UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"VARIACIÓN ESPACIAL Y ESTACIONAL DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN *Lessonia nigrescens* (Bory, 1826) COMO BIOINDICADOR DE CONTAMINACIÓN EN EL LITORAL DEL PUERTO DE ILO DURANTE EL 2019"

PRESENTADO POR:

BACH. MELANY MILAGROS SALAZAR QUISPE

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

ILO – PERÚ

2022

Folio Nº 018

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]
Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]
Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

Resolución de Facultad N° 004-2022-FACIA-UNAM

Fecha: 28/02/2022

III. El jurado ha dictaminado la (el) Tesis, TITULADO:

"Variación Especial y Estacional de la Concentración de Metales Pesados en Lessonia nigrescens (Bory, 1826) como Bioindicador de Contaminación en el litoral del Puerto de Ilo durante el 2019"

Bachiller: Melany Milagros Salazar Quispe

Asesor Principal: M.Sc. Rodolfo Sánchez Valencia

Co-Asesor: .....

IV. Se dictamina:

Como: Aprobado por Unanimidad la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: Dieciseis (16) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Siendo las 12:50 horas, del 03 de Marzo del año 2022 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

M.S. Juan L. Ccamapaza Aguilar
Presidente

M.Sc. Mario R. Flores Roque
Primer Miembro

Dr. Teodoro Olarte Pe...
Segundo Miembro

Melany Milagros Salazar Quispe
Bachiller

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"VARIACIÓN ESPACIAL Y ESTACIONAL DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN *Lessonia nigrescens* (Bory, 1826) COMO BIOINDICADOR DE CONTAMINACIÓN EN EL LITORAL DEL PUERTO DE ILO DURANTE EL 2019"

Tesis sustentada y aprobada el día 03 de marzo del 2022, estando el jurado calificador y asesor integrado por:

PRESIDENTE : _____

M.Sc. Juan L. Ccamapaza Aguilar

1ER MIEMBRO : _____

M.Sc. Mario R. Flores Roque

2DO MIEMBRO : _____

Dr. Teodoro A. Olarte Poma

ASESOR : _____

M.Sc. Rodolfo R. Sánchez Valencia

DEDICATORIA

A DIOS por acompañarme y guiarme.

A mi familia por ser mi mayor fortaleza y alentarme a cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Moquegua y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por brindarme la formación profesional necesaria para continuar con mis metas.

A mi asesor M.Sc. Rodolfo Sánchez Valencia, por su asesoramiento y orientación para la realización de la presente tesis.

A mi Co Asesor M.Sc. Sheyla Zevallos Feria y M.Sc. Alex Tejada Cáceres por brindarme su valioso tiempo y conocimientos, así como la motivación para el desarrollo de la presente tesis.

A los miembros del jurado, por cada uno de sus aportes para mejorar el presente trabajo de tesis.

RESUMEN

Este estudio presenta el uso de una especie de macroalga *Lessonia nigrescens* que bioacumula metales pesados (Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, As) presentes en el litoral del Puerto de Ilo. El diseño empleado en esta investigación es de tipo no experimental (observacional) y longitudinal. Su principal objetivo fue determinar la variación espacial y estacional de la bioacumulación registrada en la especie de *L. nigrescens* obtenidos de 03 zonas de muestreo: Playa Punta de Coles (PC), Playa El Diablo (PD) y Playa Refinería (PR). Las muestras fueron recolectadas considerando la estacionalidad en la zona intermareal entre los meses de marzo (verano) y setiembre (invierno) del 2019. Se tomaron 03 muestras por zonas definidas, estos presentaron un diámetro mayor de rizoide (DMR) superior a 15 cm en promedio. Las muestras fueron procesadas y enviadas al Laboratorio Químico de la Universidad Católica Santa María; para determinar la concentración de metales pesados. Se empleo el Espectrómetro de Emisión Atómica (EPA METHOD 200.7), asimismo se registró parámetros adicionales del cuerpo de agua de mar (OD, T°, pH y salinidad). Los resultados mostraron la presencia de metales pesados en la *Lessonia nigrescens*, con respecto a la variación de las concentraciones de los metales pesados en la dimensión espacial no mostraron diferencias significativas en las zonas estudiadas, exceptuando para el Cu (P-valor<0.05). Con respecto a la dimensión estacional, los resultados mostraron una mayor concentración en el As y Pb (P-valor<0.05). en los meses de invierno. Los resultados expuestos fueron estudiados bajos condiciones fisicoquímicas siguientes: temperatura superficial del mar 19.7 °C en el verano y 15.1 °C en el invierno, pH de 8.1 en el verano y 7.9 en el invierno, condiciones no favorables para la mayor solubilidad de los metales en el medio.

