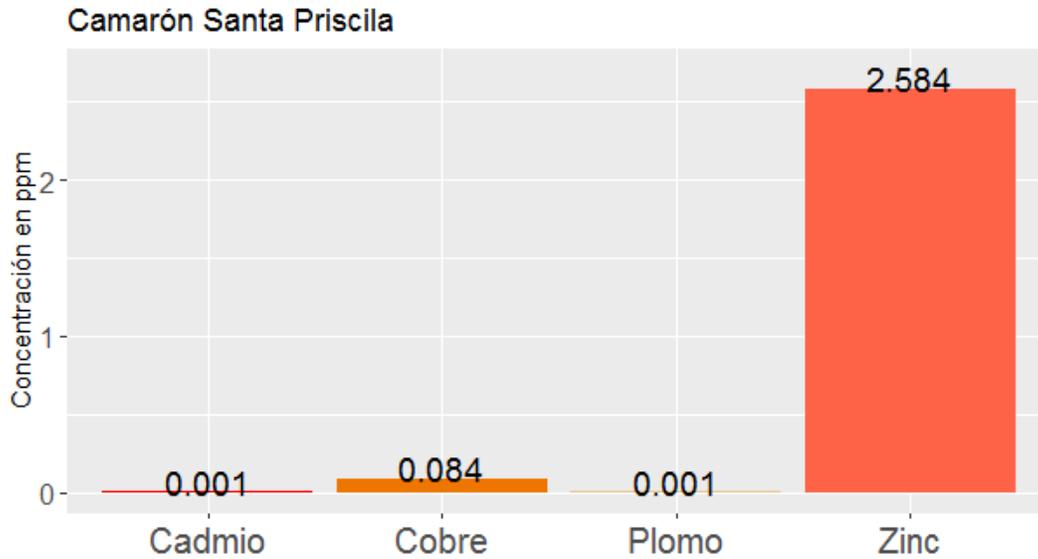


Gráfica 3. Media de concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en músculo de camarón de camaronera ubicada en Chacras, El Oro.

Fuente: La autora

4.1.1.2 Muestras de camarón de la provincia de Santa Elena

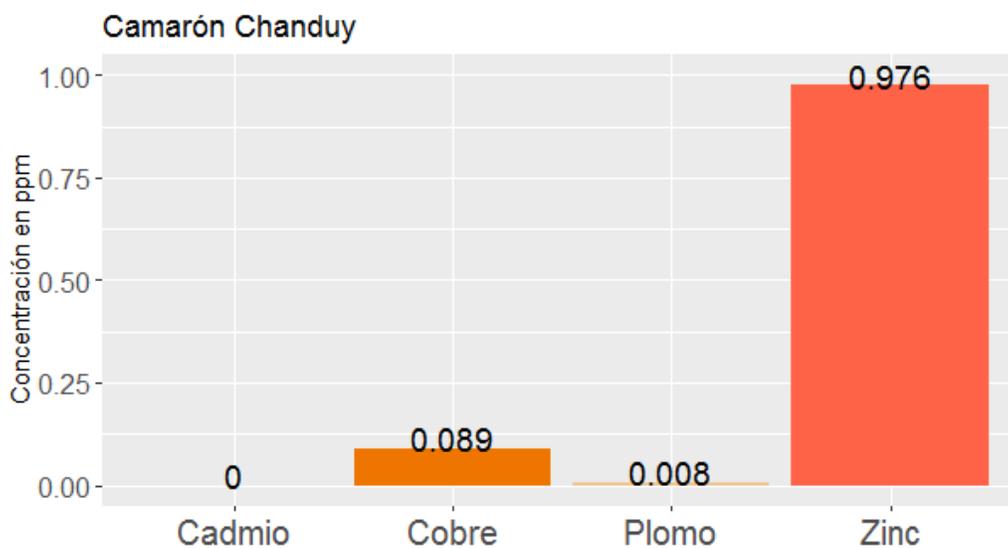
En la grafica cuatro observamos que las concentraciones de las medias de las muestras de tejido de camarón de la camaronera Santa Prisscila ubicada en Bajen, Cd y Pb no rebasan los límites permisibles en las leyes vigentes. Las concentracion de Cu es de 0.084 ppm que es baja; mientras que la concentración de Zn es de 2.584 ppm, siendo la más alta en comparación con todas las muestras de camarón de las dos provincias que se analizaron.



Gráfica 4. Media de la concentraciones de las muestras de Cd, Cu, Pb y Zn en músculo de camarón de camaronera ubicada en Bajen, Santa Elena.

Fuente: La autora.

En la quinta gráfica, se observan las medias de las muestras tomadas en la camaronera de Chanduy se observa que no hay concentraciones de Cd presentes, el Pb no sobrepasa los límites y las concentraciones de Cu y Zn son de 0.089 ppm y 0.976 ppm respectivamente

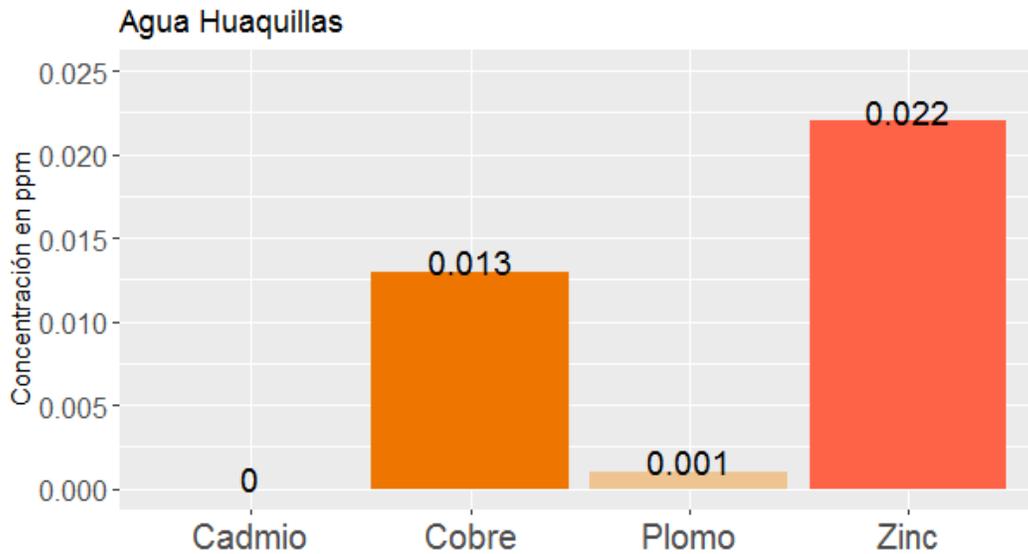


Gráfica 5. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en músculo de camarón de camaronera ubicada en Chanduy, Santa Elena. Fuente: La autora.

4.1.3 Muestras de agua

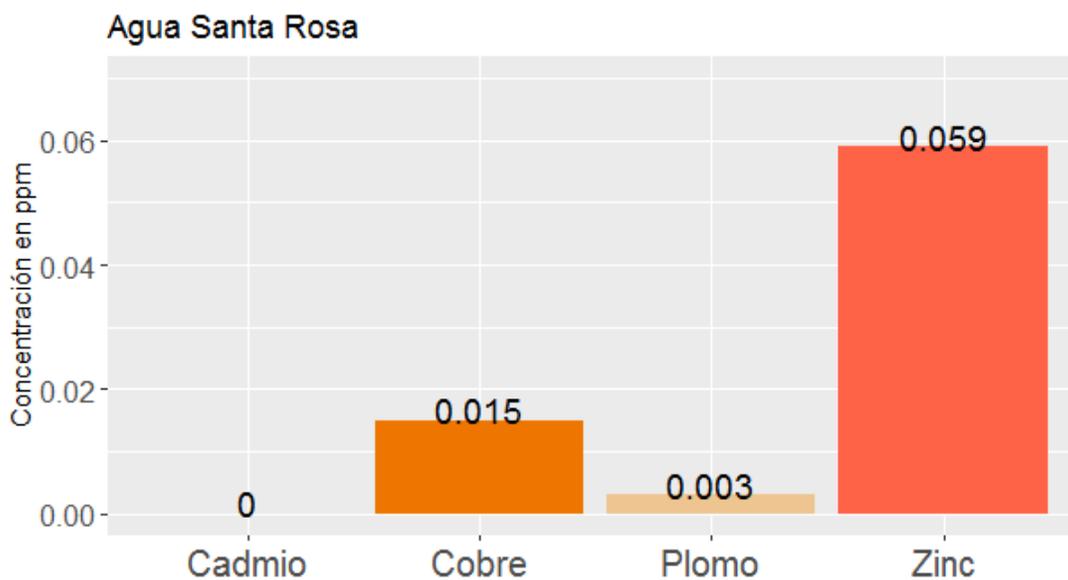
4.1.3.1 Muestras de agua de la provincia de El Oro

En la sexta gráfica se observan que la media de la concentración de cadmio es de 0.00 ppm, no sobrepasa los límites permisibles que son de 0.05 mg/L. Los valores de la media de plomo en agua son de 0.001 no sobrepasan los límites permisibles en las leyes que son de 0.05 mg/L. La media de la concentración de cobre es de 0.013 ppm, no sobrepasa los límites de las leyes que son 2 mg/L. Los valores de la media de zinc son de 0.022 ppm, no pasan los límites de la ley que son de 25 mg/L.



