Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Escuela Profesional de Toxicología

Determinación de plomo y cadmio en plancton de la playa de Pucusana durante el 2018

TESIS

Para optar el Título Profesional de Toxicólogo

AUTORES

Franck Johan PALACIOS LUIS

Denisse Consuelo SOLORZANO TARAZONA

ASESORES

Mg. Juana Margarita FLORES LUNA

Mg. Luz Fabiola GUADALUPE SIFUENTES DE POSADAS

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Palacios F, Solorzano D. Determinación de plomo y cadmio en plancton de la playa de Pucusana durante el 2018 [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Toxicología; 2024.

Metadatos complementarios

Datos de autor 1	
Nombres y apellidos	Denisse Consuelo Solorzano Tarazona
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70584924
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-7198-3270
Datos de autor 2	
Nombres y apellidos	Franck Johan Palacios Luis
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72204396
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-1748-5748
Datos de asesor I	
Nombres y apellidos	Juana Margarita Flores Luna
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10492337
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-3231-3461
Datos de asesor II	
Nombres y apellidos	Luz Fabiola Guadalupe Sifuentes de Posadas
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07829902
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4694-9054
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Luis Alberto Rojas Ríos
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09738868

Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Gloria Marina Marín Vallejos
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09690135
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	José Antonio Llahuilla Quea
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09780810
Datos de investigación	
Línea de investigación	Toxicología Alimentaria
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vicerrectorado de Investigación y Posgrado. Programa de Promoción de Tesis de Pregrado. A 18040954 (RR N ° 05969 -R -18)
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Facultad Farmacia y Bioquímica UNMSM País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.055283 Longitud: -77.023522
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2018-2024
URL de disciplinas OCDE	Toxicología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.07 Salud pública, Salud ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.03.05

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América **Facultad de Farmacia y Bioquímica Decanato**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

"DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN PLANCTON DE LA PLAYA DE PUCUSANA DURANTE EL 2018"

Que presentan los Bachilleres en Toxicología:

FRANCK JOHAN PALACIOS LUIS Y
DENISSE CONSUELO SOLORZANO TARAZONA

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, ha obtenido la siguiente calificación final:

18 (dieciocho) Aprobado con Mención Honrosa

de conformidad con el Art. 14.º del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para la obtención del Título Profesional de Toxicólogo (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.

Lima, 28 de febrero de 2024.

Mg. Luis Alberto Rojas Ríos
Presidente

Dr. José Antonio Llahuilla Quea
Miembro

Mg. Gloria Marina Marín Vallejos
Miembro

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE TOXICOLOGÍA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Juana Margarita Flores Luna**, identificado con DNI N° 10492337 en mi condición de asesora acreditada con la Resolución Decanal N°00829-FFB-D-2018 de la Tesis, cuyo título es: **"Determinación de Plomo y Cadmio en Plancton de la Playa de Pucusana durante el 2018"** presentado por los bachilleres **FRANCK JOHAN PALACIOS LUIS Y DENISSE CONSUELO SOLORZANO TARAZONA**:, para optar el título profesional de Toxicólogo (a).

CERTIFICO: Que se han cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 10 % de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, para la obtención del título profesional de Toxicólogo (a).

Jardín Botánico, 19 de Enero de 2024

.....

Firma de la Asesora

DNI: 10492337

Nombres y apellidos de la Asesora:

Juana Margarita Flores Luna



DEDICATORIA

Dedicó la presente tesis a mis padres y hermanas por inculcar en mi persona la perseverancia, a mi padrino Joel Rosas quien me apoyó y fomentó mi formación académica, al Q.F Edgar Valentín quien me brindó la oportunidad y mis inicios en el campo de la toxicología analítica e instrumental y al Q.F. Juan Almerco por motivarme a continuar y creer en mí.

ATTE.
Solorzano Tarazona, Denisse

Dedicó a mis padres, gracias por su apoyo incondicional en todo este proceso, son la mayor bendición de Dios. Y muy en especial a mi abuela Esther Espinoza Flores.

ATTE.
Palacios Luis, Franck

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por ser como un segundo hogar para nosotros

A la Escuela Profesional de Toxicología y a todos los profesores de pregrado que nos brindaron los conocimientos en nuestra formación profesional.

A la Mg. Flores Luna, Juana Margarita por asesorar durante el desarrollo de esta tesis y a la Mg. Guadalupe Sifuentes de Posadas, Luz Fabiola por el apoyo constante en la revisión de este trabajo.

A los miembros del jurado por las sugerencias para la mejora de mi tesis.

INDICE

ÍNDICE DE TABLAS III

ÍNDICE DE FIGURAS VI

ABREVIATURAS VIII

RESUMEN X

ABSTRACT XI

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1 HIPÓTESIS 3

1.2 OBJETIVOS 4

2. ANTECEDENTES 5

3. MARCO TEORICO 9

3.1Características biogeográficas de la playa de Pucusana 9

3.2 Plancton 11
3.2.1 Etimología y definición 11
3.2.2 Tipos de plancton 11
3.2.3 Importancia 13

3.4 Plomo 19
3.4.1 Fuentes de Exposición 19
3.4.2 Toxicocinética 21
3.4.3 Toxicodinamia 23
3.4.4 Manifestaciones Clínicas 23
3.4.5 Química Ambiental del Pb 25

3.5 Cadmio 27
3.5.1 Fuentes de Exposición 27
3.5.2 Toxicocinética 2728

3.5.3 Toxicodinamia 28

3.5.4 Manifestaciones clínicas 28

3.5.5. Química Ambiental del Cd 29

3.6 Instrumento Legal 34

4. METODOLOGÍA 27

4.1 Tipo de investigación 35

4.2 Descripción del área geográfica del estudio 35

4.3 Diseño de estudio 37

4.4 Técnica operatoria 38

5. RESULTADO 42

6. DISCUSIÓN 52

7. CONCLUSIONES 55

8. RECOMENDACIONES 56

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 57

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA Nº1: TOTAL DE MUESTRAS HIDROBIOLÓGICA EN LA PLAYA DE PUCUSANA 38

TABLA Nº2: CURVA DE CALIBRACIÓN DEL PLOMO 40

TABLA Nº3: CURVA DE CALIBRACIÓN DEL CADMIO 41

TABLA Nº4: CONCENTRACIONES DE PLOMO Y CADMIO EN PLANCTON DE LA PLAYA DE PUCUSANA,2018. 433

TABLA Nº5: VALORES PROMEDIOS DE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON. 443

TABLA Nº6: PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO PUCUSANA,2018. 44

TABLA Nº7: VALORES PROMEDIOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS. 44

TABLA Nº8: CONCENTRACIONES DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON EN LA ZONA NERÍTICA- SUR (SA. SB,SC.SD). 46

TABLA Nº9: ANÁLISIS DESCRIPTIVOS DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON EN ZONA NERÍTICA SUR 46

TABLA Nº10: PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN LA. ZONA NERÍTICA SUR. 46

TABLA Nº11: ANÁLISIS DESCRIPTIVOS FISICOQUÍMICOS. ZONA NERÍTICA SUR 46

TABLA Nº12: CONCENTRACIONES DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON EN LA ZONA NERÍTICA- CENTRO (NCA, NCB, NCC)..... 47

TABLA Nº13: ANÁLISIS DESCRIPTIVOS DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON EN ZONA NERÍTICA CENTRO..... 47

TABLA Nº14: PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN LA ZONA NERÍTICA- CENTRO (NCA, NCB, NCC)……..……..47

TABLA Nº15: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN LA ZONA NERÍTICA- CENTRO (NCA, NCB, NCC)..47

TABLA Nº16: CONCENTRACIONES DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON EN LA ZONA NERÍTICA- NORTE (NNA, NNB, NNC, NND, NNE)……...48

TABLA Nº17: ANÁLISIS DESCRIPTIVOS DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON EN ZONA NERÍTICA NORTE - ESTAD. DESCRIPTIVOS……..48

TABLA Nº18: PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN LA ZONA NERÍTICA- NORTE (NNA, NNB, NNC, NND, NNE)…….48

TABLA Nº19: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN LA ZONA NERÍTICA- NORTE (NNA, NNB, NNC, NND, NNE)…….48

TABLA Nº20: CONCENTRACIONES DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON EN LA ZONA OCEÁNICA- NORTE (ONA, ONB, ONC, OND) …….49

TABLA Nº21: ANÁLISIS DESCRIPTIVOS DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON EN ZONA OCEÁNICA NORTE……49

TABLA Nº22: PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN ZONA OCEÁNICA NORTE……...49

TABLA Nº23: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN ZONA OCEÁNICA NORTE……49

TABLA Nº24: CONCENTRACIONES DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON EN LA ZONA OCEÁNICA-CENTRO (OCA, OCB, OCC, OCD)……50

TABLA Nº25: ANÁLISIS DESCRIPTIVOS DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON EN ZONA OCEÁNICA CENTRO ……50

TABLA Nº26: PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN ZONA OCEÁNICA CENTRO…….50

TABLA Nº27: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS ZONA OCEÁNICA CENTRO…….50

TABLA Nº28: CONCENTRACIONES DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON EN LA ZONA OCEÁNICA- SUR (OSA, OSB, OSC, OSD)…….51

TABLA Nº29: ANÁLISIS DESCRIPTIVOS DE PLOMO Y CADMIO DEL PLANCTON EN ZONA OCEÁNICA SUR……..…51

TABLA Nº30 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN Z OCEÁNICA SUR…….51

TABLA Nº31: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN ZONA OCEÁNICA SUR……....51

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DEL DISTRITO DE PUCUSANA FUENTE: GOOGLE MAPS.2019. 9

FIGURA 2: CLASIFICACIÓN DEL PLANCTON SEGÚN EL TAMAÑO 12

FIGURA.3: CLASIFICACIÓN DEL PLANCTON SEGÚN SU TIPO DE ALIMENTACIÓN 13

FIGURA 4. SÍNTESIS DE LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS DE METALES PESADOS EN ESTUARIOS 17

FIGURA 5: MODELO DE DISTRIBUCIÓN DEL PLOMO 22

FIGURA 6. MANIFESTACIONES DE LA INTOXICACIÓN POR PLOMO SEGÚN CONCENTRACIÓN SANGUÍNEA (PB/DL) ELABORADO POR GOODMAN.2003. 24

FIGURA 7: EL CICLO DEL PLOMO 25

FIGURA 8: FLUJOGRAMA DEL CADMIO EN EL AMBIENTE 30

FIGURA 9: ZONA DE MUESTREO EN LA PLAYA DE PUCUSANA ELABORADO POR GOOGLE MAPAS.2019 36

FIGURA 10: GRÁFICO DE CONCENTRACIÓN VS ABSORBANCIA DEL PLOMO. 41

FIGURA 11: GRÁFICO DE CONCENTRACIÓN VS ABSORBANCIA DEL PLOMO. 41

FIGURA 12. DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EL PLANCTON DE LA PLAYA DE PUCUSANA EN EL 2018. 45

FIGURA 13. DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL PLANCTON DE LA PLAYA DE PUCUSANA EN EL 2018. 45

FIGURA 15: TOMA DE MUESTRA EN LA PLAYA DE PUCUSANA 46

FIGURA 16: TOMA DE MUESTRA EN LA PLAYA DE PUCUSANA. 46

FIGURA 14: TOMA DE MUESTRA EN LA PLAYA DE PUCUSANA 46

FIGURA 17: MAR DE PUCUSANA.....46

FIGURA 18: PROCESAMIENTO DE MUESTRA PROBLEMA- FILTRACIÓN ..46

FIGURA 19: PROCESAMIENTO DE MUESTRA PROBLEMA- SECADO 46

FIGURA 20: PROCESAMIENTO DE MUESTRA PROBLEMA- ESTUFA 46

FIGURA 21: PROCESAMIENTO DE MUESTRA PROBLEMA- DIGESTIÓN....46

FIGURA 22: PROCESAMIENTO DE MUESTRA PROBLEMA- DESPUÉS DEL SECADO 46

FIGURA 23 : MUESTRAS LISTAS PARA LA LECTURA DE PLOMO Y CADMIO POR ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA 46

ABREVIATURAS

CICOTOX	Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
ATSDR	Agencia para sustancias toxicas y registro de enfermedades
UE	Unión Europea
AESAN	Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición
Pb	Plomo
BAL	Dimercaprol o Anti-lewisita británica
$CaNa_2EDTA$	Ácido Etilen Diamino Tetraacético Calcio Disódico
OPS	Organización Panamericano de Salud
Fe	Hierro
Cd	Cadmio
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DMA	Dimetilarsénico
DMSA	Ácido 2,3 Dimercaptosuccínico
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
EPA	Asociación de Protección Ambiental
OMS	Organización Mundial de la Salud.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FDA	Food Drug Administration

GSH	Glutatión
IARC	Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
ICP-MS	Espectrometría masas por plasma acoplado inductivamente
IDA	Ingesta Diaria Admisible
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
IMTP	Ingesta Mensual Tolerable Provisional
ISTP	Ingesta Semanal Tolerable Provisional
LMP	Límite Máximo Permitido
MINAM	Ministerio del Ambiente
Mod.	Modificado
MTs	Metalotioneínas
NIOSH	Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional
OSHA	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional
PEL	Límite de Exposición Permisible
ppb	Partes por billón
ppm	Partes por millón

RESUMEN

La determinación de plomo y cadmio es de vital importancia para un buen funcionamiento dentro de la cadena trófica alimentaria. Dicha determinación se abordó en muestras de plancton situados en el distrito de Pucusana, en la provincia y departamento de Lima, Perú. En la investigación se realizó la toma de muestra de doce puntos en la Zona Nerítica y doce puntos en la Zona Oceánica, dando un total de veinticuatro muestras en la playa de Pucusana, en la estación de primavera del 2018. Para el análisis cuantitativo, según el Método AOAC 930.15, los ensayos analíticos en el plancton se llevaron a un proceso de digestión ácida en seco cuantificados por Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito en el CICOTOX. El nivel promedio hallado en el plancton de la playa Pucusana de plomo es 6,17 mg/kg, cuya concentración mínima es de 0,013 mg/kg y la máxima de 38,026 mg/kg; en tanto el nivel promedio hallado de cadmio es 49,28 mg/kg, cuya concentración mínima es de 21,5 mg/kg y la máxima de 86,80 mg/kg. La investigación concluye que las concentraciones determinadas superan los límites máximos permitidos según el Codex Alimentarius de la OMS/ FAO (Plomo 0,01 mg/kg y Cadmio 0,05 mg/kg), y que podría estar generando riesgos por su alta concentración en la cadena alimentaria.

Palabras Claves: cadmio, plomo, plancton de playa, Codex Alimentarius, espectrofotometría de absorción atómica

ABSTRACT

The determination of lead and cadmium levels is of vital importance for proper functioning within the food chain. This determination was addressed in plankton samples on the beach of Pucusana, Lima, Peru. In the investigation, the sampling of twelve points in the Neritic Zone and twelve points in the Oceanic Zone was carried out, having a total of twenty-four samples in the Pucusana Beach, in the spring season of 2018. For the quantitative analysis, according to the AOAC 930.15 Method, the samples were subjected to a dry acid digestion process quantified by Atomic Absorption Spectrophotometry, coupled to the Graphite Furnace at Cicotox. The average level found in the plankton of the Pucusana beach in lead is 6,17 mg/kg, whose minimum concentration is 0,013 mg/kg and the maximum is 38,026 mg/kg; while the average level of cadmium found is 49,28 mg/kg, with a minimum concentration of 21,5 mg/kg and a maximum of 86,80 mg/kg. The investigation concludes that the concentrations found exceed the maximum limits allowed according to the WHO/FAO Codex Alimentarius (Lead 0, 01 mg/kg and Cadmium 0, 05 mg/kg and), which could be generating risks due to its high concentration in the food chain. Food.

Keywords: Cadmium, lead, beach plankton, Codex Alimentarius, atomic absorption spectrophotometry

1. INTRODUCCIÓN

Los contaminantes del sistema acuático como los pesticidas, sales, detergentes y los metales pesados; son los contaminantes que presentan los impactos más negativos tendiendo a producir bioacumulación, de modo que, son considerados como un peligro para los ecosistemas y la cadena trófica [1].

En tal sentido, las consecuencias de esta problemática ambiental en los sistemas acuáticos se manifiestan por la presencia de signos de toxicidad en las especies que las habitan, produciendo daños toxicológicos en su metabolismo, de tal manera que afecten a los de estas especies por ejemplo, algunos estudios han indicado los efectos de dos metales, plomo (Pb) y cadmio (Cd) en truchas, el primero provoca: escoliosis, hiperactividad, disminución del calcio en el tejido óseo; y el segundo provoca: lordosis, anemia. Estos dos metales se bioacumulan en los órganos de las truchas y que al ser consumidos por la persona puede ocasionar un riesgo para la salud [2].

Existen organismos que han demostrado ser claves en el proceso de transferir los metales pesados de un nivel a otro nivel superior de la cadena trófica [3]. Uno de ellos es el plancton, considerado el primer eslabón de la cadena alimentaria; las comunidades planctónicas se encuentran en constante interacción con la biota y la abiota. Su desarrollo se ve influenciado por algunas variables abiotas como: iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y la disponibilidad de nutrientes [4].

Además, algunos estudios indican la capacidad de estos organismos para ser considerados un buen bioindicador de metales pesados en relación a la biodisponibilidad en el sistema acuático, debido a que tiene un ciclo de vida corto y existe la posibilidad de acumular diversas sustancias nocivas [5].

La relevancia de los organismos como el plancton está en los ciclos biogeoquímicos acuáticos; principalmente, el ciclo del carbono, el ciclo del nitrógeno y el ciclo de azufre. También es importante mencionar que existen elementos como: cobre, cromo, manganeso, mercurio, níquel, hierro, plomo, y otros que pudieran contaminar en algunas fases del ciclo biogeoquímico; sin embargo, el plancton

posee la maquinaria enzimática necesaria para transformarlos. Debido a ciertas particularidades de estos organismos, las alteraciones en las condiciones fisicoquímicas de los cuerpos acuáticos, es posible identificar la composición y las cantidades de los contaminantes en comunidades planctónicas [6]. Asimismo, se han realizado determinaciones de los niveles de concentración de metales pesados en zooplancton de modo que se pueda entender el comportamiento de estos contaminantes en los organismos que se alimentan del zooplancton, en la red alimentaria del sistema acuático [7].

La zona costera de Perú es fuente de alimentos muy importante, no obstante, actualmente las playas, lagunas, bahías y estuarios de nuestro litoral enfrentan situaciones de contaminación ambiental que altera el desarrollo de la biota marina [8].

