



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

TEMA:

“CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN *Scomber japonicus*
DESEMBARCADOS EN EL PUERTO PESQUERO ARTESANAL DE
ANCONCITO”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

AUTORA:

CABRERA ANDRADE STEPHANY VALENTINA

TUTOR:

BLGO. RICHARD DUQUE MARÍN, Mgt.

COTUTOR:

Q.F. RICHARD NAREA ORTEGA, M. Sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN *Scomber japonicus*
DESEMBARCADOS EN EL PUERTO PESQUERO ARTESANAL DE
ANCONCITO

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
Previa a la obtención del Título de:
BIÓLOGA

AUTOR:
CABRERA ANDRADE STEPHANY VALENTINA

TUTOR:
BLGO. RICHARD DUQUE MARÍN, Mgt.

COTUTOR:
Q.F. RICHARD NAREA ORTEGA, M. Sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN *Scomber japonicus* DESEMBARCADOS EN EL PUERTO PESQUERO ARTESANAL DE ANCONCITO”, elaborado por CABRERA ANDRADE STEPHANY VALENTINA, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Firmado electrónicamente por:
RICHARD GONZALO
DUQUE MARIN

Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc.
DOCENTE TUTOR
C.I. 0915460240

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista del Trabajo de Integración Curricular, “CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN *Scomber japonicus* DESEMBARCADOS EN EL PUERTO PESQUERO ARTESANAL DE ANCONCITO”, elaborado por CABRERA ANDRADE STEPHANY VALENTINA, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga, me permito declarar haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Acuic. José Melena Cevallos Ph.D.

DOCENTE ÁREA

C.I.:

DEDICATORIA

A mis padres, Hiter Cabrera y Galud Andrade, mi más grande inspiración. A mis hermanos por su apoyo y lealtad, y a mi novio por ser mi compañero de vida y mejor amigo. Ustedes son los más cercanos testigos del profundo anhelo de este logro.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por haber confiado en la meta que me propuse al iniciar mis estudios universitarios y por todo el apoyo que siempre me han brindado de manera desmedida.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, sus autoridades y docentes, principalmente a los de mi querida Facultad de Ciencias del Mar, por su paciencia y entrega a la labor tan loable que desempeñan al compartirnos sus conocimientos y experiencias, un agradecimiento muy especial para la Blga. María Herminia Cornejo, por sus palabras de apoyo en cada nuevo paso de la que iba siendo mi carrera profesional.

A los que forman el Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada INOCAR, y al personal del laboratorio de Oceanografía Química por abrirme las puertas de esta ilustre institución, a mi tutor el Q.f. Richard Narea Ortega, por haber confiado en esta propuesta de investigación y por haber sido mi mentor en el laboratorio de química, a la Blga. Ana Maridueña Bravo por sus consejos y sugerencias.

A mi tutor y docente Blgo. Richard Duque Marín por ser parte de este trabajo de integración curricular, y por darme las directrices para que este proyecto pudiese encaminarse de la manera correcta. Sin este selecto grupo de personas nobles, este proyecto no hubiese sido posible, gracias por ser y esta

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por datos, ideas y resultados expuestos en este trabajo de integración curricular “CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN *Scomber japonicus* DESEMBARCADOS EN EL PUERTO PESQUERO ARTESANAL DE ANCONCITO”, le corresponden exclusivamente a la Srta. Cabrera Andrade Stephany Valentina y el patrimonio intelectual de la misma y a la Universidad Península de Santa Elena.

Atentamente



Stephany Valentina Cabrera Andrade
C.I.: 172645144-4

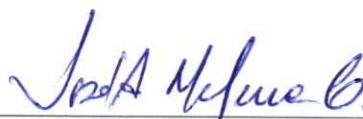
TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Cabrera Andrade Stephany Valentina** como requisito parcial para la obtención del grado de Bióloga de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el **18 de julio del 2024**:



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL




Acuic. José Melena Cevallos, Ph.D.
DOCENTE DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgt.
SECRETARIO DEL TRIBUNAL

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 6 |
| 3. | JUSTIFICACIÓN | 8 |
| 4. | OBJETIVOS | 10 |
| 1.1. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 10 |
| 5. | HIPÓTESIS..... | 10 |
| 6. | MARCO TEÓRICO..... | 11 |
| 6.1 | Metales Pesados..... | 11 |
| 6.1.1 | Cadmio..... | 11 |
| 6.1.2 | Plomo | 14 |
| 6.2 | Toxicidad en Peces..... | 17 |
| 6.2.1 | Mecanismos de Toxicidad..... | 18 |
| 6.2.2 | Bioacumulación y Biomagnificación..... | 20 |
| 6.3 | <i>Scomber japonicus</i> | 23 |
| 6.3.1 | Taxonomía y Clasificación de <i>Scomber japonicus</i> | 23 |
| 6.3.2 | Morfología de <i>Scomber japonicus</i> | 25 |
| 6.3.3 | Alimentación de <i>Scomber japonicus</i> | 26 |
| 6.4 | Importancia Comercial..... | 29 |
| 6.4.1 | Uso y Valor Económico | 30 |
| 6.4.2 | Pesquerías y métodos de captura | 31 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.5 | Distribución y Pesca de <i>Scomber japonicus</i> | 32 |
| 6.5.1 | Áreas de Distribución | 34 |
| 6.5.2 | Zonas de Mayor Abundancia | 35 |
| 6.6 | <i>Principales Puertos y Puntos de Desembarque en Ecuador</i> | 36 |
| 6.6.1 | Contribución a la Economía Local y Nacional | 36 |
| 6.6.2 | Contribución a la economía local y nacional | 37 |
| 7. | MARCO LEGAL..... | 39 |
| 7.1 | Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 183:2013):..... | 39 |
| 7.2 | Legislación de la Unión Europea..... | 41 |
| 7.3 | TULSMA – Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente | 42 |
| 7.4 | Código orgánico de ambiente | 43 |
| 8. | MARCO METODOLÓGICO..... | 46 |
| 8.1. | Área de estudio | 46 |
| 8.1 | Diseño de investigación..... | 46 |
| 8.2 | FASE DE CAMPO | 48 |
| 8.3 | Colecta de muestras | 49 |
| 8.4 | Transporte y manejo..... | 49 |
| 8.5 | FASE DE LABORATORIO..... | 50 |
| 8.6 | Preparación de las muestras | 53 |
| 8.7 | Proceso de digestión de muestras | 54 |
| 8.8 | Técnica de espectrofotometría con absorción atómica por tubo de grafito | 56 |

| | | |
|-----|---------------------------|----|
| 8.9 | Análisis estadístico..... | 57 |
| 9. | RESULTADOS | 59 |
| 10. | DISCUSIÓN | 69 |
| 11. | CONCLUSIONES | 71 |
| 12. | RECOMENDACIONES | 72 |
| 13. | BIBLIOGRAFÍA | 73 |
| 14. | ANEXOS | 90 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. Histograma de longitud de las muestras según la clase y longitud promedio | 59 |
| Gráfico 2. Histograma de peso de las muestras separadas en grupos de clase, y peso promedio | 60 |
| Gráfico 3. Concentraciones de Cadmio analizadas. Cantidades mínimas y máximas en la muestra..... | 61 |
| Gráfico 4. Concentraciones de Plomo en las muestras analizadas. Cantidades mínimas y máximas en la muestra..... | 62 |
| Gráfico 5. Análisis de varianza de una vía para análisis de biometría..... | 63 |
| Gráfico 6. Análisis de varianza de una vía para análisis de concentración de metales..... | 63 |
| Gráfico 7. Correlación entre Long. y Cd | 64 |
| Gráfico 8. Correlación entre Peso y Cd | 64 |
| Gráfico 9. Correlación entre Long. y Pb..... | 65 |
| Gráfico 10. Correlación entre Peso y Pb..... | 65 |
| Gráfico 11. Correlación entre la concentración de Cd y longitud..... | 66 |
| Gráfico 12. Correlación entre Pb y longitud | 66 |
| Gráfico 13. Correlación entre Cd y peso..... | 67 |
| Gráfico 14. Correlación entre Pb y peso | 68 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación geográfica del Puerto Pesquero Artesanal de Anconcito, Salinas, Provincia de Santa Elena..... | 46 |
| Figura 2. Imagen referencial de la toma de medida longitudinal de las muestras | 52 |
| Figura 3. Balanza para pesaje de peces (imagen referencial) | 52 |

| | |
|---|----|
| Figura 4. Microondas Mars (imagen referencial) | 54 |
| Figura 5. Distribución de tubos de digestión en gradilla para horno MarsX..... | 55 |
| Figura 6. Espectrofotómetro de Absorción Atómica Analytikjena (imagen referencial) | 57 |
| Figura 7. Obtención de muestras en el Puerto Pesquero de Anconcito | 94 |
| Figura 8. <i>Scomber japonicus</i> desembarcados de barcos nodriza..... | 94 |
| Figura 9. Proceso de pesaje de muestras en el laboratorio de Oceanografía Química | 95 |
| Figura 10. Muestras procesadas listas para ser analizadas en espectrofotómetro de absorción atómica..... | 95 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Límites permisibles | 40 |
| Tabla 2. Límites permisibles según el Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión Europea | 41 |
| Tabla 3. Frecuencia de tabulación para longitud..... | 59 |
| Tabla 4. Frecuencia de tabulación para peso..... | 60 |
| Tabla 5. Prueba de Shapiro-Wilk para N muestreado menor a 50 | 62 |
| Tabla 6. Datos cuantitativos de correlación Long. vs. Cd..... | 63 |
| Tabla 7. Datos cuantitativos de correlación Peso vs. Cd..... | 64 |
| Tabla 8. Datos cuantitativos de correlación Long. vs. Pb | 65 |
| Tabla 9. Datos cuantitativos de correlación Peso vs. Pb | 65 |
| Tabla 12. Base de datos colectados | 90 |

ABREVIATURAS

TRN: Tonelaje de Registro Neto

INEN: Servicio Ecuatoriano de Normalización

INOCAR: Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada

IPIAP: Instituto Publico de Investigación de Acuicultura y Pesca

SCI: Subsecretaría de Calidad e Inocuidad

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

COA₁: Código Orgánico de Ambiente

COA₂: Certificado de Origen y Autenticidad

COA₃: Certificado de Origen de Arrecifes

Kg: Kilogramo

mg: Miligramo

L: Litro

mL: Mililitro

°C: Grados Celsius

g: gramo

Cd: Cadmio

Pb: Plomo

UE: Unión Europea

LF: Longitud furcal

GLOSARIO

Barcos de Clase I: embarcaciones pesqueras con capacidad de tonelaje de registro neto entre 1 – 35 TRN.

Flota cerquera-costera: grupo de embarcaciones pesqueras que operan en aguas costeras utilizando redes de cerco o comúnmente conocido como chinchorro, para capturar peces pelágicos pequeños.

Metales pesados: elementos con densidad relativamente alta que pueden llegar a ser tóxicos o venenosos. Encontrados naturalmente en la corteza terrestre.

Toxicidad: capacidad de una sustancia química para causar daño a un organismo vivo.

Cadena trófica: es la relación alimenticia entre los organismos que conforman un ecosistema. Describe el flujo del alimento, energía y nutrientes transferidos de un nivel trófico a otro.

Bioacumulación: proceso mediante el cual una sustancia química se acumula en un organismo vivo a lo largo del tiempo, superando la tasa a la cual el organismo puede metabolizar.

Biomagnificación: proceso en el cual la acumulación de una sustancia química aumenta en los tejidos de los organismos a medida que asciende en la cadena alimenticia.

Peces pelágicos: peces que viven en la columna de agua del océano, lejos del fondo marino y la costa.

Contaminantes: sustancias o agentes físicos, químicos, biológicos o radiactivos que, al ser introducidos en el medio ambiente, pueden causar daño o alteración en los ecosistemas, la salud humana y otros seres vivos.

Seguridad alimentaria: se refiere al acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, seguros y nutritivos en todo momento para satisfacer sus necesidades alimentarias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana.

Espectrofotometría de absorción atómica: es una técnica analítica utilizada para determinar la concentración de elementos metálicos en una muestra. Esta técnica se basa en la capacidad de los átomos de absorber radiación electromagnética a longitudes de onda específicas, características de cada elemento.

Biometría: medición y análisis de las características físicas de los peces. Estas mediciones permiten obtener datos cuantitativos sobre el crecimiento, desarrollo y estado de salud de las poblaciones de peces, ya sean silvestres o de cultivo.

Ictiómetro: consiste en dos placas lisas dispuestas perpendicularmente, formando una especie de escuadra. Una de las placas tiene una escala graduada en centímetros o pulgadas, que se utiliza para medir la longitud del pez. La otra placa sirve como soporte para el pez mientras se realiza la medición.

Escorrentía: es el agua de lluvia, nieve derretida o cualquier otra fuente que, en lugar de infiltrarse en el suelo, fluye por la superficie, formando arroyos, ríos y eventualmente desembocando en lagos, océanos o acuíferos subterráneos.

RESUMEN

El presente estudio se centra en analizar la presencia de metales pesados en una especie de alto consumo en Ecuador. La investigación se justifica por la importancia de garantizar la seguridad alimentaria y proteger la salud pública, dada la toxicidad del cadmio (Cd) y el plomo (Pb), y su capacidad de bioacumulación en organismos acuáticos. El objetivo principal del estudio fue determinar las concentraciones de Cd y Pb en el tejido muscular de *Scomber japonicus*, utilizando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. Los objetivos incluyen comparar la talla y el peso de las muestras para estimar la biometría promedio de los organismos, analizar la concentración de los metales y correlacionar estos datos. La metodología adoptada se divide en varias fases: la colecta de muestras en el puerto de Anconcito, su transporte y manejo bajo condiciones controladas, y el análisis en los laboratorios del Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (INOCAR) y la Subsecretaría de Calidad e Inocuidad (SCI). Los resultados del estudio revelaron que las muestras obtenidas presentan un comportamiento de crecimiento unimodal, y que las concentraciones de cadmio en estas mismas muestras no tienen una relación directa entre longitud y peso, sin embargo entre peso y plomo se encontró una correlación alta, que basado en estos datos exploratorios la especie presenta mayor concentración de Pb cuando aumenta su peso. Las concentraciones mostraron una tendencia a aumentar durante la época de lluvias debido a la escorrentía superficial, y una posterior estabilización tras las lluvias. Las conclusiones del estudio indican que la concentración de metales pesados en *Scomber japonicus* está influenciada por factores estacionales y ambientales, destacando la necesidad de monitoreos continuos para garantizar la seguridad alimentaria y proteger la salud del ecosistema marino.

Palabras Clave: Plomo, Cadmio, Bioacumulación, *Scomber japonicus*, Seguridad alimentaria, Espectrofotometría de absorción atómica

ABSTRACT

This study is focused on analyzing the presence of heavy metals in a species of high consumption in Ecuador. The research is justified by the importance of ensuring food safety and protecting public health, given the toxicity of cadmium (Cd) and lead (Pb), and their capacity for bioaccumulation in aquatic organisms. The main objective of the study was to determine the concentrations of Cd and Pb in the muscle tissue of *Scomber japonicus*, using the graphite furnace atomic absorption spectrophotometry technique. The objectives include comparing the size and weight of the samples to estimate the average biometry of the organisms, analyzing the concentration of the metals and correlating these data. The methodology adopted is divided into several phases: the collection of samples in the port of Anconcito, their transport and handling under controlled conditions, and analysis in the laboratories of the Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (INOCAR) and the Subsecretaría de Calidad e Inocuidad (SCI). The results of the study revealed that the samples obtained show a unimodal growth behavior, and that the cadmium concentrations in these same samples do not have a direct relationship between length and weight; however, a high correlation was found between weight and lead, and based on these exploratory data, the species has a higher concentration of Pb when its weight increases. Concentrations showed a tendency to increase during the rainy season due to surface runoff, and a subsequent stabilization after the rains. The conclusions of the study indicate that the concentration of heavy metals in *Scomber japonicus* is influenced by seasonal and environmental factors, highlighting the need for continuous monitoring to ensure food security and protect the health of the marine ecosystem.

Key words: Lead, Cadmium, Bioaccumulation, *Scomber japonicus*, Food safety, atomic absorption spectrophotometry.

1. INTRODUCCIÓN

La pesca en Ecuador representa uno de los aportes más significativos de la producción nacional, que comprende el consumo interno a través de la oferta de productos pesqueros y contribución a las exportaciones del país. A lo largo de la costa ecuatoriana se distribuyen Peces Pelágicos Pequeños (PPP) de gran interés comercial, uno de ellos es *Scomber japonicus* (Canales & Jurado, 2021); también conocido como morenillo, macarela, caballa del sur, entre otros sinónimos que se utilizan según la región donde se pesque. Esta es una de las especies pelágicas más capturadas y comercializadas (Saavedra, 2021), su distribución es costera, con mayores concentraciones registradas en las partes norte y noroeste del Golfo de Guayaquil (Gilbert-Jaramillo & Villegas-Tigrero, 2016)

Debido a la gran productividad en las zonas de Guayas y Santa Elena, producto de la interacción de las diferentes masas de agua, afloramientos y surgencias costeras, la pesquería artesanal e industrial se concentra en localidades pesqueras donde frecuentemente se efectúan los desembarques de PPP, como las provincias de cuyos principales puertos pesqueros son Posorja, La Libertad, Anconcito y Chanduy (Martínez Morrillo, 2020).

El pescado como alimento representa una importante fuente de micronutrientes, minerales, ácidos grasos esenciales y proteínas. La macarela particularmente contiene en su carne entre 18,1-22,35% de proteínas, 1,50-12,99% de grasa y 1,30-3,04% de compuestos minerales (Barriga Sánchez, y otros, 2012). Sus vitaminas solubles en agua se encuentran en grandes cantidades y el aceite de pescado es rico en vitaminas A y D; el valor biológico de la proteína

de pescado es superior al de las carnes rojas a causa de la baja cantidad de colágeno, y los lípidos contenidos son ricos en omega-3 (Checmarev, 2015).

La captura de *Scomber japonicus* presenta fluctuaciones temporales debido principalmente a la influencia de las masas de agua que se encuentran en las áreas de pesca, consecuentemente su captura aumenta durante los meses cálidos y disminuye durante los meses de frío. Debido a la importancia pesquera de este recurso y la variabilidad que representa, el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) realiza un seguimiento mensual a la pesquería de macarela en los puertos del país, con la finalidad de contribuir con la toma de decisiones sobre medidas de manejo del recurso por medio de la generación de información (Martínez Morrillo, 2020).

Debido a la acción antropogénica del manejo de desechos mineros, industriales, agrícolas y domésticos, los cuales afectan la biota marina constituyendo un problema de salud pública se ha evidenciado y documentado que metales como el mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd) e incluso el Arsénico (As); no solo surgen de procesos naturales sino también producto de la actividad humana (Masco, Callo, Loaiza, Cantero & Sureo, 2021). Los metales pesados pueden provenir de fuentes naturales o antrópicas; sin embargo, no se encuentran disponibles en muchos ecosistemas y el nivel cero de estos metales pesados en alimentos de consumo aún es imposible de asegurar. Por ello las autoridades internacionales de control de la inocuidad alimentaria como La FAO (Food and Agriculture Organization) y la OMS (Organización Mundial de la Salud), han determinado criterios para identificar límites máximos de metales pesados en alimentos. Este límite máximo permitido (LMP) se define con el dato científico que

fija hasta que grado la concentración del contaminante es tolerable en el alimento (López & Díaz, 2020).