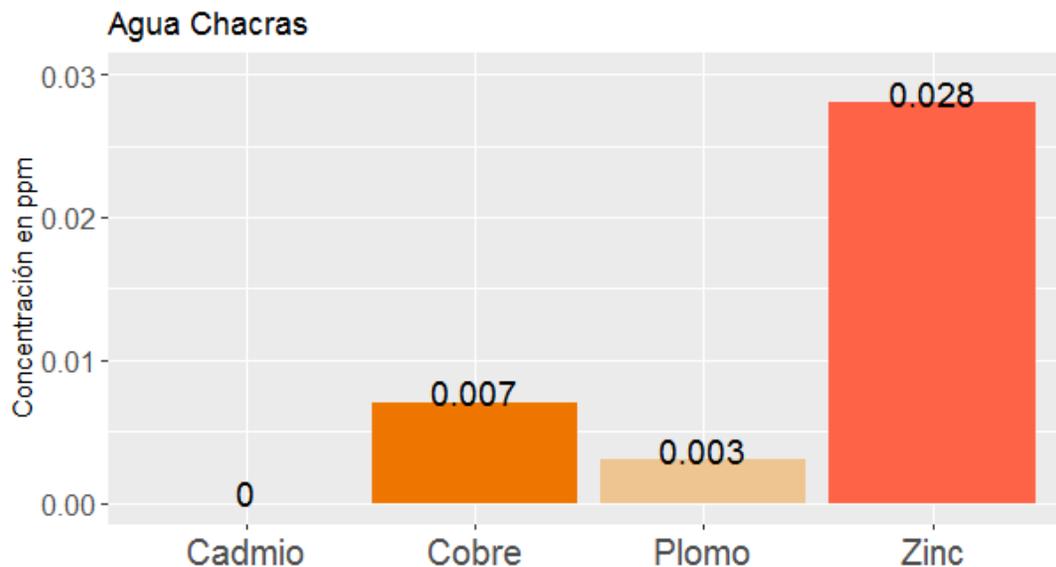
Gráfica 6. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en agua de camaronera ubicada en Huaquillas, El Oro. Fuente: La autora.

La séptima gráfica nos muestra que la media de la concentración de cadmio en las muestras de Agua de la camaronera de Santa Rosa es de cero ppm. La media de la concentración de plomo es de 0.003 ppm, la media de la concentración de cobre es de 0.015 ppm, la media de la concentración de zinc es de 0.059 ppm, ninguna de las concentraciones de los cuatro metales sobrepasa los límites permisibles en la normativa.



Gráfica 7. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en agua de camaronera ubicada en Santa Rosa, El Oro. Fuente: La autora.

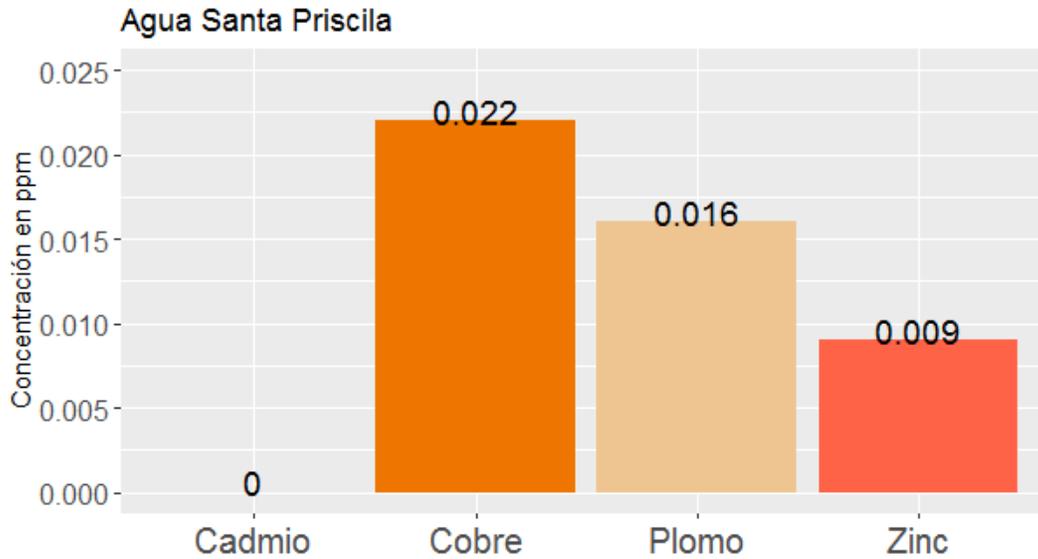
La gráfica ocho muestra las medias de las concentraciones de metales del agua de la camaronera de Chacras, que tiene una media de la concentración de cadmio de cero ppm, una media de la concentración de cobre de 0.007 ppm, la media de la concentración de plomo es 0.003 ppm y la media de la concentración de zinc de 0.028 ppm; ninguna de las muestras sobrepasa el límite permisible de cada metal según las leyes.



Gráfica 8. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en agua de camaronera ubicada en Chacras, El Oro. Fuente: La autora.

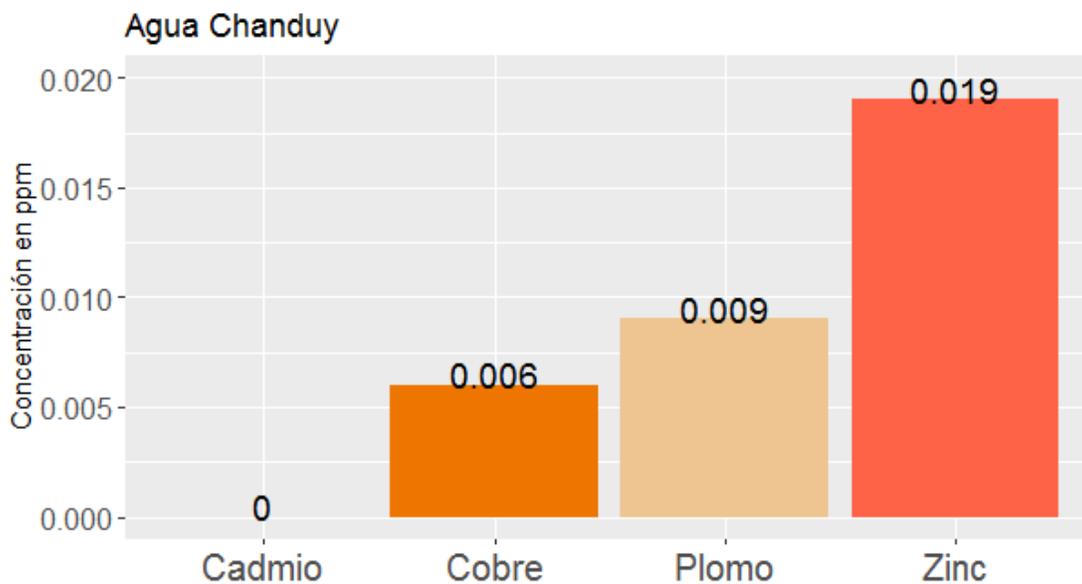
4.1.3.2 Muestras de agua de la provincia de Santa Elena

En la gráfica nueve, se observan los valores de las medias de las concentraciones de las muestras de Agua tomadas en Bajen, en la camaronera Santa Priscila, el valor de la media de la concentración de cadmio es de 0.00 ppm, los valores de cobre son de 0.022 ppm, que no sobrepasan el límite permisible de 2 mg/L. La media de la concentración de plomo es de 0.016 ppm, no pasa el límite permisible de 0.05 mg/L. La media de la concentración de zinc es de 0.009 ppm que no sobrepasa el límite de 25 mg/L de la normativa.



Gráfica 9. Medias de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en agua de camaronera ubicada en Bajen, Santa Elena. Fuente: La autora.

La gráfica diez nos muestra valores de las medias de las muestras de cadmio de 0.00 ppm, cobre de 0.006, plomo 0.009 y zinc 0.019 ppm; ninguno de los metales presentes en las muestras supera los límites permisibles en la normativa.

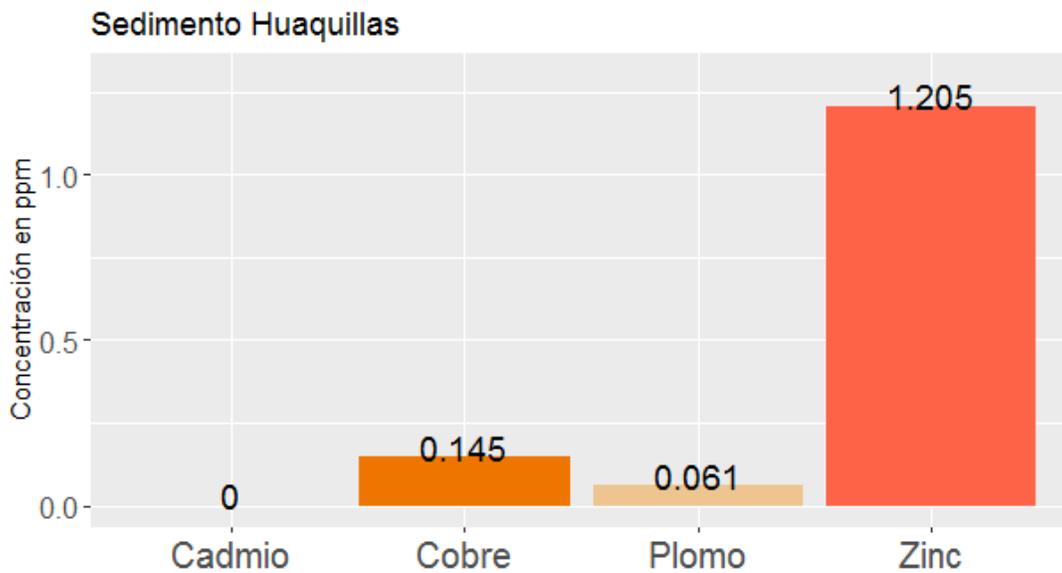


Gráfica 10. Medias de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en agua de camaronera ubicada en Chanduy, Santa Elena. Fuente: La autora.