En el año 2018 el Estado intervino en Pucusana, debido a un problema ambiental que se presentó relacionado con los residuos sólidos al mar proveniente de la pesca artesanal y el desarrollo de diferentes operaciones propias del puerto pesquero artesanal –Dirección de Protección Ambiental (DPA), que ocasionó la queja de los residentes de la zona. [9]

La bahía de Pucusana constituye una de las principales zonas de producción en la región sur de nuestro litoral, siendo la sede una planta productora de harina de pescado y también es la base de 400 pescadores ribereños .En su producción pesquera encontramos especies como lorna, jurel, pejerrey y biota acuática que son consumidores primarios del plancton y, a su vez, ocupan un nivel trófico 2 para otras especies como lobos marinos y aves que en conjunto pueden transferir metales pesados a nivel de la red alimentaria [10],[11].

En tal sentido, se consideró la determinación de las concentraciones de cadmio y plomo en plancton, cuyas muestras fueron obtenidas en 6 zonas de la bahía de Pucusana en el periodo 2018.

La finalidad de ésta investigación fue conocer las concentraciones de estos metales en el plancton de la región costera de Pucusana, lo cual nos permitió emitir un mejor

juicio en relación al medio ambiente acuático. Posteriormente, mediante la realización de otros estudios podrán considerarse como bioindicadores para la evaluación de dichos contaminantes.

1.1 HIPÓTESIS

El plancton ubicado en la playa de Pucusana posee concentraciones superiores respecto a los niveles permitidos por el Codex Alimentarius de la OMS/ FAO (Plomo 0,01 mg/kg y Cadmio 0,05 mg/kg).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Evaluar la concentración de plomo y cadmio en plancton de la playa de Pucusana durante la primavera del 2018.

1.2.2 Específicos

1. Determinar la concentración de plomo en plancton de la playa de Pucusana durante la primavera del 2018.
2. Determinar la concentración de cadmio en plancton de la playa de Pucusana durante la primavera del 2018.
3. Contrastar la concentración de plomo en plancton de la playa de Pucusana durante la primavera del 2018 con respecto a los niveles permitidos por el Codex Alimentarius de la OMS/ FAO.
4. Contrastar la concentración de cadmio en plancton de la playa de Pucusana durante la primavera del 2018 con respecto a los niveles permitidos por el Codex Alimentarius de la OMS/ FAO.

2. ANTECEDENTES

Furcal y Torres (2020), determinaron los niveles de concentración de cadmio (Cd) tanto del suelo como en diferentes partes de una especie vegetal (raíz, hojas y granos secos no fermentados) en un total de 19 fincas. Se trabajaron con 40 muestras, las cuales pasaron por un pre tratamiento de secado a temperatura ambiental, y posteriormente se trituraron y pasaron por un tamiz de un diámetro de 2 mm. La lectura de Cd se llevó a cabo por un plasma de acoplamiento inductivo (ICP). En tres fincas, se encontraron concentraciones de 1,3, 1,9 y 4 mg/Kg de Cd en suelo respectivamente, siendo valores superiores al rango de 0,1 a 1mg/Kg según los estudios de Alloway, B (2002). Por último, se considera que la raíz y hoja son bioacumuladores de Cd y logran la distribución hasta la mazorca, y finalmente al grano [12].

Carrión y De La Cruz, en el 2015, estudiaron la toxicidad de los metales pesados (MP) en especies zooplantónicas en sistema acuático; su objetivo principal fue identificar a estas especies y calcular la concentración letal media (CL 50- 24) de Cd y Pb por medio de la metodología de bioensayo; en dos especies, *Camptocercus similis* y *Chydorus globosus*, hallaron la CL50-24 de 0,003 y 0,004mg/L respectivamente, lo cual se comparó con otra especie como *Daphnia magna* cuyo CL50-24 fue de 0,038mg/L. Según ello se concluyó que las especies identificadas son más sensibles al metal pesado evaluado [13].

Del Olmo (2017), realizó una investigación en ecotoxicología del Cd, cuyo objetivo fue determinar su distribución y disponibilidad en ecosistemas terrestres y acuáticos, además identificaron riesgos de acumulación de (Cd) en el entorno. Se usó una recopilación de diferentes publicaciones científicas

en bases de datos como Web of Science, Springer, EBSCO, PubMed, etc. Se identificó que existe la relación entre el Cd absorbido en el sedimento y su forma disuelta en las aguas, para los cuerpos de aguas el Cd es adquirido en forma de iones libres, tal es así que esta concentración determinará el grado de toxicidad, también se encontró en estos diversos estudios que el problema de acumulación de dicho elemento asciende a lo largo de la cadena trófica, es decir la dosis que concentre los organismos por debajo de la cadena hasta el nivel superior ira recibiendo más Cd, según la Unión Europea (UE), los niveles de máxima concentración del Cd de suelos fue 1~ 3 mg/Kg. Se concluye que se presenta una movilidad alta en sistemas de suelo y plantas considerando un factor importante como el pH del suelo [14].

García S (2013), evaluó la concentración en diversos metales pesados (MP) en especies como algas marinas y plantas autóctonas, con el objetivo de hallar relación entre la bioadsorcion de estas especies biológicas con los MP, usando para ello equipos como el ICP – AES. Los datos obtenidos muestran la capacidad de bioabsorción de las muestras seleccionadas, particularmente de las especies vegetativas que tenían principalmente en su raíz 200 $\mu g\ g^{-1}$ de plomo, un nivel muy elevado según el estudio. Se concluyó que más adelante se puede usar esta especie en próximos desarrollos de fitorremediación [15].

Una investigación por González et al (2008), logró identificar la actividad del plancton en los cuerpos acuáticos, cuyo objetivo fue destacar su importancia a nivel ecológico y su diversidad, se apoyó esta investigación en métodos taxonómicos, análisis microbiológicos y celulares. Según su investigación el plancton, se adapta a un medio de 0°C manteniendo su proliferación, siendo esenciales en los ciclos biogeoquímicos de la biosfera, medio acuático; destacando en ciclos del carbono, ciclo del azufre y ciclo del nitrógeno. Se identificó que el bacterioplancton, asimila algunos metales pesados, ya que posee maquinaria enzimática para transformar dichos contaminantes [16].

Gagneten AM. (2008), presentó una investigación cuya finalidad fue determinar el nivel de contaminación en el rio Salado respecto a los siguientes metales pesados: Cu, Pb, Cd y Cr, con el objetivo de calcular valores de los MP y compararlos con los estándares internacionales. Fueron analizados por absorción atómica, se obtuvo la media del Cd de 0,85 ug/L que representa nivel superior a los estándares internacionales. También se halló la densidad de zooplancton para la zona del Cd fue de 0,31ind. /L. Con esto el autor concluye que la densidad de la comunidad de esta especie disminuye a mayor nivel de contaminación por MP [17].

Narváez N, Lodeiros C, et.al (2005) evaluaron la dosis subletal de cadmio (0.04 ug/L Cd) sobre algunas especies de mejillones. Con el objetivo de encontrar variaciones en sus condiciones fisiológicas frente al Cd en el tejido. Trabajaron exponiendo por 52 días a esta dosis, teniendo en cuenta su hábitat natural y las condiciones de laboratorio. Se identificó en los primeros días valores de cadmio 1,91 ± 0,43 µg Cd g^{-1} posteriormente en 7 días esto subió llegando a una media de 10,84 ± 1,15 µg Cd g^{-1}, sin embargo, en más días descendió este nivel. El autor concluye que no hubo un impacto severo de dicho metal a la concentración de dosis usada [18].

Rubio I y Rico R (2011) realizaron estudios de plomo en invertebrados, con el objetivo de obtener evidencia de biomagnificación de este metal en condiciones de laboratorio y campo. Tal es así, que se hallaron niveles de Pb en el rango de 2 a 6 µg/L en el sistema acuático, se trabajó en el laboratorio exponiendo a zooplancton a concentraciones de 0,1mg/L de Pb en 48 horas demostraron que una vía de entrada principal del plomo en el rotífero es la dieta, el depredador tenía en un inicio 390,96 ng/mg de plomo (¼ 30,6, n ¼ 3) alimentaron a este depredador y después de 48 h, el resultado fue 13,31 veces más plomo. El cual demuestra la cadena de transferencia de dicho metal [19].

Jacinto et al, en el 2007 presentaron un estudio donde evaluaron trazas de metales pesados en algunas especies acuáticas en la Bahía de Huarmey (Ancash). Determinaron los niveles de zinc, plomo, cobre y cadmio, las determinaciones se realizaron en diferentes tejidos. Su metodología se basó en una previa digestión ácida de los órganos seleccionados, utilizaron el método CEM USA 1994, siendo analizados con espectrofotometría de absorción atómica, encontrando: 0,6 ug/g de cadmio, estando éstos dentro de las especificaciones de los límites establecidos internacionalmente según (Nauen,1983) [20].

En Perú, nació el interés de mayores estudios debido al riesgo de contaminación que existe en masas de agua, por ello la empresa ERM Perú S.A (2017) realizó una evaluación cualitativa en la estación de muestreo oceánica Pucusana. El fitoplancton presento en gran cantidad de diatomeas y dinoflagelados de distribución cosmopolita. Los resultados en el estrato superficial indicaron una marcada dominancia de las diatomeas representada por un 77% en las diferentes estaciones de muestreo, concluyéndose así que se deben realizar más estudios sobre los impactos generados por proyectos que se realicen cerca de la bahía de Pucusana [21].

Finalmente, la literatura científica revela que identificar el nivel de metal pesado proveniente de una especie biológica tiene un enorme potencial de detectar el riesgo ambiental, a su vez que puede ser utilizada de manera efectiva para la proteger el medio ambiente, la gestión y sostenibilidad.

3. MARCO TEORICO

3.1Características biogeográficas de la playa de Pucusana

La playa de Pucusana se encuentra en el distrito del mismo nombre (provincia de Lima), ubicada en la carretera panamericana sur (Km 59), y limitando con los distritos Santa María del Mar y Chilca al norte y al este respectivamente y al sur y al oeste con el Océano Pacifico como se aprecia en la figura 1. La playa abarca una extensión de 37,83 Km^2 [22].

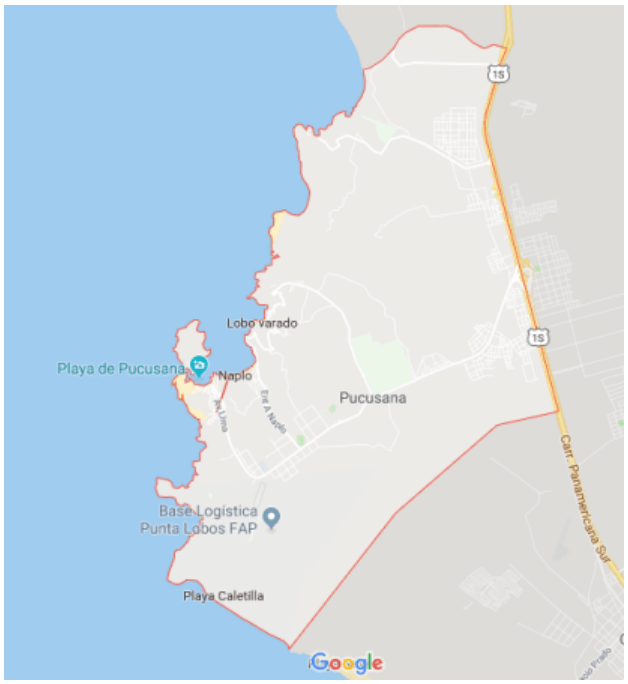

Figura 1: Mapa del distrito de Pucusana
Fuente: Google maps.2019.

Su sistema insular es la isla de Pucusana, predominando en mayor grado de la presencia de la corriente costera fría, cotidianamente con vientos calmados a débiles del S y SO. Los del tipo Swell del S y SO de poca altura, longitud de 30 a 100 m, con intervalos de 13 a 17 s, la línea costera se despliega entre pequeñas bahías y bordes acantilados [23].

Su actividad económica es la pesca artesanal en gran volumen, y el turismo interno temporal. Es ahí donde radica su relevancia en el ámbito económico y la ecología para la región costera, ya que representa un refugio para las especies de la zona.

El desembarcadero de Pucusana provoca una relevante problemática ambiental que impide el desarrollo de la bahía.

3.2 Plancton

3.2.1 Etimología y definición

La palabra “Plancton”, fue utilizada por primera vez por el científico Víctor Hensen en 1887 para aludir al conjunto de organismos que flotaban en aguas dulces y saladas, desplazándose por los movimientos de las corrientes. Proviene del vocablo griego πλαγκτός [*planctós*], que significa ‘errantes’.

Dichos organismos son de tamaño minúsculo, poseen alta diversidad, habitan en aguas saladas y dulces; son muy numerosos en los mares (aguas saladas) y tienen la posibilidad de aumentar en aguas frías. En cambio, en los ambientes de agua dulce se hallan a menudo en los sistemas lénticos, es decir, cuando el ecosistema acuático está en calma sin movimiento, como charcos, embalses o lagos, ya que en sistemas loticas (zonas con corrientes) suelen ser arrastrados, como lo que sucede en el mar, que son ecosistemas de agua loticas, en el cual son movidos por la marea [24], [25].

3.2.2 Tipos de plancton

El plancton puede clasificarse de diferentes modos, la mayoría tiene un tamaño microscópico, (milésima parte de un milímetro fluctúa entre las sesenta micras y el milímetro), cuya unidad de medida es “la micra” (μm). Por tanto, se puede distinguir en el siguiente cuadro:

Ultraplancton	5 micras.
	Incluyen bacterias y pequeños flagelados.
Nanoplancton	5 a 60 micras
	Incluye microalgas unicelulares como cocolitofóridos y pequeñas diatomeas
Microplancton	60 micras a 1 milímetro.
	Incluye microalgas unicelulares (diatomeas, dinoflagelados), larvas de moluscos y copépodos (pequeños crustáceos).
Mesoplancton	1 a 5 milímetros.
	Larvas de peces.
Macroplancton	5 mm y 10 cm.
	Sargazos, salpas y medusas.
Megaloplancton	Más de 10 cm.
	Medusas.

Figura 2: Clasificación del plancton según el tamaño
Elaborado a partir de García Astillero y Gonzales J [24], [25]

Asimismo, producto de la adaptación al medio en el que viven los organismos planctónicos y de factores como la viscosidad del agua o la flotabilidad, presentan formas corporales diversas. Una de las estrategias que han adaptado estos organismos es incrementar la superficie corporal para poder flotar en el agua, incorporando en el citoplasma glóbulos de grasa y, también, separarse de mudas, corazas, caparazón u otras estructuras. No obstante, hay otros ejemplares que poseen flagelos y apéndices locomotores (copépodos o seudópodos) en su estructura, proporcionando una pequeña capacidad natatoria. La viscosidad del agua tiene una relación inversamente proporcional con la temperatura, la cual en zonas cálidas afecta a la flotabilidad de los plánctones. Por ejemplo, algunas diatomeas presentan ciclomorfosis, que es la habilidad de desarrollar distintas estructuras corporales en invierno (concha corta y obtusa) y en verano (concha larga y ancha con extremos puntiagudos) [26],[27].

3.2.3 Importancia

El plancton es la base primaria de la cadena alimenticia de los ecosistemas marinos, proveedores importantes de micronutrientes esenciales para la fauna marina y responsables de transformar la energía solar y nutrientes en biomasa. También participa de manera importante regulando los parámetros de calidad de los ecosistemas y forma parte de los ciclos biogeoquímicos; a continuación, se detallan las funciones notables del plancton [28].

3.3.3.1 Cadena trófica

Es el concepto que nos permite definir las relaciones alimentarias entre los diferentes tipos de organismos que habitan un ecosistema. Entre ellos mencionaremos al plancton, el cual es parte de una red trófica que consta de tres niveles: productores, consumidores y descomponedores [29].

Existe una variedad de organismos suspendidos en los cuerpos acuáticos como son los autótrofos, o productores primarios con abundante biomasa, estos son denominados: fitoplancton, este realiza procesos de producción de materia orgánica y oxígeno a partir de H_2O, CO_2 y épsilon solar; cuyos productos estarán disponibles para los consumidores, principalmente el zooplancton; los cuales se puede diferenciar según su alimentación: [29]



Figura.3: Clasificación del plancton según su tipo de alimentación
Elaborado por fuente propia.2019.

Así como por medio de la cadena trófica observamos los niveles de alimentación también se cuenta con un nivel, cuyo rol principal es de alimentarse de los restos de animales muertos; se le llama el nivel de los descomponedores; esta función es realizada por el bacterioplancton el cual tiene un rol importante en el flujo del

carbono. La materia orgánica que esta disuelta en el ambiente es descompuesta por las bacterias, proporcionando al medio, nutrientes que posteriormente serán fuente para que el fitoplancton pueda desarrollarse y realizar la fotosíntesis. [24].

Se ha evidenciado que el viroplanton en las cadenas tróficas, son depredadores del fitoplancton, zooplanton y bacterioplancton, de esta manera este consumidor libera más materia orgánica e inorgánica a los sistemas acuáticos, de tal manera que se continúe con la red trófica acuática [29].

En el sistema marino; muchos peces, crustáceos, mamíferos, aves se nutren de fito y zooplancton, por ello el plancton, como conjunto, se encuentran ubicados en la base de la cadena trófica, siendo alimento para mamíferos, animales marinos, e incluso terrestres, puesto que son los alimentos principales en los ecosistemas marinos. Ya sea directa o indirectamente [25].

3.3.3.2 Bioindicadores de las aguas

Según Robledo & Freile-Pelegrín, (2014) se define “bioindicador acuático” como un organismo vivo que se utiliza para determinar la calidad del agua y la contaminación. Los organismos vivos a lo largo de la historia mantienen interrelación con su entorno, de tal manera que una mínima variación ambiental los puede llevar a sucumbir o proliferar, según su adaptabilidad. Por ejemplo: los plánctones son muy sensibles a cualquier cambio en el ambiente, por tal motivo, nos proporciona información sobre las condiciones en las que se encuentra el medio que los rodea [30].

Es por ello que un bioindicador es un organismo vivo que puede tener filiación con animales, vegetales, fúngica, etc., que son frecuentemente usados para monitorear, evaluar, y controlar la calidad ambiental de un ecosistema; siendo una manera sencilla y económica [31].

El recurso acuático, cuando se encuentra en “homeostasis”, los microorganismos descomponedores asumen su rol de autodepuración, de tal modo que se mantiene

constante la cantidad de ciertas sustancias que se encuentran disueltas en el entorno. [32].
Sin embargo, cuando el sistema se ve amenazado ya sea por procesos naturales o actividades antrópicas, la potencialidad de estos factores biológicos se convierte en bioindicadores naturales del agua, ya que son altamente tolerantes a elementos contaminantes (agroquímicos, aceites y detergentes), es por ello que permite conocer el estado que se encuentran los cuerpos de agua a por medio de la cuantificación del xenobiorico en lo tejidos de las especies. También nos permite conocer los cambios abióticos del ecosistema, estos afectan principalmente el metabolismo y crecimiento del plancton. [33].