Finalmente, se determinó la correlación entre los parámetros fisicoquímicos mencionados con los metales, afirmando que su comportamiento es divergente de un extremo negativo a un extremo medio positivo, lo que significa que estadísticamente estos factores no influyen significativamente en las concentraciones de metales pesados entre las diferentes ubicaciones y estaciones.

Palabras Claves: macroalga, metales pesados, bioacumulación, espectrómetro.

ABSTRACT

This study presents the use of a species of macroalgae *Lessonia nigrescens* that bioaccumulates heavy metals (Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, As) present in the coast of the Port of Ilo. The design used in this research is non-experimental (observational) and longitudinal. Its main objective was to determine the spatial and seasonal variation of bioaccumulation recorded in the species L nigrescens obtained from 03 sampling zones: Punta de Coles Beach (PC), El Diablo Beach (PD) and Refinería Beach (PR). Samples were collected considering seasonality in the intertidal zone between the months of March (summer) and September (winter) 2019. A total of 03 samples were taken per defined zones, these presented a greater diameter of rhizoid (DMR) greater than 15 cm on average. The samples were processed and sent to the Chemical Laboratory of the Universidad Católica Santa María; to determine the concentration of heavy metals. An Atomic Absorption Spectrophotometer (EPA METHOD 200.7) was used and additional parameters of the seawater body (DO, T°, pH and salinity) were recorded. The results showed the presence of heavy metals in *Lessonia nigrescens*, with respect to the variation of the concentrations of heavy metals in the spatial dimension showed no significant differences in the studied zones, except for Cu (P-value<0.05). Regarding the seasonal dimension, the results showed a higher concentration of As and Pb (P-value<0.05) in the winter months. The exposed results were studied under the following physicochemical conditions: sea surface temperature 19.7 °C in the summer and 15.1 °C in the winter, pH of 8.1 in the summer and 7.9 in the winter, conditions not favorable for the higher solubility of metals in the medium.

Finally, the correlation between the aforementioned physicochemical parameters with metals was determined, affirming that their behavior is divergent from a negative extreme to a positive middle extreme, which means that statistically these factors do not significantly influence the concentrations of heavy metals between the different locations and stations.

Key words: macroalgae, heavy metals, bioaccumulation, spectrophotometer.

ÍNDICE

RESUMEN VI
ABSTRACT VII
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 3
1.2. OBJETIVOS 6
1.2.1. Objetivo General 6
1.2.2. Objetivos Específicos 6
1.3. JUSTIFICACIÓN 7
1.3.1. Dimensión Ambiental 7
1.3.2. Dimensión Económica 8
1.3.3. Dimensión Social 8
1.4. HIPÓTESIS 9
1.5. VARIABLES 9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 10
2.1. ANTECEDENTES 10
2.1.1. A nivel internacional 10
2.1.2. A nivel nacional 12
2.2. BASES TEÓRICAS 15
2.2.1. Variación espacial 15
2.2.2. Variación estacional 15
2.2.3. Especie Algal 15
2.2.4. Interacciones entre metales y organismos acuáticos 16
2.2.5. Ventaja del uso de algas como biosorbente en la eliminación de metales pesados 16
2.2.6. Proceso de adsorción de metales pesados 17
2.2.6.1. Centro de adsorción de las algas marinas 17
2.2.7. Principales factores en el proceso de la biosorción 18
2.2.7.1. Tiempo de equilibrio 18
2.2.7.2. Influencia de la temperatura 18
2.2.7.3. Influencia del pH 18
2.2.7.4. Influencia de otros iones 19
2.2.8. Aspectos generales de la *L. nigrescens* 19
2.2.8.1. Clasificación Taxonomía 19
2.2.8.2. Características Morfológicas 20
2.2.8.3. Distribución geográfica y hábitat 20