4.1.4 Muestras de sedimento

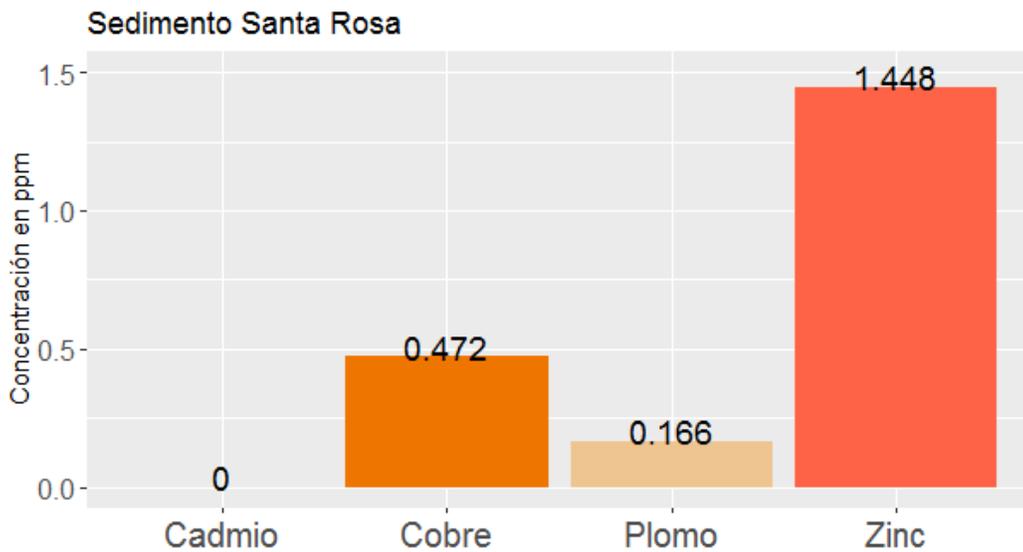
4.1.4.1 Muestras de Sedimento de la provincia de El Oro

En la gráfica once se observan los valores de las medias de las muestras de sedimento tomadas en la camaronera de Huaquillas, la concentración de cadmio es de 0.00 ppm que no sobrepasa los límites permisibles de 0.5 mg/kg. El valor de la media de cobre en las muestras es de 0.145 ppm, que no pasa el límite de 30 mg/kg de la normativa. El valor de la media de plomo es de 0.061 ppm que no sobrepasa el límite de 25 mg/kg de la normativa. Por último, el valor de la media de zinc es de 1.205 ppm que no sobrepasa el límite de 60 mg/kg de la normativa.



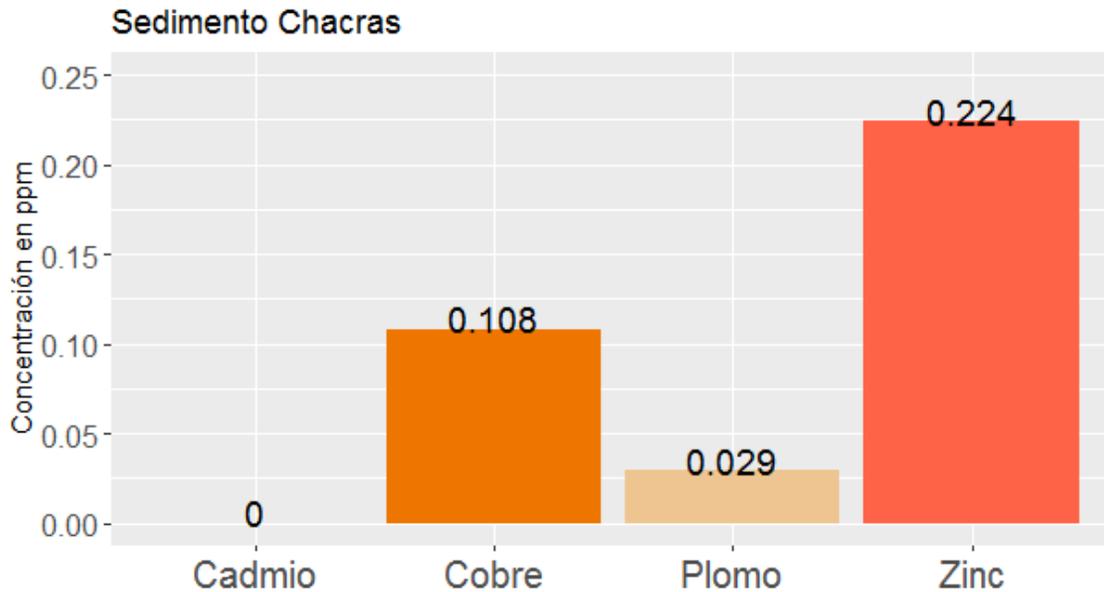
Gráfica 11. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en sedimento de las muestras de la camaronera ubicada en Huaquillas, El Oro. Fuente: La autora.

La gráfica doce muestra las medias de las concentraciones de los cuatro metales de sedimento de las muestras de la camaronera de Santa Rosa, el cadmio tiene una concentración de 0.00 ppm, cobre tiene una concentración de 0.472 ppm, la muestra tiene una concentración de plomo de 0.166 ppm y zinc una concentración de 1.448 ppm; se puede observar que las concentraciones de los metales no sobrepasan los límites permisibles.



Gráfica 12. Medias de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en muestras de sedimento tomadas en la camaronera ubicada en Santa Rosa, El Oro. Fuente: La autora.

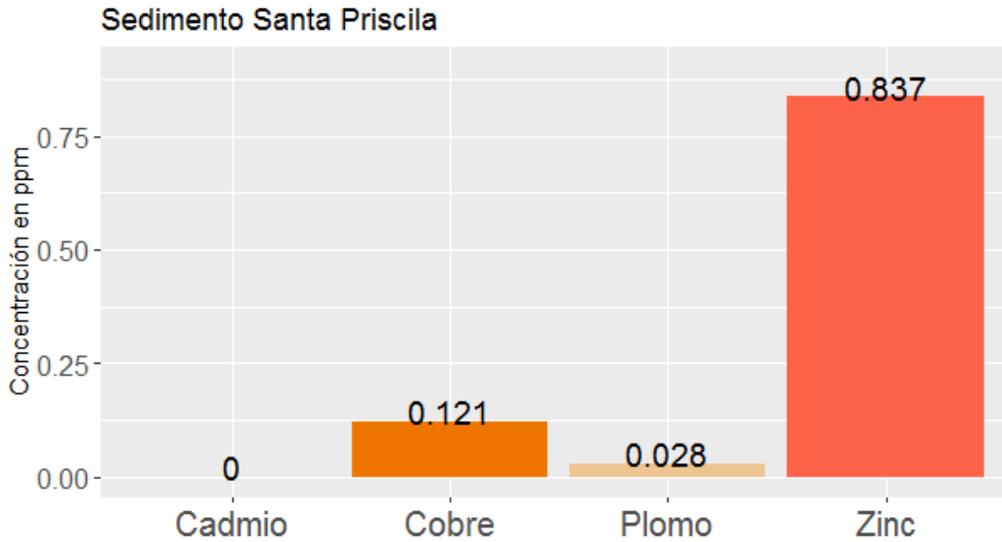
En la gráfica trece tenemos el valor de las medias de la concentración de metales de las muestras tomadas en la camaronera de Chacras, cadmio de 0.00 ppm, valor de cobre de 0.108, valor de concentración de plomo de 0.029 ppm y una concentración de zinc de 0.224; Ninguno de los valores de los cuatro metales sobrepasa los límites permisibles en la normativa.



Gráfica 13. Medias de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn de muestras de sedimento tomadas en la camaronera ubicada en Chacras, El Oro. Fuente: La autora.

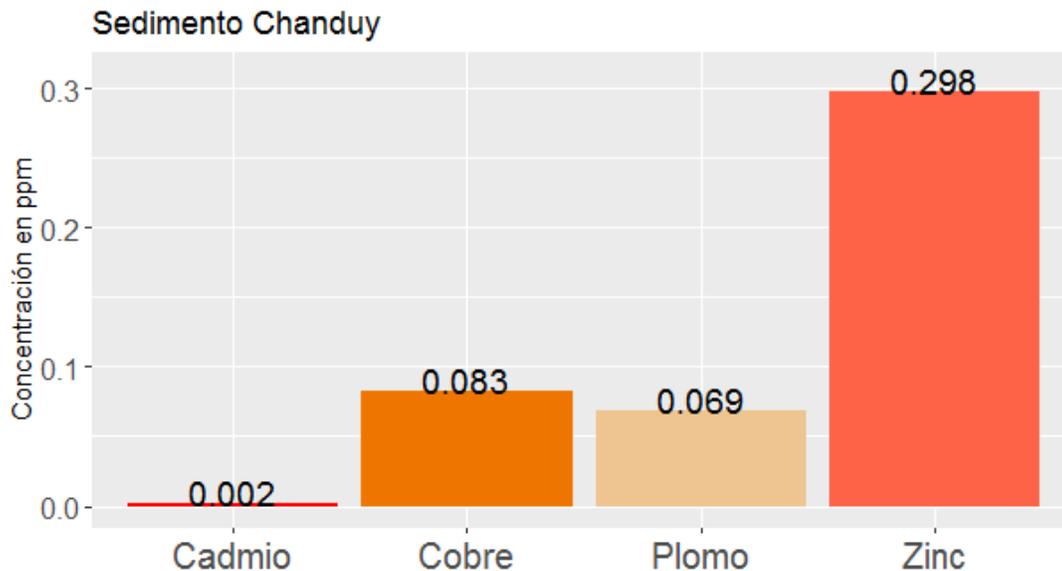
4.1.4.2 Muestras provincia de Santa Elena

La gráfica catorce muestra los valores de las concentraciones de los metales en las muestras de sedimento tomadas en la camaronera de Santa Priscila en Bajen. El cadmio tiene una concentración de 0.00 ppm que no sobrepasa el límite de 0.5 mg/kg. El cobre tiene una concentración de 0.121 ppm, que no pasa el límite de 30 mg/kg de la normativa. El valor de la concentración de plomo es de 0.028 ppm que no pasa el límite permisible en la normativa de 25 mg/ kg. La concentración de zinc en las muestras de sedimento de la camaronera de Santa Priscila es de 0.837 ppm que no sobrepasa el límite de 60 mg/kg.



Gráfica 14. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en sedimento de camaronera ubicada en Bajen, Santa Elena.
Fuente: La autora

En la gráfica quince tenemos los valores de las medias de las concentraciones de metales de las muestras de sedimento de la camaronera de Chanduy. Para el cadmio la media de la concentración es de 0.002 ppm, El cobre tiene una media de concentración de 0.083 ppm, plomo tiene una media de concentración de 0.069 ppm y zinc tiene una media de concentración de 0.298 ppm; ninguno de los metales analizados sobrepasa los límites permisibles en la normativa.



Gráfica 15. Media de las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn en sedimento de camaronera ubicada en Chanduy, Santa Elena.

Fuente: La autora.