El fitoplancton y el zooplancton bioacumulan a gran velocidad a metales presentes en el medio siendo elevado por la relación entre la superficie que le rodea y el volumen de agua, por ello su tasa de bioacumulación es mayor y dicho fenómeno es frecuente en ellos, siendo relevante cuantificar su incorporación de dichos tóxicos en la especie [34].

3.3.3.3 Ciclos biogeoquímicos

El ciclo biogeoquímico nos permite conocer las interdependencias que existen entre los componentes del ecosistema, de tal manera que agrupan en un solo sistema los procesos naturales; por lo tanto, apoya la identificación de los intercambios, reciclado químico, alteraciones antrópicas y/ naturales, problemas ambientales [35].

Se ha demostrado que los ciclos del hierro, manganeso, cobalto, zinc son metales de trazas esenciales, mientras que el cadmio y plomo no lo son para el metabolismo del plancton; cada metal es tóxico según supere la biodisponibilidad del microorganismo.
Por lo tanto, el plancton es un determinante para la transferencia de los metales mencionados con anterioridad por la red trófica, de tal manera que se optimiza la retroalimentación y regularización [36], [37].La mayor adsorción de los metales va

depender de las fases disueltas y /o partículas , como el factor físico químico del pH en el sistema acuático [38], estas fases disueltas se incorpora a su citoplasma o en la superficie según el tipo de metal, posteriormente formarán parte de los restos biogénicos y sucesivamente pasarán al siguiente nivel trófico, cuando un consumidor primario lo incorpore; entonces los metales son asimilados en pellets fecales o regenerados de tal forma que pueden volver a ser incorporados o es posible que se bioconcentren, biomagnifiquen y bioacumulen; potenciando efectos negativos en el ecosistema acuático [39].

Algunos microorganismos, gracias a su metabolismo alteran la materia orgánica a inorgánica utilizando diferentes fuentes de energía, como:
- Usar el nitrógeno atmosférico para su crecimiento,
- Obtener energía mediante los gases: el hidrógeno (H_2), monóxido de carbono (CO), o el sulfuro de hidrógeno (H_2S); también de metales pesados: hierro (Fe) o el manganeso (Mn).

Por ejemplo, algunos estudios demuestran que el exceso en disponibilidad de nutrientes disminuye los efectos negativos de los rayos UV, es así que se evidencia un incremento fotosintético en el fitoplancton, sin embargo, para algunos elementos como el fósforo la relación frente a los rayos UV es negativa, no favorece el crecimiento de esto, sino que afecta al ciclo biogeoquímico [40].

Algunas participaciones como las del bacterioplancton que ayudan fundamental en los ciclos biogeoquímicos; azufre, nitrógeno y carbono [40].

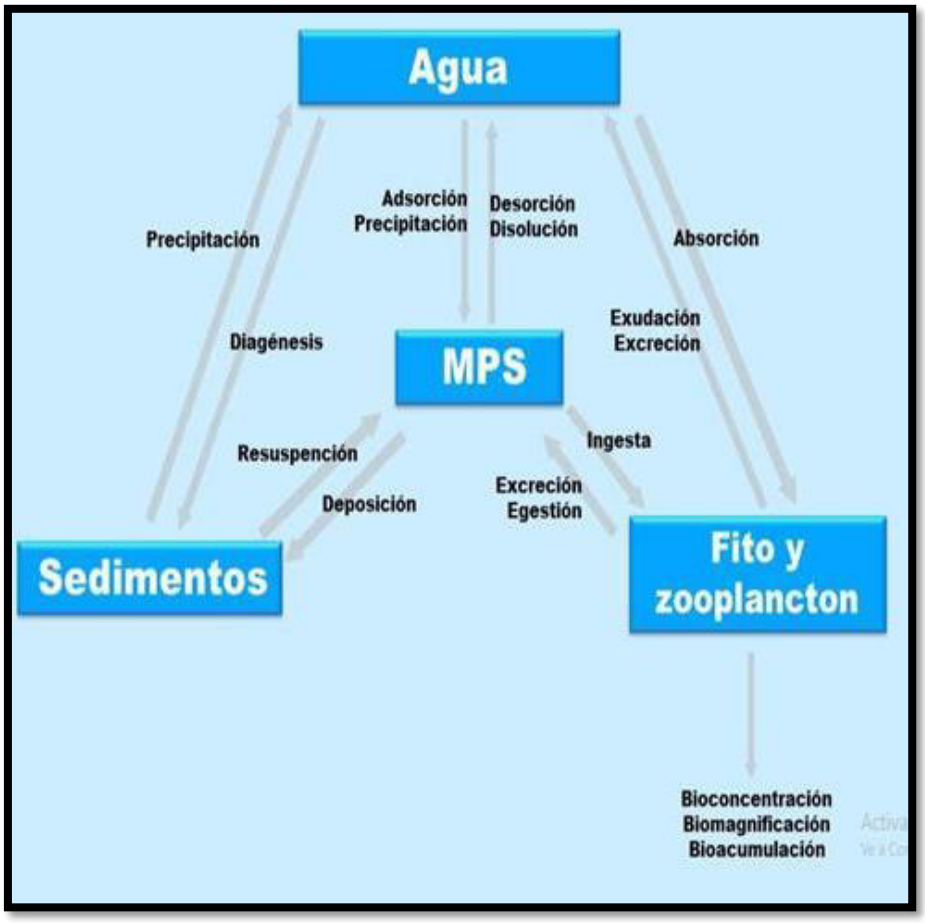

Figura 4. ¨Síntesis de los ciclos biogeoquímicos de metales pesados en estuarios¨

Fuente: Villagrán 2019 [36].

En el proceso de la figura 4, resume la interacción del agua, sedimento, material particulado en suspensión (MPS) y el Fito y zooplancton. Como los metales pesados por procesos de desorción/adsorción y disolución/precipitación el metal disuelto interactúa con el MPS, asimismo la interacción con el sedimento será por procesos de resuspensión/deposición. Por otra parte, con el fito y zooplancton, ocurren mediante procesos biológicos de biotransformación. Es ahí que debemos hacer hincapié que se puede determinar el grado de contaminación si se utilizan como bioindicadores acuáticos ya que se manifiestan en ellos procesos de bioacumulación, bioconcentración y biomagnificación [37].

3.3.3.4 Regulación del clima

El medio acuático es un sistema oligotrófico en el cual se considera los siguientes: hierro, nitrógeno y fósforo, siendo muy importante para los organismos vivos. Existen microorganismos como el plancton bacteriano que consumen nutrientes de orígenes naturales y antropogénicos. Esto es debido, ya que poseen maquinarias enzimáticas que pueden transformarlos [41].
La alta sensibilidad que tienen los organismos planctónicos frente a un medio acuático variable conlleva a estimar la precisión de efectos respecto al cambio climático. De tal manera que se perfila al plancton marino como un proveedor de gran importancia en el ciclo climático [42].

Por ejemplo, algunas especies de plancton intervienen al ciclo del azufre, mediante la acumulación y producción de emisiones del dimetilsulfoniopropionato (DMSP), compuesto más abundante en los océanos; el cual permite contrarrestar la salinidad en los cuerpos de agua, al realizarse la descomposición enzimática del DMSP se obtiene el DMS, siendo muy volátil y pudiendo salir a la atmosfera en la que es oxidado por la radiación UV, siendo un núcleo en la condensación para la formación de las nubes. De esta manera intervienen en la regulación de la temperatura ya que la formación de nubes impide el ingreso de las radiaciones UV a la superficie terrestre. Por lo tanto, el DMS ayuda a la disminución del efecto invernadero [42], [41].

También se ha evidenciado en algunas regiones, cuando se altera la irregularidad del plancton, incrementado su concentración en los medios acuáticos, genera variaciones en el cambio de temperatura entre el océano y la atmósfera [42].

3.4 Plomo

La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), el plomo estaría definido como metal de color gris – azulado encontrándose en la corteza de la tierra en pequeñas cantidades, es maleable y dúctil, su número atómico es el 82; 207,19 de peso atómico; 11,34 de gravedad específica. Llega a su punto de fusión con una temperatura de 327,5°C y el punto de ebullición a la presión atmosférica es de 1 725°C siendo peligroso al momento que se calienta, cuando supera los 550 °C ya que comienza a emitir vapor toxico que reacciona con el aire originando al óxido de plomo. El Pb comúnmente se encuentra unido con otros elementos en la naturaleza por ejemplo el sulfuro de plomo [43], [44].

El Pb es considerado el primer agente nocivo responsable de enfermedad profesional u ocupacional de origen tóxico, un peligroso metal que no se recicla íntegramente y no sufre proceso de biodegradación, considerado como un contaminante ambiental de relevancia, debido las consecuencias que este genera en suelo, aire, agua y sobre todo a la cadena alimenticia hasta llegar al ser humano [45].

3.4.1 Fuentes de Exposición

En el siglo 21 es más fácil encontrarse expuesto al Pb, por ejemplo, el suelo por donde se transita, casas antiguas, huertos de frutales antiguos, zonas referidas a minería, sitios industriales, cercanía en las plantas de energía, incineradores, vertederos, alimentos contaminados etc. [44].

3.4.1.1 Plomo en el ambiente

El Pb al estar expuesto en el medioambiente alcanza al agua y suelo (recursos naturales), este se queda suspendido en el medio ambiente en forma de polvo con permanencia indefinida [46].

En las aguas superficiales predomina el Pb^{+2}, cuyo origen es principalmente del sistema de soldaduras y tuberías de Pb que se liberaría al agua si esta se presenta ácida. Al tener partículas en vapores, polvo u otra forma de este metal suspendido en el medio ambiente, generalmente es removido del aire por medio de la lluvia, u otras partículas que caen al suelo o aguas de superficie, estos son como vehículos para este metal que le permite adherirse fuertemente en el entorno que se encuentre, la manera como se transporte el plomo en el suelo se debe a las propiedades fisicoquímicas del mismo medio en el que se encuentra y del tipo de sal que encontremos. Sin embargo, el plomo tiene probabilidad mayor de incorporarse a partículas que se encuentran en el suelo o en el sedimento del agua permaneciendo muchos años [44], [47].

3.4.1.2 Plomo en los alimentos

La intoxicación con plomo fue una de las primeras contaminaciones debido a que este metal estuvo presente en las canalizaciones del agua y en el almacenamiento de alimentos y bebidas. En la antigua Roma, por ejemplo, se usaron contenedores de cerámica y barro, cuyas recubiertas contenía niveles elevados de plomo [48].

Actualmente la mayoría de los alimentos que contienen metales tóxicos que sobrepasan los niveles permitidos son considerados nocivos para la salud humana, a pesar de estar regulados por entidades internacionales y nacionales. Los alimentos se contaminan con Pb posiblemente por exposición de éstos tanto a aguas y suelos que contienen altas concentraciones de Pb [49].

Los factores que influyen en las concentraciones altas de Pb en los alimentos son: las cercanías a zonas industriales, zonas con alta demanda de tráfico, uso de pesticidas en zonas agrícolas, las zonas de autopista, vertederos, puertos comerciales, residuos fertilizantes y, la propia naturaleza del Pb que a un pH acido en alimentos favorece que se eleve sus concentraciones [50].

La ingesta de plomo presente en los alimentos es una de las rutas principales de contaminación de las personas que no presentan exposición ocupacional a este

elemento pesado, desarrollando una exposición crónica con alto riesgo ya que el plomo es un metal bioacumulativo [48].

3.4.2 Toxicocinética

La contaminación con plomo se produce tanto por inhalación como por ingestión, provocando que sea absorbido por el sistema respiratorio y por el tracto digestivo respectivamente, produciendo daños a diversos órganos tejidos y sistemas. El efecto nocivo dependerá, entre otros factores, de la cantidad expuesta, el tiempo de exposición, edad, estado nutricional y de salud de cada individuo [51].

Luego de ser absorbido, el plomo se distribuye bajo un modelo tricompartimental, tal como se aprecia en la figura N° 5. Las concentraciones sanguíneas de plomo (primer compartimento) son el resultado de un aporte del 10 y el 50% de las cantidades de Pb absorbidas por vía de ingestión e inhalatoria respectivamente. El 90% de plomo circulante es transportado a través de los glóbulos rojos, y tiene una semivida de aproximadamente 35 días [44],[52].

La distribución de plomo continua en mayor proporción hacia los tejidos blandos que conforman el segundo compartimento (riñón, hígado y sistema nervioso), teniendo en estos un tiempo de vida media de 45 días [44].

La redistribución en el tercer compartimento conformado por tejidos mineralizados, siendo estos los dientes y los huesos, indica una exposición acumulativa aumentando el tiempo de vida media del plomo a 25 años. Esto se debe a la formación de compuestos estables que se depositan en la metáfisis y la epífisis, las cuales son las zonas más metabólicas de los huesos. La remodelación ósea se realiza durante toda la vida del individuo [53], [44], [54].

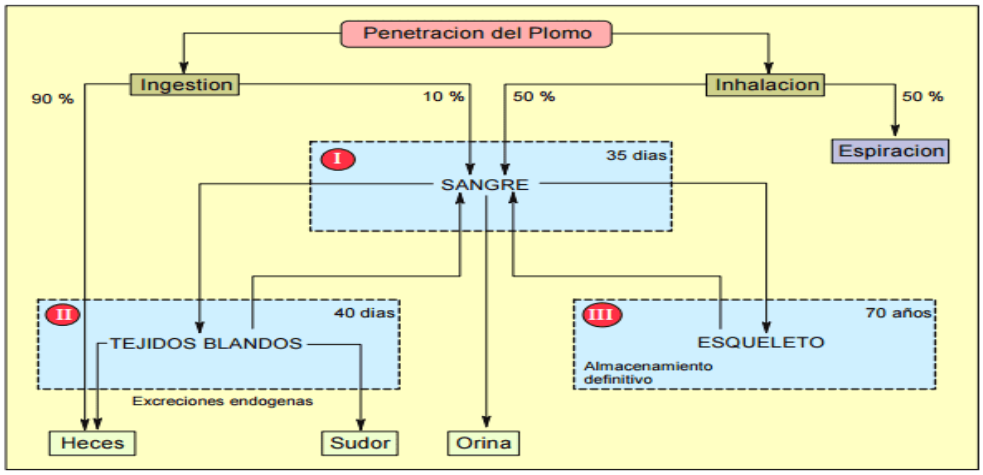

Figura 5: Modelo de Distribución del Plomo
Elaborado por Gisbert .1997.

El plomo llega a la orina siendo excretado con esta en 80%, en pequeñas cantidades se excreta con las heces, la saliva, el sudor, en el cabello y las uñas. Cuando existe una marcada intoxicación por plomo, se elimina por la saliva; la presencia de este elemento va a provocar la pigmentación del borde marginal de las encías por la formación de precipitado de sulfuro de plomo [55].

La semivida del plomo es de 5 a 10 años; sin embargo, es posible que estos valores varíen si se presentan condiciones que alteren su liberación en los sitios donde se almacenan como: las afecciones óseas, la gestación y el exceso de la hormona tiroidea; ocasionando aumento de las concentraciones sanguíneas [44].

3.4.3 Toxicodinamia

Uno de los mecanismos por los cuales el Pb en su estado catiónico (Pb +2 o Pb+4) produce toxicidades debido a que presenta una alta afinidad con los grupos sulfidrilos que forma parte de diversas enzimas y proteínas, de modo que genera daños a nivel celular y altera los procesos metabólicos [56]. Además, el Pb presenta un mecanismo competitivo frente a metales esenciales como, Cu, Ca, Fe, Zn en difere ntes células del organismo [57]. Cuando existen concentraciones bajas de iones calcio, éste es reemplazado por el plomo, en consecuencia, asumiendo la función de mensajero intracelular. También, el Pb inhibe la bomba de Na+ K+ ATPasa, lo que incrementa la concentración de calcio intracelular; inhibe a la enzima aminolevulínico deshidratasa (ALD) y ferroquelatasa, coproporfirinógeno oxidasa, esto último altera la formación de hemoglobina [68], y como consecuencia hay un incremento de protoporfirinas [58], [59].

3.4.4 Manifestaciones Clínicas

La intoxicación aguda con plomo es debido a una exposición elevada, tanto por consumo de alimentos altamente contaminados o a la exposición a vapores de plomo. En el sistema digestivo se manifiesta con estreñimiento o diarrea, dolores epigástricos y abdominales violentos. A nivel renal en adultos, altera la tasa de filtración glomerular y se relaciona con hipertensión y gota, mientras que en los niños se manifiesta de manera más frecuente la disfunción tubular proximal con fosfaturia, glucosuria y aminoaciduria. Además, se presentan lesiones renales con uremia, albuminuria, oliguria, aminoaciduria. La alteración a nivel del sistema nervioso central va a provocar vértigo, ataxia, caídas, torpeza, cefalalgia, insomnio, irritabilidad e inquietud [54], [60],[76].

Por otro lado, la intoxicación crónica por Pb genera daños en el sistema reproductor femenino, su capacidad de aumentar los niveles de ERO (H_2O_2, O^{2-} y $OH^{-)}$ al inactivar las enzimas antioxidantes genera un desequilibrio oxido - reductor, afectando a la célula lútea y en consecuencia se da una inhibición en la síntesis hormonal, desarrollo folicular y la ovulación. También se presentan trastornos gastrointestinales (cólico saturnino) y alteraciones hematológicas (anemia microlítica – hipocrómica) [61],[62],[63]. Estas manifestaciones se pueden presentar tanto de manera aislada como asociada.