Dentro de las fuentes antrópicas del Cd, se incluyen las emisiones industriales, agroquímicos, lodos cloacales y aguas residuales suministrados a cultivos destinados al consumo humano. La ingesta de pescado contaminado se considera una fuente clave en el ingreso y aumento de niveles de Cd en las personas, pues la mayor parte del metal se encuentra en su forma absorbible, el cloruro de cadmio (CdCl_2) el cual resulta eficaz ya que entre el 3-8 % de la carga ingerida es absorbido por el tracto gastrointestinal. Este elemento tiene una vida biológica de 17 a 30 años y su absorción aumenta con dietas bajas en hierro, calcio y proteínas, según la Unión Europea, (UE, 2017); el Cd en carne de pescado, solo es permitido si su contenido máximo no supera los 0,050 mg/kg en peso fresco y su ingesta semanal aceptada por la JECFA (Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios) no debe superar los 420 Mg de Cd para una persona con peso promedio de 60 kg (FAO, Organización de las Naciones Unidas y la Agricultura, 2005).

El plomo (Pb) es un metal liberado producto de procesos erosivos de la superficie terrestre y deposición atmosférica, las fuentes antrópicas son provenientes de refinerías de plomo, industrias de función, manipulación de plásticos y plantas de fabricación de baterías; cuando se encuentra disponible ingresa al organismo a través de la ingesta de alimentos contaminados, la inhalación, la absorción y por deglución (Vargas Licon & Marrugo Negret, 2019) allí puede ser transportado a través del sistema circulatorio al resto de los órganos afectando al sistema nervioso dañando neuronas, también puede encontrarse en la médula ósea y el riñón; específicamente en el sistema tubular de las nefronas (Eróstegui Revilla, 2009).

La Unión Europea 2023, puso en vigor el nuevo reglamento obligatorio el cual determina que límite máximo permisible en carne muscular de pescado para los metales Cd y Pb son de 0,05mg/kg y 0,30mg/kg respectivamente, el *Codex Alimentarius* como órgano regulador de alimentos de esta concuerda con lo establecido. En Ecuador desde 2013 el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN establece requisitos que debe cumplir el pescado fresco refrigerado o congelado que se presenta para el consumo directo eviscerado o no, los cuales presentan como requisito el límite máximo de 0,05 mg/kg y 0,3 mg/kg para Cd y Pb.

Con base a lo expuesto, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la concentración de cadmio y plomo en el tejido muscular de *Scomber japonicus* por medio de espectrofotometría con absorción atómica a muestras colectadas en el Puerto Pesquero Artesanal de Anconcito relacionando la concentración de estos metales con la talla y peso de los organismos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presencia de metales pesados en el ambiente representa una preocupación que va en aumento debido al impacto en la salud humana. Los peces se han venido utilizando como bioindicadores ya que absorben los metales esenciales del agua, los alimentos y sedimentos, pero a su vez, bioacumulan metales no esenciales en sus tejidos, lo cual depende de las concentraciones de los metales en el medio en que se encuentran, edad, género, período de exposición y su nivel trófico. De esta forma, la exposición a metales pesados en los humanos por consumo de especies contaminadas afecta el sistema gastrointestinal, neurológico central y periférico, hemático y renal, además algunos de los compuestos metálicos son carcinógenos (Campo Tatis & Simanca Martínez, 2019).

Los efectos adversos para la salud son el resultado de la especificación del metal acumulado en el cuerpo, el grado de exposición y la edad del sujeto (Vargas Licon & Marrugo Negret, 2019). Järup, (2003) considera que las mujeres en edad fértil tienden a acumular mayor cantidad de contaminantes, a causa de los cambios hormonales, procesos de gestación, ciclos menstruales y cantidad de grasa corporal. La biodisponibilidad y bioaccesibilidad dada en situaciones que involucran el suelo o sedimentos en que los metales pesados pueden disolverse o disociarse en el medio natural para estar biológicamente disponibles para la absorción y aquella fracción liberada hacia la cadena trófica sirven como elementos clave para evaluar los riesgos humanos y ambientales (Campo Tatis & Simanca Martínez, 2019).

Por lo antes mencionado, es importante analizar la pesca y monitorear la posible presencia y concentración de contaminantes por metales pesados en peces, lo que permitirá identificar si *Scomber japonicus* tiende a bioacumular Cd y Pb, y por lo tanto, representar un riesgo para la salud humana, además de definir las posibles áreas geográficas donde la contaminación puede ser más alta, abriendo la posibilidad de implementar medidas de control y reducción de contaminación de esas zonas.

3. JUSTIFICACIÓN

La seguridad alimentaria garantiza que todas las personas tengan acceso a alimentos suficientes, seguros y nutritivos en todo momento. Es esencial para la salud y el bienestar, el desarrollo económico, la estabilidad social, el desarrollo infantil, la resiliencia de las comunidades y la sostenibilidad ambiental. Asegurar la seguridad alimentaria es un objetivo clave para los gobiernos, las organizaciones internacionales y la sociedad en general, y requiere un enfoque integrado que aborde la disponibilidad, el acceso, la utilización y la estabilidad de los alimentos (López & Díaz, 2020).

Los metales Cd y Pb son catalogados como altamente tóxicos y generalmente ejercen su acción dentro de las células corporales. Estos metales en altas concentraciones interrumpen reacciones químicas o cambian sus composiciones invalidando sus funciones, bloquean la absorción de nutrientes esenciales, consecuencias resultantes de la acción de los metales y del órgano afectado, es así como se bioacumulan alcanzando concentraciones tóxicas (Zorrilla, 2011).

Se considera que el consumo de pescado constituye una de las principales fuentes de exposición humana a Pb y Cd; este último es un elemento traza no esencial tóxico a bajas concentraciones para organismos acuáticos (Morales, Bustos, Pinglo, Cueva & Díaz, 2022) que se genera en vertidos de fábricas de productos que lo contienen y por escorrentías de minas de carbón, tiene la capacidad de causar daños en el aparato digestivo y urinario, descalcificación y lesiones en la médula ósea, e inhibición de procesos enzimáticos (López & Díaz, 2020).

Es por esta razón que para el presente trabajo de investigación se escogió una especie de alto consumo y fácil acceso a las poblaciones costeras debido a sus altas tasas de captura y bajo costo. El análisis de las concentraciones de Cd y Pb en pesca de consumo son fundamentales para la salud humana ya que al analizar estos rangos se puede determinar si el producto final es seguro, o en su defecto, establecer recomendaciones principalmente a grupos vulnerables como mujeres gestantes y lactantes, incluyendo niños.

4. OBJETIVOS

Analizar la concentración de plomo y cadmio en el tejido muscular de *Scomber japonicus* por medio de espectrofotometría de absorción atómica de muestras colectadas en el Puerto Pesquero Artesanal de Anconcito relacionando la concentración de estos metales con la talla y peso de los organismos.

1.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comparar la talla y peso de las muestras colectadas entre sí, para estimar la biometría promedio de los organismos.
2. Analizar el grado de concentración de Cd y Pb en las muestras por medio de la técnica de espectrofotometría con absorción atómica.
3. Correlacionar la talla y peso con la concentración de los metales en cuestión.

5. HIPÓTESIS

H₁: La concentración de Cadmio y Plomo en *Scomber japonicus* si está relacionado con la talla y peso de los organismos.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Metales Pesados

Los metales pesados son elementos químicos con una masa notablemente mayor en comparación con otros elementos, poseen propiedades tóxicas que pueden representar un peligro considerable para los ecosistemas acuáticos y la salud de las personas cuando se acumulan en niveles altos en el entorno marino (Petit, 2023). Entre los más reconocidos por su peligrosidad se encuentran elementos tales como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb), los cuales son reconocidos por sus impactos negativos en seres vivos, esto se debe a su naturaleza de permanecer en el ambiente por largos periodos de tiempo y su habilidad para acumularse en los diferentes niveles de la cadena alimentaria (Medina, 2023).

La exposición durante largos periodos de tiempo a metales pesados puede provocar daño en riñones, huesos y pulmones de los seres humanos, además de generar consecuencias negativas en la capacidad de reproducción y el crecimiento de organismos acuáticos (Octavio & Olmos, 2022). La introducción de este elemento en el entorno natural ocurre principalmente debido a la interacción humana, incluyendo procesos como la extracción de minerales, la fundición de metales, así como la producción de productos químicos y fertilizantes, lo que ha ocasionado su extensa presencia en distintos ambientes acuáticos (Santisteban, 2021).

6.1.1 *Cadmio*

El cadmio (Cd) es un metal pesado perjudicial para la salud humana el cual se encuentra de manera generalizada en el entorno natural debido a acciones humanas, como la extracción

minera, la industria metalúrgica y la producción de sustancias químicas, además este metal presenta una tendencia notable a unirse fuertemente a las superficies de materia orgánica, lo que resulta en su capacidad de concentrarse en grandes cantidades en los sedimentos que se encuentran en los océanos y además en los seres vivos que habitan en ambientes acuáticos, como los peces (Yauta & Johana, 2024).

La exposición continua al cadmio conlleva un peligro importante tanto para la salud de las personas como para el equilibrio natural del entorno, es decir, la exposición a los vapores de cadmio o la ingesta de alimentos contaminados con este metal pueden causar enfermedades respiratorias, afectar negativamente la función renal, ocasionar trastornos óseos y aumentar el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares en el caso de los seres humanos (Céspedes, y otros, 2022). Adicionalmente, de acuerdo con Valderrama (2021) menciona en su estudio que la presencia de cadmio en los ecosistemas acuáticos tiene la capacidad de causar impacto negativo en la diversidad biológica y ocasionar modificaciones en la interconexión de seres que se alimentan entre sí.

En la misma línea, es esencial mantener un control estricto y constante sobre los niveles de cadmio presentes tanto en los alimentos como en el entorno marino, con el objetivo de garantizar la protección de la salud de la población y la conservación de la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas submarinos (Llanos, 2023).

6.1.1.1 Origen y Presencia de cadmio en el Ambiente Marino

En el entorno acuático, el cadmio puede originarse de manera natural debido a procesos como la erosión de minerales y rocas, la actividad volcánica y la acumulación de sedimentos en el lecho marino, sin embargo, cabe señalar que la principal fuente de contaminación de este metal en el medio marino es el resultado de actividades humanas, como la liberación de desechos industriales, las operaciones mineras, la combustión de combustibles fósiles y la deposición de contaminantes de la atmósfera (Vera Diego, 2021).

La existencia del metal en los ecosistemas marinos puede ser identificada en diferentes componentes del medio ambiente, tales como el agua del mar, los depósitos sedimentarios marinos y los seres vivos acuáticos debido a que este metal tiene capacidad de quedarse almacenado en los lechos marinos a causa de su tendencia a unirse a las partículas sólidas presentes en el agua en suspensión, por lo que por ende tiene la capacidad de acumularse de manera progresiva en la red trófica marina, lo que significa que se va concentrando en diferentes organismos que forman parte de esta cadena alimentaria, como algas, crustáceos, moluscos y peces (Vera Pilay, 2023).

En este entorno es motivo de inquietud tanto desde el punto de vista ambiental como de la salud pública, ya que este metal pesado resulta altamente tóxico para los seres vivos que habitan en el agua y tiene la capacidad de acumularse de forma progresiva a lo largo de la cadena alimentaria, por lo que los efectos negativos causados por el cadmio en los organismos marinos abarcan desde problemas en el sistema respiratorio, nervioso, reproductivo y defensas inmunológicas, hasta desequilibrios en el crecimiento y desarrollo (Lumbre Soles, 2020).

En síntesis, se puede afirmar que el cadmio se encuentra en el ecosistema marino como consecuencia de fenómenos naturales y acciones llevadas a cabo por seres humanos, y esta

situación genera inquietudes en términos ambientales y de salud pública, ya que este metal es tóxico y tiene la capacidad de acumularse en los seres vivos que habitan en el mar (Palate, Ocaña, & Ormaza, 2022).

6.1.1.2 Efectos Tóxicos de cadmio en Organismos Marinos

A nivel de las células, el cadmio tiene la capacidad de perturbar importantes procesos metabólicos y moleculares, como, por ejemplo, afectando la actividad de las enzimas e induciendo cambios en el funcionamiento de las membranas celulares (Heredia Rodríguez, 2021). Este proceso tiene el potencial de causar disfunción en las células de especies acuáticas y desencadenar estrés oxidativo, lo cual resulta en un aumento en la vulnerabilidad de los organismos marinos a enfermedades y limita su habilidad para responder a cambios en su entorno (Zepeda, Herrera, & Bautista, 2021).

A nivel de las poblaciones, la presencia de cadmio en el medio ambiente puede tener consecuencias negativas los organismos marinos, como la disminución en el número y variedad de especies presentes, la reducción en la velocidad de crecimiento y reproducción, así como la modificación en el funcionamiento y composición de los ecosistemas marinos los cuales pueden tener impactos duraderos y persistentes en la salud y equilibrio de los ecosistemas marinos, afectando también a las actividades humanas que se sustentan en ellos, como la pesca y el turismo (Tuñón, Chang, Del Cid, Goti, & Gómez, 2020).

6.1.2 Plomo

El plomo, conocido químicamente como Pb, es un elemento metálico de alta densidad que tiene una presencia frecuente en los ecosistemas acuáticos, específicamente en el medio marino, debido a una variedad de acciones llevadas a cabo por los seres humanos, tales como la quema de combustibles derivados de fuentes fósiles, las labores mineras, la actividad industrial y la utilización de pinturas, por lo que este al acumularse en concentraciones altas en el medio ambiente acuático, puede ser peligroso debido a sus propiedades tóxicas, generando así una amenaza considerable tanto para los ecosistemas marinos como para la salud humana (Sanchez & Torres, 2023).

En relación a la forma principal en que el plomo ingresa a los ecosistemas marinos es a través de la deposición atmosférica y la escorrentía de aguas pluviales que llevan partículas contaminadas desde fuentes terrestres hasta cuerpos de agua costeros en donde posee la capacidad de ser absorbido por los seres vivos marinos a través del agua y las capas de sedimentos, acumulándose de manera progresiva en los tejidos biológicos de los organismos, y se va amplificando a lo largo de la red alimentaria de la vida marina (González & Rodríguez, 2022).

La presencia de plomo puede causar impactos negativos en la salud de los seres marinos, como la reducción de la capacidad reproductiva, el debilitamiento del sistema de defensa del cuerpo y la alteración de funciones biológicas esenciales, además de tener un impacto negativo en el funcionamiento de órganos esenciales como el hígado, los riñones y el sistema nervioso central, lo cual podría acarrear efectos negativos a nivel de poblaciones y comunidades (Salvador Vázquez & Velásquez Cabrera, 2023).

6.1.2.1 Origen y Presencia del plomo en el Ambiente Marino

La presencia de este metal generado naturalmente es derivado de procesos como la desintegración de rocas y suelos ricos en minerales de plomo, así como la liberación de plomo a través de emisiones gaseosas y partículas durante la actividad volcánica, es decir, dichos procesos naturales influyen en la aparición de plomo en el medio marino, especialmente en regiones cercanas a zonas geológicamente activas (Gómez & Palma, 2023).

Las fuentes más significativas generadas provienen de actividades humanas como la expulsión de gases y partículas durante la combustión de combustibles fósiles, la actividad industrial, la extracción minera y la producción de productos químicos, las cuales, desprenden partículas de plomo en el aire, las cuales tienen la capacidad de ser desplazadas por las corrientes de viento y finalmente caer al océano como resultado de la lluvia y el lavado de suelos (Garnica, López, Romero, & Meza, 2019).

6.1.2.2 Efectos Tóxicos del plomo en Organismos Marinos

La presencia de plomo puede ocasionar daños perjudiciales en especies marinas, ya que tiene la propiedad de concentrarse en los tejidos biológicos y perturbar funciones fisiológicas esenciales, es decir, este tiene efectos dañinos en los seres vivos que habitan en el mar, como por ejemplo, afectar la capacidad de reproducirse, debilitar las defensas del sistema inmunológico, e interferir en el comportamiento y en la fisiología de diferentes maneras (Meza & Molina, 2023).

Se han recopilado evidencias que demuestran que la exposición al plomo tiene repercusiones adversas en la función de órganos críticos, como el hígado, los riñones y el sistema nervioso central, en organismos marinos, asimismo, se destaca que es importante tener en cuenta que la presencia de plomo puede provocar daños en la estructura del ADN y en la manera en que los genes se manifiestan, lo que a su vez podría resultar en impactos negativos duraderos en la salud y la capacidad de reproducción de las comunidades marinas (De la Torre, Vicente, Prieto, Casanova, & Morales, 2021).

Los efectos negativos causados por la presencia de plomo en organismos marinos pueden ser diferentes dependiendo de factores como la especie a la que pertenecen, la etapa de desarrollo en la que se encuentran, su volumen corporal y la duración de la exposición al metal, inclusive en pequeñas cantidades de contacto con el plomo pueden provocar impactos perjudiciales notorios en la salud y el estado general de los seres vivos del mar (Larico, 2023).

6.2 Toxicidad en Peces

El estudio de la toxicidad en peces es un campo esencial de investigación en el ámbito de la ecotoxicología, cuyo enfoque se dirige a la comprensión detallada de las repercusiones negativas que los agentes contaminantes presentes en el entorno pueden tener en los organismos acuáticos, haciendo hincapié en su impacto especialmente en los peces. Los peces desempeñan un papel fundamental como indicadores de la salud ambiental, ya que tienen la capacidad de acumular contaminantes en sus tejidos con el tiempo, lo que les permite mostrar de manera precisa cualquier variación en la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos (Gudiño, Arguello, Perez, & Gudiño, 2024).

Los elementos que contaminan el entorno pueden tener un impacto negativo en los peces en una variedad de maneras, como alterar su comportamiento, interferir en su crecimiento y reproducción, e incluso causar su fallecimiento de manera directa, dado, a la existencia de diversas formas en las que los peces pueden verse afectados por contaminantes; una de ellas es al consumir otras especies contaminadas, o al absorber estos químicos a través de su piel y branquias, además de la acumulación de contaminantes en el sedimento (Katz, 2020).

La investigación sobre toxicidad en peces ha revelado que determinadas sustancias contaminantes, tales como los metales pesados, los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y los pesticidas, tienen la capacidad de provocar impactos negativos de importancia en la fisiología, conducta y capacidad reproductiva de los peces, lo que significa que los impactos pueden tener repercusiones en las comunidades de peces en su conjunto, causando alteraciones en la forma en que están organizados y en cómo operan los ecosistemas acuáticos en su totalidad (Méndez & Zapata, 2021).

Es importante comprender en profundidad la toxicidad experimentada por los peces, ya que esto resulta fundamental para poder evaluar de manera adecuada cómo los contaminantes afectan al medio ambiente y para poder crear estrategias eficaces que permitan gestionar y conservar de forma sostenible los recursos acuáticos. Sumando la evaluación de los riesgos ambientales, la formulación de regulaciones para controlar la contaminación y salvaguarda la diversidad de la vida marina (Rodríguez & Vega, 2021).

6.2.1 Mecanismos de Toxicidad

Los mecanismos de toxicidad en peces son una variedad de procesos biológicos y bioquímicos que ayudan a entender de qué manera los contaminantes presentes en el entorno influyen en la condición física y el estado de los peces. Estos procesos actúan afectando su salud y bienestar, los cuales presentan diferencias dependiendo del tipo de contaminante y la especie de pez afectada, sin embargo, por lo general implican la participación del contaminante en procesos biológicos esenciales, como la influencia en el sistema nervioso, el sistema endocrino y el sistema inmunológico (Orozco, 2022).

La bioacumulación es uno de los mecanismos habituales de toxicidad en peces, ya que implica que sustancias contaminantes se van acumulando progresivamente en los tejidos de los peces, alcanzando concentraciones superiores a las que existen en su entorno natural. La bioacumulación de contaminantes puede tener lugar a lo largo de la cadena alimentaria, ya que los peces pueden ingerir presas contaminadas y almacenar los contaminantes en diferentes partes del cuerpo, como los tejidos, lo que significa que la acumulación gradual de sustancias tóxicas en el cuerpo de los peces, conocida como bioacumulación, puede provocar consecuencias negativas para su salud, haciéndolos más susceptibles a los efectos nocivos de los contaminantes presentes en su entorno (Gironés, 2023).