4.2 Resultados de Prueba de Hipótesis

4.2.1 Análisis estadístico para la concentración de cadmio, zinc, plomo y cobre en músculo de camarón, agua y sedimento

Para la comparación de las concentraciones de cadmio, zinc, cobre y plomo en músculo de camarón, agua y sedimento con los límites permisibles en la normativa se realizó la prueba de hipótesis de una muestra para comprobar si es que los valores obtenidos son estadísticamente menores al parámetro establecido a la normativa ecuatoriana. En esta prueba se evaluaron dos hipótesis, una hipótesis nula en la que los valores de la concentración de los metales en las muestras de tejido, agua y sedimento serán iguales o mayores a los valores de la normativa; y una hipótesis alternativa que sugiere que los valores de los metales en tejido de camarón, agua y sedimento serán menores a los de la normativa, para lo cual se tomó un nivel de significancia del 5%.

Tabla 2 Planteamiento de Hipótesis

Nivel de Confianza	Nivel de Significancia	Hipótesis Nula	Hipótesis Alternativa
95%	$\alpha = 0.05$	Los valores son mayores o iguales a la norma	Los valores son menores a los de la norma

Fuente: Autora

4.2.1.1 Prueba de Hipótesis para cadmio y plomo en tejido de camarón

Se realizó la prueba de la hipótesis para cadmio en tejido de camarón comparando la media de las muestras que es de 0.0005 ppm con el valor de la norma que es de 0.5 ppm. En la tabla 3 se observan los valores de cadmio obtenidos de las muestras de tejido de camarón.

Tabla 3 Valores de cadmio en las muestras de tejido de camarón

Nombre muestra	Concentración de Cd en muestras de camarón (ppm)
camarón Chanduy	0.000
camarón Chanduy	0.001
camarón Chacras	0.000
camarón Chacras	0.000
camarón S. Rosa	0.001
camarón S. Rosa	0.001
camarón S. Priscila	0.001
camarón S. Priscila	0.001
camarón Huaquillas	0.000
camarón Huaquillas	0.000
Valor de la Media	0.0005

Fuente: Autora

Se realizó la prueba t para comparar el valor de la media de cadmio en muestras de camarón con el límite permitido en la normativa ecuatoriana.

Tabla 4 Resultado de la prueba de hipótesis para cadmio en tejido de camarón con nivel de confianza del 95%

Nombre	valor t	G1	valor p	Límite inferior
Camarón Cd	-2997	9	2 E -16	-0.00081

Fuente: Autora

El valor de p que se obtuvo luego del análisis fue de 2 E -16, valor menor al nivel de significancia que es 0.05, con este resultado se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa que dice que los valores de cadmio en tejido de camarón no son iguales a los límites de la normativa.

Para plomo en tejido de camarón se realizó la prueba de la hipótesis comparando la media de las muestras que es de 0.0042 ppm con el valor de la norma que es de 0.5 ppm. En la tabla 5 se observan los valores de plomo obtenidos de las muestras de tejido de camarón.

Tabla 5 Valores de plomo en las muestras de tejido de camarón

Nombre muestra	Concentración de Pb en muestras de tejido de camarón (ppm)
camarón Chanduy	0.007
camarón Chanduy	0.008
camarón Chacras	0.001
camarón Chacras	0.003
camarón S. Rosa	0.008
camarón S. Rosa	0.008
camarón S. Priscila	0.001
camarón S. Priscila	0.002
camarón Huaquillas	0,002
camarón Huaquillas	0,002
Valor de la media	0.0042

Fuente: Autora

Se realizó la prueba t para comparar el valor de la media de plomo en muestras de músculo camarón con el límite permitido en la normativa Ecuatoriana.

Tabla 6. Resultado de la prueba de hipótesis para plomo en tejido de camarón con nivel de confianza del 95%

Nombre	valor t	Gl	valor p	Límite inferior
Camarón Pb	-503	9	2 E -16	-0.006

Fuente: Autora

El valor de p que se obtuvo luego del análisis fue de E -16, valor menor al nivel de significancia que es 0.05, con este resultado se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa que dice que los valores de cadmio en tejido de camarón son menores a los límites de la normativa.

4.2.1.2 Prueba de Hipótesis para cadmio, zinc, cobre y plomo en sedimento

Se realizó la prueba de la hipótesis para cadmio en sedimento de las piscinas camaroneras comparando la media de las muestras que es de 0.0004 ppm con el valor de la norma que es de 0.5 ppm. En la tabla 7 se observan los valores de cadmio obtenidos de las muestras de sedimento y el valor de la media muestral.

Tabla 7 Valores de cadmio de las muestras de sedimento

Nombre Muestras	Concentración de Cd en muestras de sedimento (ppm)
Sedimento S. Rosa	0.000
Sedimento S. Rosa	0.000
Sedimento Huaquillas	0.000
Sedimento Huaquillas	0.000
Sedimento S. Priscila	0.000
Sedimento S. Priscila	0.000
Sedimento Chanduy	0,002
Sedimento Chanduy	0,002
Sedimento Chacras	0.000
Sedimento Chacras	0.000
Valor de la media	0.0004

Fuente: Autora

Se realizó la prueba t para comparar el valor de la media de cadmio en muestras de sedimento de las piscinas camaroneras con el límite permitido en la normativa ecuatoriana. En la tabla 8 se muestran los resultados de la prueba de hipótesis t.

Tabla 8. Resultado de la prueba de hipótesis para cadmio en muestras sedimento con nivel de confianza del 95%

Nombre	valor t	Gl	valor p	Límite inferior
Sedimento Cd	-1873	9	2 E -16	-0.00089

Fuente: Autora

El valor de p que se obtuvo luego del análisis estadístico fue de 2 E -16, valor menor al nivel de significancia que es 0.05, con este resultado se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa que dice que los valores de cadmio en sedimento son menores a los límites de la normativa.

La prueba de hipótesis realizada para zinc en sedimento de las piscinas camaroneras se comparó la media de las muestras que es de 0.8 ppm con el valor de la norma que es de 60 ppm. En la tabla 9 se observan los valores de zinc obtenidos de las muestras de sedimento de las piscinas camaroneras y la media muestral.

Tabla 9 Valores de zinc de las muestras de sedimento

Nombre muestras	Concentración de Zn en sedimento (ppm)
Sedimento S. Rosa	1.452
Sedimento S. Rosa	1.445
Sedimento Huaquillas	1.202
Sedimento Huaquillas	1.208
Sedimento S. Priscila	0.838
Sedimento S. Priscila	0.836
Sedimento Chanduy	0,298
Sedimento Chanduy	0,297
Sedimento Chacras	0,223
Sedimento Chacras	0,224
Valor de la media	0,8

Fuente: Autora

Con la prueba t se comparó el valor de la media de zinc en muestras de sedimento de las piscinas camaroneras con el límite permitido en la normativa ecuatoriana. En la tabla 10 se muestran los resultados de la prueba t.

Tabla 10 Resultado de la prueba de hipótesis para zinc en muestras sedimento con nivel de confianza del 95%

Nombre Muestra	valor t	Gl	valor p	Límite inferior
Sedimento Zn	-667	9	2 E -16	-1.1

Fuente: Autora

El valor de p que se obtuvo luego del análisis estadístico para el zinc fue de 2 E -16, valor menor al nivel de significancia que es 0.05, con este resultado se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa que dice que los valores de zinc en sedimento son menores a los límites de la normativa.

En la prueba de la hipótesis realizada para cobre en sedimento de las piscinas camaroneras se comparó la media de las muestras que es de 0.18 ppm con el valor de la norma que es de 30 ppm. En la tabla 11 se observan los valores de cobre obtenidos de las muestras de sedimento y la media muestral.

Tabla 11. Valores de cobre de las muestras de sedimento

Nombre Muestras	Concentración de Cu en las muestras de sedimento (ppm)
Sedimento S. Rosa	0.471
Sedimento S. Rosa	0.472
Sedimento Huaquillas	0.145
Sedimento Huaquillas	0.145
Sedimento S. Priscila	0.120
Sedimento S. Priscila	0.121
Sedimento Chanduy	0,083
Sedimento Chanduy	0,082
Sedimento Chacras	0,107
Sedimento Chacras	0,108
Valor de la media	0.19

Fuente: Autora

Se realizó la prueba t para comparar el valor de la media de cobre en muestras de sedimento de las piscinas camaroneras con el límite permitido en la normativa ecuatoriana.

Tabla 12. Resultado de la prueba de hipótesis para cobre en muestras sedimento con nivel de confianza del 95%

Nombre Muestra	valor t	Gl	valor p	Límite inferior
Sedimento Cu	-619	9	2 E -16	-0.27

Fuente: Autora

El valor de p que se obtuvo luego del análisis estadístico para el cobre fue de 2×10^{-16} , valor que es menor al nivel de significancia 0.05, con este resultado se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa que dice que los valores de cobre en sedimento son menores a los límites de la normativa.

La prueba de hipótesis realizada para plomo en sedimento de las piscinas camaroneras se comparó la media de las muestras que es de 0.071 ppm con el valor de la norma que es de 25 ppm. En la tabla 13 se observan los valores de plomo obtenidos de las muestras de sedimento de las piscinas camaroneras y la media muestral.

Tabla 13. Valores de plomo en muestras de sedimento

Nombre muestras	Concentraciones de Pb en muestras de sedimento (ppm)
Sedimento S. Rosa	0.167
Sedimento S. Rosa	0.166
Sedimento Huaquillas	0.061
Sedimento Huaquillas	0.062
Sedimento S. Priscila	0.027
Sedimento S. Priscila	0.028
Sedimento Chanduy	0.069
Sedimento Chanduy	0.069
Sedimento Chacras	0.03
Sedimento Chacras	0.028
Valor de la media	0.071

Fuente: Autora

Se realizó la prueba t para comparar el valor de la media de plomo en las muestras de sedimento de las piscinas camaroneras con el límite permitido en la normativa ecuatoriana.

Tabla 14 Resultado de la prueba de hipótesis para plomo en muestras sedimento con nivel de confianza del 95%

Nombre Muestra	valor t	Gl	valor p	Límite inferior
Sedimento Pb	-1474	9	2 E -16	-0.1

Fuente: Autora

El valor de p que se obtuvo luego del análisis de hipótesis de una muestra para el plomo fue de 2 E -16, que es menor al valor del nivel de significancia 0.05, con este resultado se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa que dice que los valores de cobre en sedimento son menores a los límites de la normativa.