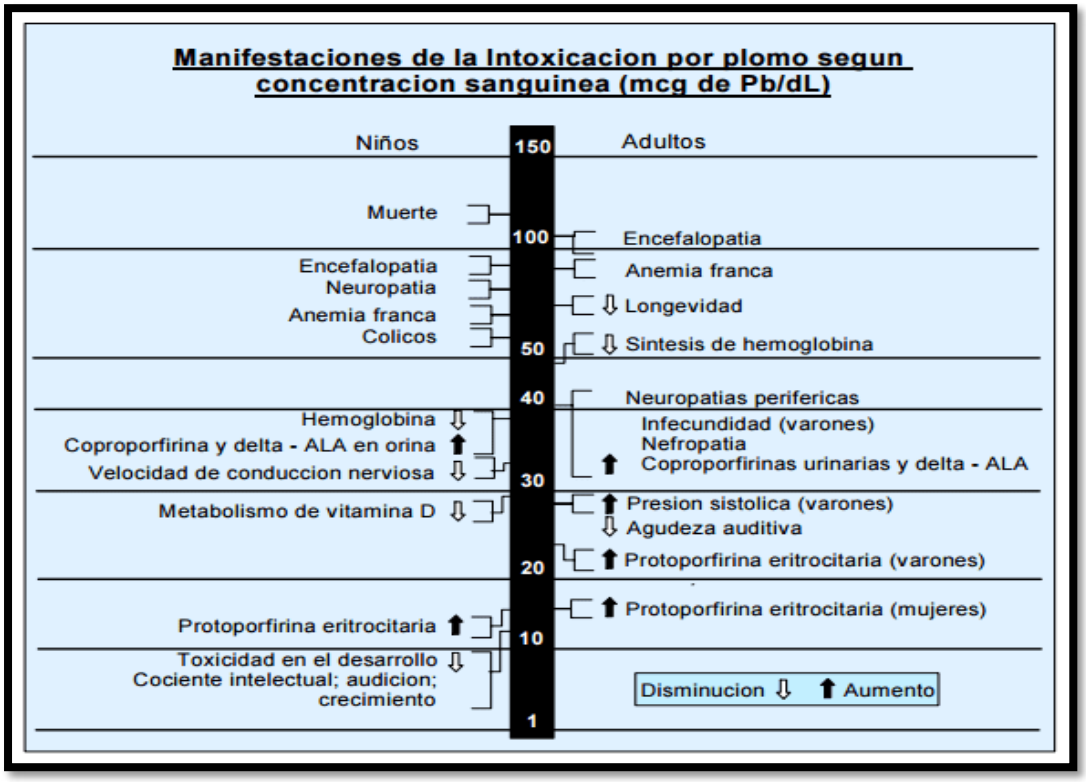

Figura 6. Manifestaciones de la Intoxicación por plomo según concentración sanguínea (Pb/dL)

Elaborado por Goodman.2018 [62]

3.4.5 Química Ambiental del Pb

La contaminación con plomo del medio ambiente se produce por liberación de este metal en las minas de extracción y en las plantas de fundiciones de minerales, así mismo de las fábricas que manufacturan productos con aleaciones de plomo, siendo los más usados; naftenano, estearato, plomo tetraetilo y tetrametilo. Toda esta contaminación afecta a los ecosistemas en su proceso biogeoquímico [64].

En un ecosistema acuático el Pb se encuentra en forma ionizada como Pb^{+2} y Pb^{+4}, que son agentes altamente oxidantes, además que el Pb^{+2} es la especie inorgánica que predomina en todo rango de pH y en la mayoría de las aguas naturales; a medida que aumenta el pH del medio se produce mayor hidrolización [66]. Por otro lado, si el sistema mantiene un pH neutro, el plomo tiende a complejarse con materia orgánica, entonces se reduce el Pb^{+2} disuelto.

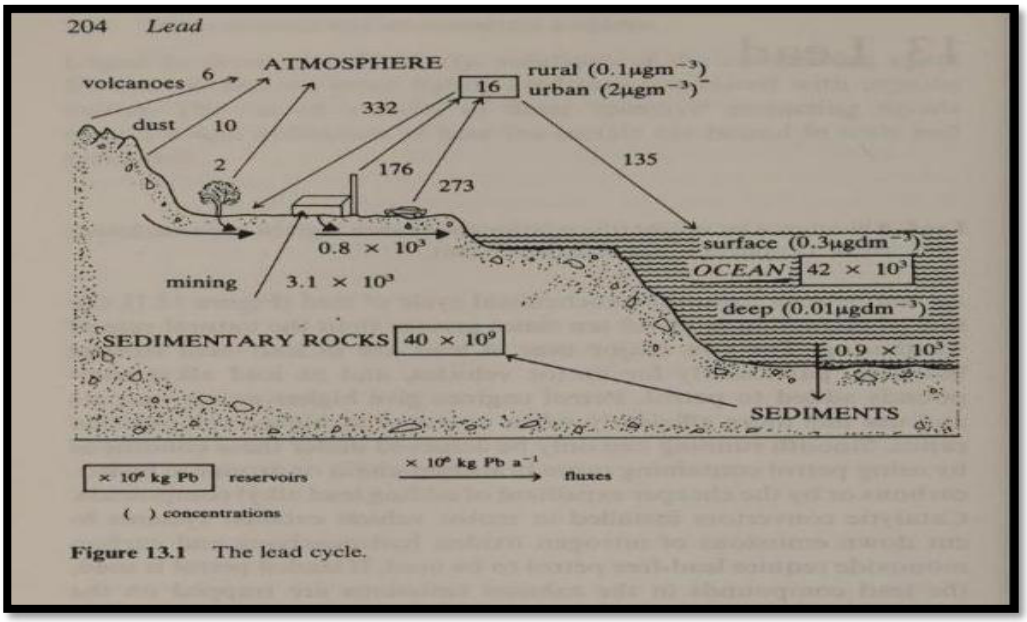

Figura 7: El ciclo del Plomo
Elaborado por Neill PO.2012 [68].

La persistencia del plomo se debe a la interacción de sus compuestos contaminantes en la atmosfera, donde se desencadena reacciones que dan como resultados productos más persistentes. Estos se trasladan por medio de los ríos a lugares más lejanos logrando un área de mayor extensión del contaminante; por ejemplo, el tetraalquilplomo (combustible) forma dialquilos y trialquilos de plomo [64], [66].

Mientras el traslado del Pb continúa por superficies sedimentarias y rocosas, este es absorbido por compuestos que contienen óxidos de Fe y Mn; no obstante, en la mayoría la penetración de este metal a las capas del suelo depende de una variedad de parámetros como: la textura del suelo, pH, potencial redox, materia orgánica, los oxihidroxidos de Al, Fe, Mn. Resaltar la importancia del Ph, ya que los suelos ácidos tienen gran potencial para la migración de plomo [67],[66].

El Pb disuelto en compuestos propios del medio (agua o suelo) se convierten en formas menos solubles; estas uniones del Pb, se da por incorporación con minerales o unido a la superficie del suelo por absorción, coprecipitación e intercambio de iones. En el suelo existen dos componentes naturales que tienen la capacidad de combinarse con el plomo a diferentes niveles de pH, por ejemplo, el carbonato a un pH 6 se une con el plomo y tiene el control de partición, el sulfuro a un pH neutro se une con el plomo y actúa como regulador en el suelo. La ausencia de estos componentes provocaría que los óxidos metálicos se unan al plomo, por ejemplo, el óxido de manganeso [67], [68].

3.5 Cadmio

El cadmio (Cd), se ubica en la tabla periódica en el grupo 12, es un metal dúctil (conduce el calor o la electricidad), maleable (gran facilidad para ser manipulado) y blando (capacidad de ser flexible), de color plateado. En la naturaleza se encuentra ocho isotopos. [70], [71] Este metal abunda como óxidos complejos, por ejemplo: carbonatos en el zinc o plomo, sulfuros [75].

Además, este metal es uno de los 126 contaminantes conocidos Según la Agencia de Estados Unidos (EPA); siendo un elemento no necesario para los seres vivos [72], [73], [74].

El Cd produce daños a nivel renal, óseo y respiratorio, es clasificado como carcinógeno humano [76], [77], [78].

3.5.1 Fuentes de Exposición

Los seres vivos se encuentran muy expuestos a la contaminación por Cadmio, siendo las principales fuentes de exposición el humo del cigarrillo, la soldadura, los alimentos y bebidas contaminados, según el Tercer Informe Nacional sobre *"Exposición Humana a los Productos Químicos Ambientales"* (NHANES) [79].

Las personas están expuestas al cadmio por las siguientes fuentes: ambiente de trabajo, los alimentos, agua de consumo humano, y el tabaco. El humo del tabaco es la principal fuente de exposición del Cd, causando un mayor riesgo cardiovascular y daño tubular renal, presentándose estos efectos con niveles bajos de cadmio en orina y sangre [80], [81].

El cadmio, a nivel atmosférico, es transportado grandes distancias por medio de los vientos [81]. La contaminación con cadmio de las aguas es debido a las emanaciones procedentes de la minería y fundiciones. [77].

La mayor bioacumulación del cadmio es en moluscos y crustáceos, a diferencia de verduras, cereales y raíces almidonadas, en el que se halla en concentraciones bajas. [77].

3.5.2 Toxicocinética

La principal vía de absorción de cadmio es la respiratoria, cuya fuente es el ambiente laboral, por la vía digestiva hay una absorción del 5-10%. La distribución es a través de los eritrocitos hacia el riñón, hígado y pulmón, presentando una semivida toxicológica mayor a 30 años [57].

Las personas intoxicadas con cadmio presentan toxicidad multisistémica(79), debido a que, este metal) se unen a las proteínas que presentan grupos sulfhidrilos (ricas en cisteínas) produciendo daño tanto renal como hepático por la formación de metalotioneinas. Cuando la capacidad de producir Metalotioneinas en el túbulo proximal se agota, comienza el daño progresivo de sus células, porque los niveles intracelulares de Cd^2 se incrementan. [82] [84].

3.5.3 Toxicodinamia

El cadmio se une al glutatión de forma irreversible provocando su agotamiento incrementándose las especies reactivas de oxígeno, teniendo efectos directos en la estructura del ADN y expresión génica, y provoca la rotura de hebras en el ADN, por el ataque de las especias altamente reactivas [83]. Una manera de conocer la influencia del cadmio en bivalvos es por los daños que provoca en los procesos de síntesis y transcripción del ARN, causando, la disminución del índice ARN/ADN a nivel mitocondrial, alterando las funciones metabólicas y fisiológicas [81].

La principal enzima usada para medir el efecto inhibitorio del cadmio en diferentes matrices y que cumple un rol importante en el sistema biológico de la persona, es la enzima ureasa, que es inhibido por dicho metal, es decir, causa una disminución en la actividad enzimática y libera poca cantidad de amonio [85].

3.5.4 Manifestaciones clínicas

Los principales daños ocasionados por el cadmio son a nivel renal y óseo, siendo más susceptibles las personas que presentan una baja concentración de hierro (Fe), en los que se presenta un mayor daño toxico [55].

La intoxicación aguda es muy rara, su sintomatología frecuente son las náuseas, diarreas y dolor abdominal (cólicos). Sin embargo, existen casos: como exposición por vía inhalatoria del cadmio que ocasiona síntomas inespecíficos que van desde unas pequeñas molestias sin importancia hasta una necrosis renal cortical bilateral con edema pulmonar; se reportó un caso fatal por ingestión, de un paciente que ingirió 150 gramos de cloruro de cadmio [77] [86].

La intoxicación crónica por cadmio es más usual que la aguda. Se manifiesta como: enfermedad pulmonar obstructiva crónica o alguna clase de cáncer pulmonar; y daño a los túbulos renales que pueden ser similar al síndrome de Fanconi [75].

3.5.5. Química Ambiental del Cd

El cadmio se encuentra con valencia ($^{+2}$) en el medio natural, su comportamiento químico es similar al Zinc, pero es más afin al azufre, y tiene mayor movilidad en medios ácidos, por lo que en solución forma especies químicas tales como $CdOH^{+}$, $CdHCO^{3}$, $CdCl^{+}$, $Cd(OH)^{3-}$, $CdCl3^{-}$, $Cd(OH)4^{2-}$ y $CdCl4^{2}$ y quelatos orgánicos. La solubilidad de las sales de cadmio es muy variable, presentan mayor solubilidad las sales de sulfato, nitratos y halogenuros, a diferencia de los carbonatos, hidróxidos y óxidos que son funcionalmente insolubles [71], [87].

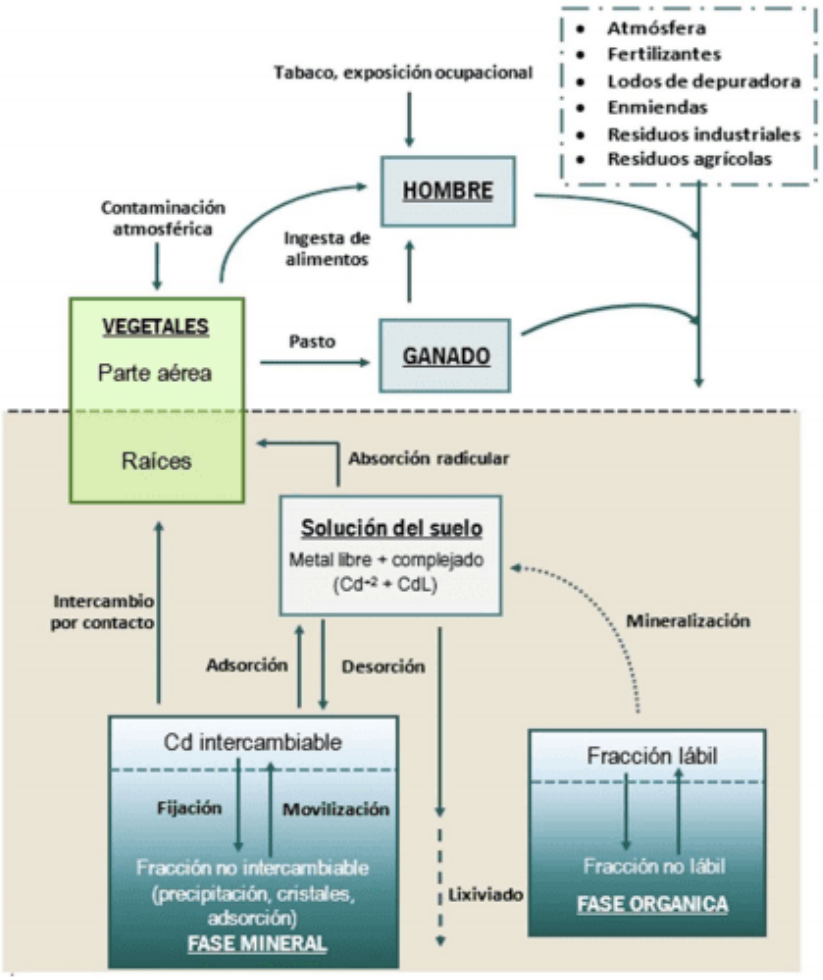

Figura 8: “Flujograma del Cadmio en el Ambiente”
Elaborado por Ramírez .2002

En el medio ambiente el cadmio se oxida dando como resultado al óxido de cadmio (CdO) en fundiciones o durante procesos de refinación [88].

En condiciones de altas temperaturas en el aire puede estar en su forma de sulfato o cloruro como vapores o partículas; es así que estos compuestos se desplazan largas distancias depositándose en cuerpos de agua o en la superficie del suelo [78].

Sanchez G, menciona que la concentración típica de cadmio en el aire es :

Zona rural de 0,001 – 0,005 µg/m^3,

Zonas urbanas 0,050 - 0,060 µg/m^3

zonas industriales 9,1 - 26,7 µg/m^3 [89]

En el medio acuático, el cadmio está presente como complejos iónicos unidos a compuestos orgánicos e inorgánicos o en su forma de ion libre. Los compuestos altamente solubles, se movilizan largas distancias en los cuerpos de agua, a diferencia de los q tienen poca solubilidad (insolubles), ellos precipitan en el sedimento [56].

La contaminación por cadmio en el agua potable se debe a su origen de soldaduras, tuberías galvanizadas de zinc, grifos, calentadores de agua, filtración de cadmio por aguas subterráneas por el óxido de cadmio, entre otras [88].

Los factores que influyen en el transporte y distribución en cuerpos de agua:

1. Factores hidráulicos, las aguas de los ríos desembocan en el mar, por lo cual el ion Cd^{+2}, en dicho recorrido se une a partículas de suspensión y se depositan en el sedimento, mayormente queda localizado en los estuarios o deltas que son las zonas más cercanas a la costa.

2. Factores químicos, como la solubilidad influida por el pH, está relacionada de manera indirecta, en pH bajos (ácido) el cadmio es más soluble. También, otro factor es la dureza del agua, está relacionado a los minerales que contiene en su forma de carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, nitratos que son formas insolubles del cadmio.

3. Factores microbiológicos, es común que, durante los periodos estacionarios, el agua se inmoviliza en la zona afotica parte anaeróbica de los cuerpos de agua. Allí, hay un nivel bajo de cadmio soluble; esto se da por la siguiente reacción:

$$CdCl^{+} + SO4^{-2} \rightarrow CdS\ (s) + H^{+} + Cl$$

Por la acción microbiana hay una reducción de sulfato a sulfuro, la cual reacciona con formas de cloruros, carbonatos de cadmio, dando como resultado a un precipitado que es el sulfuro de cadmio, que se deposita en el sedimento. [88]

En el desembarcadero con las aguas del mar (aerobia) en “épocas de viento resulta en una desorción del cadmio de los sedimentos del puerto”. Por lo que, el cadmio disuelto se desplaza lejos de la costa, donde es absorbido a materiales sólidos en suspensión, por lo que obtendrán un peso más alto y se depositarán nuevamente en los sedimentos marinos. [88].

Generalmente, las concentraciones del cadmio son:

- agua potable: < 5 µg/L,
- océanos: 0,04 - 0,03 µg/L.

En el suelo, los factores varían según el ambiente local, tales como:

1. La cantidad de materia orgánica.

   El cadmio se adhiere fuertemente a materia orgánica del suelo, debido a ello puede ser absorbido por plantas, y de esa forma se incorpora en la cadena alimentaria. La fijación de Cd es mayor en los suelos con contenidos más elevados de materia orgánica, textura más fina, mayor capacidad de intercambio catiónico y menor saturación de aluminio intercambiable [89].

   Hay que hacer hincapié, que tales procesos de absorción, adsorción y adhesión, son procesos de remediación ambiental, por parte de plantas, algas, hongos; lo cual es una alternativa económica para descontaminar los suelos, como lo es el proceso de fitorremediación [91].

2. El pH

   Según diferentes investigaciones revisadas, se concluye que:

   En los suelos el pH afecta a la dinámica del Cadmio:

En ambientes básico o alcalinos, el elemento cadmio; inmóvil, no se moviliza porque precipita en modo de fosfatos y carbonatos insolubles, favoreciendo la formación de complejos de intercambio catiónico como el hidroxilo monovalente, ejemplo el hidróxido de cadmio Cd(OH). [89]

En los ambientes ácidos la solubilidad del cadmio está modulada por la influencia del pH en la concentración de distintos compuestos del suelo, los sesquióxidos dominan la solubilidad del cadmio, además los oxihidróxidos de hierro y silicatos de aluminio tienen una alta afinidad por el cadmio, por ejemplo, la imogolita y la alofana. [91],[87].

3. El potencial redox (Eh).

Xiong y Lu (1993) y Chuan (1996), afirmaron que los suelos con bajo potencial redox, la solubilidad del cadmio aumenta debido a la disolución de los oxihidróxidos de fierro y manganeso, finalizando en la liberación del metal cadmio. Además, mencionan que en suelos anegados (suelos con exceso de agua), el ambiente es reductor, hay una reducción de biodisponibilidad de este metal, debido a la formación de sulfuro de cadmio (CdS) [37].