Otro factor que también juega un papel significativo es la disrupción endocrina, que se refiere a la situación en la que ciertos contaminantes perturban el funcionamiento normal del sistema endocrino de los peces, causando alteraciones en diversos aspectos como la producción, liberación, transporte, transformación o excreción de hormonas, lo que podría desencadenar una variedad de consecuencias negativas, tales como la detención del crecimiento y la

capacidad reproductiva, la modificación de las conductas normales y la reducción de la eficacia del sistema inmunológico (Gallego, 2022).

Asimismo, es importante destacar que los agentes contaminantes no solo pueden impactar de manera directa en la salud de las células y en el correcto desempeño de órganos, como el hígado y los riñones. Esto se logra mediante la promoción del estrés oxidativo, la producción de especies reactivas de oxígeno y la modificación de la acción de las enzimas, tal como mencionan García y colaboradores en su investigación publicada en 2023. Estos efectos, si no se abordan adecuadamente, podrían causar impactos duraderos en la salud y la capacidad de supervivencia de las poblaciones de peces, además de influir negativamente en la salud general de los ecosistemas acuáticos (Vera R. , 2023).

En síntesis, es de suma importancia adquirir un conocimiento profundo sobre los procesos que desencadenan la toxicidad en los peces, ya que esto permitirá analizar de manera más precisa los impactos que los contaminantes ambientales tienen en ellos, así como diseñar tácticas sólidas para proteger y preservar los ecosistemas acuáticos y sus especies (Caja & Lannacone, 2021).

6.2.2 Bioacumulación y Biomagnificación

6.2.2.1 Definición y Diferencias

La bioacumulación y la biomagnificación representan procesos fundamentales en los campos de la ecología y ecotoxicología, los cuales describen cómo los contaminantes se acumulan y se concentran en los tejidos de los seres vivos a medida que avanzan a lo largo de la cadena alimentaria, en donde a pesar de que con frecuencia son empleados de forma similar, estas dos palabras tienen interpretaciones diferentes y representan aspectos diversos en relación con la propagación de sustancias dañinas en los entornos acuáticos (López & Lee, 2021).

La bioacumulación es un fenómeno en el que los contaminantes se van acumulando gradualmente en los tejidos de los seres vivos, alcanzando niveles más altos que los que se encuentran originalmente en su entorno natural y este puede tener lugar cuando los seres vivos consumen alimentos que han sido contaminados o cuando absorben los contaminantes de manera directa a partir del agua o los sedimentos, ya sea a través de procesos de difusión o de filtración (Martínez, 2021). Además, se puede mencionar que la biomagnificación es un fenómeno que ocurre cuando los contaminantes se acumulan en mayor cantidad a medida que los seres vivos avanzan en los distintos niveles de la red alimentaria, lo que resulta en un incremento de la concentración de sustancias tóxicas en los organismos a lo largo de la cadena trófica, por lo que, los elementos contaminantes se van acumulando y se incrementan a medida que los seres vivos consumidores ingieren presas contaminadas, las cuales contienen niveles más elevados de contaminantes (Molina, 2023).

En síntesis, se puede decir que la bioacumulación y la biomagnificación son procesos de gran importancia para facilitar la transferencia y la acumulación de sustancias contaminantes en los sistemas acuáticos. Es fundamental entender tanto la naturaleza de estos dos fenómenos como la relación que tienen con la evaluación de los posibles riesgos ambientales derivados de la

contaminación, así como para idear estrategias eficaces orientadas a la gestión y protección de los recursos acuáticos (Cóndor, 2023).

6.2.2.2 Impacto en la Cadena Trófica

La bioacumulación y biomagnificación de sustancias tóxicas en los organismos generan un impacto importante en la interacción de los seres vivos dentro de los ecosistemas acuáticos, causando cambios en los niveles de contaminación a lo largo de la red trófica y teniendo repercusiones en la salud y el bienestar de las especies que forman parte de ella, desencadenando una amplia gama de impactos negativos en la integridad y el desempeño de los sistemas ecológicos que se desarrollan en ambientes acuáticos (Figuroa & Lino, 2024).

Inicialmente, es importante considerar que la bioacumulación y biomagnificación son procesos que pueden llevar a un incremento en la cantidad de contaminantes a la que se exponen las especies situadas en niveles tróficos más altos, tales como peces depredadores, aves y mamíferos marinos, por lo que a medida que consumen presas contaminadas, estos organismos tienen la capacidad de acumular cantidades extremadamente altas de sustancias contaminantes en sus cuerpos, lo que potencialmente puede tener repercusiones desfavorables en su estado de salud y capacidad reproductiva (Vidal, 2023).

Adicionalmente, la biomagnificación puede conducir a un aumento de los efectos nocivos de los contaminantes a medida que se desplazan a través de distintos niveles tróficos en la red alimentaria, lo que significa que la toxicidad se incrementa a medida que avanzan en la cadena alimenticia. Los seres vivos que se encuentran en posiciones más elevadas dentro de la cadena alimentaria pueden sufrir consecuencias más severas como resultado del almacenamiento

gradual de sustancias contaminantes en sus órganos y tejidos, lo que a su vez puede impactar negativamente en su habilidad para reproducirse, pelear por alimentos y defenderse de enfermedades (Gutiérrez M. , 2020).

Otro aspecto relevante a considerar es la posibilidad de que los contaminantes se acumulen en niveles cada vez más altos a lo largo de la cadena alimentaria, lo que podría resultar en una mayor exposición de los seres humanos a través de la ingestión de peces que han sido afectados por la contaminación, por ello, las comunidades que se sustentan de la pesca como principal fuente de alimentación corren el riesgo de verse afectadas por niveles preocupantes de sustancias contaminantes, lo cual podría incrementar la posibilidad de padecer enfermedades de larga duración y tener un impacto negativo en la salud y la calidad de vida de las poblaciones en las zonas costeras (Céspedes, y otros, 2022).

La bioacumulación y biomagnificación ejercen una influencia de gran importancia en la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos, lo que repercute en la salud de las diferentes especies presentes y en la seguridad alimentaria de la población humana. Además de peligros ambientales vinculados a la contaminación, así como el diseño de tácticas eficaces que permitan gestionar y preservar de manera efectiva los recursos acuáticos (González R. , 2021).

6.3 *Scomber japonicus*

6.3.1 *Taxonomía y Clasificación de Scomber japonicus*

Scomber japonicus es una especie de pez que se encuentra en aguas abiertas es conocido popularmente como macarela y forma parte de la familia Scombridae, vive en una variedad de lugares que tienen temperaturas entre templadas y subtropicales en múltiples regiones alrededor del globo, incluyendo áreas con una población importante en el Océano Atlántico, el Océano Pacífico y en el Mar Mediterráneo (Ramos Mosquera, 2022).

Según su clasificación taxonómica, *Scomber japonicus* pertenece al reino Animalia, dentro del filo Chordata, que engloba a animales con cuerda dorsal, en la clase Actinopterygii, caracterizada por peces con aletas radiadas, dentro del orden Perciformes. Dentro de la categoría taxonómica de *Scomber*, se encuentra la especie *japonicus* la cual, gracias a su relevancia tanto en términos comerciales como ecológicos, ha sido objeto de numerosos estudios, convirtiéndose en una de las especies más investigadas en la academia (Beltrán, 2023).

El pez macarela se distingue por tener un cuerpo largo y en forma de huso, además de contar con una aleta dorsal apoyada por espinas y una aleta caudal dividida y potente que le otorga una extraordinaria habilidad para nadar, además la tonalidad de su color puede cambiar entre un tono verde azulado y plateado en la región de arriba, mientras que en los lados se observa un tono plateado y el vientre es de color blanco (Ramos Mosquera, 2022).

Scomber japonicus juega un papel significativo en los ecosistemas marinos desde una perspectiva ecológica, ya que actúa como un depredador de alto nivel en la cadena alimentaria, contribuyendo de manera fundamental al equilibrio y la dinámica de estos sistemas naturales, dado que se nutre de diferentes tipos de seres vivos, como crustáceos, moluscos y peces de

menor tamaño, y al mismo tiempo es una fuente de alimento para depredadores más grandes como atunes y tiburones (De la Cruz & Lazo, 2022).

6.3.2 *Morfología de Scomber japonicus*

La anatomía del *Scomber japonicus* ha evolucionado para cumplir con las demandas de su hábitat en aguas abiertas y para desempeñar su función como una especie depredadora en la red alimentaria marina, posee características morfológicas únicas fundamentales para reconocer su clasificación taxonómica y para adquirir conocimientos sobre su ecología y conducta en el entorno marino (Macias, 2022).

La estructura física del *Scomber japonicus*, más conocido como macarela exhibe una serie de rasgos particulares que la permiten destacarse y ser identificada con facilidad en su entorno acuático, dichas cualidades físicas particulares tienen una relevancia significativa en términos de clasificación y también en términos de función, puesto que están estrechamente vinculadas a la forma en que se adaptan al entorno acuático y al rol que desempeñan en la cadena alimentaria (Palacios, Reygondeau, Wabnitz, & Cheung, 2020).

Una de las características más sobresalientes de la forma física de la macarela es su cuerpo alargado y con forma de huso, lo cual le proporciona un diseño aerodinámico que le ayuda a desplazarse velozmente y de manera eficaz en ambientes acuáticos sin restricciones. Esta estructura física se ha evolucionado de manera particular para permitir un movimiento ágil y eficaz, así como para facilitar la caza de alimentos en el entorno marino (Ramos Mosquera,

2022). Además, tiene una variedad de aletas bien desarrolladas que mejoran su capacidad para nadar. Tiene una aleta dorsal que está soportada por espinas, lo cual contribuye a mantener la estabilidad de su desplazamiento en el agua cuando nada, además de contar con una aleta caudal robusta y dividida en dos partes que le brinda fuerza propulsora y aumenta su velocidad de desplazamiento en el agua (Abarca & Pastora, 2020).

La coloración de *Scomber japonicus* también se destaca como un aspecto morfológico significativo, en donde normalmente, la parte de la espalda del cuerpo de este animal suele presentar un color que se asemeja al azul mezclado con verde, a diferencia de los costados que exhiben un tono plateado y el área del vientre que muestra un tono blanco, lo que significa que el tipo de coloración contribuye al camuflaje en el entorno marino, lo que puede resultar en una menor detección visual tanto por parte de los depredadores como de las presas (Bayle, 2020).

6.3.3 Alimentación de *Scomber japonicus*

La dieta de *Scomber japonicus*, resulta esencial para comprender su ecología y las acciones que realiza en su entorno. Este tipo de especie que vive en la zona pelágica se nutre principalmente de una diversidad de seres vivos del mar que habitan en aguas cercanas a la costa y en los océanos incluyendo peces pequeños que viven en aguas abiertas, crustáceos como camarones. Así mismo consumen moluscos como calamares, pulpos como parte fundamental de la dieta diaria de la macarela, ya que les suministran los nutrientes esenciales que requieren para crecer y reproducirse de manera adecuada (Domínguez & Grisell, 2020).

La macarela, además es un depredador oportunista, emplea una diversidad de tácticas de alimentación con el fin de atrapar a sus presas siendo la de mayor frecuencia la práctica de caza en cardúmenes, en la cual se incorpora a colectivos de peces con el fin de incrementar las probabilidades de atrapar presas con ataques de forma individual o en conjuntos reducidos para capturar presas dispersas (Bayle, 2020).

La forma en que *Scomber japonicus* se alimenta se ve afectada por múltiples factores del entorno, como por ejemplo la temperatura del agua, la cantidad de comida disponible y la existencia de otros animales que puedan cazarlo. En los meses de temporada cálida, cuando la cantidad de fitoplancton y organismos marinos es mayor, la producción de alimentos es alta, lo que incrementa la probabilidad de que la macarela busque activamente fuentes de alimento para almacenar energía con el propósito de prepararse para el proceso reproductivo (De la Cruz & Lazo, 2022).

6.3.3.1 *Dieta Natural de Scomber japonicus*

La macarela se alimenta de una amplia gama de seres vivos que habitan en su entorno marino, lo que confiere a su dieta una gran diversidad de alimentos por ello viven en la zona pelágica, se caracterizan por tener un comportamiento depredador muy activo, ya que buscan y capturan sus presas de manera dinámica, aprovechando los recursos alimenticios que encuentran en su hábitat marino (Iannacone, et al., 2021).

De acuerdo con Guamán & Daniela (2022) algunos de los peces más frecuentemente cazados por la macarela incluyen variedades de pequeños peces que habitan en la parte superior de los océanos, como anchoas, sardinas y arenques los cuales son parte fundamental de la alimentación de la macarela, ofreciendo una valiosa fuente de nutrientes como proteínas y lípidos necesarios para su crecimiento y desarrollo.

La alimentación natural del *Scomber japonicus* puede cambiar dependiendo de la ubicación geográfica y del entorno ambiental específico en el que se encuentre, es decir, en aguas con temperaturas más bajas, la macarela puede variar su alimentación y consumir especies que no son habituales en aguas con temperaturas más elevadas, además, es importante tener en cuenta que la presencia de alimento puede variar debido a varios factores, como cambios estacionales, la cantidad de plantas y recursos disponibles para la alimentación, así como la influencia de otros animales que se alimentan de la misma presa (Rodríguez, 2021).

6.3.3.2 *Impacto de la Dieta en la Bioacumulación de Metales de Scomber japonicus*

La alimentación de la macarela, la cual consiste en una diversidad de organismos marinos, tiene la capacidad de afectar tanto la cantidad como la composición de los microplásticos y metales pesados que se almacenan en su cuerpo (Domínguez & Grisell, 2020). Por ejemplo, peces que se obtienen su alimento principalmente de presas más grandes y ubicadas en niveles tróficos superiores podrían presentar concentraciones más elevadas de metales pesados en comparación con aquellos que se alimentan de presas más pequeñas y se encuentran en niveles tróficos inferiores (Marcelo & Tello, 2022).

También se ha observado que la composición de la dieta de la macarela puede tener un impacto en la manera en que los metales pesados se encuentran disponibles en su hábitat marino y además teniendo en cuenta que ciertos seres vivos del ambiente acuático, como crustáceos y moluscos, presentan una mayor aptitud para almacenar metales pesados en sus cuerpos a causa de su estructura biológica y hábitos alimentarios, lo cual incrementa la probabilidad de bioacumulación en los organismos consumidores situados en niveles tróficos más altos, como por ejemplo, el macarela (De la Cruz & Lazo, 2022).

6.4 Importancia Comercial

Debido a su alto valor económico y a la creciente demanda en los mercados pesqueros, la macarela es considerada de gran importancia comercial en múltiples regiones a nivel global que se encuentra en aguas abiertas para ser capturada en cantidades significativas por la pesca comercial y artesanal, y que su carne es muy apreciada tanto en mercados locales como en los de otros países (Armas, 2021).

La carne de la macarela es altamente valorada debido a su gusto delicioso y nutritivo, que contiene una gran cantidad de proteínas de excelente calidad, así como ácidos grasos omega-3 y una variedad de vitaminas y minerales esenciales para la salud, además de que su delicado sabor junto con su consistencia firme han contribuido a su popularidad entre los consumidores a nivel mundial, siendo un ingrediente versátil utilizado en múltiples preparaciones culinarias como sushi, sashimi, enlatados y pescados ahumados (del Rosario, 2021). Además de ser apreciada por su aporte nutricional y su valor en la cocina, el rol de la macarela en las economías de diversas comunidades costeras que encuentran en la pesca es una fuente

primordial de empleo y de ingresos, en donde con la captura y procesamiento de esta especie contribuyen a la generación de empleo en diferentes fases de la cadena de valor, abarcando desde las labores de pesca y el procesamiento en tierra hasta la etapa de comercialización y distribución de los productos pesqueros (Armas, 2021).

La captura y el posterior comercio de los productos pesqueros representan una importante fuente de sustento para numerosas comunidades relacionadas con la pesca, además de desempeñar un papel significativo en la garantía de la disponibilidad de alimentos tanto a nivel regional como nacional (Obando, 2021).

6.4.1 *Uso y Valor Económico*

A *Scomber japonicus* se le atribuyen elementos que contribuyen significativamente a su relevancia en términos comerciales en los mercados pesqueros a escala global, ya que es empleada en una diversidad de usos, como el procesamiento para elaboración de harina de pescado, carnada y dentro del sector de la alimentación (Cevallos, 2023).

Dentro del sector de la industria alimentaria, la macarela es apreciada debido a su sabrosa carne y rica en nutrientes, la cual se emplea en la elaboración de una variedad extensa de artículos pesqueros, además de ser valorada por su amplia versatilidad en la cocina y su perfil nutricional, abarcando desde platos clásicos como sushi y sashimi hasta opciones enlatadas y ahumadas (Agustinelli, 2014). Además de ser utilizada en la industria alimentaria, tiene una variedad de aplicaciones en otros sectores industriales, como por ejemplo en la elaboración de

piensos para acuicultura, así como en la producción de aceite y harina derivados del pescado. Estos subproductos provenientes de la industria pesquera ofrecen una diversidad de aplicaciones que abarcan sectores como la agricultura, la acuicultura y la industria farmacéutica (Agustinelli & Yeannes, Effect of frozen storage on biochemical changes and fatty acid composition of mackerel (*Scomber japonicus*) muscle., 2014).

La importancia económica de esta especie radica en su impacto positivo en el intercambio comercial de productos pesqueros a nivel internacional en 2018 la especie alcanzó 2,5 millones de toneladas métricas procesadas principalmente en China Japón, Noruega, Perú, Chile y Ecuador. La especie es de aporte significativo a la prosperidad económica de zonas costeras, donde las ventas al extranjero de la macarela generan importantes beneficios económicos para las naciones que la producen, a la vez que aportan al progreso tanto económico como social de las poblaciones pesqueras (Guamán & Daniela, 2022).

6.4.2 *Pesquerías y métodos de captura*

La captura de *Scomber japonicus*, una especie popularmente denominada morenillo, en Ecuador, juega un papel significativo en la economía de la pesca en numerosas áreas alrededor del globo terrestre, vive en aguas abiertas, es capturada por flotas dedicadas a la pesca comercial y por pescadores artesanales que utilizan diferentes técnicas para atrapar a los individuos (García Ñíguez, 2022).

Dentro de las técnicas de captura empleadas en las operaciones pesqueras de la macarela, se incluyen el uso de redes de cerco, palangres, anzuelos y líneas, así como también las redes de arrastre, cada uno con particularidades y beneficios distintivos, por lo que decidir cuál utilizar puede depender de factores como la época del año para pescar, la zona geográfica y las preferencias individuales de los pescadores (García de Vinuesa, 2021).

Las redes de cerco, que consisten en una técnica de pesca ampliamente utilizada, destacan por su frecuente aplicación en la captura de macarela en la industria pesquera, esta contiene estructuras extensas que rodean y agrupan a los bancos de peces en un espacio más pequeño, lo que facilita la tarea de atraparlos, demostrando ser altamente efectivo, se emplea de manera extensiva en la pesca industrial con el propósito de capturar grandes volúmenes de peces de manera eficiente (Palacios, Reygondeau, Wabnitz, & Cheung, 2020).

Los palangres, así como los anzuelos y líneas, son técnicas de pesca selectivas que se emplean principalmente en la pesca tradicional y manual, y refiere a las líneas con anzuelos, que son cuidadosamente situadas en el agua de forma estratégica con el objetivo de atrapar a los peces uno por uno. Estos métodos específicos resultan apropiados para la captura de caballas de manera individual y su aplicación es común en operaciones pesqueras dirigidas a satisfacer demandas de mercados especializados (Vera Bermúdez, 2023).