4.2.1.3 Prueba de Hipótesis para cadmio, zinc, cobre y plomo en agua de las piscinas camaroneras

En la prueba de hipótesis realizada para cadmio en muestras de agua de las piscinas camaroneras, se comparó la media de las muestras que es 0 ppm con el valor de la normativa que es 0.05 ppm. En la tabla 15 se observan los valores de cadmio de las muestras de agua y la media de las muestras.

Tabla 15 Valores de Cd en muestras de agua

Nombre muestras	Concentración de Cd en muestras de agua (ppm)
Agua Chanduy	0.000
Agua Chanduy	0.000
Agua Chacras	0.000
Agua Chacras	0.000
Agua Huaquillas	0.000
Agua Huaquillas	0.000
Agua S. Priscila	0.000
Agua S. Priscila	0.000
Agua S. Rosa	0.000
Agua S. Rosa	0.000
Valor de la media	0.000

Fuente: Autora

Se realizó la prueba t para comparar el valor de la media de cadmio de las muestras de agua de las piscinas camaroneras con el límite permitido en la normativa Ecuatoriana.

Tabla 16. Resultado de la prueba de hipótesis para cadmio en muestras de agua con Nivel de confianza de 95%

Nombre Muestra	valor t	Gl	valor p	Límite inferior
Agua Cd	0	9	2 E -16	0

Fuente: Autora

El valor de p que se obtuvo luego del análisis de hipótesis de una muestra para el cadmio en muestras de agua fue de 2 E -16, que es menor al valor del nivel de significancia 0.05, con este resultado se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa que dice que los valores de cadmio en agua son menores a los límites de la normativa.

Para la prueba de hipótesis del cobre se comparó la media de las muestras de cobre que tiene el valor de 0.013 ppm con el límite permisible de la normativa que es 2 ppm.

Tabla 17 Valores de cobre en muestras de agua

Nombre Muestras	Concentración de Cu en muestras de agua (ppm)
Agua Chanduy	0,006
Agua Chanduy	0,006
Agua Chacras	0,007
Agua Chacras	0,007
Agua Huaquillas	0,013
Agua Huaquillas	0,013
Agua S.Priscila	0,022
Agua S.Priscila	0,022
Agua S. Rosa	0,015
Agua S. Rosa	0,015
Valor de la media	0.013

Fuente: Autora

Se realizó la prueba t para comparar el valor de la media de cobre de las muestras de agua de las piscinas camaroneras con el límite permitido en la normativa Ecuatoriana.

Tabla 18. Resultado de la prueba de hipótesis para cobre en muestras de agua con Nivel de confianza de 95%

Nombre Muestra	valor t	gl	valor p	Límite inferior
Agua Cu	-1025	9	2 E -16	-0.016

Fuente: Autora

El valor de p que se obtuvo del análisis estadístico para el cobre en muestras de agua fue de 2×10^{-16} , que es menor al valor del nivel de significancia 0.05, con este resultado se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa que dice que los valores de cobre en agua son menores a los límites de la normativa.

La prueba de Hipótesis realizada para zinc en muestras de agua de las piscinas camaroneras comparó la media de las muestras que es 0.027 ppm con el valor de la normativa que es 25 ppm. En la tabla 15 se observan los valores de zinc de las muestras de agua y la media.

Tabla 19 Valores de zinc en muestras de agua

Nombre Muestras	Concentraciones de Zn en muestras de agua (ppm)
Agua Chanduy	0,019
Agua Chanduy	0,019
Agua Chacras	0,029
Agua Chacras	0,028
Agua Huaquillas	0,022
Agua Huaquillas	0,022
Agua S.Priscila	0,009
Agua S.Priscila	0,009
Agua S. Rosa	0,058
Agua S. Rosa	0,059
Valor de la media	0.027

Fuente: Autora

Se realizó la prueba t para comparar los valores de las medias de zinc de las muestras de agua y de las piscinas camaroneras con el límite permitido en la normativa ecuatoriana.

Tabla 20 Resultado de la prueba de hipótesis para zinc en muestras de agua con Nivel de confianza de 95%

Nombre Muestra	valor t	gl	valor p	Límite inferior
Agua Zn	-4466	9	2 E -16	-0.038

Fuente: Autora

El valor de p que se obtuvo estadísticamente para el cobre en muestras de agua fue de 2 E -16, que es menor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se rechazó la hipótesis nula que dice que los valores son iguales o mayores a la norma y se aceptó la hipótesis alternativa que dice que los valores de cobre en agua son menores a los límites de la normativa.

En la prueba de Hipótesis realizada para el plomo en muestras de agua de las piscinas camaroneras, se comparó la media de las muestras que es 0.0063 ppm con el valor de la normativa que es 0.05 ppm. En la tabla 21 se observan los valores de cadmio de las muestras de agua y la media de las muestras.

Tabla 21 Valores de plomo en muestras de agua

Nombre Muestras	Concentración de Pb en muestras de agua (ppm)
Agua Chanduy	0,009
Agua Chanduy	0,009
Agua Chacras	0,003
Agua Chacras	0,003
Agua Huaquillas	0,001
Agua Huaquillas	0,001
Agua S.Priscila	0,015
Agua S.Priscila	0,016
Agua S. Rosa	0,003
Agua S. Rosa	0,003
Valor de la media	0.063

Fuente: Autora

Con los datos se realizó la prueba t para comparar los valores de las medias de zinc de las muestras de agua y de las piscinas camaroneras con el límite permitido en la normativa ecuatoriana.

Tabla 22 Resultado de la prueba de hipótesis para plomo en muestras de agua con Nivel de confianza de 95%

Nombre Muestra	valor t	gl	valor p	Límite inferior
Agua Pb	-25	9	7 E-10	-0.0096

Fuente: Autora

Se obtuvo un valor de p para el cobre en muestras de agua de 0.0000000007, que es menor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se rechazó la hipótesis nula que dice que los valores son iguales o mayores a la norma y se aceptó la hipótesis alternativa que dice que los valores de cobre en agua son menores a los límites de la normativa

4.3 Resultados de Prueba de Hipótesis de dos muestras

Se realizó una comparación entre las medias de la provincia de El Oro con la provincia de Santa Elena para determinar las diferencias de cada una.

Se realizó una comparación entre las medias de cadmio de la provincia del Oro con el valor de la media de la provincia de Santa Elena, usando la prueba F de comparación de varianzas y la prueba t.

Para la prueba de la hipótesis de la prueba F y t se tomó un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5%.

Tabla 23 Planteamiento de Hipótesis de la prueba F

Nivel de Confianza	Error	Hipótesis Nula	Hipótesis Alternativa
95%	5%	Los valores de las varianzas de las provincias de El Oro y Santa Elena son iguales	Los valores de las varianzas de las provincias de El Oro y Santa Elena son diferentes

Fuente: Autora

Tabla 24 Planteamiento de hipótesis de la prueba t

Nivel de Confianza	Error	Hipótesis Nula	Hipótesis Alternativa
95%	5%	La diferencia entre los valores de las medias de las dos provincias de El Oro y Santa Elena es cero.	La diferencia de los valores de las medias de las provincias de El Oro y Santa Elena es diferente de cero

Fuente: Autora

4.3.1 Resultados de las pruebas de hipótesis de dos muestras F y t de muestras de músculo de camarón

Primero se realizó la prueba F para conocer si las varianzas de las dos provincias de las muestras de cadmio en tejido de camarón son iguales o diferentes estadísticamente.

Tabla 25 Valores obtenidos de la prueba F para cadmio en muestras de camarón

Prueba de Distribución F para Cd en muestras de músculo de camarón			
valor F	grados de libertad		valor p
1.0667	gl numerador	gl denominador	0.9763
	5	3	

Fuente: Autora

Se obtuvo un valor de p para el cadmio en muestras de camarón de 0.9763, que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula que dice que los valores de las varianzas de las dos provincias son iguales y se rechaza hipótesis alternativa que dice que los valores de las varianzas no son iguales.

Para la prueba t de cadmio en tejido de camarón se utilizó la fórmula de las varianzas iguales. En la tabla 26. Se ven los resultados obtenidos de la prueba t en muestras de camarón.

Tabla 26 Resultado de la prueba t para cadmio en muestras de camarón

Prueba t para Cd en muestras de camarón				
Medias muestrales		Valor t	gl	Valor p
Media muestral Provincia de El Oro	Media muestral de Provincia Santa Elena			
0.0003333333	0.0007500000	-1.2649	8	0.2415

Fuente: Autora

Como se ve en la tabla 26 se obtuvo un valor de p para cadmio en muestras de camarón de 0.2415 que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se aceptó la hipótesis nula que dice que los valores de las medias son iguales a cero y se rechazó la hipótesis alternativa que dice que los valores de la media son diferentes de cero. Esto quiere decir que las concentraciones de Cd en las muestras de las dos provincias son estadísticamente iguales.

Para zinc en muestras de músculo de camarón se realizó la prueba F para conocer si las varianzas de las dos provincias son iguales o diferentes estadísticamente.

Tabla 27. Valores de la prueba F para zinc en muestras de camarón

Prueba de Distribución F para Zn en muestras de músculo de camarón			
valor F	grados de libertad		valor p
0.73315	gl numerador	gl denominador	0.7089
	5	3	

Fuente: Autora

Para el zinc en muestras de camarón se obtuvo un valor p de 0.73315, que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula que dice que los valores de las varianzas de las dos provincias son iguales y se rechaza hipótesis alternativa que nos dice que los valores de las varianzas no son iguales.

Tabla 28 Resultado de la prueba t para zinc en muestras de camarón

Prueba t para Zn en muestras de camarón				
Medias muestrales		Valor t	gl	Valor p
Media muestral Provincia de El Oro	Media muestral de Provincia Santa Elena			
1.005667	1.780250	-1.4156	8	0.1946

Fuente: Autora

Como resultado para las muestras de zinc en camarón se obtuvo un valor p de -1.4156, que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa; es decir que las concentraciones de zinc en las muestras de las dos provincias son estadísticamente iguales.

Se realizó la prueba F para cobre de las muestras de camarón para conocer si las varianzas de las dos provincias de las muestras de cobre en tejido de camarón son iguales o diferentes estadísticamente y escoger la prueba t que se debe usar.