El nivel de Cd en suelo:

Valores normales: 0,07 a 1,1 mg/Kg.

Valores contaminación: 300-400 µg/L (Solución de suelo) [88].

3.6 Instrumento Legal

En el ámbito internacional

Límites de exposición

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera como "limite aceptable hasta 40 ug/dL en adultos, inaceptable de 41 a 60 ug/Dl y peligroso cuando rebasa los 60 ug/dL de sangre". Las concentraciones de plomo en sangre oscilan entre 15 y 40 ug/dL de sangre [92].

Y en el caso del alimento 0,01 miligramos por kilo, de acuerdo con el nuevo estándar establecido por la Comisión del Codex Alimentarius [93].

En el caso del cadmio "el límite permisible de 10 ug/L y límite de tolerancia biológica (LTB) de 10 ug/g creatinina eliminada por la orina." [94].

Valor límites establecidos para el cadmio alimentos: 500 ug/persona/semana (FAO/OMS) [93].

En el ámbito nacional

Ley de la inocuidad de los alimentos, Ley N ° 1062 [95].

CAPITULO II: *"De la vigilancia y control de la Inocuidad de los alimentos."*

RM N° 222-2009/MINSA *"Aprueban Norma Sanitaria para el procedimiento de atención de alertas sanitarias de alimentos y bebidas de consumo humano."* [95].

NTS Nº 114 MINSA/DIGESA *"Norma Sanitaria para el almacenamiento de alimentos terminados destinados al consumo humano."*

DS 007-98 SA *"Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y bebidas."*

4. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

El estudio realizado enmarca un diseño no experimental, cuantitativo de nivel descriptivo de corte transversal, realizado en la población de plancton que habita en la playa de Pucusana en el periodo del 2018.

Variable 1: La concentraciones de cadmio en el plancton de la bahía de Pucusana.
Variable 2: La concentraciones de plomo en el plancton de la bahía de Pucusana.

4.2 Descripción del área geográfica del estudio

El distrito de Pucusana, pertenece a la región natural de la costa Central del océano Pacífico, se ubica entre los kilómetros 58 y 68 de la carretera Panamericana sur y tiene una Latitud Sur 12º28´43", Longitud Oeste 76º47´44" y cuenta con una Altitud de 15 msnm.

Zona de muestreo

Se determinaron un total de seis sitios de toma de muestra **(figura 9):**

Zona oceánica Norte (Codificación de Muestra: ONA, ONB, ONC, OND) Coordenadas UTM: 03050208620757 Hora: 11:30

Zona oceánica centro (Codificación de Muestra: OCA, OCB, OCC, OCD) Coordenadas UTM: 03045298620685 Hora: 12:00

Zona oceánica sur (Codificación de Muestra: OSA, OSB, OSC, OSD) Coordenadas UTM: 03040568620544 Hora: 12:30

Zona nerítica norte (Codificación de Muestra: NNA, NNB, NNC, NND, NNE) Coordenadas UTM: 03050058619950 Hora: 11:00

Zona nerítica sur (Codificación de Muestra: SA, SB, SC, SD) Coordenadas UTM: 03043568619748 Hora: 10:07

Zona nerítica centro (Codificación de Muestra: NCA, NCB, NCC) Coordenadas UTM: 03046088619924 Hora: 10:35



Figura 9: Zona de Muestreo en la Playa de Pucusana
Elaborado por Google Mapas.2019

4.3 Diseño de estudio

Unidad de estudio

Plancton

Población de estudio

Plancton que habita en la bahía de Pucusana

Tamaño de la muestra

Está conformado por las 24 muestras colectadas en la bahía de Pucusana, en la estación de primavera del año 2018.

Selección de la muestra

Criterios de inclusión

Las muestras hidrobiológicas de plancton son tomadas en la estación de primavera en horas matutinas en frascos y sean trasladadas en condiciones de temperatura controlada, para su conservación.

Criterios de exclusión

Serán excluidas del estudio si:

- Muestras de plancton en mal estado.
- Muestras tomadas en una estación diferente a la primavera

Etapas de estudio

Proceso de recolección [96]

La muestra hidrobiológica se tomó en la zona nerítica y zona oceánica, durante la estación de primavera empezando desde las 8am hasta las 11am. De cada zona se recolectó muestras representativas por cuadruplicado en los sectores del Norte, Centro y Sur en la playa de Pucusana, haciendo un total de 24 muestras para el análisis.

Tabla Nº1: Total de muestras hidrobiológica en la playa de Pucusana

	Playa			Total de Muestra
	Norte	Centro	Sur	
Zona Nerítica	5	3	4	12
Zona Oceánica	4	4	4	12
				24

Nota. La tabla representa la cantidad de muestras tomadas en cada punto de muestreo en la playa Pucusana.Elaborado por fuente propia.2019.

Se realizó en frascos de polietileno de tapa blanca de 250 mL aproximadamente cerrados provistos de tapa y contratapa, para protección de caídas accidentales, y trasladar el material preparado en condiciones asépticas en un contenedor, que garanticé un sistema de temperatura entre 4-8ºC y que permita el transporte de los frascos, que faciliten el buen posicionamiento y debidamente etiquetados en posición vertical.

Y se trasladó en condiciones de temperatura controlada para una mejor conservación, hasta la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM

4.4 Técnica operatoria

Análisis fisicoquímicos:

Determinación de temperatura

Se realizó la medición de la temperatura superficial mediante un termómetro**.**

Determinación de pH

Se realizó la medición del pH por medio del potenciómetro digital de mesa.

Determinación de humedad

Se realizó la medición mediante la perdida de agua por secado, mediante AOAC (termogravimetria). [97]

Determinación de Plomo y Cadmio [98]

Método: Espectrofotometría de absorción atómica en el CICOTOX.

Reactivos

-Ácido Clorhídrico 35-37%, Merck

- Matrix Modificador $NH_4H_2PO_4$, PerkinElmer

-Nitrato de Magnesio, Merck

-Solución Patrón de Plomo 1000ppm, Merck

- Solución Patrón de Cadmio 1000ppm, Merck

-Solución pH 4,01, Hanna

-Solución pH 7,01, Hanna

-Solución pH 10,01, Hanna

Equipos

Espectrofotómetro de absorción atómica - Thermo Fisher Scientific, iCE 3300

Balanza Analítica - DENVER, EK-610i

Estufa – Memmert, UN 30

Mufla – THERMOLYNE, FB1410M-26

Plancha de Calentamiento – Robax, D79282

Potenciómetro digital de mesa – HANNA, HI5221

Material Biológico

Plancton

Material de Laboratorio

Papel Whatman Nº 41

Crisoles de porcelana de 20mL

Fiolas de vidrio de 25mL, 100mL, 250mL.

Pipetas Volumétrica de vidrio de 5mL, 10mL, 20mL, 25mL y 30mL
Termómetro de vidrio

Procedimiento:

1. La masa de las muestras de plancton se lavó con agua libre de metales y posteriormente se pesó 1 g (peso seco) en crisoles de porcelana,
2. Se agregó 2mL de Nitrato de Magnesio al 20% P/V en los crisoles.
3. Luego, se colocó en una estufa 105ºC por 3 horas.
4. Posterior, se llevó a plancha de calentamiento a temperatura de 350 ºC hasta completar pre-calcinación.
5. Se lleva a calcinación a mufla a 450ºC por 5 horas.
6. Para la digestión, adicionó 5mL de una Solución de HCl 6M, calentó en plancha por 5 minutos y transfirió la solución en una fiola de 25mL y diluir a agua ultra pura, agitar y dejar reposar.
7. Y se procedió a filtrar con papel Whatman # 42 para lectura Cd, Pb en un espectrofotómetro de absorción atómica.

Estándares

Curva de calibración

Tabla Nº2: Curva de calibración del plomo

Curva de Calibración del Plomo	
CONCENTRACIÓN ppb (µg/L)	ABSORBANCIA
0	0
50	0.017
100	0.034
200	0.067
300	0.111

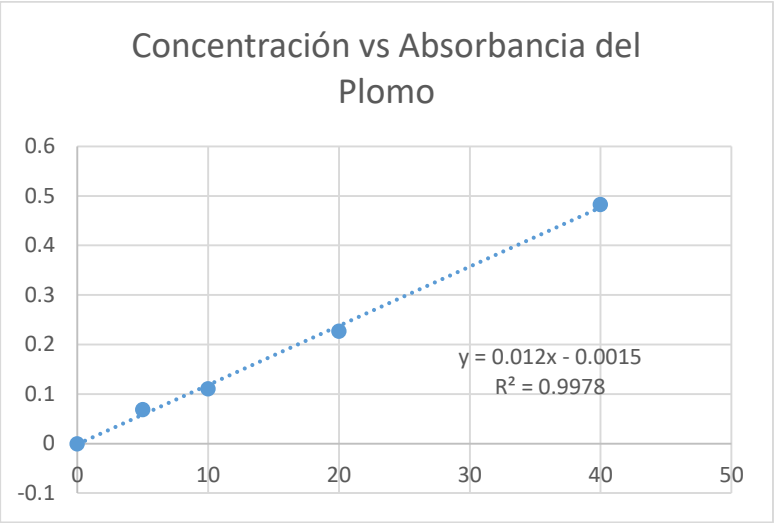

Figura 10: Gráfico de concentración vs absorbancia del plomo.

Elaborado por fuente propia.2019.

Tabla Nº3: Curva de calibración del cadmio

Curva de Calibración del Cadmio	
CONCENTRACIÓN ppb (µg/L)	ABSORBANCIA
0	0
5	0.069
10	0.111
20	0.227
40	0.483

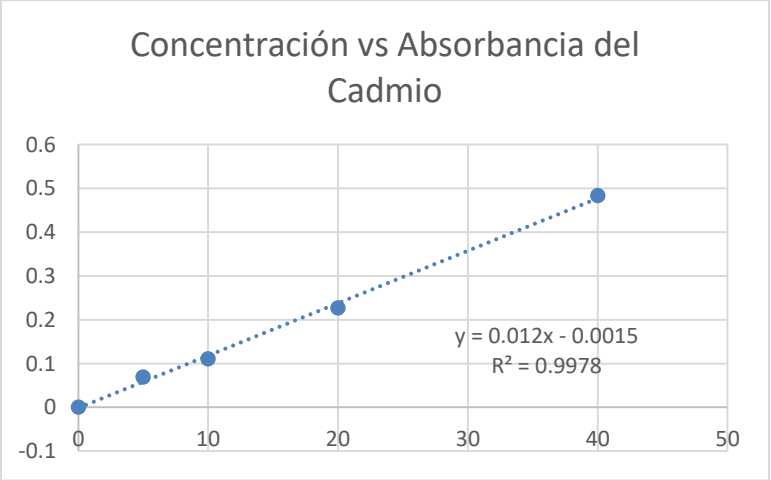

Figura 11: Gráfico de concentración vs absorbancia del plomo.
Elaborado por fuente propia.2019.

5. RESULTADO

Los resultados están distribuidos en tablas estadísticas para su mayor comprensión (Tabla N°4 concentraciones de plomo y cadmio, tabla N°6 parámetro fisicoquímicos) y posteriormente tablas detalladas según la zona de muestreo.

En la tabla N° 5 se observan los promedios de las concentraciones de plomo que representa un 6,17 mg/Kg, entre 0,013 a 38,026, valor que supera los niveles establecidos en el Codex Alimentarius de la OMS/FAO [93], que recomienda la dosis máxima de plomo 0,01mg/Kg en alimento y tal como se muestra en la figura 12 el 100 % de las muestras de plancton presentaron valores mayores a los permitidos.

De modo similar, realizando el análisis en la tabla N°5 se observa la concentración promedio de cadmio en un 49,28mg/Kg, entre 21,5 a 86,80, valor que supera los niveles Codex Alimentarius de la OMS/ FAO [93], que recomienda la dosis máxima de cadmio 0,05 mg/kg en alimento tal cómo se muestra en la figura 13, el 100% de las muestras de plancton presentaron valores mayores a los permitidos.

TABLA N 4

Concentraciones de plomo y cadmio en plancton de la playa de Pucusana, 2018**.**

Nº	Muestra	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
1	SA	38.026	47.68
2	SB	17.898	21.5
3	SC	22.074	35.15
4	SD	19.227	36.99
5	NCA	5.132	39.4
6	NCB	2.112	39.78
7	NCC	6.237	40.8
8	NNA	7.773	38.14
9	NNB	5.643	34.65
10	NNC	8.544	37.03
11	NND	5.221	36.74
12	NNE	7.482	25.04
13	OSA	0.026	59.3
14	OSB	0.098	64.9
15	OSC	0.019	44.18
16	OSD	0.008	36.54
17	ONA	0.113	65.06
18	ONB	0.035	86.78
19	ONC	0.183	86.8
20	OND	0.013	77.36
21	OCA	0.225	69.88
22	OCB	0.595	60.88
23	OCC	1.028	55.27
24	OCD	0.49	42.89

TABLA N 5

Valores promedios de las concentraciones de plomo y cadmio del plancton**.**

	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
PROMEDIO	6.17508333	49.280
RSD%	152.066332	36.977

Tabla N° 6

Parámetros fisicoquímicos de la zona de estudio Pucusana, 2018.

Nº	Muestra	Humedad (%)	Temperatura	pH
1	SA	12	22.4	7.46
2	SB	13	22.6	7.64
3	SC	12	22.3	7.58
4	SD	13	22.4	7.48
5	NCA	11	23.0	7.7
6	NCB	12	22.9	7.65
7	NCC	13	22.9	6.63
8	NNA	12	22.6	7.42
9	NNB	12	22.6	7.46
10	NNC	12	22.5	7.54
11	NND	11	22.8	7.44
12	NNE	12	22.7	7.57
13	OSA	12	22.6	7.19
14	OSB	11	22.6	7.22
15	OSC	12	22.4	7.2
16	OSD	13	22.5	7.18
17	ONA	11	23.2	7.22
18	ONB	12	23.1	7.25
19	ONC	12	23.2	7.3
20	OND	11	23.3	7.24
21	OCA	13	22.3	7.24
22	OCB	12	22.3	7.30
23	OCC	11	22.2	7.33
24	OCD	12	22.4	7.28

TABLAN 7

Valores promedios de los parámetros fisicoquímicos.

	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
PROMEDIO	11.95833	22.65833	7.355
RSD%	5.772150	1.419202	3.505

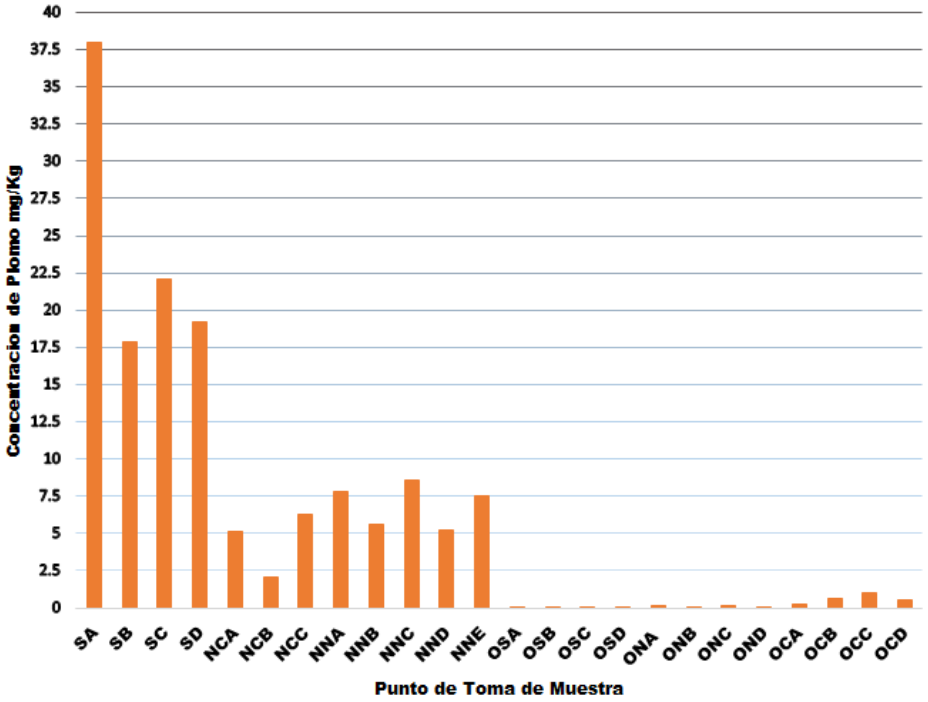

Figura 12. Distribución de la concentración de plomo en el plancton de la playa de Pucusana en el 2018.

Fuente elaboración propia.2019.

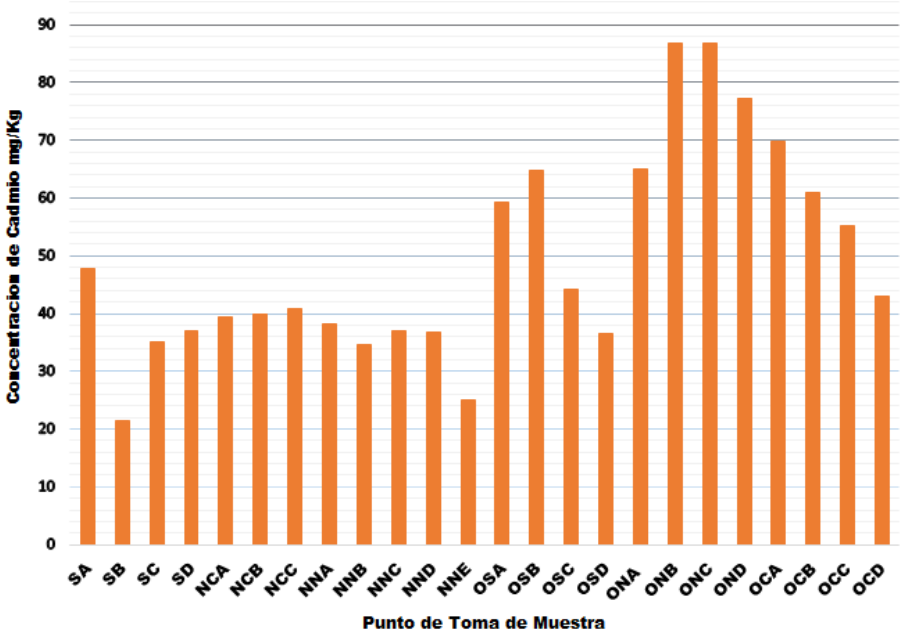

Figura 13. Distribución de la concentración de cadmio en el plancton de la playa de Pucusana en el 2018.

Fuente elaboración propia.2019.