6.5 Distribución y Pesca de *Scomber japonicus*

La especie se extiende por un amplio rango geográfico, dado que este pez de hábitos pelágicos reside en aguas costeras y en medio de los océanos en distintas partes del planeta en una amplia gama de hábitats marinos, desde las cálidas aguas tropicales hasta las más frías y templadas, distribuyéndose en todos los océanos y mares más importantes del mundo (Guidi, 2021).

La macarela es significativa en numerosas áreas cercanas a la costa, ya que tanto las flotas comerciales como las artesanales se dedican a pescar esta especie en particular, en áreas de pesca de mayor relevancia las cuales suelen estar situadas en lugares donde se concentran una gran cantidad de ejemplares, como por ejemplo en los límites de las plataformas continentales y en las corrientes oceánicas (Cevallos, 2023).

A través del informe presentado por FAO “El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2022” *Scomber japonicus* representó el 2% de la pesca mundial del año 2020, representando un total de 1360 toneladas en peso vivo.

La macarela es reconocida por su patrón de migración estacional, durante el cual se desplaza en diferentes momentos del año en función de las variaciones en la temperatura del agua y la presencia de alimento, adaptando así su comportamiento a las condiciones cambiantes de su entorno, por lo que durante las épocas del año con temperaturas más elevadas, el patrón de desplazamiento tiende a cambiar hacia zonas marítimas con una temperatura más fría y ubicadas en latitudes más altas (Saavedra, 2021).

6.5.1 Áreas de Distribución

El territorio de propagación de *Scomber japonicus*, se extiende por diversos lugares alrededor del globo, cubriendo una vasta y variada gama de regiones geográficas a nivel mundial, como por ejemplo en la zona pelágica se localiza mayormente en aguas cercanas a la costa y en medio del océano, abarcando desde regiones tropicales hasta templadas, y se halla distribuida en todas las principales extensiones marítimas, mares y océanos del mundo (Vera, Alemán, Cobeñas, Carrillo, & Flores, 2021). La macarela se puede encontrar en áreas que abarca desde el mar del Norte y el mar Báltico en el océano Atlántico, extendiéndose hacia el golfo de México y las costas de Brasil. A lo largo de la extensión del Océano Pacífico, se puede observar una amplia distribución que va desde el mar de Bering y el mar de Ojotsk, pasando por el mar de China Oriental, hasta llegar a las aguas costeras de Australia y Nueva Zelanda, además, la extensión de su distribución se encuentra en el océano Índico, abarcando desde las aguas del mar Rojo y el golfo de Adén, hasta llegar a las áreas del mar de Java y las costas de Sudáfrica (Galvan, et al., 2021).

Los lugares donde se encuentran comúnmente los bancos de la macarela pueden cambiar dependiendo de la época del año debido a fluctuaciones en la temperatura del agua, la presencia de comida y otros elementos del entorno. Durante los meses de época lluviosa, suele trasladarse hacia zonas geográficas con temperaturas más frías, en contraste con la época seca suele dirigirse hacia aguas con temperaturas más templadas (Domínguez, García, Leonarduzzi, Macchi, & Rodrigues, 2021).

La forma en que se desarrolla la macarela está determinada por varios elementos relacionados con el océano, como las corrientes marinas, los cambios en la temperatura del agua y la cantidad de comida disponible en el entorno marino, por lo que, los diversos elementos pueden influir en la distribución y la cantidad de peces caballa del Pacífico en distintas áreas geográficas y en variadas estaciones del año (Ccasani, 2023).

6.5.2 *Zonas de Mayor Abundancia*

La macarela, presenta diferentes patrones de distribución y cantidad dependiendo de las distintas zonas geográficas y las condiciones oceanográficas específicas de cada región, no obstante, hay áreas específicas que sobresalen por tener una gran cantidad de esta especie, y estas áreas son especialmente valoradas para la actividad pesquera con fines comerciales y para la realización de estudios científicos (Darias, 2021). En el océano Atlántico, hay una región donde es común encontrar una gran cantidad de macarela, que se localiza en el área conocida como el "banco de pesca de Georges" en la plataforma continental de Nueva Inglaterra, Estados Unidos. Durante los cálidos meses de verano, este banco de pesca se destaca por la presencia de considerables agrupaciones de caballa japonesa, lo que atrae a múltiples flotas pesqueras que buscan aprovechar la rica población de peces para sus actividades (He, Chopin, Suuronen, Ferro, & Lansley, 2022).

En el Indo-Pacífico, específicamente en el mar de China Oriental, regiones cercanas a las costas de China, Japón y Corea del Sur, destaca por las grandes cantidades de pesca de esta especie, la FAO (2022), reportó que en esta área se capturaron 1,75 millones de toneladas métricas. Esta área es reconocida por ser el hábitat de abundantes comunidades de macarela durante la mayor

parte del año, por ser aguas tibias y ricas en nutrientes albergan una gran variedad de especies marinas que viven en la columna de agua lo que la convierte en un importante centro de actividad pesquera en el lugar (Bermúdez, 2023).

6.6 Principales Puertos y Puntos de Desembarque en Ecuador

6.6.1 Contribución a la Economía Local y Nacional

Ecuador, un país que se extiende a lo largo de una extensa costa bañada por las aguas del Océano Pacífico, dispone de numerosos puertos estratégicos y lugares de llegada fundamentales para llevar a cabo la pesca entre ellos destacan los puertos de Manta, Puerto López, Santa Rosa y Anconcito, aquí se incluye la captura de variedades de peces pelágicos grandes, y pequeños como la macarela (*Scomber japonicus*), desempeñando una función vital en la logística de la industria pesquera al permitir que se realicen operaciones como la descarga de la pesca capturada, su posterior procesamiento y la distribución de los productos del mar (Navarrete, et al., 2023). El Puerto Pesquero Artesanal de Anconcito, que se encuentra en la provincia de Santa Elena, es reconocido como uno de los principales puertos pesqueros en Ecuador. Este puerto desempeña un papel importante en el apoyo a la industria pesquera artesanal tradicional de la región al servir como punto final para diversas especies capturadas en aguas cercanas, como la macarela. La actividad en este puerto desempeña un papel de gran importancia en la economía a nivel local y regional, generando puestos de trabajo y recursos financieros vitales para las comunidades dedicadas a la pesquería (Figueroa Solórzano, 2023).

Otro puerto destacable es el Puerto Pesquero de Manta, que se sitúa en la provincia de Manabí. En Ecuador, se destaca que este puerto es uno de los principales en cuanto a la cantidad de capturas realizadas y la exportación de artículos del mar, mostrando su relevancia en la industria pesquera. La caballa japonesa, uno de los tipos de peces capturados en las aguas cercanas a Manta, es llevada a este puerto donde es descargada para ser procesada y luego exportada. La participación en la pesca en el Puerto de Manta no solo afecta de forma importante a la economía a nivel local y nacional, sino que también tiene efectos en la creación de puestos de trabajo, aumento de ingresos y aportes a la balanza comercial del país (Macias, 2022).

6.6.2 Contribución a la economía local y nacional

La labor de pesca llevada a cabo en los puertos y áreas de descarga más importantes de Ecuador, como Anconcito y Manta, desempeña un papel significativo en el desarrollo económico, aportando beneficios tanto a nivel de la comunidad local como a escala nacional, es decir que los puertos brindan oportunidades de empleo y generan ingresos para muchas comunidades pesqueras que dependen de estos recursos como su principal fuente de sustento (Magallan, 2024).

La pesca y el proceso de descarga de especies como la macarela en estos puertos también juegan un papel importante en la economía del país, ya que ayudan a generar ingresos a través de la venta de productos pesqueros en el extranjero, dado que, Ecuador, un país situado en América del Sur, se destaca por su relevante actividad como exportador de una amplia variedad de productos del mar. Los puertos pesqueros, localizados estratégicamente en zonas costeras,

cumplen un rol fundamental al facilitar y agilizar la salida al extranjero de productos del mar frescos y procesados, contribuyendo a su inserción en los mercados internacionales (Escalante & Marín, 2023).

Asimismo, es importante destacar que la actividad pesquera en estos puertos no solo tiene un efecto positivo en la economía local, sino que también juega un papel fundamental en el fomento del crecimiento de sectores interrelacionados, como la industria de procesamiento de alimentos, la industria de transporte y logística, así como la industria turística, lo que crea un efecto multiplicador en la región. Estos sectores obtienen ventajas de forma indirecta a partir de la actividad pesquera, lo cual no solo les permite crecer económicamente, sino que también contribuye de manera significativa al avance sostenible de la economía del país (Miss & Anahi, 2023).

7. MARCO LEGAL

En el contexto de la regulación de metales para el consumo y exportación en Ecuador, el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) establece límites específicos para metales pesados como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb) en productos alimenticios. Según la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 183:2013), se fijan los límites máximos permitidos de estos contaminantes en la caballa (*Scomber spp.*), donde la concentración de cadmio no debe exceder los 0,05 mg/kg y la de plomo los 0,02 mg/kg (NTE INEN, 2013).

Esta normativa permite garantizar la seguridad alimentaria y proteger la salud pública, evitando la exposición a niveles de metales pesados que podrían tener efectos adversos significativos a largo plazo. Además, en productos pesqueros, la NTE INEN 2983 establece procedimientos y límites para analizar la presencia de estos metales pesados (Solís & Solís, 2020).

Estos estándares son esenciales para la conservación de la calidad ambiental y la salud humana, dado que los metales pesados tienen la capacidad de bioacumularse en la cadena alimentaria y causar diversos daños a la salud como disfunción renal, problemas óseos y otros trastornos graves. Es fundamental continuar con la vigilancia y el cumplimiento de estas normas para mitigar los riesgos asociados con la contaminación por metales en los alimentos consumidos tanto localmente como en los mercados de exportación (Freire, 2022).

7.1 Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 183:2013):

En la norma la metodología propuesta con espectrofotometría por absorción atómica puede ser reconocida y aceptada como un método válido para la determinación de metales pesados en productos para consumo humano, siempre y cuando cumpla con los estándares de precisión y sensibilidad requeridos por la norma.

Adicionalmente, la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 183:2013 establece los límites máximos permitidos de contaminantes, incluyendo el cadmio y el plomo, *Scomber spp.* en Ecuador, límites que se refieren a la cantidad máxima de cada metal pesado que puede estar presente en los productos alimenticios para garantizar la seguridad alimentaria. De acuerdo con la normativa, estos límites son:

Tabla 1. Límites permisibles

| Contaminante | Límite Máximo Permitido (mg/kg) |
|---------------------|--|
| Cadmio | 0,05 |
| Plomo | 0,3 |

Nota: Adaptado y extraído de: (Alvarez, 2021)

Estos valores establecidos por la NTE INEN 183:2013 indican que la concentración de cadmio en la caballa no debe exceder los 0,05 mg/kg, mientras que la concentración de plomo no debe superar los 0,2 mg/kg. Estos límites garantizan la seguridad alimentaria de los consumidores evitando la ingestión de niveles peligrosos de metales pesados que podrían causar efectos adversos para la salud a largo plazo (NTE INEN, 2013).

La base legal que rige la cantidad de cadmio y plomo en *Scomber japonicus* que se descarga en el puerto pesquero artesanal de Anconcito, Ecuador, se sustenta en la Norma Técnica Ecuatoriana diseñada especialmente para productos pesqueros. Esta norma fija los niveles

máximos autorizados para dichos metales pesados y detalla los pasos a seguir para medir su presencia.

En las normas técnicas se establecen de forma minuciosa los procedimientos y límites para analizar la presencia de metales pesados en productos pesqueros, lo cual es fundamental para garantizar que dichos productos cumplen con los requisitos de seguridad alimentaria exigidos por las autoridades sanitarias de Ecuador. Estos documentos normativos ofrecen instrucciones detalladas sobre cómo llevar a cabo la evaluación de la seguridad y calidad de los productos pesqueros, con el objetivo de garantizar la protección de la salud pública.

7.2 Legislación de la Unión Europea

La Unión Europea (UE) también establece límites máximos permitidos de metales pesados en productos del mar, incluyendo a *Scomber spp.* Estos límites se encuentran definidos en regulaciones específicas, como el Reglamento (UE) N° 2023/915 de la Comisión Europea, que establece los límites máximos de contaminantes en alimentos. Para el cadmio y el plomo en la macarela, la UE recomienda valores inferiores a 0,3 mg/kg para el plomo y 0,1 mg/kg para el cadmio; esto para el caso de consumo del pez entero, sin procesos de desecación, dilución transformados o compuestos.

De acuerdo con el Reglamento (CE) N° 2023/915, los límites máximos permitidos para el cadmio y el plomo en la leche son los siguientes:

Tabla 2. Límites permisibles según el Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión Europea

| Contaminante | Límite Máximo Permitido (mg/kg) |
|---------------------|--|
| Cadmio | 0,05 |
| Plomo | 0,3 |

Extraído de: (Unión Europea, 2023)

Estos valores establecidos por la UE indican que la concentración de cadmio en la leche no debe exceder los 0,05 mg/kg, mientras que la concentración de plomo no debe superar los 0,3 mg/kg. Estas recomendaciones son más restrictivas que las establecidas por la normativa ecuatoriana, lo que refleja un enfoque más cauteloso en cuanto a la seguridad alimentaria y la protección de la salud pública en la Unión Europea.

7.3 TULSMA – Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

El TULSMA, que es el acrónimo de Texto Único de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, abarca un extenso conjunto de regulaciones ambientales que cubren diversas áreas, como normativas detalladas sobre la calidad del agua, del suelo y del aire, así como disposiciones para la correcta gestión de sustancias peligrosas. A pesar de que el enfoque principal del TULSMA es reconocido por estar dirigido hacia la conservación del medio ambiente y la gestión de los recursos naturales, también contiene disposiciones que abordan la contaminación causada por metales pesados, las cuales pueden tener importancia en la evaluación de la inocuidad alimentaria de los productos del mar (Chico, 2022).

Específicamente, dentro del Texto Único de Legislación Secundaria del Medio Ambiente se encuentra el Libro VI, el cual aborda aspectos relacionados con la calidad del entorno y la

liberación de desechos líquidos, con la inclusión de estándares que podrían ser utilizados de forma indirecta para analizar la presencia de sustancias como los metales pesados en productos del mar, al regular la presencia de estos contaminantes en los sistemas acuáticos de los cuales se originan. A pesar de que el documento no incluye límites específicos para los niveles de metales pesados en los productos pesqueros, las normativas que regulan la calidad del agua y del suelo son de alta importancia, debido a que fijan los criterios en los que se deben conservar los ecosistemas acuáticos, pudiendo incidir en la posible acumulación de elementos como el cadmio y el plomo en organismos marinos (Vanegas, 2023).

Para obtener información detallada y específica acerca de cómo el TULSMA controla los niveles de metales pesados en los productos del mar, es fundamental acceder al texto oficial del TULSMA en la página web del Ministerio del Ambiente de Ecuador (Ambiente Gob). Este análisis tendría la capacidad de no solo reconocer cualquier legislación específica que deba aplicarse de manera directa, sino también de inferir de qué manera las normas medioambientales en general podrían tener consecuencias sobre la seguridad alimentaria de los productos pesqueros en Ecuador (Valverde, 2021).

7.4 Código orgánico de ambiente

El Código Orgánico de Ambiente (COA₁) en Ecuador, es un conjunto de leyes esenciales y completas que tienen la función de supervisar y fomentar la preservación, cuidado y aprovechamiento responsable del entorno natural, los elementos naturales y la variedad de vida en el territorio ecuatoriano. El día 12 de febrero de 2017 se puso en vigor una ley que aborda una serie de medidas tanto generales como detalladas relacionadas con la protección del medio

ambiente y la mitigación de la contaminación (Feria, 2023). Entre las disposiciones, se incluye la regulación de la presencia de elementos pesados, como los metales, en alimentos marinos como el *Scomber japonicus*.

El Código de Ordenamiento Ambiental se compone de nueve libros que cubren una variedad de temas relacionados con la gestión ambiental. Un aspecto sobresaliente es el Libro II, que se centra en los derechos de la naturaleza y los derechos humanos relacionados con el medio ambiente. Además, el Libro III se enfoca en la gestión ambiental como otro tema relevante dentro del código. El Libro III contiene normas y directrices sobre la evaluación, prevención, control y gestión de la contaminación, además de medidas dirigidas a salvaguardar la vida marina y la biodiversidad en los entornos costeros y marinos (COE, 2021).

En esta situación específica, el Comité de Coordinación y Asesoramiento establece una serie de principios básicos, tales como la importancia de prevenir, la precaución como medida de seguridad, la responsabilidad hacia el medio ambiente, la participación de la población, entre otros, los cuales sirven de guía para influir en las decisiones y pasos a seguir en temas relacionados con el medio ambiente. Además de eso, también se admite la relevancia de la ciencia, la tecnología y la innovación en el ámbito de la gestión ambiental, fomentando la colaboración entre diferentes instituciones y alentando la participación de los ciudadanos en el proceso de tomar decisiones relacionadas con el medio ambiente (Ramírez, Cerezo, Espinoza, & Acurio, 2023).

En lo concerniente a la normativa sobre el contenido de metales pesados en los productos del mar, el Certificado de Origen y Autenticidad (COA₂) establece directrices con el objetivo de

salvaguardar la integridad de los ecosistemas acuáticos, preservar la diversidad de la vida marina y evitar la contaminación de los océanos. Además de esto, confiere a las autoridades ambientales la autoridad para supervisar y regular la calidad del agua marina, así como para establecer normativas sobre las operaciones que podrían causar impacto en la calidad del entorno marino y la salud de las personas (Aldaz, 2023).

En la situación particular del *Scomber japonicus* capturado en el puerto pesquero artesanal de Anconcito, el Certificado de Origen de Arrecifes (COA₃) establece las normativas legales que permiten supervisar y regular la presencia de cadmio y plomo, además de establecer acciones preventivas y correctivas en caso de identificar niveles de contaminación que puedan poner en peligro la salud de las personas y el ecosistema marino.

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1. Área de estudio

La base de la información fue tomada en el Puerto Pesquero Artesanal de Anconcito ubicado en el cantón Santa Elena de la provincia de Santa Elena, ubicado en el suroeste de Ecuador, en las coordenadas 2° 19' 53" S 80° 53' 08" W (Figura 1).

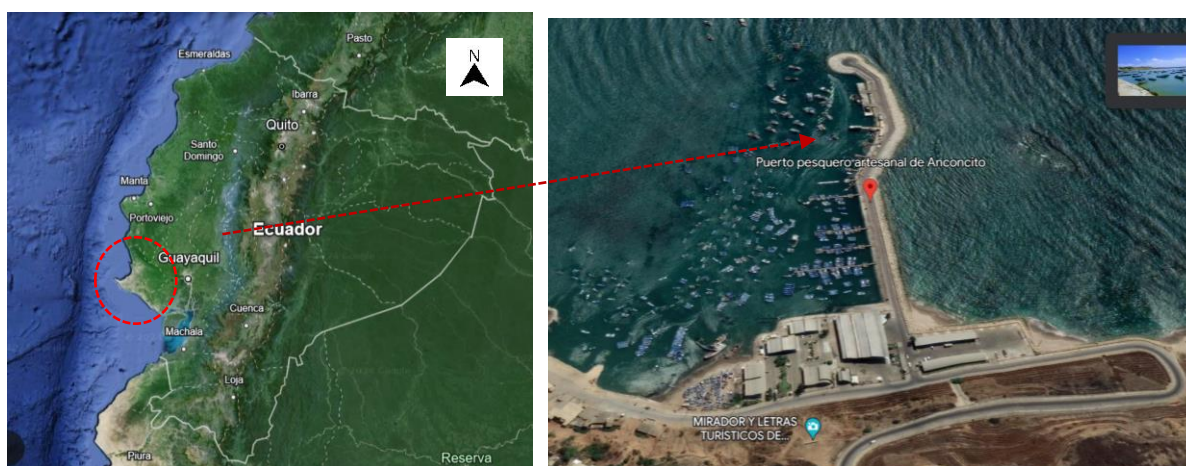


Figura 1. Ubicación geográfica del Puerto Pesquero Artesanal de Anconcito, Salinas, Provincia de Santa Elena

Fuente: Google Earth, 2024; modificado por Cabrera S. (2024)

8.1 Diseño de investigación

La toma de datos se realizó en un intervalo de tiempo de seis meses, comprendido desde octubre de 2023 hasta abril de 2024. Este diseño de investigación permitió recolectar 30 organismos de diferente talla y peso con posibles fluctuaciones estacionales en las concentraciones de metales pesados.