Tabla 29 Valores de la prueba F para cobre en muestras de camarón

Prueba de Distribución F para Cu en muestras de músculo de camarón			
valor F	grados de libertad		valor p
20.049	gl numerador	gl denominador	0.03276
	5	3	

Fuente: Autora

En las muestras de cobre en camarón se obtuvo un valor p de 0.03276, que es menor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; es decir que las concentraciones de Cu en las muestras de las provincias de Santa Elena y El Oro son estadísticamente diferentes.

Tabla 30 Valores de prueba t para cobre en muestras de camarón

Prueba t para Cu en muestras de camarón				
Medias muestrales		Valor t	Gl	Valor p
Media muestral Provincia de El Oro	Media muestral de Provincia Santa Elena			
0.05250	0.08625	-5.5626	5.7228	0.001671

Fuente: Autora

En las muestras de cobre en camarón se obtuvo un valor p de 0.001671, que es menor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; es decir que las concentraciones de cobre en las muestras de las dos provincias son estadísticamente diferentes. La provincia con mayor cantidad de cobre en tejido de camarón es Santa Elena.

Para plomo en muestras de camarón se realizó la prueba F, para conocer si las varianzas de las dos provincias de las muestras en tejido de camarón son iguales o diferentes estadísticamente y escoger la prueba t a usar.

Tabla 31 Valores de la prueba F para plomo en muestras de camarón

Prueba de Distribución F para Pb en muestras de músculo de camarón			
valor F	grados de libertad		valor p
	gl numerador	gl denominador	
0.81081	5	3	0.7793

Fuente: Autora

Para las muestras de plomo en camarón se obtuvo un valor p de 0.7793, que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula que dice que los valores de las varianzas de las dos provincias son iguales y se rechaza hipótesis alternativa que dice que los valores de las varianzas no son iguales.

Tabla 32 Valores de la prueba t para plomo en muestras de camarón

Prueba t para Pb en muestras de camarón				
Medias muestrales		Valor t	Gl	Valor p
Media muestral Provincia de El Oro	Media muestral de Provincia Santa Elena			
0.0040	0.0045	-0.23489,	8	0.8202

Fuente: Autora

Como se ve en la tabla 37 se obtuvo un valor de p para plomo en muestras de camarón de 0.8202 que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa; esto quiere decir que las concentraciones de plomo en las muestras de las dos provincias son estadísticamente iguales.

4.3.2 Resultados de las pruebas de hipótesis a través de los valores F y t de muestras de sedimento

Se realizó la prueba F para zinc en sedimento, para conocer si las varianzas de las dos provincias de las muestras de sedimento son iguales o diferentes estadísticamente y después escoger la prueba t que se debe usar.

Tabla 33 Valores de la prueba F para zinc en muestras de sedimento

Prueba de Distribución F para Zn en muestras de sedimento			
valor F	grados de libertad		valor p
	gl numerador	gl denominador	
3.4677	5	3	0.335

Fuente: Autora

En las muestras sedimento, para el zinc se obtuvo un valor p de 0335, que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula que dice que los valores de las varianzas de las dos provincias son iguales y se rechaza hipótesis alternativa que nos dice que los valores de las varianzas no son iguales.

Para la prueba t de zinc en tejido de camarón se utilizó la fórmula de las varianzas iguales. En la tabla 34 se observan los resultados obtenidos de la prueba t en muestras de camarón.

Tabla 34 Valores de la prueba t para zinc en muestras de sedimento

Medias muestrales		Valor t	gl	Valor p
Media muestral Provincia de El Oro	Media muestral de Provincia Santa Elena			
0.95900	0.56725	1.222	8	0.2565

Fuente: Autora

Se obtuvo un valor de p para zinc en muestras de sedimento de 0.2565 que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa; lo que quiere decir que las concentraciones de zinc en las muestras de sedimento de las dos provincias son estadísticamente iguales.

Para cobre en muestras de sedimento se realizó la prueba F para conocer si las varianzas de las dos provincias son iguales o diferentes estadísticamente.

Tabla 35 Valores de la prueba F para cobre en muestras de sedimento

Prueba de Distribución F para Cu en muestras de sedimento			
valor F	grados de libertad		valor p
	gl numerador	gl denominador	
66.576	5	3	0.005686

Fuente: Autora

Para las muestras de zinc en camarón se obtuvo un valor p de 0.005686, que es menor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que dice que las varianzas de las dos provincias son estadísticamente diferentes.

Para la prueba t de zinc en tejido de camarón se utilizó la fórmula de las varianzas diferentes.

Tabla 36 Valores de la prueba t para cobre en muestras de sedimento

Prueba t para Cu en muestras de sedimento				
Medias muestrales		Valor t	gl	Valor p
Media muestral Provincia de El Oro	Media muestral de Provincia Santa Elena			
0.241	0.101	1.8915	5.2234	0.1146

Fuente: Autora

El valor p obtenido para cobre en muestras de sedimento es que 0.1146 es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa; lo que quiere decir que las concentraciones de cobre en las muestras de sedimento de las dos provincias son estadísticamente iguales.

En la tabla 37 se observan los valores de la prueba F para plomo en muestras de sedimento.

Tabla 37 Valores de la prueba F para plomo en muestras de sedimento

Prueba de Distribución F para Pb en muestras de sedimento			
valor F	grados de libertad		valor p
	gl numerador	gl denominador	
7.1959	5	3	0.1351

Fuente: Autora

Para plomo en muestras de camarón se obtuvo un valor p de 0.1351, que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula que dice que los valores de las varianzas de las dos provincias son iguales y se rechaza hipótesis alternativa.

Se realizó la prueba t para plomo con la fórmula de las varianzas iguales.

Tabla 38 Valores de la prueba t para plomo en muestras de sedimento

Prueba t para Pb en muestras de sedimento				
Medias muestrales		Valor t	gl	Valor p
Media muestral Provincia de El Oro	Media muestral de Provincia Santa Elena			
0.085	0.048	1.0958	8	0.305

Fuente: Autora

Como se ve en la tabla 38 se obtuvo un valor p obtenido para cobre en muestras de sedimento es que 0.305 que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa; lo que quiere decir que las concentraciones de cobre en las muestras de sedimento de las dos provincias son estadísticamente iguales.

No se pudieron realizar las pruebas F y t para cadmio en muestras de sedimento, ya que debido a los límites de detección del equipo no se pudo determinar la concentración en de ese metal.

4.3.3 Resultados de las pruebas de hipótesis de dos muestras F y t de muestras de agua

Para cadmio en las muestras de agua, no hay valores por lo que no se pudieron realizar las pruebas F y t.

Para las muestras de zinc en agua se calculó primero la prueba F para saber si las varianzas son iguales o diferentes y luego elegir la prueba t.

Tabla 39 Valores de la prueba F para zinc en muestras de agua

Prueba de Distribución F para Zn en muestras de Agua			
valor F	grados de libertad		valor p
	gl numerador	gl denominador	
9.104	5	3	0.09866

Fuente: Autora

Se obtuvo un valor p de 0.09866, que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula que dice que los valores de las varianzas de las dos provincias son iguales y se rechaza hipótesis alternativa.

Se procedió a calcular la prueba t para zinc en agua, con la fórmula de las varianzas iguales.

Tabla 40 Valores de la prueba t para zinc de muestras de agua

Prueba t para Zn en muestras de agua				
Medias muestrales		Valor t	gl	Valor p
Media muestral Provincia de El Oro	Media muestral de Provincia Santa Elena			
0.036	0.014	2.4333	8	0.04099

Fuente: Autora

Se obtuvo un valor de p para zinc en muestras de agua de 0.04099 que es menor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; lo que quiere decir que las concentraciones de zinc en las muestras de agua de las dos provincias son estadísticamente diferentes; existe mayor concentración de zinc en las muestras de la provincia de El Oro.

Para cobre se realizó la prueba F para comprobar si las varianzas son iguales o diferentes y luego la prueba t.

Tabla 41 Valores de prueba F para cobre en muestras de agua

Prueba de Distribución F para Cu en muestras de agua			
valor F	grados de libertad		valor p
	gl numerador	gl denominador	
0.1625	5	3	0.07863

Fuente: Autora

Para cobre en muestras de agua se obtuvo un valor p de 0.07863, que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula que dice que los valores de las varianzas de las dos provincias son iguales y se rechaza hipótesis alternativa.

Después se procedió a realizar la prueba t para cobre

Tabla 42 Valores de prueba F para cobre en muestras de agua

Prueba t para Cu en muestras de agua				
Medias muestrales		Valor t	gl	Valor p
Media muestral Provincia de El Oro	Media muestral de Provincia Santa Elena			
0.011	0.014	-0.5668	8	0.5864

Fuente: Autora

De la prueba t se obtuvo un valor de p para cobre en muestras de agua de 0.5864 que es mayor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa; esto quiere decir que las concentraciones de cobre en las muestras de agua de las dos provincias son estadísticamente iguales.

Para las muestras de plomo también se realizó la prueba F y luego la prueba t.

Tabla 43 Valores de la prueba F para plomo en muestras de agua

Prueba de Distribución F para Pb en muestras de agua			
valor F	grados de libertad		valor p
	gl numerador	gl denominador	
0.07485	5	3	0.01602

Fuente: Autora

Para plomo en muestras de agua se obtuvo un valor p de 0.01602, que es menor al valor del nivel de significancia 0.05; lo que quiere decir que se rechaza la hipótesis nula que dice que los valores de las varianzas de las dos provincias son iguales y se acepta hipótesis alternativa que dice que los valores de las varianzas de las dos provincias son estadísticamente diferentes.

Después se realizó la prueba t para comparación de las medias de las muestras de plomo de las provincias de El Oro y Santa Elena.

Tabla 44 Valores de la prueba t para plomo en muestras de agua

Prueba t para Pb en muestras de agua				
Medias muestrales		Valor t	gl	Valor p
Media muestral Provincia de El Oro	Media muestral de Provincia Santa Elena			
0.002	0.012	-5.1276	8	0.0113

Fuente: Autora

Se obtuvo un valor de p para plomo de 0.0113 que es menor al valor del nivel de significancia 0.05; con este resultado se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; esto quiere decir que las concentraciones de plomo en las muestras de sedimento de las dos provincias son estadísticamente diferentes, las concentraciones de plomo de las muestras en la provincia de Santa Elena son mayores a los valores de plomo en las muestras de la provincia de El Oro.