TABLA Nº8: Concentraciones de plomo y cadmio del plancton en la zona nerítica- sur (SA. SB,SC.SD).

Muestra	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
SA	38.026	47.68
SB	17.898	21.5
SC	22.074	35.15
SD	19.227	36.99

TABLA Nº9: Análisis descriptivos de plomo y cadmio del plancton en Zona.

	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
N	4	4
Mínimo	17.0898	21.5
Máximo	38.026	47.68
Media	24.30625	35.33
Desv. típ.	38.3066343	30.4226547
Varianza	86.6929763	115.526467

TABLA Nº10: Parámetros fisicoquímicos en la Zona Nerítica Sur.

Muestra	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
SA	12	22.4	7.46
SB	13	22.6	7.64
SC	12	22.3	7.58
SD	13	22.4	7.48

TABLA Nº11: Análisis descriptivos fisicoquímicos. Zona Nerítica Sur.

	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
N	4	4	4
Mínimo	12	22.4	7.46
Máximo	13	22.6	7.64
Media	12.5	22.425	7.54
Desv. típ.	4.618802	0.56111	1.1253688
Varianza	0.33333	0.015833	0.0072

TABLA Nº12: Concentraciones de plomo y cadmio del plancton en la zona nerítica- centro (NCA, NCB, NCC)

Muestra	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
NCA	5.132	39.4
NCB	2.112	39.78
NCC	6.237	40.8

TABLA Nº13: Análisis descriptivos de plomo y cadmio del plancton en Zona Nerítica Centro.

	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
N	3	3
Mínimo	2.112	39.4
Máximo	6.237	40.8
Media	4.49366	39.99333
Desv. típ.	47.518	1.81022
Varianza	4.559508	0.524133

TABLA Nº14: Parámetros fisicoquímicos en la zona nerítica- centro (NCA, NCB, NCC)

Muestra	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
NCA	11	23	7.7
NCB	12	22.9	7.65
NCC	13	22.9	7.63

TABLA Nº15: Análisis descriptivo de los Parámetros fisicoquímicos en la zona nerítica- centro (NCA, NCB, NCC)

	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
N	3	3	3
Mínimo	11	22.9	7.63
Máximo	13	23	7.7
Media	12	22.9333	7.66
Desv. típ.	8.3333	0.25175157	0.47069
Varianza	1	0.003333	0.0013

TABLA Nº16: Concentraciones de plomo y cadmio del plancton en la Zona Nerítica- norte (NNA, NNB, NNC, NND, NNE)

Muestra	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
NNA	7.773	38.14
NNB	5.643	34.65
NNC	8.544	37.03
NND	5.221	36.74
NNE	7.482	25.04

TABLA Nº17: Análisis descriptivos de plomo y cadmio del plancton en Zona Nerítica Norte - Estad. Descriptivos

	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
N	5	5
Mínimo	5.221	25.04
Máximo	7.773	38.14
Media	6.9326	34.32
Desv. típ.	20.6495696	15.556562
Varianza	2.0493413	28.50505

TABLA Nº18: Parámetros fisicoquímicos en la Zona Nerítica- norte (NNA, NNB, NNC, NND, NNE)

Muestra	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
NNA	12	22.6	7.42
NNB	12	22.6	7.46
NNC	12	22.5	7.54
NND	11	22.8	7.44
NNE	12	22.7	7.57

TABLA Nº19: Análisis descriptivo de los Parámetros fisicoquímicos en la Zona Nerítica- norte (NNA, NNB, NNC, NND, NNE)

	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
N	5	5	5
Mínimo	11	22.6	7.42
Máximo	12	22.8	7.57
Media	11.8	22.64	7.486
Desv. típ.	3.78994572	0.50361105	0.87392
Varianza	0.2	0.013	0.00428

TABLA Nº20: Concentraciones de plomo y cadmio del plancton en la Zona Oceánica- norte (ONA, ONB, ONC, OND)

Muestra	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
ONA	0.113	65.06
ONB	0.035	86.78
ONC	0.183	86.8
OND	0.013	77.36

TABLA Nº21: Análisis descriptivos de plomo y cadmio del plancton en Zona Oceánica Norte.

	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
N	4	4
Mínimo	0.035	65.06
Máximo	0.113	86.78
Media	0.086	79
Desv. típ.	90.2393508	13.0402603
Varianza	0.00060227	106.1272

TABLA Nº22: Parámetros fisicoquímicos en Zona Oceánica Norte.

Muestra	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
ONA	11	23.2	7.22
ONB	12	23.1	7.25
ONC	12	23.2	7.3
OND	11	23.3	7.24

TABLA Nº23: Análisis descriptivo de los Parámetros fisicoquímicos en Zona Oceánica Norte.

	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
N	4	4	4
Mínimo	11	23.1	7.22
Máximo	12	23.3	7.3
Media	11.5	23.2	7.2525
Desv. típ.	5.02043712	0.35193818	0.46927675
Varianza	0.3333333	0.006666	0.00115833

TABLA Nº24: Concentraciones de plomo y cadmio del plancton en la zona oceánica-centro (OCA, OCB, OCC, OCD)

Muestra	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
OCA	0.225	69.88
OCB	0.595	60.88
OCC	1.028	55.27
OCD	0.49	42.89

TABLA Nº25: Análisis descriptivos de plomo y cadmio del plancton en Zona Oceánica Centro

	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
N	4	4
Mínimo	0.225	42.89
Máximo	1.028	69.88
Media	0.5845	57.23
Desv. típ.	57.1688898	19.7385017
Varianza	0.111657	127.6074

TABLA Nº26: Parámetros fisicoquímicos en Zona Oceánica Centro.

Muestra	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
OCA	13	22.3	7.24
OCB	12	22.3	7.3
OCC	11	22.2	7.33
OCD	12	22.4	7.28

TABLA Nº27: Análisis descriptivo de los Parámetros fisicoquímicos Zona Oceánica Centro.

	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
N	4	4	4
Mínimo	11	22.2	7.24
Máximo	13	22.4	7.33
Media	12	22.3	7.2875
Desv. típ.	6.80413817	0.36614196	0.51799989
Varianza	0.66666	0.00666	0.0001425

TABLA Nº28: Concentraciones de plomo y cadmio del plancton en la zona oceánica- sur (OSA, OSB, OSC, OSD)

Muestra	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
OSA	0.026	59.3
OSB	0.098	64.9
OSC	0.019	44.18
OSD	0.008	36.54

TABLA Nº29: Análisis descriptivos de plomo y cadmio del plancton en Zona Oceánica Sur.

	Concentración Pb ppm (mg/kg)	Concentración Cd ppm (mg/kg)
N	4	4
Mínimo	0.008	36.54
Máximo	0.098	59.3
Media	0.5845	57.23
Desv. típ.	57.168898	19.7385017
Varianza	0.11165767	127.6074

TABLA Nº30: Parámetros fisicoquímicos en Zona Oceánica Sur

Muestra	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
OSA	12	22.6	7.19
OSB	11	22.6	7.22
OSC	12	22.4	7.2
OSD	13	22.5	7.18

TABLA Nº31: Análisis descriptivo de los Parámetros fisicoquímicos en Zona Oceánica Sur

	Humedad (%)	Temperatura (°C)	pH
N	4	4	4
Mínimo	11	22.4	7.18
Máximo	13	22.6	7.22
Media	12	22.3	7.2875
Desv. típ.	6.80413817	0.36614196	0.51799893
Varianza	0.6666	0.00666	0.001425

6. DISCUSIÓN

En la presente investigación se determinó la presencia de cadmio y plomo en las muestras de plancton recolectadas en doce puntos en la Zona Nerítica y doce puntos en la Zona Oceánica de la playa de Pucusana durante la estación de primavera, adicionalmente, se determinaron otros parámetros auxiliares como pH, temperatura y humedad, que resultaron normales en un ambiente marino, según el IMARPE en sus reportes [100].

Las concentraciones de los metales pesados plomo y cadmio halladas en muestras de plancton fueron de 6,17 mg/Kg y 49,28 mg/Kg respectivamente, las cuales superan los niveles recomendados por el Codex Alimentarius de la OMS/ FAO de cadmio 0,05 mg/kg y plomo 0,01 mg/Kg en alimento [93]. Por ello, todo nivel de exposición implica, un grave riesgo para la salud de las diferentes especies que habitan los diversos nichos ecológicos de la playa de Pucusana, poniendo en peligro la Salud Ambiental, como lo describen los autores Permana R y Akbarsyah N (2021), en el cual concluyen que el impacto de cadmio en el fitoplancton, provocó daño celular e inhibición de la biosíntesis fotosintética [101]. Igualmente, Echeveste, P. et al (2012) indicaron que concentraciones elevadas de cadmio y plomo reducen la población de fitoplancton, alterando sus diferentes procesos biológicos como la división celular, las concentraciones halladas fueron mayores a 0,00011 mg/Kg [102]. Además, Fernández de León S, et al (2016); analizaron el nivel de Pb, Cd y otros metales en suero y leche de mujeres lactantes en Ibadan, Nigeria; y concluyen que el zinc (Zn) interactúa con el Pb y el Cd, disminuyendo la toxicidad en relación con las concentraciones del Zn. Por lo tanto, la madre con deficiencia de Zn, tendrá una mayor concentración de dichos metales, conllevando un problema en la salud pública [103].

En el presente estudio, la concentración de plomo se encontró entre 0,013 a 38,026 mg/Kg equivalente a 0,013 a 38,026 ppm, estos resultados fueron inferiores en cuanto a los intervalos reportados por trabajos de investigación como Pérez D (2020) cuyo intervalo fue de 2,77 a 118,42 ppm [105]. En la investigación desarrollada por Saygi y Ataugusun encontraron concentraciones de plomo en el intervalo de 0,15 a 2,39 mg/Kg [106].

En la presente investigación, la concentración de cadmio encontradas en las muestras de plancton tomadas del litoral de Pucusana, se hallaron en el intervalo de 21,5 a 86,80 mg/Kg equivalente a 21,5 a 86,80 ppm, siendo los resultados de esta investigación superiores a los intervalos reportados por Pérez D (2020) que fue de 0,03 a 16,76 ppm [105]. Sin embargo, en otro estudio realizado por Saygi y Atasagun (2011) encontraron valores inferiores por cantidades entre 0 a 0,037 mg/Kg equivalente a 0 a 0,037 ppm de cadmio [106].

Además, Contreras R (2010) halló 224,02 µg L-1 equivalente a 0,224 mg/Kg (0,224 ppm) de concentración promedio de cadmio, siendo menor a la concentración promedio hallada en la presente investigación [107]. Hay que resaltar que, en estos trabajos de investigación comparados, las muestras de plancton analizadas provinieron de diferentes partes del mundo.

Se debe indicar que en el presente estudio se hallaron concentraciones de cadmio mayores que de plomo, siendo de 49,28 mg/kg y 6,17mg/Kg respectivamente. En plancton recolectado durante la primavera de 2018 en la playa de Pucusana. Estos resultados fueron más altos en comparación con las muestras recolectadas en la costa de Alejandría, Egipto, por Ismail M y El Zokm (2023), que también fueron realizadas en la estación primavera, los valores de plomo encontrados fueron mayores que los de cadmio (0,0016 mg/Kg Pb y 0,0001 mg/Kg Cd). La diferencia entre los dos estudios puede deberse a la contaminación que ingresa a las playas, ya que para nuestro estudio las fuentes contaminantes son: aguas residuales domésticas, las limpiezas de embarcaciones y contaminación por consumo turístico, tal como lo indica el informe técnico legal sobre la problemática ambiental en la bahía de Pucusana (2021). A diferencia del estudio de Ismail M y El Zokm (2023),

las playas estudiadas fueron relativamente no contaminadas, sólo afectadas por el incremento del agua dulce [110, 111]. estos resultados fueron inferiores

Los niveles de plomo encontrados en la presente investigación fueron 24,30 mg/Kg, revelaron una alta concentración, de este metal, en las muestras de plancton recolectadas en la zona nerítica sur, en comparación de los 6 puntos de toma de muestra. Es debido a la problemática ambiental generada por los fondeadores públicos, quizás por la inapropiada descarga de hidrocarburos por parte de las embarcaciones. Generando de esta manera un nivel con mayor concentración, dependiendo del combustible que usan para la navegación y otro tipo de operaciones, de algunos metales pesados. Además, la circulación de las mareas y la intensidad de los vientos provocaría que algunas sustancias nocivas se puedan asentar en los sedimentos, afectando de esta manera las comunidades biológicas marinas y produciendo la biosorción de metales pesados por las algas. Si bien es cierto en los 6 puntos de muestreo la concentración de cadmio es elevada, el mayor punto de concentración promedio de cadmio fue de 79 mg/Kg en las muestras de plancton recolectadas en la zona oceánica Norte. Según el estudio de Ramos y Verde (2021) indican elevada contaminación de cadmio en la zona costera de Venezuela es debido a la afluencia continental y a la capacidad del cadmio de acumularse en los sedimentos cuando los niveles de oxígeno son bajos debido a su afinidad por los sulfuros [110, 111, 112].

La concentración promedia de cadmio obtenido en el presente trabajo fue de 49,28 ppm, encontradas en las muestras de plancton de Pucusana, éstos valores fueron inferiores a los obtenido por Tam, Pinto y Angulo (2001) en su estudio "Efecto del cadmio sobre el crecimiento poblacional de la diatomea marina *Chaetoceros gracilis Schutt*" [108],, que fue de 591 ppm de cadmio, sin embargo debemos tener en cuenta la posibilidad de acumulación en los organismos; Pérez D (2020), que realizó un estudio de acumulación en ambiente marino, en el cual su cadena trófica fue sedimento, plancton, rotífero y pez; concluyó que dichos metales pesados Cadmio y Plomo se incorporan en la cadena trófica, por su cinética ambiental. Debido a ello,

existe evidencia de la bioacumulación de los metales que afecta a la Salud Pública y Ambiental, siendo un potencial peligro.

La importancia que tiene hallar las concentraciones de los metales pesados, plomo y cadmio en el plancton es muy valioso debido al potencial de movilización y la subsiguiente absorción en la red alimentaria [109], afectando tanto al ecosistema y a la población. Por lo tanto, es necesario realizar nuevas investigaciones para poder tener una data histórica del incremento o descenso de la concentración de dichos metales pesados con la finalidad que se desarrollen estrategias frente a esta problemática.

7. CONCLUSIONES

1. Los niveles de plomo y cadmio en plancton de la playa de Pucusana durante la primavera del 2018, superaron ampliamente los niveles permitidos por el Codex Alimentarius de la OMS/ FAO, por lo tanto, hay un grave riesgo a la salud pública y ambiental.
2. La concentración de plomo en el plancton de la playa de Pucusana durante la primavera del 2018 resultaron elevados, con un promedio de 6,17 mg/kg.
3. El nivel de concentración de cadmio en el plancton de la playa de Pucusana durante la primavera del 2018 resultaron elevados, con un promedio de 49,28 mg/kg.
4. La concentración de plomo en el plancton de la playa de Pucusana durante la primavera, superó los niveles Codex Alimentarius de la OMS/ FAO (Plomo 0,01 mg/kg) en todos los puntos de muestreo.
5. La concentración de cadmio en el plancton de la playa de Pucusana, superó los niveles Codex Alimentarius de la OMS/ FAO (Cadmio 0,05 mg/kg) en todos los puntos de muestreo.

8. RECOMENDACIONES

1. Continuar la investigación y monitorear el plancton en todo el Perú porque pueden superar los límites permitidos, y de tal manera podrían evidenciar posibles riesgos a la salud pública.
2. Difundir los resultados, para que las autoridades se informen sobre el impacto que puede tener la toxicidad del plomo y cadmio, y se realicen las acciones preventivas y correctivas (educación a los pescadores, población en general etc).
3. Incorporar un plan de desarrollo y vigilancia ambiental en las municipalidades correspondientes, para que haya ordenamiento de los metales pesados en la zona Pucusana.
4. Capacitar a la comunidad de Pucusana a cerca del riesgo a la toxicidad de plomo y cadmio, y de esa forma se actué de forma proactiva respecto a la Salud Pública.
5. Realizar una política de salubridad en la inocuidad de los alimentos para que no ejerzan un efecto dañino en las personas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lozada J. Determinación de la concentración de metales en *Cyprinus carpio*, *Linnaeus* 1758 (carpa común) de la Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México [Tesis Pregrado] [Internet]. México: Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo; 2007.
   Disponible en: https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10989/Determinacion%20concentracion%20metales%20cyprinus%20carpio.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
2. Tacon A. Ictiopatologia nutricional: Signos morfológicos de la carencia y toxicidad de los nutrientes en los peces cultivados [Internet]. FAO; 1995. [citado 1 de octubre de 2020].Disponible en: https://books.google.com.ni/books?id=PnXIccCnrLkC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false
3. Kehring H, Baptista G, Beneditto A. Biomagnificación de mercurio en la cadena trófica del Delfín Moteado del Atlántico *(Stenella frontalis),* usando el isótopo estable de nitrógeno como marcador ecológico. Rev biol mar oceanogr [Internet]. 2017;52(2). Disponible en: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572017000200004
4. Comas A. Catálogo de las algas y cianoprocariotas dulciacuícolas de cuba [Internet] Cuba. Universo Sur; 2009. Disponible en: http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/2291/1/Algas%20y%20cianoprocariotas%20dulciacu%C3%ADcolas%20de%20Cuba.pdf
5. Gagneten M. Respuesta de una comunidad zooplanctónica de agua dulce a la aplicación de cromo en clausuras experimentales. Rev Interciencia [Internet]. 2002;27(10). Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442002001000009&lng=es

6. Vasquez. Ciclo biogeoquímico [Internet]. Academia Edu. [citado 1 de octubre de 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/19688157/LOS_CICLOS_BIOGEOQUIMICOS#:~:text=Los%20ciclos%20biogeoqu%C3%ADmicos%20constituyen%20un%20sistema%20regulador%20de,a%20trav%C3%A9s%20de%20procesos%20f%C3%ADsicos%2C%20qu%C3%ADmicos%20y%20biol%C3%B3gicos.
7. Hamanaka T, Tsujita T. Cadmium and zinc concentrations in zooplankton in the subarctic region of the North Pacific. Rev J. Oceanogr. [Internet]. 1981;37:160-72. Disponible en: https://link.springer.com/article/10.1007/BF02309053
8. Ibárcena L. Estudio de la Contaminación por Metales Ecotóxicos en Sedimentos en la Bahía de Ite, Tacna. Rev. Cien & Desarro [Internet]. 2019;(13):28-35. Disponible en: http://dx.doi.org/10.33326/26176033.2011.13.273
9. Vasquez O. Gestión ambiental en el desembarcadero pesquero artesanal de Pucusana [Internet]. Ministerio de la Producción. Perú: 2018. Disponible en: https://www.produce.gob.pe/documentos/pesca/dgsp/notas-informativas/taller-DPA-PUCUSANA.pdf
10. Doucet W. Mercadeo de peces marinos de consumo en el Perú [Internet]. Perú: Instituto del Mar del Perú; 1965 [citado 20 de marzo del 2020]. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12958/234.
11. Anuario estadístico Pesquero y acuícola 2019 [Internet]. Gob.pe [citado 6 de junio del 2020]; Disponible en: https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/949-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2019
12. Furcal-Beriguete P, Torres-Morales JL. Determinación de concentraciones de cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao L*. en Costa Rica. Rev Tecnol Marcha [Internet] 2020. Disponible en: http://dx.doi.org/10.18845/tm.v33i1.5027

13. Carrión A, De la cruz M. Toxicidad de metales pesados en zooplancton de las lagunas del distrito de Chongos Alto [Tesis Pregrado] [Internet]. [Huancayo]: Universidad Nacional del centro del Perú; 2015. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3498/Carrion%20Malpica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
14. Del Olmo D. Ecotoxicología del cadmio, riesgo para la salud por la utilización de suelos ricos en cadmio [Tesis Pregrado] [Internet]. España: Universidad Complutense; 2017. Disponible en: https://eprints.ucm.es/id/eprint/51634/
15. García S. Estudios de especiación de arsénico y acumulación de metales en muestras de interés medioambiental [Tesis Posgrado] [Internet]. [España]: Universidad Politécnica de Madrid; 2013. Disponible en: https://oa.upm.es/15311/1/SARA_GARCIA_SALGADO.pdf
16. González JM, Pedrós-Alió C, Gasol JM. Plancton bacteriano de los océanos. Rev Inves. Ciencia [Internet]. 2008;387:76-84. Disponible en: http://hdl.handle.net/10261/15932
17. Gagneten AM. Respuestas del zooplancton a la contaminación por cromo en la cuenca del río Salado inferior (Santa Fe, Argentina) [Tesis Posgrado] [Internet]. Argentina: Universidad Nacional del Litoral; 2008. Disponible en: https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/87.
18. Narváez N, Lodeiros C. Incorporación, depuración y efecto del cadmio en el mejillón verde *Perna viridis* (L. 1758) (Mollusca: Bivalvia). Rev Cienc Mar [Internet]. 2005;31. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802005000100008.
19. Rubio I, Rico R. Evidencia de biomagnificación de plomo en depredadores invertebrados a partir de experimentos de laboratorio y de campo. Rev. Environmental Pollution [Internet]. 2011;159(7):1831-5. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749111001771?via%3Dihub
20. Jacinto M, Aguilar S. Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarmey, Ancash, Perú. Rev. Perú. biol [Internet].