En el transcurso de dicho lapso, se llevaron a cabo recolecciones metódicas de muestras de *Scomber japonicus* en el Puerto Pesquero de Anconcito, ubicado en Ecuador. Fueron realizados un total de cinco muestreos, llevados a cabo mensualmente a lo largo de los meses de octubre,

noviembre, febrero, marzo, abril. Los meses de enero y diciembre fueron exceptuados por el periodo de veda establecido por el Instituto Publico de Investigación de Acuicultura y Pesca – IPIAP. La aleatoriedad de los meses de monitoreo se hizo con el propósito de considerar una variedad de condiciones ambientales y estacionales que posiblemente tuvieran un impacto en la concentración de metales pesados en el organismo, debido a las predicciones de un intenso fenómeno de El Niño finalizando el año 2023 e inicios del 2024.

En cada monitoreo se recolectaron 6 ejemplares de *Scomber japonicus* de manera aleatoria de la captura obtenida durante el día de embarcaciones de la flota cerquera-costera que caló en el Puerto de Anconcito, siguiendo un procedimientos de recolección y manejo inocuo con el fin de asegurar que las muestras permanecieran íntegras. Estos especímenes fueron llevados al laboratorio de biología de la Universidad Estatal Península de Santa Elena – UPSE para llevar a cabo la biometría de las muestras, y posteriormente llevadas a la ciudad de Guayaquil, específicamente al Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada – INOCAR, y el IPIAP, donde se realizaron análisis de concentración de cadmio y plomo de 12 y 18 muestras respectivamente.

Posterior a la recolección de muestras y análisis en los laboratorios antes mencionados, se llevó a cabo el análisis de concentración de Cd y Pb en un acumulado de 30 organismos de *Scomber japonicus*. Los datos comprendidos se sometieron a análisis estadístico con el fin de detectar posibles tendencias temporales en los niveles de los metales, además de comparar la contaminación entre los distintos meses en que se recolectaron las muestras.

8.2 FASE DE CAMPO

Se aseguró que se recopilaran datos confiables y representativos de manera efectiva seleccionando muestras de manera aleatoria, con el objetivo de garantizar que estuvieran distribuidas de manera justa e imparcial. Este utilizó la metodología de muestreo aleatorio simple.

Se realizaron observaciones directas durante la descarga y manejo de la captura en el Puerto Pesquero Artesanal de Anconcito. La faena de pesca es comercializada para la industria harinera, procesamiento de enlatados y de carnada, y en mayor proporción para la distribución de mercados locales de la provincia de Santa Elena, entre ellos el Mercado Municipal de Mariscos N°05 y el Mercado de Transferencia de Mariscos de La Libertad, esta información resultó relevante para recalcar la importancia del análisis de los productos de consumo directo.

A lo largo de todas las etapas de recolección de muestras en el campo, se implementaron medidas de bioseguridad llevándose a cabo una cuidadosa manipulación de las muestras con el objetivo de asegurar su completa integridad, evitando así cualquier posibilidad de contaminación o cambios en los resultados. La correcta implementación de estos procedimientos garantizó que los datos recopilados fueran confiables y precisos, estableciendo de esta manera los cimientos necesarios para llevar a cabo un análisis detallado durante la etapa subsiguiente en el laboratorio.

8.3 Colecta de muestras

Los especímenes fueron colectados de la flota cerquera-costera donde se utiliza la red de cerco (chinchorro) como método de captura de peces pelágicos pequeños. Este arte de pesca, muy común en la región de investigación, implica desplegar una red de pesca en un diseño similar a un saco en media luna que es remolcado a través del agua, permitiendo la captura de los peces que se cruzan en su camino. La decisión de utilizar muestras de este tipo de pesca se fundamentó en su efectividad para pescar especies como *Scomber japonicus* y en su importancia en relación con las costumbres de pesca de la zona (Figuroa Solórzano, 2023).

Los datos sobre zonas de pesca, condiciones físicas de las áreas de captura, cantidad de pesca, tamaños, especies y condiciones operativas fueron datos que no se pudieron publicar para el presente trabajo de investigación debido a que es información sensible, y por medidas de precaución de los dueños de las embarcaciones, y constantes amenazas de grupos delictivos en la zona de estudio se limitó a su difusión.

8.4 Transporte y manejo

Después de la recolección de muestras, estas fueron guardadas de manera inmediata en un cooler de polipropileno que tenía una capacidad de 12 litros, el cual había sido preparado con anticipación y adaptado específicamente para esta tarea. Cada muestra fue colocada de manera meticulosa dentro de una funda de polietileno de alta densidad, con el propósito de añadir una

capa extra de protección contra cualquier contaminante que pudiera provenir del exterior, garantizando así la preservación intacta de las muestras durante su traslado (Ortiz, 2022).

Para asegurar que se mantuvieran las condiciones de temperatura ideales, se dispuso una cantidad suficiente de hielo en el fondo del refrigerador portátil y se distribuyó también sobre las muestras. Esta medida facilitó la tarea de mantener una temperatura constante y cuidadosamente controlada alrededor de los 10 grados Celsius, lo cual resulta fundamental para garantizar la preservación de la frescura y la integridad de las muestras hasta que lleguen al laboratorio.

La utilización de un cooler especialmente adaptado para este propósito y la adición de hielo, aseguraron que las muestras se conservaran en el intervalo de temperatura necesario a lo largo de toda la etapa de traslado al laboratorio de biología de la UPSE. Lo que permitió evitar la degradación y alteración de las muestras, asegurando que los resultados obtenidos en los posteriores análisis de laboratorio fueran precisos y válidos.

8.5 FASE DE LABORATORIO

Comparación de la talla y peso de las muestras colectadas entre sí, para estimar la biometría promedio de los organismos.

Se procedió a realizar un análisis minucioso de la talla y el peso de los organismos recopilados como parte de un examen de las muestras obtenidas. Inicialmente, se registraron las mediciones de la longitud furcal (LF) de cada muestra mediante el uso de un ictiómetro (Figura 2), instrumento específicamente creado para realizar con exactitud la medición de la longitud de

los peces. Se considera que esta medida es de suma importancia porque brinda detalles significativos acerca de las dimensiones del organismo, así como su progreso en crecimiento.

Posteriormente, se llevó a cabo el paso de pesaje en gramos de cada muestra con la ayuda de una balanza analítica (Figura 3) facilitando la recopilación de información detallada acerca del peso de cada individuo, lo que también permitió constatar su bienestar nutricional y de salud en términos generales.

Finalmente se procedió a hacer un corte longitudinal por encima de la línea lateral y a nivel del inicio de la aleta dorsal utilizando un cuchillo de cerámica con el fin de evitar una contaminación de metales y de extraer la mayor parte del músculo del pescado, se eligió este tejido por su capacidad para absorber metales pesados, lo que reflejaría las concentraciones que se encuentran en el medio marino ya sea por bioacumulación o biomagnificación. Estas muestras fueron almacenadas en fundas de polietileno de grado alimenticio, se rotularon con el número de muestra y monitoreo con la codificación:

‘muestra biológica – número de muestra – mes de monitoreo – año’

Ejemplo: *B-001-10-2023.*

Ambos parámetros biológicos y la extracción y almacenamiento de los músculos de las muestras fueron efectuados en el laboratorio de biología de la UPSE.

Después de recolectar la información sobre la longitud y el peso, se procedió a realizar un análisis detallado y comparativo con el objetivo de calcular la media de las medidas biométricas de los peces que estaban siendo analizados.

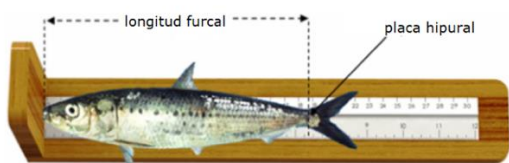


Figura 2. Imagen referencial de la toma de medida longitudinal de las muestras

Fuente: Víctor Suárez, 2001



Figura 3. Balanza para pesaje de peces (imagen referencial)

Fuente: Alibaba, 2012

Para el análisis estadístico los datos fueron separados en tres clases para establecer las posibles diferencias entre los grupos de tallas y la concentración de metales, en los cuales:

| Grupos | Longitud | Peso |
|---------------|-----------------|-------------|
| Clase 1 | 80,0 – 160,0 | 19,0 – 23,0 |
| Clase 2 | 160,0 – 240,0 | 23,0 – 27,0 |
| Clase 3 | 240,0 – 320,0 | 27,0 – 31,0 |

De acuerdo con la distribución de frecuencias se realizó un ANOVA a 1 vía considerando que los datos de normalidad y homocedasticidad se cumplieron.

Análisis del grado de concentración de Cd y Pb en las muestras por medio de la técnica de espectrofotometría con absorción atómica

Se usó la técnica de espectrofotometría con absorción atómica para medir el nivel de concentración de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en las muestras procesadas con el fin de determinar

su cantidad precisa. Esta técnica específica ha sido ampliamente reconocida en el campo debido a su destreza excepcional y habilidad para identificar con precisión y sensibilidad la presencia de metales pesados en diversas muestras del entorno natural.

Los análisis de los meses octubre y noviembre se llevaron a cabo en el laboratorio de Oceanografía Química del INOCAR, entidad renombrada por su larga trayectoria en estudios marinos y examinación de muestras procedentes del océano. Los monitoreos de los meses de febrero, marzo y abril fueron analizados en el laboratorio de la Subsecretaría de Calidad e Inocuidad, en la ciudad de Guayaquil, laboratorio certificado y calificado el análisis de metales pesados en productos para el consumo humano.

8.6 Preparación de las muestras

Las muestras fueron limpiadas con agua destilada con el fin de eliminar cualquier sustancia contaminante que estuviera presente en la superficie de los músculos y que pudieran afectar los resultados del análisis, después las muestras fueron cortadas en trozos pequeños con un cuchillo de cerámica garantizando que no hubiera contacto con superficies metálicas que tuvieran el potencial de contaminar las muestras en algún momento del proceso. El pesaje en balanza analítica de estas alícuotas se hizo directamente en los tubos de digestión del microondas MarsX (Figura 4), en el cual se pesaron 5 g de muestra/tubo. A continuación iniciamos con tratamiento de las muestras en medio ácido.



Figura 4. Microondas Mars (imagen referencial)
Fuente: DirectIndustry, 2012

8.7 Proceso de digestión de muestras

En el tratamiento se añadieron 7 mililitros (ml) de ácido nítrico a los tubos que albergaban los 5 gramos (g) de muestra; el ácido nítrico ayuda en la disolución y descomposición de los tejidos musculares, facilitando de esta manera la liberación de los metales de interés.

Los tubos que contenían las muestras y el ácido nítrico fueron dispuestos de forma intercalada en la rejilla del microondas (Figura 5), con el objetivo de garantizar que el calor se distribuya de manera uniforme mientras se llevaba a cabo el proceso de digestión. El microondas fue configurado de acuerdo con el procedimiento OAC Official Method 999.10, 20th Edition, 2016., en el cual indica que cuando ingresamos entre 3 a 5 tubos con muestra en el microondas MarsX se usa una potencia MAX de 400 durante 25 minutos en la rampa a 200°C y 20 minutos de mantenimiento.



Figura 5. Distribución de tubos de digestión en gradilla para horno MarsX

Una vez finalizado los 45 minutos de proceso de digestión en microondas, se aguardó un lapso de 20 minutos para permitir que la máquina se enfriara adecuadamente, de manera que los tubos pudieran ser manejados sin ningún riesgo. Los tubos fueron abiertos cuidadosamente y luego el contenido de los tubos fue transferido con precaución a balones plásticos de 25 ml.

Posteriormente, se añadió una solución de ácido nítrico a los balones plásticos para enrasar el nivel del líquido a 25 ml, a continuación fueron trasvasados a contenedores plásticos y filtrados para quitar soluciones biológicas sólidas que hayan quedado, después se llevaron a refrigeración para mantener muestras íntegras y estables hasta llegar al momento de llevar a cabo el análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica.

8.8 Técnica de espectrofotometría con absorción atómica por tubo de grafito

La espectrofotometría de Absorción Atómica es una técnica en la que los átomos presentes en la llama del equipo absorben una parte de la radiación y la señal se reduce, el detector tiene la capacidad de medir los datos y convertirlos en concentración, conforme a la cantidad de luz absorbida y de analito se obtiene un dato cuantitativo (Daquilema Pilamunga, 2021).

La determinación de Cd y Pb se realizó de acuerdo con la metodología de la AOAC 999.10 (modificada) establecida por la Norma Técnica Nacional (INEN, 2013). Se prepararán las muestras en el medio ácido y el blanco se realizará con la misma cantidad de ácidos que se agregarán a las muestras. Las muestras preparadas se colocarán en el autosampler del espectrofotómetro tipo AnalytikJena (Figura 5), la longitud de onda de emisión se establecerá por medio de la aplicación WinASS.

En ambos laboratorios se utilizó la técnica de espectrofotometría con absorción atómica a través de un tubo de grafito en el equipo al AnalytikJena NOVAA 400 (Figura 6), esta técnica se fundamenta en el método Dumas o método de combustión, en el cual las muestras se homogenizan con cobre y adición de oxígeno, de manera progresiva se eleva la temperatura oxidando los subproductos, como el agua, lípidos, dióxido de carbono, entre otros. Este proceso permite que a través del sistema informático WinASS integrado al equipo nos permita leer datos cuantitativos de la concentración de los metales expresada en miligramos por kilogramo (mg/kg).



Figura 6. Espectrofotómetro de Absorción Atómica Analytikjena (imagen referencial)

Fuente: Inycom – Innovation technologies, 2017

Para posteriormente analizar las concentraciones y su relación con la talla y peso se creó una base de datos en Excel, donde se especificó el número de muestra, longitud, peso, concentración de Cadmio y, concentración de Plomo (Anexo 1).

8.9 Análisis estadístico

Correlación de la talla y peso con la concentración de los metales en cuestión

Para establecer posibles diferencias en el contenido de Cd y Pb, se realizó un Análisis de Varianza a una vía, luego de comprobar el cumplimiento de la normalidad de datos de Shapiro Wilk.

Posterior a esto se realizó el análisis de correlación entre:

Longitud ↔ concentración de cadmio

Longitud ↔ concentración de plomo

Peso ↔ concentración de cadmio

Peso ↔ concentración de plomo

Y par contrastar los resultados se estableció el análisis de regresión lineal entre la longitud y peso versus concentración de Pb y Cd, determinando los valores de correlación de acuerdo con las recomendaciones de (Zar,1998; Sheskin, 2004). Los análisis se realizaron usando el software Past 4.04.

Se utilizó una metodología estadística descriptiva para examinar detenidamente los resultados obtenidos y conectarlos con las variables predefinidas. Esta metodología posibilitó la medición y la síntesis de la información recopilada en el estudio, lo cual simplificó la comprensión de tendencias relevantes.

9. RESULTADOS

Comparación de la talla y peso de las muestras colectadas entre sí, para estimar la biometría promedio de los organismos.

Tabla 3. Frecuencia de tabulación para longitud

| Clase | Límite min. | Límite máx.. | Frecuencia | 95 % IC min | 95 % IC máx. |
|-------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|
| 1 | 19.9 | 22.83 | 5 | 1,6927 | 10,416 |
| 2 | 22.83 | 25.76 | 23 | 17,315 | 27,02 |
| 3 | 25.76 | 28.7 | 2 | 0,24534 | 6,6221 |

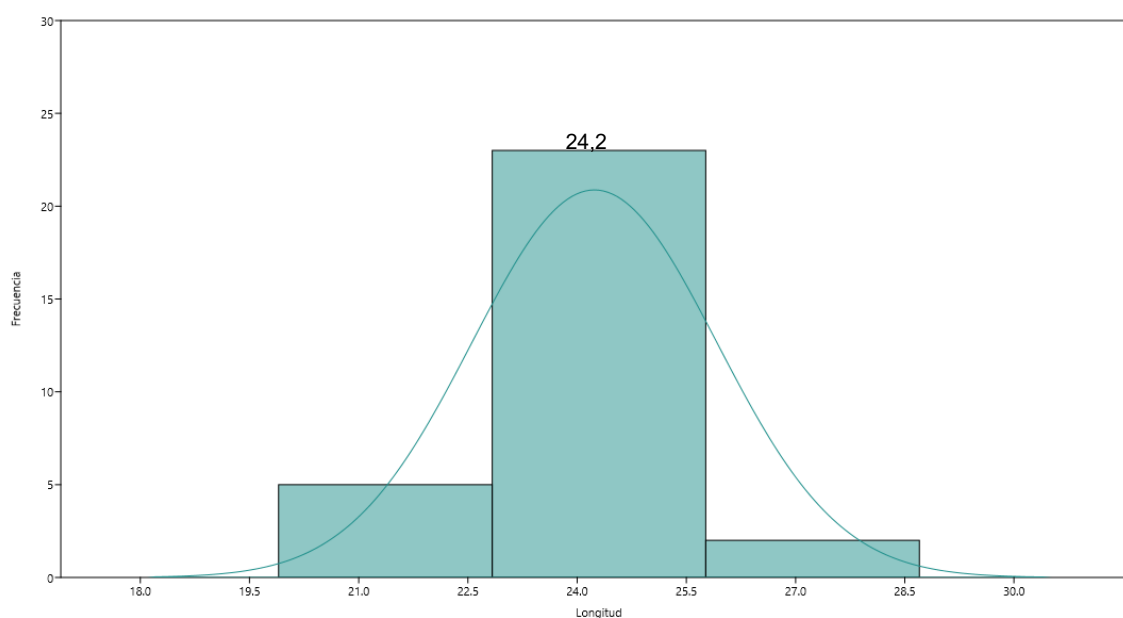


Gráfico 1. Histograma de longitud de las muestras según la clase y longitud promedio

En el eje X se presenta la variación de la longitud de las muestras en centímetros seccionadas en tres clases y en el eje Y la frecuencia de los datos obtenidos según el intervalo. Se presenta una distribución unimodal, y asimétrica, con sesgo positivo. Las longitudes de las muestras

variaron entre 19,9 y 28,0 centímetros de longitud furcal, obteniendo una media de 24,2 cm (Gráfico 1).