4.2 Discusión

La camaronicultura en Latinoamérica es una de las actividades económicas con mayor crecimiento, pero se han registrado problemas que causan daños económicos grandes como la sanidad acuícola, llegando a provocar enfermedades y pérdidas; por esto para mejorar la producción se ha mejorado el manejo de los tanques y piscinas mediante químicos, plaguicidas, desinfectantes, etc. (Bainy, 2000; Martínez Córdova et al, 2009).

La calidad de los camarones y las piscinas camaroneras son de mucha importancia, sobre todo en un país exportador camaronero como lo es el Ecuador, los estudios de la cuantificación de metales pesados como el zinc, plomo, cobre y cadmio son de vital importancia ya que pueden influir en la calidad final del producto.

Por lo general el agua es la entrada de metales a las piscinas de cultivo, ya que se toma el agua directamente del mar, dependiendo de la ubicación de que tenga la camaronera el agua va a tener mayor o menor cantidad de metales, debido a la ubicación de las fuentes antropogénicas tales como minerías o industrias que manden sus desechos cerca del mar.

El manejo de los estanques también es una fuente de contaminación por metales, ya que el uso de sustancias como fertilizantes, alimento balanceado, antibióticos y otros productos químicos usados durante el cultivo son fuentes de metales adicionales (Lacerda, Santos & Madrid 2006).

Los resultados obtenidos demuestran la calidad del camarón ecuatoriano de grandes camaroneras como lo es la de Bajen y Chanduy, además de la calidad de camarón de las tres camaroneras de El Oro que en comparación con las de Santa Elena son mucho más pequeñas, las concentraciones de los cuatro metales pesados analizados no sobrepasan los límites permisibles en las leyes.

De los resultados obtenidos, se pudo observar que estadísticamente casi todas las muestras tienen los valores con medias iguales, a excepción de tres muestras de las muestras de zinc de agua de El Oro, que tienen un valor superior con respecto a las muestras de Santa Elena; lo mismo se aplica para las muestras de plomo en sedimento y cobre en músculo de camarón de la provincia de Santa Elena, que tienen un valor estadísticamente mayor a las muestras de sedimento de la Provincia de El Oro.

Según el estudio de Castro Guerrero (2017) los valores de cadmio en agua fueron muy pequeños, con valores de 0.01 ppm, Muñoz (2017) se limitó a no sacar datos de cadmio de sus muestras de agua, tal vez porque no existen leyes en el Ecuador que regulen el cadmio en aguas.

El Cenaim en 2020 recopiló información de las propiedades químicas y físicas de 74 piscinas camaroneras del Ecuador, los resultados de los metales fueron: Zn con una media de 9.5 ppm, Cu con una media de 6.4 ppm y Pb con una media de 4.1 ppm, los valores de este estudio en comparación son mucho más bajos.

En el estudio realizado por Mero (2010) en cuatro esteros del Golfo de Guayaquil se encontraron concentraciones de 0,01 a 0,04 ppm de cadmio en agua y de 0,05 a 0,15 ppm de plomo en agua, mientras que los sedimentos presentaron concentraciones de 1,82 para cadmio y 11,55 ppm para plomo lo que demuestra que el agua y sedimento de las cinco camaroneras estudiadas poseen menores concentraciones de estos metales.

Es Adecuado mencionar que las camaroneras en Ecuador no están obligadas a tratar las aguas de su producción en plantas de tratamiento, pese a esto, dependiendo del tipo de cultivo que sea va a existir una relación directa entre la calidad de los camarones, sedimento y agua con la fuente de la que provenga el agua para la misma

Frias-Espericueta, et al (2011) sostienen que algunas de las actividades humanas que aportan metales al ambiente son la minería, la agricultura, la industria de manufactura, los cuales mandan sus residuos a los efluentes municipales, pudiendo llegar a la zona costera debido a la escorrentía.

Hernández Orozco & García Ramírez (2015) mencionan que la interacción suelo-proceso productivo influye directamente sobre la calidad del agua y la salud de los camarones, es decir, si no existiera un cumplimiento de parámetros inorgánicos en el suelo (metales pesados), la cosecha no será productiva en peso y calidad.

CAPITULO 5
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Las diferencias encontradas en los estudios analizados pueden deberse a los métodos de recolección y tiempos de muestreo.

Es necesario indicar que se trató de gestionar por varios medios el acceso a las camarónicas para la toma de muestras, las gestiones realizadas incluyeron oficios y entrevistas con los administradores de los laboratorios de larvas, sin embargo, pese a los esfuerzos indicados se obtuvo una negativa de acceso a recolección de muestras por parte de las camarónicas, lo cual restringió por una parte el acceso de los estudiantes hasta el punto de muestreo y por otra la toma de varias muestras en el tiempo.

De todas las muestras los valores de cadmio fueron los más bajos, en las muestras de agua el valor de cadmio no fue detectado al estar fuera de los límites de detección del equipo, por lo que no se pudieron realizar las pruebas estadísticas de F y t; por otro lado, el metal con los valores más altos en las muestras fue el zinc.

No existen diferencias significativas entre las concentraciones de metales en agua, sedimento y músculo de camarón de las provincias de El Oro y Santa Elena, los niveles de metales son relativamente bajos.

Después de realizar las pruebas estadísticas, se pudo observar que estadísticamente existen muestras con mayor concentración de metales en la provincia de Santa Elena, donde las muestras de cobre en tejido de camarón tuvieron un valor mayor a las de la provincia de El Oro, con un valor de 0.08625 ppm, con respecto a El Oro que tuvo un valor de 0.05250.

Otra diferencia muestral se pudo observar en las muestras del zinc en agua, donde el mayor valor lo obtuvo la provincia de El Oro con 0.036 ppm, con respecto a Santa Elena que obtuvo un valor de 0.014 ppm de zinc.

Una tercera diferencia estadística entre las provincias de El Oro y Santa Elena se observó en las muestras de plomo en agua, donde se obtuvieron valores de 0.012 ppm para Santa Elena y 0.002 ppm para el Oro; siendo la provincia de Santa Elena la que tiene un valor estadísticamente mayor, según la prueba estadística t.

Al final del estudio se concluyó que la calidad del camarón es buena, ninguna de las muestras tomadas en la provincia de El Oro y la provincia de Santa Elena sobrepasó los límites permitidos en la normativa, al contrario, los valores de los cuatro metales analizados son relativamente bajos.

5.2 Recomendaciones

Llevar a cabo estudios en cuanto concentraciones biodisponibles de metales pesados tanto en agua como en sedimento dentro del área de estudio para poder determinar si estos se están incorporando a las especies locales y posteriormente a las cadenas tróficas.

Se recomienda integrar a los representantes del gremio camaronero a los espacios de investigación académica con la finalidad de que se cuente con mayor apoyo de los mismos, para lograr hacer de manera eficiente estudios posteriores, que no solo beneficiarían a los estudiantes, sino también a las camaroneras al tener estudios que avalen su calidad. Un instrumento importante para lograr este objetivo son los convenios de cooperación interinstitucional.

Continuar con el monitoreo de metales pesados dentro del área de estudio, en general dado el interés representativo que presenta debido a que aquí habitan y se desarrollan especies de consumo local y de exportación.

Se recomienda ampliar el estudio a otras zonas geográficas, para analizar la concentración de metales.

Agregar estudios a análisis de metales pesados en sedimentos y agua como pH, nitrógeno total, coliformes fecales, azufre total, porcentaje de arcilla, limo y arena, porcentaje de sólidos disueltos para tener una visión más amplia.

BIBLIOGRAFÍA

- Acebo Plaza, M., & Nuñez, A. (Octubre de 2016). *Estudios Industriales. Orientación Estratégica para la toma de decisiones. Industria de Pesca.* . Ecuador: ESPAE-ESPOL.
- Arias, F. G. (2012). El Proyecto de Investigación - Introducción a la metodología científica. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). Editorial Episteme.
- ATSDR. 2007. *ToxFAQs for lead.* Agency for Toxic Substances and Diseases Registry.
<http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts13.html>
- ATSDR. (7 de Agosto de 2019). *Agency for Toxic Substances and Disease Registry.* Obtenido de
<https://www.atsdr.cdc.gov>
- Atilo, E. (2007). Contaminación. Área Ecológica. Universidad Nacional de Cuzco, 2-4 Pp.
- Bainy, A.C.D. 2000. Biochemical responses in penaeids caused by contaminants. *Aquaculture* 191 (1-3): 163-165.
- BANCO MUNDIAL. (20 de Agosto de 2019). *Grupo Banco Mundial.* Obtenido de
<http://bit.ly/3dVSKCP>
- Boada, M., Moreno, M. A., Gil, H., Marcano, J., & Maza, J. (2007). Metales pesados (Cu⁺², Cd⁺², Pb⁺², Zn⁺²) en músculo y cefalotórax de camarones silvestres *Litopenaeus schmitti*,

- Farfantepenaeus subtilis, F. notialis y F. brasiliensis de la Región de Venezuela . *Revista Científica*, vol. XVII, núm. 2, 186-192.
- Briggs, M., Funge-Smith, S., Subasinghe, R., & Phillips, M., 2005. *Introducciones y movimiento de Penaeus vannamei y Penaeus stylirostris en Asia y el Pacífico*. Bangkok: FAO.
- Cardenas, G. C. (2009). *Agricultura, urbanización y agua*. (R. T. López, Ed.) Uruguay, Montevideo: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA
- Castellanos Paredes, D. (2009). *Análisis del sector y la industria camaronera ecuatoriana durante el periodo 2002 - 2007*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Castro Guerrero, R. (2017). *CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS CADMIO Y PLOMO EN AGUA, SEDIMENTO Y EN MEJILLÓN Mytella guyanensis (LAMARCK, 1819) EN LOS PUENTES 5 DE JUNIO Y PERIMETRAL (ESTERO SALADO, GUAYAQUIL-ECUADOR)*. Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- CENAIM. (2000). *Propiedades Químicas y Físicas de Suelos de Piscinas Camaroneras en Ecuador*. ESPOL.
- Crespi, V., & New, M. (2009). *Fao.org*.
- CNP, C. N. (27 de Mayo de 2018). *Cámara Nacional de Pesquería* . Obtenido de <https://bit.ly/2P3grPn>
- Cumbicus Ortega, D., Jaramillo Aveiga, H., Ruiz Carrillo, J., & Salazar Córdoba, L. (2018). *Lípidos en camarón (Litopenaeus vannamei): Aplicación de dietas alimenticias con inclusión de macroalgas (Kappaphycus alvarezii) y Artemia salina*. I CONGRESO DE

TECNOLOGÍA EN ACUICULTURA - ITSO (págs. 29-48). D. R. © Instituto Tecnológico Superior El Oro. ISBN: 978-9942-30-944-0.