2007;14(2):307-11. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195018549024.

21. Environmental Resources Management Perú S.A. Evaluación Preliminar (EVAP) del Proyecto Terminal Portuario Pucusana [Internet]. 2017. [citado 20 junio 2019]: Disponible en: https://www.munlima.gob.pe/images/descargas/gobierno-abierto/transparencia/mml/info-adicional/estudios ambientales/2017/02._EVAP_Terminal_Portuario_Pucusana.pdf

22. Ochoa J. Aplicación de los sistemas de información geográfica para la determinación de escenarios de riesgo en el Balneario de Pucusana [Internet]. 2012 [citado 20 junio 2019];Disponible en : https://hdl.handle.net/20.500.12672/16295.

23. Google,Maps. Balneario de Pucusana [Internet]. 2019. Disponible en: https://www.google.com/maps/@-12.4740798,-76.812168,13z

24. González J, Pedrós-Alió C. Plancton bacteriano de los océanos. Rev Inves. Cien. [Internet] 2008;387:76–84. Disponible en: http://hdl.handle.net/10261/15932

25. García-Astillero A. Qué es el plancton y su importancia [Internet]. ecologiaverde.com. 2018 [citado 3 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-plancton-y-su-importancia-1445.html

26. Sharon Z, Alfonso H, Edward ZÁ. Atlas de línea base ambiental del Golfo de México [Internet]. México: 2021 [citado 20 junio 2019]. Disponible en: https://atlascigom.cicese.mx/map_data/T003_S003/ATLAS-TOMO-03-S03.pdf.

27. Castellví J, Fraga F. Ecología marina [Internet]. In: De ciencias naturales FLS, editor. Venezuela : Estación de Investigaciones Marinas de Margarita; 1967;page 711. [citado 20 junio 2019]. Disponible en: http://flasa.msinfo.info/portal/bases/biblo/texto/ecologia_marina.pdf.

28. Treece G. Método para mejorar la camaronicultura en Centroamérica [Internet]. 1.ª ed. Managua : UCA ; 2001 [citado 8 julio 2020]. Disponible en:

http://repositorio.uca.edu.ni/id/eprint/2279.

29. Suárez E, Gasca R. El plancton y las cadenas tróficas. Rev. Cien Desarro [Internet]. 1989. 16:3–5. [citado 27 octubre 2020]; Disponible en: https://www.revistacienciasunam.com/es/164-revistas/revista-ciencias-16/1435-el-plancton-y-las-cadenas-tr%C3%B3ficas.html
30. Robledo D, Freile Y. Las algas Marinas como bioindicadores de la calidad ambiental y su uso en estudios ecotoxicológicos [Internet]. 1.ª ed. México: Gonzales; 2014 [citado 11 julio 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273775057_Las_algas_marinas_como_bioindicadores_de_calidad_ambiental_y_su_uso_en_estudios_ecotoxicologicos_Marine_algae_as_bioindicators_of_environmental_quality_and_their_use_in_ecotoxicological_studies
31. Giacobone G, Cabrera S. Líquenes como indicadores de calidad de aire [Internet]. Buenos Aires ciudad; 2009 [citado 17 septiembre 2020]. Disponible en: https://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/apra/educ_com/archivos/bioindic_result_2009.pdf
32. Escobar M, Terneus E, Yánez P. Plancton como bioindicador de la calidad del agua en zonas agrícolas andinas: análisis del caso. Qualitas [Internet]. 2013:p17–37. [citado 10 julio 2020]; Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/295105482_Plancton_como_bioindicador_de_la_calidad_del_agua_en_zonas_agricolas_andinas_analisis_de_caso_.
33. Paterson M, Rudd J, Increases in total and methylmercury in zooplankton following flooding of a peatland reservoir. Rev Environ Sci Technol [Internet] 1998 [citado 20 junio 2019];32(24):3868–74. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1021/es980343l
34. Esteve P, Jaén M. El papel de los ciclos biogeoquímicos en el estudio de los problemas ambientales en Educación Secundaria. Rev Investig Esc [Internet]. 2013 [citado 3 de mayo de 2023];(80):77-88. Disponible en: https://revistascientificas.us.es/index.php/IE/article/view/6917

35. Whitfield M. Interactions between phytoplankton and trace metals in the ocean [Internet]. In: Advances in Marine Biology. Elsevier; 2001 [citado 20 junio 2019]; p1–128. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/278718494_Interactions_between_phytoplankton_and_trace_metals_in_the_ocean
36. Villagran D. Dinámica de metales pesados en el material particulado en suspensión y plancton en ambientes costeros afectados por descargas de origen antrópico [Tesis Posgrado] [Internet]. [Argentina]: Universidad Nacional del Sur; 2019. Disponible en: https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/4602/VillagranDianaTesis.pdf?sequence=1&isAllowed=
37. Xu Y, Wang WX. Influences of metal concentration in phytoplankton and seawater on metal assimilation and elimination in marine copepods. Environ Toxicol Chem [Internet] 2001 [citado 20 junio 2019];20(5):1067–77. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1002/etc.5620200518
38. Fernández M. Distribución y toxicidad de algunos metales pesados en el zooplancton de la zona interior del estuario de Bahía Blanca [Tesis Posgrado] [Internet]. [Argentina]: Universidad Nacional del Sur; 2009. Disponible en: https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/1959?show=full
39. Valiñas M, Villafañe V, Cabrerizo M, Helbling EW. Global change effects on plankton community structure and trophic interactions in a Patagonian freshwater eutrophic system. Rev Hydrobiologia [Internet]. 2018;816(1):61-77. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/s10750-017-3272-6
40. González J, Pedrós-Alió C, Gasol J. Plancton bacteriano de los océanos. Rev. Invest. Ciencia [Internet] 2008 [citado 20 junio 2019];76–84.Disponible en: https://www.investigacionyciencia.es/files/8618.pdf
41. Silvia A. El plancton, clave para regular el clima [Internet]. EFEverde2016 [citado 20 junio 2019]; Disponible en: https://www.efeverde.com/noticias/un-estudio-destaca-la-importancia-del-plancton-como-regulador-del-clima/
42. Tweddle J, Gubbins M, Scott B. Should phytoplankton be a key consideration

for marine management? Rev.Mar Policy [Internet]. 2018;97:1-9. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2018.08.026

43. Hoja Informativa ATSDR: Plomo (Lead) [Internet]. Cdc.gob. 2021 [citado 3 de mayo de 2020]; Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.html
44. Gisbert J. Medicina legal y toxicología. 7ma . ed. Madrid, España :Masson; 1997.
45. Küpper H. Lead toxicity in plants. Met Ions Life Sci [Internet]. 2017;17. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1515/9783110434330-015
46. Ubillus J. Estudio sobre la presencia de plomo en el medio ambiente de Talara en el año 2003 [Internet]. LIMA: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Química e Ingeniería Química; 2003 [citado 6 junio 2020] Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/ingenie/ubillus_lj/ubillus_lj.htm
47. Corey G. Plomo.. 1era ed. México DF: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud; 1989.
48. Carlos R, Gutiérrez J. El plomo como contaminante alimentario. Rev. de Toxicol. [Internet] 2004 ;21. Disponible en: https://rev.aetox.es/wp/index.php/21-4/#:~:text=El%20plomo%20es%20un%20metal,la%20s%C3%ADntesis%20del%20grupo%20hemo
49. Djedjibegovic, J., Marjanovic, A., Tahirovic, D. et al. Heavy metals in commercial fish and seafood products and risk assessment in adult population in Bosnia and Herzegovina. Sci Rep 10, 13238 [Internet] 2020. Disponible https://doi.org/10.1038/s41598-020-70205-9
50. European Food Safety Authority. Lead dietary exposure in the European population. EFSA j [Internet] 2012 [citado 6 junio 2020]10(7). Disponible en: http://dx.doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2831
51. Poma Pedro. Intoxicación por plomo en humanos. An. Fac. med. [Internet]. 2008 Jun;69(2):120-126. Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000200011&lng=es.

52. Committee on Potential Health Risks from Recurrent Lead Exposure of DOD Firing-Range Personnel, Committee on Toxicology, Board on Environmental Studies and Toxicology, Division on Earth and Life Sciences, National Research Council. Potential health risks to DOD firing-range personnel from recurrent lead exposure. Washington, D.C., DC: National Academies Press; 2013.
53. Sanín L, González-Cossío T, Romieu I, et al. Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud. Rev Salud Publ Mex [Internet] 1998 [citado 6 junio 2020];40(4). Disponible en: https://www.scielosp.org/pdf/spm/1998.v40n4/359-368
54. Repeetto M. Toxicología Fundamental. 4arta ed. Madrid, España: Diaz de Santos; 2009.
55. Sanz-Gallén P, Nogué S. Toxicología clínica. Madrid : Grupo difusión; 2011.The chemistry of heavy metal poisons [Internet]. Fsu.edu [citado 6 junio 2020]; Disponible en: https://www.chem.fsu.edu/chemlab/chm1020c/Lecture%2010/02.php
56. Wani A, Ara A, Usmani J. Lead toxicity: a review. Rev. Interdiscip Toxicol [Internet] 2015 [citado 20 junio 2019];8(2):55–64. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1515/intox-2015-000
57. Rana M, Tangpong J, Rahman M. Toxicodynamics of Lead, Cadmium, Mercury and Arsenic- induced kidney toxicity and treatment strategy: A mini review. Toxicol Rep [Internet] 2018 [citado 6 junio 2020];5:704–13. Disponible en : http://dx.doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.05.012
58. Valdivia M. Intoxicación por plomo Lead poisoning [Internet]. Edu.pe [citado 6 junio 2020]; Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/spmi/v18n1/pdf/a05v18n1.pdf
59. Nava-Ruíz C, Méndez-Armenta M. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Rev, Arch Neurocien [Internet]

2011 [citado 6 junio 2020];16(0187–4705). Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/spmi/v18n1/pdf/a05v18n1.pdf

60. Matte T. Efectos del plomo en la salud de la niñez. Salud Publica Mex [Internet] 2003 [citado 6 junio 2020];45. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1590/s0036-36342003000800008
61. Trujillo-Vázquez SK, Bonilla-González, et al. Exposición al plomo: Conocimientos sobre los efectos en ovarios y el impacto a la salud reproductora femenina. TIP [Internet] 2021 [citado 6 junio 2020];24. Disponible en: http://dx.doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.366
62. Brunton L. Goodman & Gilman. Las bases farmacológicas de la terapéutica. 13a ed. Vol. 3. Argentina: Medica panamericana; 2018.
63. Hardman J. Bases farmacológicas de la terapéutica 2 tom. 9.a ed. España: Edit.México: McGraw-Hill 1999.
64. Cullen J, McAlister J. Biogeochemistry of lead. Its release to the environment and chemical speciation. Met Ions Life Sci [Internet] 2017 [citado 6 junio 2020];17. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1515/9783110434330-002
65. Maret W. The bioinorganic chemistry of lead in the context of its toxicity. Met Ions Life Sci [Internet] 2017 [citado 6 junio 2020];17. Disponible en http://dx.doi.org/10.1515/9783110434330-001
66. Shotyk W, Le Roux G. Biogeochemistry and cycling of lead. Met Ions Biol Syst [Internet] 2005 [citado 20 junio 2019];43:239–75. Disponible en http://dx.doi.org/10.1201/9780824751999.ch10
67. Baird C. Química ambiental. 2da. ed. España: Reverté. 2013.
68. Neill P. Environmental Chemistry.1ra.ed. New York: Springer. 2012.
69. Minsa. Guía de práctica clínica para el manejo de pacientes con intoxicación por plomo [Internet]. Gob.pe. [citado 3 de mayo de 2020]. Disponible en: http://bvs.minsa.gob.pe/local/dgsp/264_DGSP238.pdf
70. Nordberg G. Capítulo 63 Metales: propiedades químicas y toxicidad. 2da.España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).; 2012.

https://books.google.com.pe/books/about/Cap%C3%ADtulo_63_Metales_propiedades_qu%C3%ADmic.html?id=EXzctwEACAAJ&redir_esc=y

71. Jackson T. La tabla periódica [Internet]. Oberon; 2017. [citado 3 de mayo de 2020] Disponible en: https://imagessl.casadellibro.com/capitulos/9788441541825.pdf?_ga=2.176595815.33849213.1683118426-1175841681.168311842
72. Pérez-García PE, Azcona Cruz MI. Los efectos del cadmio en la salud. Rev Esp Méd Quir 2012;17(3):199-205. Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/quirurgicas/rmq-2012/rmq123i.pdf
73. Waisberg M, Joseph P, Hale B, Beyersmann D. Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis. Toxicology. 2003 Nov 5;192(2-3):95-117 . Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14580780/
74. World Health Organization. Exposure to cadmium: a major public health concern [Internet]. Who.int. 2019 [citado 3 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-EPE-19-4-3
75. Genchi G, Sinicropi MS, Lauria G, Carocci A, Catalano A. The Effects of Cadmium Toxicity. Int J Environ Res Public Health. 2020 May 26;17(11):3782. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32466586/
76. Rafati Rahimzadeh M, Rafati Rahimzadeh M, Kazemi S, Moghadamnia AA. Cadmium toxicity and treatment: An update. Caspian J. Rev Intern Med. 2017 Summer;8(3):135-145. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5596182/
77. Avellaneda M. Concentración de cadmio en sangre en una población laboral hospitalaria y su relación con factores asociados [Tesis Posgrado] [Internet]. [España]: Universidad Complutense Madrid; 2013. Disponible en: https://eprints.ucm.es/id/eprint/24537/1/T35084.pdf
78. Rodríguez-Heredia D. Intoxicación ocupacional por metales pesados. MEDISAN [Internet]. 2017 [citado 3 Mayo 2023]; 21 (12) Disponible en: https://medisan.sld.cu/index.php/san/article/view/1089

79. Sue J. Clarke's Analytical Forensic Toxicology [Internet]. Londres, Inglaterra: Pharmaceutical Press; 2008. Disponible en: http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/10181.pdf
80. Lehninger A, Nelson L. Principios de bioquimica - 2b: Edición. 6ta ed. España: Omega; 2014.
81. Martínez K, Souza V, Bucio L, Gómez L, Gutiérrez M. Cadmio: efectos sobre la salud. Respuesta celular y molecular.Rev Acta toxicol argent [Internet]. 2013;21(1):33-49. Disponible en: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-694583
82. Carvajal S, Rodríguez D. Determinación de cadmio en leches crudas usando un biosensor amperométrico. Rev. Lasallista Investig. [Internet]. 2012;9:33-49. Disponible en: http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/rldi/article/view/285
83. Trujillo O. Comparación de los niveles en orina de arsénico y cadmio y sus manifestaciones clínicas de intoxicación entre niños de 6 a 12 años del distrito de Torata y el distrito de Carumas en la provincia de Mariscal Nieto de la región Moquegua [Tesis Pregrado] [Internet]. [Perú]: Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa; 2019. Disponible en: https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b06f4e95-4cb0-4f28-b01c-49c8e0e19ea4/content
84. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants [Internet]. 3ra ed. Bosa Roca, Estados Unidos de América: CRC Press; 2000. Disponible en: http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Soil/Trace-Elements-in-Soils-and-Plants.pdf
85. Londoño L, Londoño T, Muñoz G. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Rev Biotecnoloía Sect Agropecu [Internet]. 2016;14(2):145. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf
86. Ramírez A, Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. An.Fac.