Tabla 4. Frecuencia de tabulación para peso

| Clase | Límite min. | Límite máx.. | Frecuencia | 95 % IC min | 95 % IC máx. |
|-------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|
| 1 | 96.01 | 159.41 | 6 | 2.3141 | 11.57 |
| 2 | 159.41 | 222.8 | 22 | 16.233 | 26.316 |
| 3 | 222.8 | 286.2 | 2 | 0.24534 | 6.6221 |

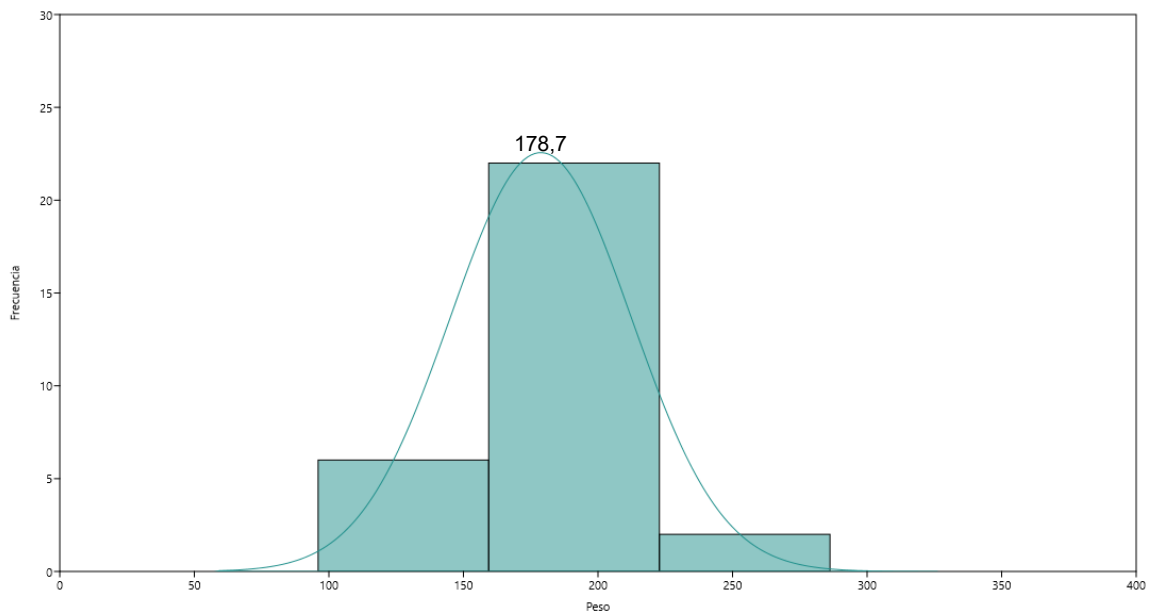


Gráfico 2. Histograma de peso de las muestras separadas en grupos de clase, y peso promedio

En el eje X se presentan los pesos de las muestras de *Scomber japonicus* en gramos, y en el eje Y la frecuencia de los datos recopilados, al igual que en las tallas; en el peso se presenta una distribución unimodal con sesgo positivo. Los pesos variaron entre 96,01 y 286,2 gramos, obteniendo la media de 178,7 g (Gráfico 2).

Análisis del grado de concentración de Cd y Pb en las muestras por medio de la técnica de espectrofotometría con absorción atómica

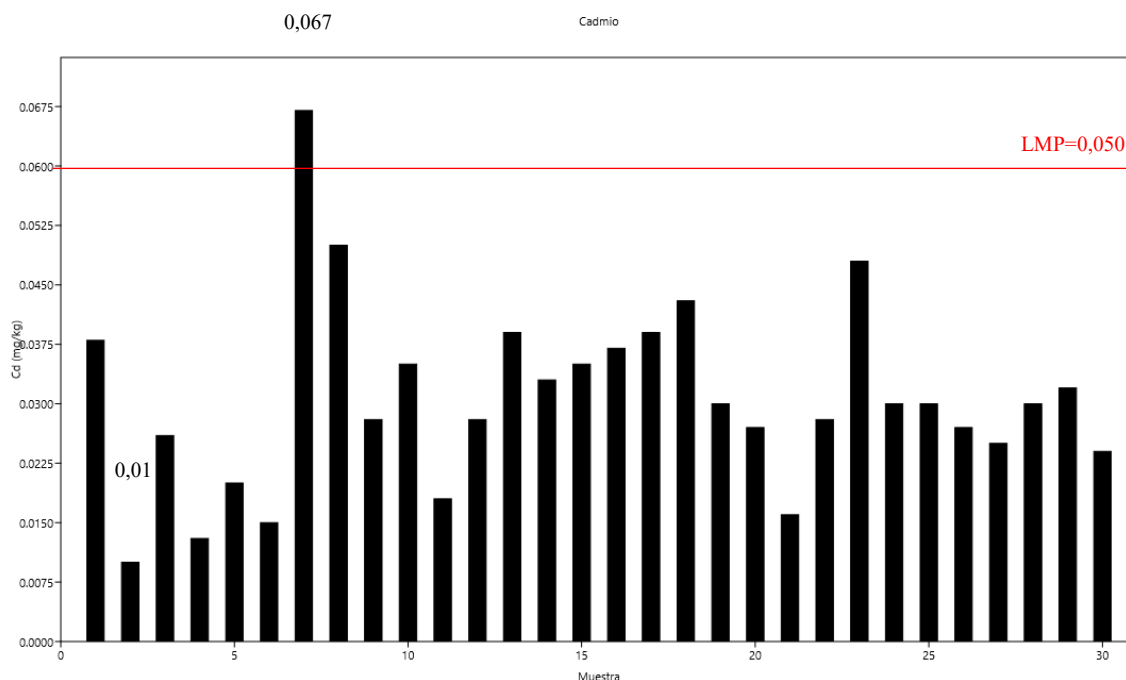


Gráfico 3. Concentraciones de Cadmio analizadas. Cantidades mínimas y máximas en la muestra

Las 30 muestras colectadas mostraron concentraciones de cadmio que variaron entre 0,01 mg/kg (mínima) y 0.067 mg/kg (máxima). Los especímenes más grandes y pesados, como M5 (220,5 g) y M6 (193,9 g), mostraron concentraciones de 0,020 y, 0,015 mg/kg respectivamente.

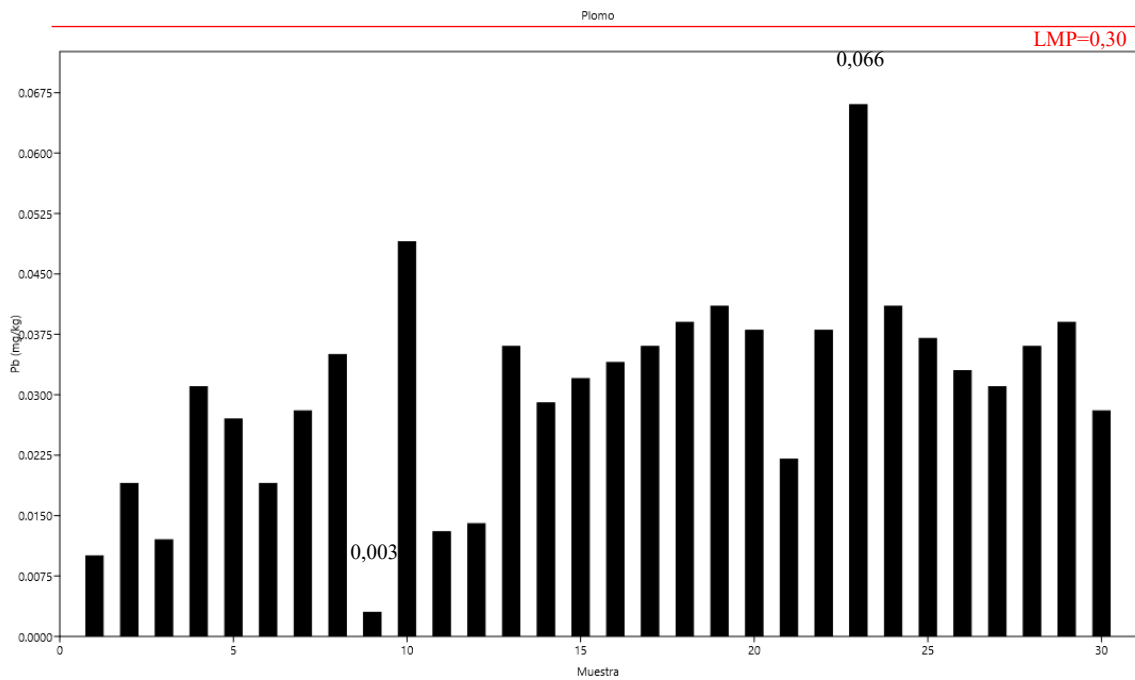


Gráfico 4. Concentraciones de Plomo en las muestras analizadas. Cantidades mínimas y máximas en la muestra

Para las concentraciones de plomo los resultados variaron entre 0,003 mg/kg (mínima) y 0,066 mg/kg (máxima). Los especímenes más grandes y pesados, como M5 (220,5 g) y M6 (193,9 g), mostraron concentraciones de 0,027 y 0,019 mg/kg en Pb.

Correlación de la talla y peso con la concentración de los metales en cuestión

Los datos de Cd y Pb cumplen con la normalidad de Shapiro Wilk ($p > 0.05$).

| Tabla 5. Prueba de Shapiro-Wilk para N muestreado menor a 50 | |
|---|--------|
| Shapiro-Wilk (biometría) | 0,7141 |
| Shapiro-Wilk (metales) | 0,9598 |

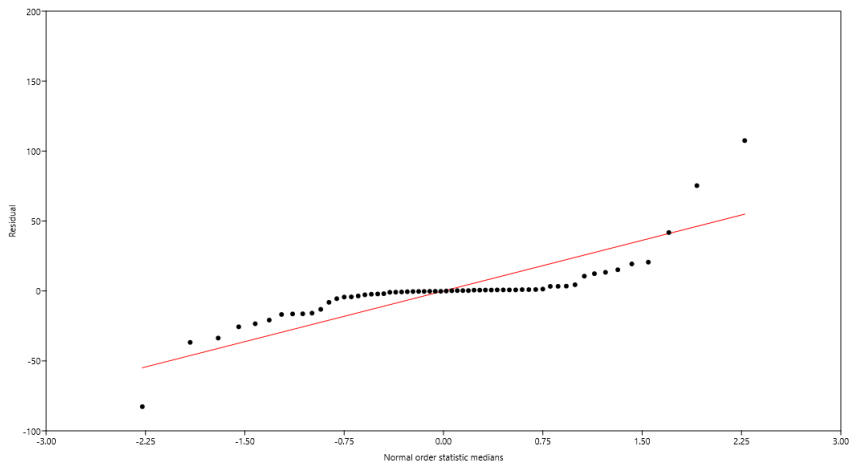


Gráfico 5. Análisis de varianza de una vía para análisis de biometría

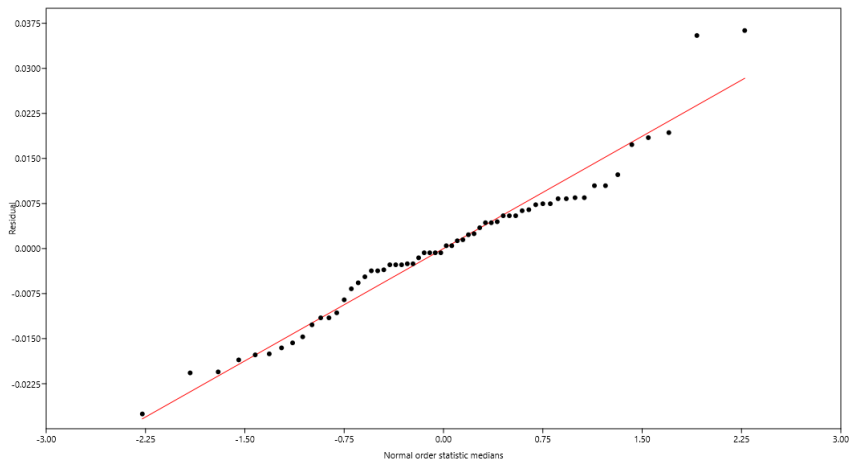


Gráfico 6. Análisis de varianza de una vía para análisis de concentración de metales

Tabla 6. Datos cuantitativos de correlación Long. vs. Cd

| | Cadmio | Longitud |
|-----------------|---------------|-----------------|
| Cadmio | | 0,57363 |
| Longitud | 0,10699 | |

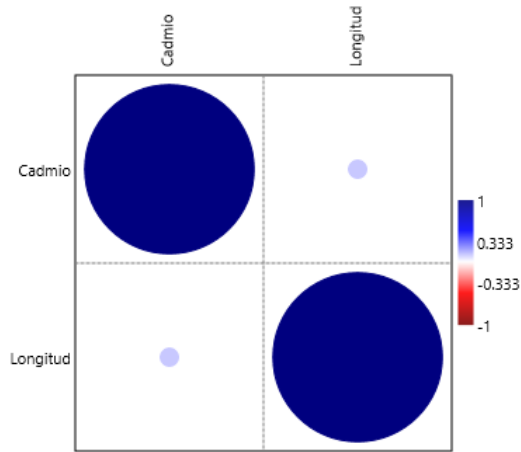


Gráfico 7. Correlación entre Long. y Cd

Tabla 7. Datos cuantitativos de correlación Peso vs. Cd

| | Cadmio | Peso |
|---------------|---------------|-------------|
| Cadmio | | 0,14487 |
| Peso | 0,27268 | |

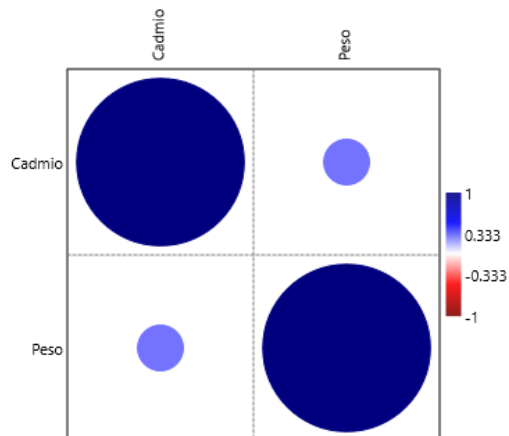


Gráfico 8. Correlación entre Peso y Cd

Tabla 8. Datos cuantitativos de correlación Long. vs. Pb

| | Plomo | Longitud |
|-----------------|--------------|-----------------|
| Plomo | | 0,12163 |
| Longitud | 0,28883 | |

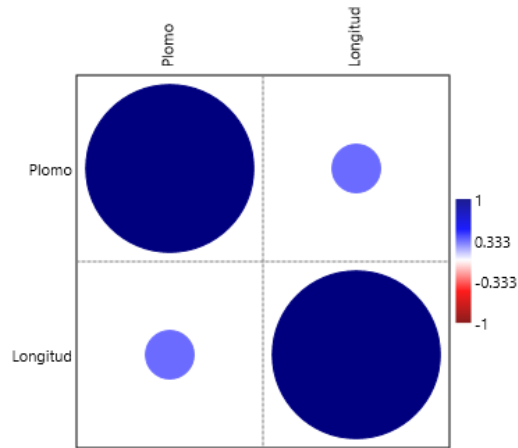


Gráfico 9. Correlación entre Long. y Pb

Tabla 9. Datos cuantitativos de correlación Peso vs. Pb

| | Plomo | Peso |
|--------------|--------------|-------------|
| Plomo | | 0,024767 |
| Peso | 0,40914 | |

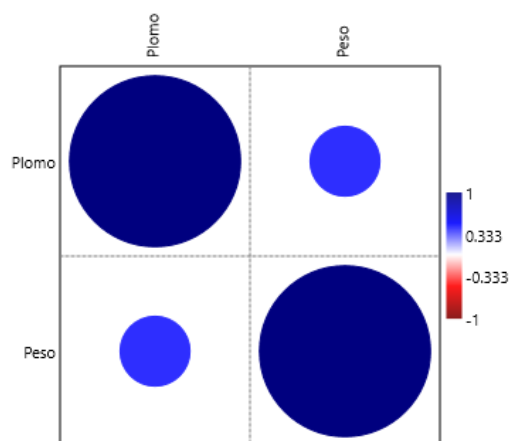


Gráfico 10. Correlación entre Peso y Pb

En cuanto a regresión lineal:

➤ Regresión lineal la relación entre longitud y cadmio:

Coefficiente de correlación (R) = 0.10699

R-cuadrado = 0.011446 %

Valor p = 0.57363

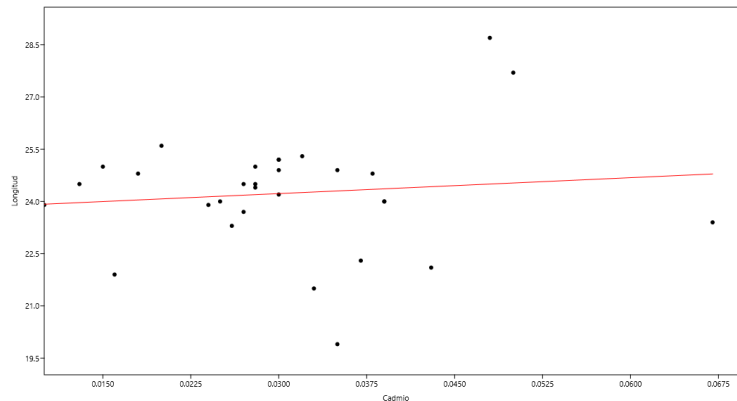


Gráfico 11. Correlación entre la concentración de Cd y longitud

El valor p (0.57363) es mayor que el nivel de significancia convencional de 0,05. Por lo que no podemos rechazar la hipótesis nula de que la pendiente es cero. No hay evidencia estadística suficiente para concluir que exista una relación lineal significativa entre el cadmio y la longitud.

➤ Regresión lineal la relación entre longitud y plomo:

Coefficiente de correlación (R) = 0.28883

R-cuadrado = 0,083423 %

Valor p = 0.12163

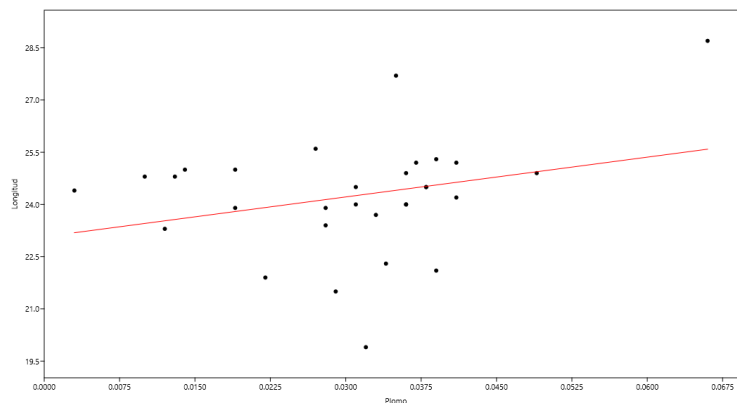


Gráfico 12. Correlación entre Pb y longitud

La relación longitud y concentraciones de Pb, fueron superiores a las de Cd, con un coeficiente de correlación de 0.288 considerado como una relación positiva débil.