Díaz, M., González, E., Reyes, Y., Torres, O., & Vergara, I. (2016). Contaminación por Metales Pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 N° 2,*, 66-77.

Enzymes, N. S. (2019). ©NECI2019. Acceptable Protocols for Preserving Water Samples.

Obtenido de <https://www.nitrate.com/>

EPA. (Septiembre de 2016). *Quick Guide To Drinking Water Sample Collection*. United States , United States : United States Environmental Protection Agency.

Escobedo, R. (2017). CONTAMINACIÓN DE LOS RECURSOS ACUATICOS Y RELACIÓN CON LA SOSTENIBILIDAD DE LA ACUACULTURA EN LA PROVINCIA DE EL ORO. EL ORO-ECUADOR. UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA.

Eurofins. (2016). Recommended Containers, Preservation, Storage, & Holding Times Sample.

<http://EurofinsUS.com/Spectrum>

FAO. (2015) Codex Alimentarius. NORMA GENERAL PARA LOS CONTAMINANTES Y LAS TOXINAS PRESENTES EN LOS ALIMENTOS Y PIENSOS. <http://FAO.org>.

FAO. (2004). *FAO.org*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://bit.ly/3kcZ4XG>

- FAO. (01 de febrero de 2005). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es
- FAO. 2009. *Penaeus vannamei*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Briggs, M. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. Obtenido de: <https://bit.ly/2MjTrL0>
- Fernández Espinosa, J. A. (2001). *Especiación química y física de metales en la materia particulada atmosférica: aplicación al estudio de la contaminación ambiental de la ciudad de Sevilla*. Sevilla: Catálogo de Publicaciones de Universidad de Sevilla.
- Ferrer, A.. (2003). Intoxicación por metales. Anales del Sistema Sanitario de Navarra, 26(Supl. 1), 141-153. Recuperado en 05 de noviembre de 2019, de <http://bit.ly/37EjRyB>
- Figueruelo, J. E., & Marino Dávila, M. (2004). *Química Física del Ambiente y de los Procesos Medioambientales*. México: Editorial Reverté, S.A.
- Figueiredo-Silva, C. (22 de Julio de 2020). AquaFeed. Obtenido de <http://bit.ly/3dCSZ5R>
- Frías-Espéricueta, M., Aguilar-Juárez, M., Osuna-López, S., Izaguirre-Fierro, G., & Voltolina, D. (2011). Los metales y la camaricultura en México. *Hidrobiológica*, 217-228.
- García, R., Chicaiza, D., & Nicolaidis, F. (Abril de 2018). *Instituto Nacional de Pesca*. Obtenido de <https://bit.ly/3q6Ncbl>
- Gentiloni, P. 2006. Aquaculture Management and Conservation Service National Aquaculture Sector Overview Visión general del sector acuícola nacional. FAO

- Guala G, Döring M (2020). Integrated Taxonomic Information System (ITIS). National Museum of Natural History, Smithsonian Institution. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/rjarmt> accessed via GBIF.org on 2020-10-13.
- Hernberg S. (2000). Lead poisoning in a historical perspective. *Am J Ind Med* 2000;38:244
- Hernández Orozco, J; García Ramírez, C. (2015) Desempeño ambiental de la camaronicultura en la región Caribe de Colombia desde una perspectiva de Análisis del Ciclo de Vida. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de: <http://bit.ly/3aM8RRH>
- IARC (International Agency for Research on Cancer). (2006). Inorganic and organic lead compounds. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans volume Lyon: IARC; 2006
- Instituto Nacional de Pesca, (2014). Rendición de Cuentas 2014. <http://institutodepezca.gov.ec>
- Lacerda, L., Santos, J. & Madrid, R.M. (2006). Copper emission factors from intensive shrimp aquaculture. *Marine Pollution Bulletin*. Madrid.
- Lodoño-Franco, L., Lodoño-Muñoz, P., & Muñoz-García, F. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 145-153. DOI:10.18684/BSAA(14)145-153
- Love, P. (2015), *Pesquerías: ¿Mientras duren los cardúmenes?*, Esenciales OCDE, OECD Publishing, París. DOI: 10.1787/9789264219281
- Machado, D. (25 de Septiembre de 2013). La Historia oculta del camarón. Obtenido de: <http://bit.ly/2Nx9u8D>

Martínez-Córdova, L. R., M. Martínez-Porchas & E. Cortés-Jacinto. (2009). Camaronicultura mexicana y mundial. ¿Actividad sustentable o industria contaminante? *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 25 (3): 181-196.

Mariuxi Mero V, 2010. Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en Moluscos Bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del golfo de Guayaquil, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Maestría en Ciencias Manejo sustentable de recursos Bioacuáticos y Medio Ambiente.

Ministerio del ambiente. (2015). Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria. Guayaquil.

Muñoz Bazurito, G. (mayo de 2017). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SEDIMENTO DE PISCINAS CAMARONERAS DURANTE UN CICLO PRODUCTIVO DEL CULTIVO SEMINTENSIVO EN LA PARROQUIA COJIMIES, CANTON PEDERNALES, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR. Ecuador : Universidad de Especialidades Espíritu Santo.

NIH. (18 de Diciembre de 2019). *NIH National Institutes of Health*. Obtenido de <https://bit.ly/2NztSGa>

NTE INEN 2 169:98. AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. Primera Edición. Obtenido de <https://bit.ly/3urg2Gs>

NTE INEN 2 226:2000. AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. DISEÑO DE PROGRAMAS DE MUESTREO. Quito-Ecuador. Obtenido de <https://bit.ly/3bseHa0>

NTE INEN 456:2013. CAMARONES O LANGOSTINOS CONGELADOS. REQUISITOS.

Primera Edición. Quito-Ecuador. Obtenido de <https://bit.ly/3dDRFj1>

OMS. (23 de Agosto de 2018). *Organización Mundial de la Salud* . Obtenido de <http://bit.ly/3q3dkUh>

Orozco, C., Gonzales, N., Rodriguez, F., & Alfayate, J. (2003). CONTAMINACION AMBIENTAL UNA VISION DESDE LA QUIMICA. (C. R. ORTEGA, Ed.) MADRID, ESPAÑA: S.A. EDICIONES PARANINFO

Ramos-Miras, J. (1 de Abril de 2009). *Estudio de la Contaminación por metales pesados y otros procesos de degradación química en los suelos de invernadero del Poniente Almeriense*. Almería: Universidad de Almería.

Rubio, C. G., Martín Izquierdo, R., Revert, C., Rodríguez, I., & Hardisson, A. (2007). El zinc: oligoelemento esencial. *Notrición Hospitalaria*, vol 22.

Ruiz Chóez, W., Avendaño, U., Cabanilla, C., & Montúfar, M. (2018). La Acuicultura: Una Prioridad Alimenticia. *CONGRESO DE TECNOLOGÍA EN ACUICULTURA - ITSO*. ISBN: 978-9942-30-944-0, (págs. 21-28).

Tacon, A.G.J. 2002. Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp Aquaculture. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 69 p

UE. (s.f.). Importaciones de alimentos de origen animal provenientes de países no pertenecientes a la UE. Disposiciones relativas a aquellas garantías equivalentes a los requisitos legales

de la UE en materia de residuos de medicamentos veterinarios, plaguicidas y contaminantes. Obtenido de <https://bit.ly/2MBZHhl>

UNESCO. (2009). *UNESCO*. Obtenido de <http://bit.ly/2NuwuFr>

US Geological Survey, 2009. *Lead statistics*. United States Geological Survey. Obtenido de <http://www.minerals.usgs.gov/ds/2005/140/lead.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de Valores máximos permitidos en el uso de Agua para Animales

Valores de metales en agua para uso de Animales

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	VALOR MAXIMO
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,2
Boro	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	25,0
Cobalto	Co	mg/l	1,0
Cobre	Cu	mg/l	2
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,01
Nitratos	NO ₃	mg/l	50
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/l	3000

Fuente: AM 097A del Ministerio del Ambiente

Anexo 2. Límites permisibles de Metales en suelos y sedimentos.

Criterios de Calidad de Suelo		
Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	Suelo
Parámetros Generales		
Conductividad	mmhos/cm	2
pH		6 a 8
Relación de Adsorción de Sodio (Índice SAR)		4*
Parámetros Inorgánicos		
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	5
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	30
Cromo Total	mg/kg	20
Cromo VI	mg/kg	2.5
Cianuro (libre)	mg/kg	0.25
Estaño	mg/kg	5
Flúor (total)	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	2
Níquel	mg/kg	20
Plomo	mg/kg	25
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	25
Zinc	mg/kg	60
Parámetros Orgánicos		
Benceno	mg/kg	0.05
Clorobenceno	mg/kg	0.1
Etilbenceno	mg/kg	0.1
Estireno	mg/kg	0.1
Tolueno	mg/kg	0.1
Xileno	mg/kg	0.1
PCBs	mg/kg	0.1
Clorinados Alifáticos (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorobencenos (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hexaclorobenceno	mg/kg	0.1
hexaclorociclohexano	mg/kg	0.01
Fenólicos no clorinados (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorofenoles (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo	mg/kg	0.1

Fuente: AM 097A del Ministerio del Ambiente



Figura 21 Toma de muestras de camarón. Fuente: Autora



Figura 22 Muestras de agua. Fuente: Autora



Figura 23 Proceso de digestión de muestras. Fuente: Autora



Figura 24 Muestras digeridas, listas para filtrar. Fuente: Autora



Figura 25 Filtrado de muestras digeridas, Fuente: Autora



Figura 26 Etiquetado de muestras después del filtrado. Fuente: Autora



Figura 27 Almacenado de muestras digeridas en refrigeración. Fuente: Autora