Med. Universidad Nacional Mayor de San Marcos,Vol. 63, Nº 1 - 2002 Págs. 51 – 64

87. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Resúmenes de Salud Pública, Cadmio [Internet]. Cdc.gov. 2018 [citado 3 de mayo de 2023]. Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=48&tid=15
88. Jordán M, Almendro-Candel M, Navarro J. Ensayos de movilidad de cadmio, cromo y níquel en un suelo de la provincia de Alicante tratado con lodo de depuradora. Rev. Soc. Esp. Mineral. [Internet]. 2006; Disponible en: https://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla6/Macla6_273.pdf
89. Sánchez G. Ecotoxicología del cadmio riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio [Tesis Pregrado] [Internet]. [España]: Universidad Complutense Madrid; 2016. Disponible en: http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRON.pdf
90. Brunton L. Goodman & Gilman. Las bases farmacológicas de la terapéutica. 13a ed. Vol. 3. Argentina: Medica panamericana; 2018.
91. Biblioteca Central del Ministerio de Salud. Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Cadmio [Internet]. 2015. [citado 3 de mayo de 2019]; Disponible en: http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3244.pdf
92. Organización Mundial Salud. Valores Normales de Metales Pesados [Internet]. Who.int. 2015 [citado 3 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.who.int/health-topics/environmental-health
93. Código Alimentario. Límites máximos para residuos de plaguicidas y residuos extraños. Lista de los Límites Máximos del Codex Alimentarius [Internet]. FAO/WHO. 2005. [citado 3 de mayo de 2019]; Disponible en: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/es/
94. Unión Europea. Contenidos Máximos de metales Pesados en productos alimenticios [Internet]. academia.edu. 2007. [citado 3 de mayo de 2019];

Disponible en: https://www.academia.edu/31468861/LIMITES_DE_METALES_PESADOS

95. Gobierno Peruano. Ley de Inocuidad de los Alimentos. Decreto Legislativo N° 1062; 2008

96. Ministerio del Ambiente. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas Museo de Historia Natural, Departamentos de Limnología e Ictiología, UNMSM. [citado 3 de mayo de 2023]. Disponible en https://www.google.com/search?q=metodos+de+colecta+hidrobiologico&oq=metodos+de+colecta+hidrobiologico&aqs=chrome..69i57j33i160l2.6031j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8

97. Association of Official Agricultural Chemists . Method AOAC 930.15-1930(1999), Loss on drying (Moisture) for feeds (at [Internet]. Aoacofficialmethod.org. [citado 3 de mayo de 2023]. Disponible en: http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=2702

98. Mexicanos EU. Bienes y servicios. Método para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica [Internet]. [citado 3 de mayo de 2023]. Disponible en: http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69541.pdf

99. Gomis Y. Espectroscopia de emisión y absorción atómica. España: Repositorio institucional de la Universidad de Alicante; 2008.

100. Instituto del Mar Peruano [Internet]. Ciudad de Lima, Perú [Citado 10 de enero de 2019]. Disponible en: https://satelite.imarpe.gob.pe/#/

101. Permana R, Akbaryah N. Phytoplankton Susceptibility Towards Toxic Heavy Metal Cadmium: Mechanism and Its Recent Updates. World News of Natural Sciences. 7 de verano de 2021;83-97. [Internet]. [citado 07 de julio de 2023]. Disponible en: https://bibliotekanauki.pl/articles/1839870.pdf

102. Echeveste P, Agustí S, Tovar-Sánchez A. Toxic thresholds of cadmium and lead to oceanic phytoplankton: cell size and ocean basin-dependent effects.

Environ Toxicol Chem [Internet]. 2012;31(8):1887-94. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1002/etc.1893

103. Fernández de León S, Ambel MP, Sánchez A, García-Moncó RM, Cobos JG, Fajardo M. Presencia de cadmio y plomo en sangre total, suero y plasma de cordón umbilical de la embarazada y su relación con el hábito fumador. Prog Obstet Ginecol [Internet]. 2004 [citado 3 de mayo de 2023];47(3):127-34. Disponible en: https://www.elsevier.es/es-revista-progresos-obstetricia-ginecologia-151-pdf-S0304501304759774

104. Avarado-Flores, J., Andrade-Canto, S. B., Caballero-Vázquez, J. A. & Almazán Becerril, A. (2019) "X-ray microanalysis of northeastern Quintana Roo aquatic biota, Mexico: evindence of hazard metals presence" Latin American Journal of Aquatic Research, 47(4), pp. 654-66

105. Perez D. "Bioacumulación del cadmio y plomo en cuatro grupos de zooplancton del noreste de quintana roo, México" [Internet]. [Mexico]: Cientifica de Yucatan; 2020 [citado 26 de julio de 2023]. Disponible en : https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1772/1/PCA_M_Tesis_2020_Daniela_Perez_Yanez.pdf

106. Saygı, Y., Yiğit, SA Metales pesados en el lago Yeniçağa y sus fuentes potenciales: suelo, agua, sedimentos y plancton. Environ Monit Assess 184 , 1379–1389 (2012). [citado 26 de julio de 2023] Disponible en : https://doi.org/10.1007/s10661-011-2048-0

107. Contreras F, Hernán R. Determinación de la fuente de cadmio (Cd) y su posible bioacumulación en Mytilus chilensis en Bahía Coliumo, Chile [Internet]. [Chile]: Universidad de Concepción ; 2010 [citado 26 de julio de 2023]. Disponible en: http://repositorio.udec.cl/xmlui/handle/11594/10680

108. Vera G, Tam J, Pinto E, Angulo J. Efecto del cadmio sobre el crecimiento poblacional de la diatomea marina Chaetoceros gracilis Schutt. Rev Perú biol [Internet]. 18 de junio de 2001 [citado 3 de mayo de 2020];8(1):45-52. Disponible en: https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/6512

109. Ghais SMA, Varadharajulu S. Accumulation of heavy metals in dam sediments effects on plankton productivities of the Arabian Gulf. World J Adv Res

Rev [Internet]. 2022 [citado 26 de julio de 2023];14(1):116-24. Disponible en: https://wjarr.com/content/accumulation-heavy-metals-dam-sediments-effects-plankton-productivities-arabian-gulf.

110. Ismail MM, El Zokm GM. Evaluation of the response of phytoplankton communities to heavy metal stresses using multi-statistical approaches, Alexandria coast, Egypt. Int J Environ Sci Technol (Tehran) [Internet]. 2023; [citado 20 agosto del 2023] Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/s13762-023-04914-9

111. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental - SPDA (2021). Informe técnico-legal sobre la problemática ambiental de la bahía de Pucusana. Lima: SPDA [Internet]. Org.pe. [citado 20 de agosto de 2023]. Disponible en: https://biblioteca.spda.org.pe/biblioteca/catalogo/_data/20210604182730_informe-tecnico-legal-pucusana-spda.pd

112. Ramos R, Verde A, E. G. Metales pesados en sedimentos marinos de Venezuela, grado de contaminación y distribución. Ciencia y Mar [Internet].2021;47(3):185-99. [citado 20 de agosto de 2023]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-38802021000300185&script=sci_arttext&tlng=es

ANEXOS



Figura 14: Toma de muestra en la playa de Pucusana
Elaborado por fuente propia.2019.



Figura 15: Toma de muestra en la playa de Pucusana
Elaborado por fuente propia.2019



Figura 16: Toma de muestra en la playa de Pucusana.
Elaborado por fuente propia.2019.



Figura 17: Mar de Pucusana
Elaborado por fuente propia.2019.



Figura 18: Procesamiento de muestra problema- Filtración
Elaborado por fuente propia.2019.

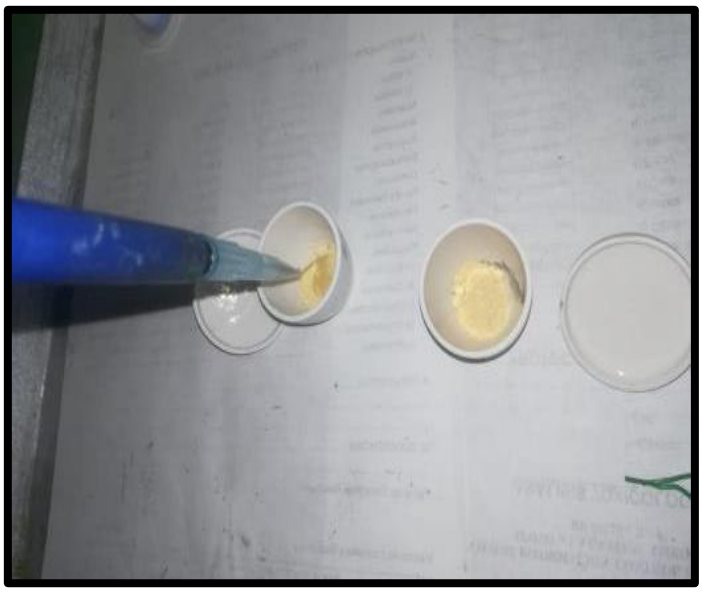

Figura 19: Procesamiento de muestra problema- Secado
Elaborado por fuente propia.2019.



Figura 20: Procesamiento de muestra problema- Estufa
Elaborado por fuente propia.2019.

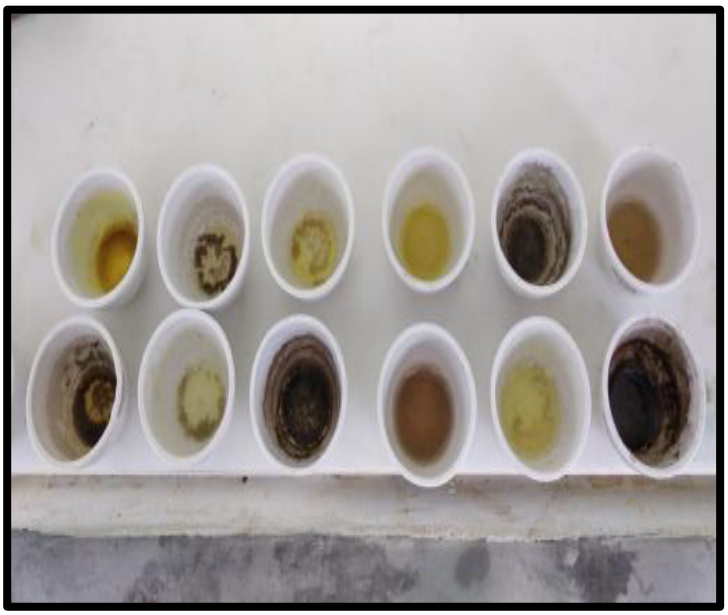

Figura 21: Procesamiento de muestra problema- Digestión
Elaborado por fuente propia.2019.



Figura 22: Procesamiento de muestra problema- Después del secado
Elaborado por fuente propia.2019.



Figura 23 : Muestras listas para la Lectura de Plomo y Cadmio por Espectrofotómetro de Absorción Atómica
Elaborado por fuente propia.2019.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N°	88209	-	88220

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Denisse Consuelo Solórzano Tarazona/Sr. Franck Johan Palacios Luis

TESIS: DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN PLANCTON DE LA PLAYA DE PUCUSANA DURANTE EL 2018

FECHA DE RECEPCIÓN: 11 DE ENERO DE 2019 HORA: 04:30 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 04 DE FEBRERO DE 2019 HORA: 09:40 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 19 DE MARZO DE 2019 HORA: 03:15 p.m.

MÉTODOS **Plomo** : Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
88209	PLANCTON CÓDIGO: SA	Cuantificación de Plomo	38.026 mg/kg
88210	PLANCTON CÓDIGO: SB	Cuantificación de Plomo	17.898 mg/kg
88211	PLANCTON CÓDIGO: SC	Cuantificación de Plomo	22.074 mg/kg
88212	PLANCTON CÓDIGO: SD	Cuantificación de Plomo	19.227 mg/kg
88213	PLANCTON CÓDIGO: NCA	Cuantificación de Plomo	5.132 mg/kg
88214	PLANCTON CÓDIGO: NCB	Cuantificación de Plomo	2.112 mg/kg
88215	PLANCTON CÓDIGO: NCC	Cuantificación de Plomo	6.237 mg/kg
88216	PLANCTON CÓDIGO: NNA	Cuantificación de Plomo	7.773 mg/kg
88217	PLANCTON CÓDIGO: NNB	Cuantificación de Plomo	5.643 mg/kg
88218	PLANCTON CÓDIGO: NNC	Cuantificación de Plomo	8.544 mg/kg
88219	PLANCTON CÓDIGO: NND	Cuantificación de Plomo	5.221 mg/kg
88220	PLANCTON CÓDIGO: NNE	Cuantificación de Plomo	7.482 mg/kg

Lima, 19 de marzo de 2019

Director de CICOTOX
Dr. José A. Apesteguía Infantes
Esp. Toxicología & Química Legal
C.Q.F.P N° 06538
RNE 240
D.N.I N° 09359857

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS · CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN AMBIENTAL · CICOTOX · FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Q.F. AMERICO A. FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579

RECOGE RESULTADO

NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____

D.N.I: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N°	88221	-	88232

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Denisse Consuelo Solórzano Tarazona/Sr. Franck Johan Palacios Luis

TESIS: DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN PLANCTON DE LA PLAYA DE PUCUSANA DURANTE EL 2018

FECHA DE RECEPCIÓN: 11 DE ENERO DE 2019 HORA: 04:30 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 04 DE FEBRERO DE 2019 HORA: 09:40 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 19 DE MARZO DE 2019 HORA: 03:15 p.m.

MÉTODOS **Plomo** : Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.
OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
88221	PLANCTON CÓDIGO: OSA	Cuantificación de Plomo	0.026 mg/kg
88222	PLANCTON CÓDIGO: OSB	Cuantificación de Plomo	0.098 mg/kg
88223	PLANCTON CÓDIGO: OSC	Cuantificación de Plomo	0.019 mg/kg
88224	PLANCTON CÓDIGO: OSD	Cuantificación de Plomo	0.008 mg/kg
88225	PLANCTON CÓDIGO: ONA	Cuantificación de Plomo	0.113 mg/kg
88226	PLANCTON CÓDIGO: ONB	Cuantificación de Plomo	0.035 mg/kg
88227	PLANCTON CÓDIGO: ONC	Cuantificación de Plomo	0.183 mg/kg
88228	PLANCTON CÓDIGO: OND	Cuantificación de Plomo	0.013 mg/kg
88229	PLANCTON CÓDIGO: OCA	Cuantificación de Plomo	0.225 mg/kg
88230	PLANCTON CÓDIGO: OCB	Cuantificación de Plomo	0.595 mg/kg
88231	PLANCTON CÓDIGO: OCC	Cuantificación de Plomo	1.028 mg/kg
88232	PLANCTON CÓDIGO: OCD	Cuantificación de Plomo	0.490 mg/kg

Lima, 19 de marzo de 2019

Director de CICOTOX
Dr. José A. Apesteguía Infantes
Esp. Toxicología & Química Legal
C.Q.F.P N° 06538
RNE 240
D.N.I N° 09359857

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS · CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN AMBIENTAL · CICOTOX · FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Q.F. AMERICO A. FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579

RECOGE RESULTADO

NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____

D.N.I: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N°	88647	-	88658

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Denisse Consuelo Solórzano Tarazona/Sr. Franck Johan Palacios Luis

TESIS: DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN PLANCTON DE LA PLAYA DE PUCUSANA DURANTE EL 2018

FECHA DE RECEPCIÓN: 11 DE ENERO DE 2019 HORA: 04:30 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 11 DE FEBRERO DE 2019 HORA: 11:40 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 04 DE MARZO DE 2019 HORA: 01:15 p.m.

MÉTODOS **Cadmio** : Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
88647	PLANCTON CÓDIGO: OSA	Cuantificación de Cadmio	59.3 mg/kg
88648	PLANCTON CÓDIGO: OSB	Cuantificación de Cadmio	64.9 mg/kg
88649	PLANCTON CÓDIGO: OSC	Cuantificación de Cadmio	44.18 mg/kg
88650	PLANCTON CÓDIGO: OSD	Cuantificación de Cadmio	36.54 mg/kg
88651	PLANCTON CÓDIGO: ONA	Cuantificación de Cadmio	65.06 mg/kg
88652	PLANCTON CÓDIGO: ONB	Cuantificación de Cadmio	86.78 mg/kg
88653	PLANCTON CÓDIGO: ONC	Cuantificación de Cadmio	86.8 mg/kg
88654	PLANCTON CÓDIGO: OND	Cuantificación de Cadmio	7.36 mg/kg
88655	PLANCTON CÓDIGO: OCA	Cuantificación de Cadmio	69.89 mg/kg
88656	PLANCTON CÓDIGO: OCB	Cuantificación de Cadmio	60.88 mg/kg
88657	PLANCTON CÓDIGO: OCC	Cuantificación de Cadmio	55.27 mg/kg
88658	PLANCTON CÓDIGO: OCD	Cuantificación de Cadmio	42.89 mg/kg

Lima, 09 de marzo de 2019

Director de CICOTOX
Dr. José A. Apesteguía Infantes
Esp. Toxicología & Química Legal
C.Q.F.P N° 06538
RNE 240
D.N.I N° 09359857

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS * CENTRO DE INFORMACIÓN CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN AMBIENTAL * CICOTOX * FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA *

Q.F. AMERICO A. FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579

RECOGE RESULTADO

NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____

D.N.I: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N°	88658	-	88669

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Denisse Consuelo Solórzano Tarazona/Sr. Franck Johan Palacios Luis

TESIS: DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN PLANCTON DE LA PLAYA DE PUCUSANA DURANTE EL 2018

FECHA DE RECEPCIÓN: 11 DE ENERO DE 2019 HORA: 04:30 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 11 DE FEBRERO DE 2019 HORA: 11:40 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 04 DE MARZO DE 2019 HORA: 01:15 p.m.

MÉTODOS **Cadmio** : Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
88658	PLANCTON CÓDIGO: SA	Cuantificación de Cadmio	47.68 mg/kg
88659	PLANCTON CÓDIGO: SB	Cuantificación de Cadmio	21.50 mg/kg
88660	PLANCTON CÓDIGO: SC	Cuantificación de Cadmio	35.15 mg/kg
88661	PLANCTON CÓDIGO: SD	Cuantificación de Cadmio	36.99 mg/kg
88662	PLANCTON CÓDIGO: NCA	Cuantificación de Cadmio	39.40 mg/kg
88663	PLANCTON CÓDIGO: NCB	Cuantificación de Cadmio	39.78 mg/kg
88664	PLANCTON CÓDIGO: NCC	Cuantificación de Cadmio	40.80 mg/kg
88665	PLANCTON CÓDIGO: NNA	Cuantificación de Cadmio	38.14 mg/kg
88666	PLANCTON CÓDIGO: NNB	Cuantificación de Cadmio	34.65 mg/kg
88667	PLANCTON CÓDIGO: NNC	Cuantificación de Cadmio	37.03 mg/kg
88668	PLANCTON CÓDIGO: NND	Cuantificación de Cadmio	96.74 mg/kg
88669	PLANCTON CÓDIGO: NNE	Cuantificación de Cadmio	25.04 mg/kg

Lima, 09 de marzo de 2019

Director de CICOTOX
Dr. José A. Apesteguía Infantes
Esp. Toxicología & Química Legal
C.Q.F.P N° 06538
RNE 240
D.N.I N° 09359857

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS · CENTRO DE INFORMACIÓN CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN AMBIENTAL · CICOTOX · FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Q.F. VERÓNICA A. FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579

RECOGE RESULTADO

NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____

D.N.I: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.