➤ Regresión lineal la relación entre peso y cadmio:

Coefficiente de correlación (R) = 0.27268

R-cuadrado = 0,074357 %

Valor p = 0.14487

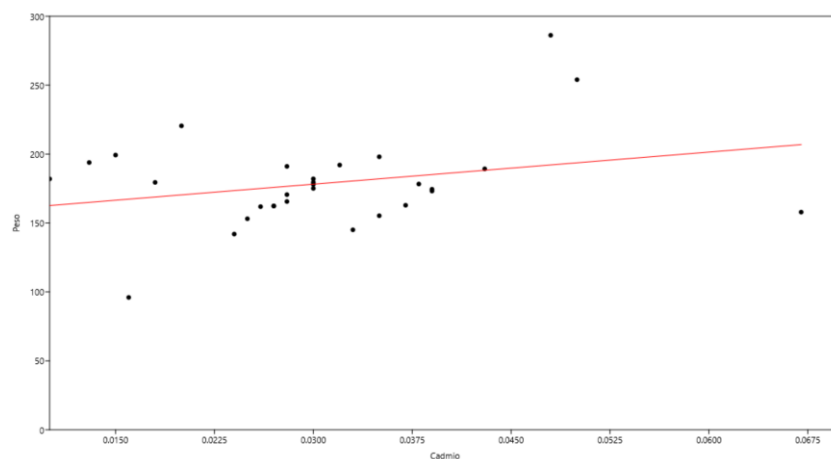


Gráfico 13. Correlación entre Cd y peso

Al igual que la relación longitud vs. Cadmio el valor p supera el nivel de significancia (0,05) lo que nos indica que no podemos rechazar la hipótesis nula, y que la evidencia estadística no es suficiente para concluir una relación lineal entre ambas variables

➤ Regresión lineal la relación entre peso y plomo:

Coefficiente de correlación (R) = 0.40914

R-cuadrado = 0.16739 %

Valor p = 0.0266

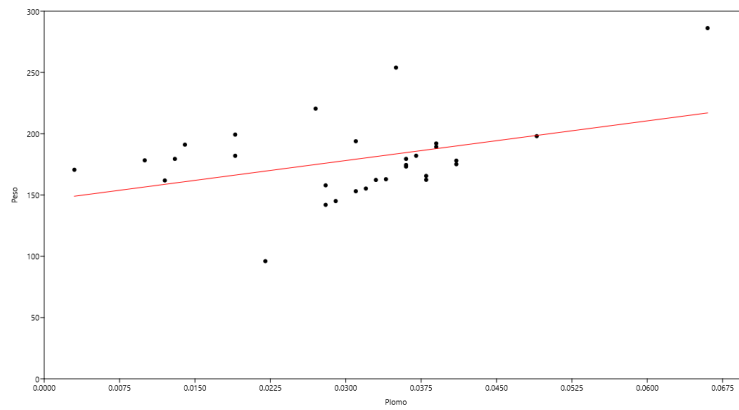


Gráfico 14. Correlación entre Pb y peso

La correlación $R=0.409$ indica una correlación positiva moderada, mayor que la de Cd vs. Peso.

10. DISCUSIÓN

Las muestras de *Scomber japonicus* colectadas para el presente estudio, al igual que en el análisis realizado por Gilbert-Jaramillo & Villegas-Tigrero, 2016 presentaron un coeficiente de alometría isométrico en el que el crecimiento de la talla fue proporcional al peso del organismo. La longitud promedio obtenidos por Fuertes-Soriano, 2020 fue de 23,3cm y un peso promedio de 264,7 g., ambos resultados variaron con los obtenidos en el presente estudio posiblemente porque la muestra es menor.

En el estudio realizado por Nieto Campozano, 2021 en el cual se analiza concentraciones de Cd y Pb en *Katsuwanus pelamis* procesados en la ciudad de Manta se encontró que al igual que en el presente trabajo el Cd y Pb no tiene diferencia significativa entre las tallas evaluadas, sin embargo en dicho trabajo se le atribuyen las concentraciones otras variables como la obtención de la pesca según la zona. Fuentes Gandara, 2016 indica que las concentraciones obtenidas para la especie *Mugil liza* de hábitat bentopelágica de Barranquilla presenta concentraciones de Cd <0,004 y de Pb <0,024, en este caso para Cd el promedio fue de 0,003; menor al anterior y el Pb fue mayor con 0,030.

El hábitat de *Scomber japonicus* también juega un papel fundamental en la bioacumulación de Cd y Pb. Otras características como la calidad del agua, la presencia de sedimentos contaminados y la cercanía a fuentes de contaminación industrial o agrícola pueden influir en las concentraciones de Cd y Pb en los peces. Los peces que habitan en áreas con mayores niveles de contaminación tienen una mayor probabilidad de bioacumular metales pesados en

sus tejidos (Pinzón, 2019). La dieta natural de la especie en estudio juega un rol importante en la bioacumulación de Cd y Pb, los peces depredadores, como la macarela, pueden acumular metales pesados a través de la cadena alimenticia si las presas consumidas por *Scomber japonicus* contienen altos niveles de Cd y Pb estos metales se bioacumulan en los tejidos del pez depredador (Ñahui, 2022). En diferentes periodos del año, la disponibilidad y tipo de presa pueden variar, lo que afecta las concentraciones de metales pesados en los peces.

11. CONCLUSIONES

Se compararon las longitudes y pesos colectadas entre sí, obteniendo el promedio del N muestreado (30) y su relación. Esto nos permitió observar que la muestra total colectada tuvo un comportamiento normal de acuerdo con la biología de la especie en la que el peso era proporcional a la talla de cada organismo.

También se obtuvieron datos de la concentración de Cd y Pb en las mismas muestras siguiendo la técnica de espectrofotometría con absorción atómica siguiendo la metodología AOAC 999.10, con el principio de Dumas para la obtención de los resultados, con los que se creó una base de datos que nos permitiese analizar la correlación entre las variables y destaca la importancia del continuo monitoreo de estos metales pesados en especies marinas de consumo y el medio en el que habitan para garantizar la seguridad alimentaria y proteger la salud del ecosistema. La mayoría de las muestras estuvieron dentro de los límites permitidos por la normativa ecuatoriana y la Unión Europea, sin embargo, las muestras 1 y 2 del segundo monitoreo, llegaron y superaron los límites superiores permitidos para Cd.

Se correlacionaron la talla y peso como variables independientes, versus los metales analizados donde los especímenes más grandes y pesados tendieron a presentar concentraciones más elevadas de Cd y Pb. Esto sugiere una correlación positiva entre el tamaño del pez y la bioacumulación de metales pesados. Sin embargo de manera sintetizada la estadística nos demostró que la relación entre el tamaño de los organismos muestreados de *Scomber japonicus* y la concentración de MP es modesta.

12. RECOMENDACIONES

Establecer un programa de monitoreo continuo y sistemático que incluya la recolección de muestras de diferentes especies de importancia comercial en diferentes estaciones del año y en distintos puntos de la costa ecuatoriana con una muestra más grande. Este programa debe ser capaz de detectar rápidamente cualquier incremento en las concentraciones de Cd, Pb o cualquier metal pesado de alta toxicidad permitiendo la implementación inmediata de medidas correctivas para proteger la salud pública y el ecosistema marino.

Continuar comparando las concentraciones de Cd y Pb con los límites establecidos por la NTE INEN 183:2013 y las recomendaciones de la Unión Europea en cada monitoreo. Además, se sugiere revisar y actualizar periódicamente las normativas locales para asegurarse que reflejen los últimos avances científicos y las mejoras en prácticas internacionales en materia de seguridad alimentaria.

Implementar programas de educación y concienciación dirigidos a pescadores, procesadores de pescado y la comunidad local sobre los riesgos asociados con la contaminación por metales pesados y las mejores prácticas para minimizarlos. Estos programas deben incluir talleres, campañas informativas y la distribución de materiales educativos que promuevan la adopción de prácticas sostenibles y seguras.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, G., & Pastora, I. (2020). Aprovechamiento tecnológico del atún aleta azul (*Thunnus orientalis*) mediante la elaboración de escabeche cocido. *riul.unanleon.edu.ni*.
Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/8096/1/245331.pdf>
- Agustinelli, S. (2014). Estudio del proceso de ahumado frío de filetes de caballa (*Scomber japonicus*). *sedici.unlp.edu.ar*. Obtenido de <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/35309>
- Agustinelli, S., & Yeannes, M. (2014). Effect of frozen storage on biochemical changes and fatty acid composition of mackerel (*Scomber japonicus*) muscle. *ri.conicet.gov.ar*.
Obtenido de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/180587>
- Aldaz, A. (2023). El agua y el derecho a la vida y la salud. Obtenido de <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/15692>
- Alvarez, J. (2021). Presencia de cadmio (Cd) en el cacao (*Theobroma cacao* L.) de exportación. *dspace.utb.edu.ec*. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9356>
- Armas, N. (2021). Propuesta de medidas ambientales y administrativas para preservar la pesca artesanal de especies vulnerables dentro del ecosistema marino peruano. *tesis.usat.edu.pe*. Obtenido de <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3318>
- Barriga Sánchez, M., Salas Maldonado, A., Aranda Pariasca, D., Castro Rumiche, C., Albercht Ruiz, M., Solari Gudiño, A., & Arpi Anco, E. (2012). *Información nutricional sobre algunas especies comerciales del mar peruano*. Callao: Instituto Tecnológico del Perú.

- Obtenido de
<https://repositorio.itp.gob.pe/bitstream/ITP/37/1/Boletin%2010%20COMPLETO.pdf>
- Bayle, J. (2020). Fundamentos de ordenación y conservación de recursos vivos marinos. *Objetivos e Instrumentos de Política Pesquera*. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/106085/3/fundamentos-de-ocrvm-abril-2019.pdf>
- Beltrán, J. (2023). Impacto de la pesca de pelágicos menores en el ecosistema del Golfo de Ulloa, México. *repositorio.uas.edu.mx*. Obtenido de http://repositorio.uas.edu.mx/jspui/handle/DGB_UAS/428
- Bermúdez, J. (2023). Predicción de potenciales zonas de pesca de la especie *Scomber japonicus* en el Pacífico este, a través de redes neuronales. *researchgate.net*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jessica-Vera/publication/369012248_Prediccion_de_potenciales_zonas_de_pesca_de_la_especie_Scomber_japonicus_en_el_Pacifico_este_a_traves_de_redes_neuronales/links/6403e87b0cf1030a567131e5/Prediccion-de-potenciales-zona
- Caja, A., & Lannacone, J. (2021). Evaluación del riesgo ambiental por petróleo crudo en las especies acuáticas *Lemna minor*, *Daphnia magna* y *Danio rerio*. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0370-39082021000300777&script=sci_arttext
- Campo Tatis, N., & Simanca Martínez, K. (2019). *Evaluación de las concentraciones de Cadmio, Plomo, Zinc y Cromo en especies ícticas del departamento de La Guajira-Colombia y riesgo de exposición en humanos*. Barranquilla: Corporación Universitaria de la Costa. Obtenido de

<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/5159/EVALUACION%20DE%20LAS%20CONCENTRACIONES%20DE%20CADMIO%20Y%20ZINC%20Y%20CROMO%20EN%20ESPECIES%20DE%20LAGRICULTIVAS%20DEL%20DEPARTAMENTO%20DE%20LA%20GUAJIRA-COLOMBIA%20Y%20RIESGO%20DE%20EXP>

Canales, C., & Jurado, V. (2021). *Evaluación del stock de recursos pelágicos pequeños del Ecuador*. Guayaquil: IPIAP. Obtenido de <https://www.institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2018/01/IPIAP-Evaluacion-pel%C3%A1gicos-del-Ecuador.pdf>

Ccasani, M. (2023). Variación de la CPUE de pota (*Dosidicus gigas*) en la costa norte-centro peruana y su relación con la Corriente Cromwell. *repositorio.lamolina.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/6012>

Céspedes, D., Cazorla, L., Gaibor, J., López, Y., Medina, L., & Perlaza, L. (2022). El enfoque ecosistémico en salud humana como estrategia para el abordaje metodológico del estudio de las relaciones entre el ambiente agrícola, los metales pesados y la salud humana. *Revista UTCiencia*. Obtenido de <http://investigacion.utc.edu.ec/index.php/utciencia/article/view/387>

Cevallos, G. (2023). Conocimiento tradicional asociado a la pesca artesanal en Manta. *repositorio.unesum.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5878>

Checmarev, G. (2015). *Estabilidad y vida útil de caballa (*Scomber japonicus*) preservada mediante combinación de barreras*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/45260/Documento_completo_.pdf?sequence=3&isAllowed=y

- Chico, V. (2022). Potencial bioacumulador de metales pesados en tres especies forestales en un área de extracción minera, Yutzupino-Provincia de Nap. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/1051>
- COE. (2021). Libro III Del régimen Forestal. Obtenido de <https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Libro-III.pdf>
- Cóndor, D. (2023). Conservación de la biodiversidad y proceso cultural del cuidado ambiental en los estudiantes del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público San Ignacio de Loyola de Junin, 2021. *repositorio.undac.edu.pe*. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3676>
- Daquilema Pilamunga, A. (2021). *Análisis de metales pesados en el atún*. Tesis, Universidad Técnica de Machala, Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16696/1/E-12174_DAQUILEMA%20PILAMUNGA%20ANGEL%20ENRIQUE.pdf
- Darias, Y. (2021). Presencia de parásitos en la caballa (*Scomber colias*) en Canarias. *riull.ull.es*. Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/23507>
- De la Cruz, L., & Lazo, Y. (2022). Evaluación de la concentración de mercurio y plomo en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) expendido en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima, 2019. *repositorio.uwiener.edu.pe*. Retrieved from <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/9012>
- De la Cruz, L., & Lazo, Y. (2022). Evaluación de la concentración de mercurio y plomo en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) expendido en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima, 2019.

repositorio.uwiener.edu.pe.

Obtenido

de

<https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/9012>

De la Torre, P., Vicente, L., Prieto, M., Casanova, A., & Morales, A. (2021). Neurotoxicidad por exposición a metales pesados: evidencias y cuestiones por resolver. *Revista de toxicología*. Obtenido de <http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/2021/12/vol-38.2-43-48.pdf>

del Rosario, M. (2021). Técnicas empleadas en la evaluación de la calidad de la caballa (*Scomber japonicus peruanus*), durante el proceso de descomposición: Una Revisión. *Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*. Obtenido de <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP/article/view/701>

Domínguez, L., & Grisell, J. (2020). Microplástico en el tracto digestivo de *Scomber japonicus*, *Opisthonema libertate* y *Auxis thazard*, comercializados en el puerto pesquero de Santa Rosa, provincia de Santa Elena-Ecuador. *Universidad Estatal Península de Santa Elena*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5246>

Domínguez, R., García, C., Leonarduzzi, E., Macchi, G., & Rodrigues, K. (2021). Efectos parentales y potencial reproductivo en organismos acuáticos. *digital.csic.es*. Obtenido de <https://digital.csic.es/handle/10261/347788>

Eróstegui Revilla, C. (2009). Contaminación por metales pesados. 45-46. (K. Romero Ledezma, Entrevistador) *Revista Científica de Medicina*. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332009000100013&lng=es&tlng=es

Escalante, D., & Marín, M. (2023). Evaluación de las poblaciones de peces pelágicos pequeños en la zona sur de la costa ecuatoriana con apoyo de un sistema de manejo de gestión de

- datos. *dspace.espol.edu.ec*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/58133>
- Feria, V. (2023). Dimensiones de las políticas de cambio climático en los gobiernos provinciales del Ecuador: una lectura desde la normativa ambiental vigente. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/9312>
- Figuroa Solórzano, C. (2023). Variación temporal en la pesca de peces pelágicos pequeños en La Caleta Posorja 2016–2021. *repositorio.upse.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9637>
- Figuroa, L., & Lino, N. (2024). Análisis de presencia de metales pesados en el río Ayampe. *repositorio.unesum.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6181>
- Freire, C. (2022). Implementación de un plan HACCP para la producción de conserva de atún en aceite de oliva previo exportación a EEUU. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19655>
- Gallego, S. (2022). Determinación del efecto de la disrupción endocrina causada por la exposición a diferentes concentraciones de ibuprofeno y diclofenaco suministrados a Bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* del Magdalena. *bibliotecadigital.udea.edu.co*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/30002>
- Galvan, D., Bovcon, N., Cochia, P., González, R., Lattuca, M., Ocampo, M., & Svendsen, G. (2021). Cambios en la composición específica y biogeográfica de ensamblajes ícticos costeros en la Patagonia, inducidos por cambio climático, pesca, e invasión de especies exóticas. Simposio Iberoamericano de Ecología Reproductiva, Reclutamiento y

Pesquerías. *ri.conicet.gov.ar*. Retrieved from
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/179132>

García de Vinuesa, A. (2021). Evaluación de la vulnerabilidad y del estado de conservación de ecosistemas marinos bentónicos especialmente productivos del Mediterráneo frente al impacto de la pesca de arrastre, para impulsar su correcta gestión. *diposit.ub.edu*. Obtenido de <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/181646>

García Níguez, S. (2022). Pesca de pequeños pelágicos en la Comunidad Valenciana: Sardina pilchardus. *rua.ua.es*. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/124595>

Garnica, S. J., López, M., Romero, L., & Meza, M. (2019). Efecto genotóxico y citotóxico del plomo en meristemas radiculares de dos variedades de Vicia faba L. y su relación con la domesticación. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*. Obtenido de <https://www.academia.edu/download/76959921/205.pdf>

Gilbert-Jaramillo, G., & Villegas-Tigrero, T. (2016). *Aspectos biológicos y pesqueros de la macarela Scomber japonicus (Perciformes: Scombridae) en la costa continental de Ecuador*. Guayaquil: Ciencia Pesquera. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/192271/Gilbert_y_Villegas_2016.pdf

Gironés, L. (2023). Contaminantes orgánicos persistentes (plaguicidas organoclorados, bifenilos policlorados y polibromodifenil éteres) en la región marino-costera del sudoeste bonaerens: exportación, impacto y evolución asociada a los diferentes usos del suelo. *repositoriodigital.uns.edu.ar*. Obtenido de <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/6623>

Gómez, J., & Palma, N. (2023). Efecto de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, departamento

- de Ucayali. *repositorio.unu.edu.pe*. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/6236>
- González, C., & Rodríguez, A. (2022). Diagnóstico de Mercurio y Plomo en el cuerpo de agua del Manglar del Palmar y la desembocadura del Río Javita–Santa Elena, 2022. *repositorio.upse.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8843>
- González, R. (2021). Estudio de la toxicidad letal y subletal de los metales Co, Cr, Mg y Pb, y sus rutas de entrada y distribución en el rotífero *Euchlanis dilatata*. *bdigital.dgse.uaa.mx*. Obtenido de <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/2143>
- Guamán, G., & Daniela, A. (2022). Recursos marinos costeros: peces pelágicos pequeños y bioeconomía en la provincia de Santa Elena. *repositorio.upse.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8088>
- Gudiño, E., Arguello, M., Perez, F., & Gudiño, E. (2024). Toxicidad del glifosato y sus productos de degradación en ecosistemas acuáticos: una revisión. *RIAA*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9300066>
- Guidi, L. (2021). Valoración bioquímica de pequeños peces pelágicos de interés pesquero en las islas Canarias: importancia para la nutrición humana. *riull.ull.es*. Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/24105>
- Gutiérrez, M. (2020). Revisión sobre la utilización de bioindicadores para analizar la calidad del aire en contextos urbanos. *repository.unad.edu.co*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/38777>

- He, P., Chopin, F., Suuronen, P., Ferro, R., & Lansley, J. (2022). Clasificación y definición ilustrada de los artes de pesca. *Food & Agriculture Org.* Obtenido de <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=3ESeEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA71&dq=Scomber+japonicus+caballa+oc%C3%A9ano+Atl%C3%A1ntico+banco+de+pesca+de+Georges+Nueva+Inglaterra&ots=022IiD5gSm&sig=PYPLz8xSOKQ7oluYK8ifyAB5k98>
- Heredia Rodríguez, D. (2021). Metales pesados y salud. *Correo Científico Médico.* Obtenido de <http://www.revcoemed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/3702/>
- Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M., & Alvarino, L. (2021). Microplastics in marine fishes of economic importance in Lima, Peru. *cabidigitallibrary.org.* Retrieved from <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20210182529>
- INEN. (2013). *Norma Técnica Ecuatoria NTE INEN 183:2013.* Quito. Obtenido de <http://www.inen.gov.ec/>
- Katz, J. (2020). Recursos naturales y crecimiento: aspectos macro y microeconómicos, temas regulatorios, derechos ambientales e inclusión social. *repositorio.cepal.org.* Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45513>
- Larico, M. (2023). Niveles de plomo y posibles efectos en la salud de los trabajadores de talleres de soldadura de la Ciudad de Juliaca-2021. *repositorio.uancv.edu.pe.* Obtenido de <https://repositorio.uancv.edu.pe/items/28de18c9-e61b-4c62-8c35-5550d121c6b0>
- Llanos, M. (2023). Contaminación por metales pesados de la microcuenca del río Alto Huallaga y suelos agrícolas del área de influencia en Huánuco-2022. *repositorio.unheval.edu.pe.* Obtenido de <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/9163>

- López, E., & Díaz, M. (2020). *Metales pesados en nuestra mesa. Contaminación de peces de consumo humano en Colombia*. Bogotá: Universidad Sergio Arboleda. doi:10.22518/book/9789585158122
- López, V., & Lee, F. (2021). Biomagnificación, bioacumulación diferencial de metales pesados en tejidos y órganos e impacto en la condición de salud del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en Santa Rosalía BCS. *repositoriodigital.ipn.mx*. Obtenido de <https://repositoriodigital.ipn.mx/jspui/handle/123456789/26459>
- Lumbre Soles, O. (2020). Determinación del riesgo ambiental del Cadmio y Cromo utilizando como bioindicador la especie *Tetrapygus niger* (Molina 1782) y sus efectos en su desarrollo embrionario. *repositorio.ucss.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/905>
- Macias, N. (2022). Presencia de microplásticos en peces pelágicos pequeños, *Auxis thazard* y *Scomber japonicus*, en el puerto pesquero de la ciudad de Manta, provincia de Manabí-Ecuador. *repositorio.upse.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8852>
- Magallan, G. (2024). La pesca artesanal y deportiva en la parroquia Anconcito para fortalecer el desarrollo turístico del sector, año 2023. *repositorio.upse.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/11056>
- Marcelo, G., & Tello, G. (2022). Evaluación de vulnerabilidad climática de cadenas productivas de especies pesqueras y acuícolas en el Perú, del año 2001 al 2020. *repositorio.upn.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33311>
- Martínez Morrillo, J. (2020). *Hábitos alimenticios de Scomber japonicus en el golfo de Guayaquil*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de

<https://smallpelagics.org/content/uploads/documents/publications/Habitos-alimenticios-macarela-J-Martinez.pdf>

Martínez, M. (2021). Metales pesados (cd, ni, mn) en agua y tejidos de bocachico (*prochilodus reticulatus*), y rampuche (*pimelodus grosskopfii*), en el corregimiento de Tres Bocas, cuenca del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. *repositoriodspace.unipamplona.edu*. Obtenido de <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/985>

Medina, V. (2023). Remoción de plomo y cadmio mediante fibras de *Agave angustifolia* y un consorcio bacteriano como una alternativa de biorremediación. *riaa.uaem.mx*. Obtenido de <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/3564>

Méndez, F., & Zapata, A. (2021). Conflicto armado, contaminación y riesgos en salud: una evaluación de riesgo de tres fuentes de exposición ambiental asociadas con el conflicto en Colombia. *Biomédica*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-41572021000400660&script=sci_arttext

Meza, B., & Molina, N. (2023). Efecto de la capacidad fitorremediadora de la papa (*Solanum ajanhuiri*) en el porcentaje de remoción de mercurio y plomo. *repositorio.unh.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/6184>

Miss, Z., & Anahi, B. (2023). Estrategias De Implementación Del Turismo Alternativo En La Actividad Pesquera De Seybaplaya, Campeche. *51.143.95.221*. Obtenido de <http://51.143.95.221/handle/TecNM/7145>

Molina, A. (2023). Evaluación del estado de eutrofización del Río Torococha en la Ciudad de Juliaca 2022. *repositorio.uancv.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.uancv.edu.pe/items/6dd064d2-f520-46f5-b169-056cd1cddbe0>

- Navarrete, G., Del-Solar, A., Alfaro, E., Rodríguez, L., Andrade, S., & Willette, D. (2023). Ecuador Case Study. *Challenges in Tropical Coastal Zone Management: Experiences and Lessons Learned*. Retrieved from <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=XPCnEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA247&dq=Scomber+japonicus+Ecuador+Scomber+japonicus+industria&ots=qGpZN-UZv5&sig=Weg9A5gqJTFpoA0EfLlvFWUstas>
- Nieto Campozano, P. (2021). Determinación de metales pesados Cadmio y Plomo en el atún Skip Jack (*Katsuwonus pelamis*).
- NTE INEN. (2013). NTE INEN 183:2013. *Instituto Nacional de Normalización*. Obtenido de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu122184anexo.pdf>
- Ñahui, A. (2022). Estudio de acumulación del plomo, cadmio y cromo en vegetales autoctonas en lodos ribereños del Río Opamayo Lircay-Angaraes-Huancavelica. *UNH*. Obtenido de <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/5376>
- Obando, A. (2021). ¿ Qué pasó luego de la paralización de la pesca de arrastre? Transformaciones en los medios de vida de los pescadores artesanales y semi industriales a partir de las políticas marino pesqueras en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *repositorio.flacsoandes.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/17490>
- Octavio, P., & Olmos, D. (2022). Efectos sobre la salud del agua contaminada por metales pesados. *Herreriana*. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/herreriana/article/view/8630>
- Orozco, J. (2022). Evaluación de la toxicidad inducida por fluoxetina sobre embriones y adultos de Danio rerio. <http://ri.uaemex.mx/>. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/137981>

- Ortiz, D. (2022). Estrategia de conservación y principales amenazas de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en la localidad de Puerto Arista, Tonalá, Chiapas. Obtenido de <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4283>
- Palacios, J., Reygondeau, G., Wabnitz, C., & Cheung, W. (2020). El potencial transfronterizo de las especies marinas de importancia pesquera del mundo. *julianopalacios.com*. Obtenido de https://www.julianopalacios.com/Translations/Fish_for_visa/Fish_for_visa_Esp.pdf
- Palate, J., Ocaña, K., & Ormaza, F. (2022). Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio en sedimentos superficiales en el interior del estuario de Jambelí, El Oro, Ecuador. *dspace.espol.edu.ec*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/55630>
- Petit, P. (2023). Presencia de metales pesados en la Península Antártica por acción antrópica. *repositorio.udec.cl*. Obtenido de <http://repositorio.udec.cl/handle/11594/11801>
- Pinzón, C. (2019). Metales pesados en sedimentos y peces de la Ciénaga Grande de Santa Marta, como indicadores de riesgo para la salud humana y el ambiente. *Uniatlántico*. Obtenido de <http://repositorio.uniatlantico.edu.co/handle/20.500.12834/603>
- Ramírez, C., Cerezo, G., Espinoza, J., & Acurio, M. (2023). Estrategias en la gestión del conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación educativa. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 8(2), 185-207. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9234857>
- Ramos Mosquera, N. (2022). Efecto del recubrimiento de alginato de sodio activado con aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) sobre la vida útil del filete de caballa (*Scomber japonicus* peruanus). *repositorio.uss.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9353>

- Rodríguez, E. (2021). Estudio de la contaminación de la bahía de Carquin y su plan de recuperación ambiental. *repositorio.unjfsc.edu.pe*. Obtenido de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/5136>
- Rodriguez, N., & Vega, J. (2021). Estrategias de mitigación de los impactos generados por toxicidad de cadmio en cultivos agrícolas: Revisión sistemática. *repositorio.ucv.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96201>
- Saavedra, M. (2021). *Técnicas empleadas en la evaluación de la calidad de la caballa (Scomber japonicus peruanus), durante el proceso de descomposición: Una Revisión*. Universidad Nacional de Frontera-Sullana, Perú. Sullana: Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology. doi:<https://doi.org/10.25127/riagrop.20213.701>
- Salvador Vásquez, M., & Velásquez Cabrera, F. (2023). Determinación de arsénico, cadmio y plomo en alimento y agua y su bioacumulación en hígado de pollos de corral procedente de la Asociación Parque Porcino–distrito de Ventanilla, octubre 2022. *repositorio.uma.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/1541>
- Sanchez, B., & Torres, J. (2023). Riesgos a la salud de los trabajadores por exposición a plomo durante trabajos de pintado, Arequipa 2022. *repositorio.utp.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/8054>
- Santisteban, O. (2021). Comparación de los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en piensos y huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*), producidos en empresas formales e informales y comercializados en mercados, supermercados y ambulatoriamente en la región Lima. *cybertesis.unmsm.edu.pe*. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17195>

- Solís, M., & Solís, M. (2020). Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/906>
- Tuñón, O., Chang, J., Del Cid, A., Goti, I., & Gómez, J. (2020). Concentración de metales pesados (Cu y Cd), en tejido gonadal de *A. tuberculosa* en el estero Farfán, Golfo de Montijo. *Tecnociencia*. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/224/2241149012/>
- Unión Europea. (2023). *Reglamento (UE) 2023/915 de la comisión del 25 de abril de 2023 sobre los niveles máximos de determinados contaminantes en los alimentos y por el que se deroga el Reglamento (CE) n° 1881/2006*. Bruselas. Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0915>
- Valderrama, H. (2021). Identificación de impactos del cambio climático en cuerpos superficiales de agua dulce de la Región Caribe colombiana. *repositorio.uptc.edu.co*. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/8700>
- Valverde, M. (2021). Análisis de la deforestación en la provincia de Napo con respecto a los programas de manejo forestal implementados por el Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4476>
- Vanegas, E. (2023). Incidencia del cambio y uso de suelo en el ecotono hiporreico de la Cuenca del Machángara: variables físico químicas y microbiota asociada (macroinvertebrados bentónicos). Obtenido de <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/15985>
- Vargas Licon, S., & Marrugo Negret, J. (2019). Mercurio, metilmercurio y otros metales pesados en peces de Colombia: Riesgo por ingesta. *Acta Biológica Colombiana*, 232-242. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n2.74128>

- Vera Bermúdez, J. (2023). Predicción de potenciales zonas de pesca de la especie *Scomber japonicus* en el Pacífico este, a través de redes neuronales. *openaccess.uoc.edu*.
Obtenido de <https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/147528>
- Vera Diego, R. (2021). Efectos ecotoxicológicos del cadmio sobre la mortalidad de la concha de abanico y riesgo ecológico en áreas de la costa peruana. *repositorio.urp.edu.pe*.
Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4340>
- Vera Pilay, J. (2023). Revisión del estado de la calidad del agua de los manglares del Refugio Nacional de Vida Silvestre Isla Corazón y Fragatas. *riunet.upv.es*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/199254>
- Vera, M., Alemán, S., Cobeñas, M., Carrillo, O., & Flores, R. (2021). Captura incidental y mortalidad de tortugas marinas en la pesca artesanal de enmalle en Tumbes, Perú. 2017-2019. *biblioimarpe.imarpe.gob.pe*. Obtenido de <https://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3604>
- Vera, R. (2023). Capacidad fitorremediadora de *hydrocotyle ranunculoides* Lf en aguas contaminadas por metales pesados de la quebrada Pacchantay, Tapairihua-Aymaraes-Apurímac, 2022. *repositorio.utea.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/646>
- Vidal, J. (2023). ¿ Qué efectos tienen los disruptores endocrinos como contaminantes ambientales sobre el sistema inmune de los peces?. *dspace.umh.es*. Obtenido de <http://dspace.umh.es/handle/11000/30384>
- Yauta, B., & Johana, L. (2024). El cadmio en el suelo y su efecto en el cultivo del palto. *45.231.83.156*. Obtenido de <http://45.231.83.156/handle/20.500.12996/6168>

Zepeda, M., Herrera, M., & Bautista, L. (2021). Determinación de la capacidad de biacumulación de cadmio en *Vicia faba* L. y su efecto en la raíz y el crecimiento vegetativo. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*. Obtenido de <https://www.revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/358>

Zorrilla, M. F. (2011). *Estado del arte sobre la presencia de metales pesados en tejidos y agallas de peces*. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/1637/TAA00771.pdf?sequence=1>

14. ANEXOS

Tabla 10. Base de datos colectados

| # Muestra | Peso (g) | Longitud (cm) | Concentración de Cd (mg/kg) | Concentración de Pb (mg/kg) |
|-----------|----------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 178,3 | 24,8 | 0,038 | 0,010 |
| 2 | 182 | 23,9 | 0,010 | 0,019 |
| 3 | 161,9 | 23,3 | 0,026 | 0,012 |
| 4 | 193,9 | 24,5 | 0,013 | 0,031 |
| 5 | 220,5 | 25,6 | 0,020 | 0,027 |
| 6 | 199,3 | 25 | 0,015 | 0,019 |
| 7 | 157,9 | 23,4 | 0,067 | 0,028 |
| 8 | 254 | 27,7 | 0,050 | 0,035 |
| 9 | 170,6 | 24,4 | 0,028 | 0,003 |
| 10 | 198,05 | 24,9 | 0,035 | 0,049 |
| 11 | 179,5 | 24,8 | 0,018 | 0,013 |
| 12 | 191,1 | 25 | 0,028 | 0,014 |
| 13 | 173,2 | 24 | 0,039 | 0,036 |
| 14 | 145,08 | 21,5 | 0,033 | 0,029 |
| 15 | 155,28 | 20 | 0,035 | 0,032 |
| 16 | 162,9 | 22,3 | 0,037 | 0,034 |
| 17 | 174,5 | 24 | 0,039 | 0,036 |
| 18 | 189,3 | 22,1 | 0,043 | 0,039 |
| 19 | 175,13 | 24,2 | 0,030 | 0,041 |
| 20 | 162,43 | 24,5 | 0,027 | 0,038 |
| 21 | 96,01 | 21,9 | 0,016 | 0,022 |
| 22 | 165,6 | 24,5 | 0,028 | 0,038 |
| 23 | 286,2 | 28,7 | 0,048 | 0,066 |
| 24 | 178,03 | 25,2 | 0,030 | 0,041 |
| 25 | 182,04 | 25,2 | 0,030 | 0,037 |
| 26 | 162,3 | 23,7 | 0,027 | 0,033 |
| 27 | 153,1 | 24 | 0,025 | 0,031 |
| 28 | 179,5 | 24,9 | 0,030 | 0,036 |
| 29 | 192,08 | 25,3 | 0,032 | 0,039 |
| 30 | 142 | 23,9 | 0,024 | 0,028 |

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pag 1/1

| | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|------------|
| CÓDIGO ÚNICO No. | 80901-73-M1 | | Reporte No. | 74059 | |
| EMPRESA | NOMBRE | STEPHANY VALENTINA CABRERA ANDRADE | | | |
| npin@produccion.gob.ec | DIRECCIÓN | UNIVERSIDAD PENÍNSULA DE SANTA ELENA, UNIVERSIDAD PENÍNSULA DE SANTA ELENA | | | |
| TIPO DE PRODUCTO | MORENILLO SCOMBER JAPONICUS | | | | |
| FACTURA | CODIGO/LOTE | MONITOREO 3 | FECHA DE RECEPCION | 01/02/2024 | |
| PESO DECLARADO | MARCA | | FECHA FINALIZACION DE ANALISIS | 09/02/2024 | |
| ORDEN DE TRABAJO | 274678 | CLASIFICACION | N/A | FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS | 09/02/2024 |
| CONDICIONES AMBIENTALES | Temperatura(°C) 19-26 | HUMEDAD RELATIVA | Humedad Relativa: (%) 49-70 | | |

RESULTADO DE ANÁLISIS

| PARAMETRO | METODO REFERENCIA | RESULTADO | UNIDAD |
|-----------|---------------------------------|----------------|--------|
| Cadmio | PI_MP2 AOAC 999.10 Ed. 22, 2023 | 0,038 ± 0,0040 | mg/kg |
| Plomo | PI_MP3 AOAC 999.10 Ed. 22, 2023 | < 0,035 | mg/kg |

| | |
|------------------------|---|
| Muestreo realizado por | EMPRESA |
| Observaciones | Incertidumbre expandida con K=2, 0,035 mg/kg Límite de cuantificación de Pb |

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



Q.F. SULLY STACIO S.

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO SUPLENTE

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pag 1/1

| | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|--|------------------|--------------------------------|------------|
| CÓDIGO ÚNICO No. | 80901-1077-M42 | | Reporte No. | 81582 | |
| EMPRESA | NOMBRE | STEPHANY VALENTINA CABRERA ANDRADE | | | |
| npin@produccion.gob.ec | DIRECCIÓN | UNIVERSIDAD PENÍNSULA DE SANTA ELENA, UNIVERSIDAD PENÍNSULA DE SANTA ELENA | | | |
| TIPO DE PRODUCTO | SCOMBER JAPONICUS | | | | |
| FACTURA | N/A | CODIGO/LOTE | MONITOREO 4 | FECHA DE RECEPCION | 13/05/2024 |
| PESO DECLARADO | N/A | MARCA | N/A | FECHA FINALIZACION DE ANALISIS | 22/05/2024 |
| ORDEN DE TRABAJO | 298807 | CLASIFICACION | N/A | FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS | 22/05/2024 |
| CONDICIONES AMBIENTALES | Temperatura(°C) 19-26 | | HUMEDAD RELATIVA | Humedad Relativa: (%) 49-70 | |

RESULTADO DE ANÁLISIS

| PARAMETRO | METODO REFERENCIA | RESULTADO | UNIDAD |
|-----------|---------------------------------|---------------|--------|
| Cadmio | PI_MP2 AOAC 999.10 Ed. 22, 2023 | 0,036 ±0,0040 | mg/kg |
| Plomo | PI_MP3 AOAC 999.10 Ed. 22, 2023 | < 0,035 | mg/kg |

| | |
|------------------------|--|
| Muestreo realizado por | LA EMPRESA |
| Observaciones | Incertidumbre expandida con K=2, 0,035 mg/kg Límite de cuantificación de Plomo |

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



ING. FERNANDA HURTADO

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pag 1/1

| | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|--|------------------|--------------------------------|------------|
| CÓDIGO ÚNICO No. | 80901-1076-M42 | | | Reporte No. | 81581 |
| EMPRESA | NOMBRE | STEPHANY VALENTINA CABRERA ANDRADE | | | |
| npin@produccion.gob.ec | DIRECCIÓN | UNIVERSIDAD PENÍNSULA DE SANTA ELENA, UNIVERSIDAD PENÍNSULA DE SANTA ELENA | | | |
| TIPO DE PRODUCTO | SCOMBER JAPONICUS | | | | |
| FACTURA | N/A | CODIGO/LOTE | MONITOREO 5 | FECHA DE RECEPCION | 13/05/2024 |
| PESO DECLARADO | N/A | MARCA | N/A | FECHA FINALIZACION DE ANALISIS | 22/05/2024 |
| ORDEN DE TRABAJO | 298807 | CLASIFICACION | N/A | FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS | 22/05/2024 |
| CONDICIONES AMBIENTALES | Temperatura(°C) 19-26 | | HUMEDAD RELATIVA | Humedad Relativa: (%) 49-70 | |

RESULTADO DE ANÁLISIS

| PARAMETRO | METODO REFERENCIA | RESULTADO | UNIDAD |
|-----------|---------------------------------|---------------|--------|
| Cadmio | PI_MP2 AOAC 999.10 Ed. 22, 2023 | 0,034 ±0,0040 | mg/kg |
| Plomo | PI_MP3 AOAC 999.10 Ed. 22, 2023 | < 0,035 | mg/kg |

| | |
|------------------------|--|
| Muestreo realizado por | LA EMPRESA |
| Observaciones | Incertidumbre expandida con K=2, 0,035 mg/kg Límite de cuantificación de Plomo |

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



ING. FERNANDA HURTADO

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO





Figura 7. Obtención de muestras en el Puerto Pesquero de Anconcito



Figura 8. *Scomber japonicus* desembarcados de barcos nodriza



Figura 9. Proceso de pesaje de muestras en el laboratorio de Oceanografía Química
Fuente: INOCAR, Cabrera Stephany, (2024).



Figura 10. Muestras procesadas listas para ser analizadas en espectrofotómetro de absorción atómica
Fuente: INOCAR, Cabrera Stephany, (2024).