2.2.8.4. Hábitat y Aspectos Ecológicos 21
2.2.8.5. Composición Química..... 21
2.2.8.6. Consumo y Usos..... 22
2.2.9. Capacidad de adsorción de la *L. nigrescens*..... 22
2.3. DEFINICIÓN DE TERMINOS 24
2.3.1. Metales Pesados 24
2.3.2. Macroalgas 26
2.3.3. Bioindicadores 26
2.3.4. Organismos Bentónicos 27
CAPÍTULO III: MÉTODO 28
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN 28
3.2. ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL 29
3.2.1. Ubicación Espacial 29
3.2.2. Ubicación Temporal 31
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA 32
3.3.1. La Población 32
3.3.2. Muestra 32
3.3.3. Instrumentos 32
3.4. PROCEDIMIENTOS 33
3.4.1. Muestreo de *L. nigrescens*..... 33
3.4.1.1. Recolección de Muestras..... 33
3.4.1.2. Conservación y transporte de muestras..... 34
3.4.1.3. Muestreo biométrico..... 35
3.4.2. Registro de parámetros abióticos 36
3.4.3. Análisis de metales pesados..... 36
3.5. ANÁLISIS DE DATOS 37
3.5.1. Media: 37
3.5.2. Desviación Estándar (S):..... 37
3.5.3. Varianza:..... 38
3.5.4. Error Estándar: 38
3.5.5. Distribución t de Student 38
3.5.6. Análisis de Varianza ANOVA 39
3.5.7. Prueba U de Mann-Whitney..... 40
3.5.8. Prueba Kruskall-Wallis 40
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 41
4.1. PRUEBAS DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD..... 45

4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO CON LAS VARIABLES DE ESTUDIO 48
4.2.1. Variación espacial de la concentración de metales pesados 48
4.2.2. Variación estacional (invernal – estival) en la concentración de metales pesados 50
4.2.3. Análisis de los Coeficiente de correlación Rho de Spearman con los parámetros del medio marino 52
4.3. CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE *L. nigrescens* . 57
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 59
CONCLUSIONES 63
RECOMENDACIONES 65
REFERENCIAS 66
ANEXOS 72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición Química de *Lessonia nigrescens* 22
Tabla 2. Comparación de los diferentes estudios de remoción de metales con la macroalga *L. nigrescens* 30
Tabla 3. Coordenadas UTM de las zonas de muestreo 30
Tabla 4. Prueba de normalidad para la concentración de metales pesados en la Zona Punta de Coles 46
Tabla 5. Prueba de normalidad para la concentración de metales pesados en la Zona Playa El Diablo 46
Tabla 6. Prueba de normalidad para la concentración de metales pesados en la Zona Playa Refinería 47
Tabla 7. Prueba de homogeneidad de varianza para la concentración de metales 48
Tabla 8. Prueba de Kruskall Wallis para las concentraciones de metales según zonas de muestreo 49
Tabla 9. Estadistica Descriptiva de la Concentración de metales por zona de muestreo 50
Tabla 10. Prueba U de Mann Whitney para las concentraciones de metales según la temporada estacional 51
Tabla 11. Concentración de metales en *L. nigrescens* durante la Estación de verano 52
Tabla 12. Concentración de metales en *L. nigrescens* durante la Estación de invierno 52
Tabla 13. Factores fisicoquímicos del agua de mar por zona de muestreo y estación del año (verano-invierno) 53
Tabla 14. Grado de relación según coeficiente de correlación 56
Tabla 15. Valores promedios estacional de los parámetros estudiados en medio acuático 56
Tabla 16. Resultados de la Correlación Rho de Spearman entre los metales pesados y los parámetros 56
Tabla 17. Estadistica Descriptiva de las caracteristicas biométricas de *L. nigrescens* 57
Tabla 18. Resultados Estadisticos del ANOVA de las caracteristicas biométricas 58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secuencia de polímero de alginato 18
Figura 2. Morfología externa de la *Lessonia nigrescens* 20
Figura 3. Ilustración del hábitat de las algas pardas 21
Figura 4. Diseño para muestreo de *L. nigrescens* 29
Figura 5. Ubicación de las zonas de muestreo en el litoral del Puerto de Ilo 31
Figura 6. Equipo Multiparámetro..…….…… 32
Figura 7. Equipo GPS 32
Figura 8. Obtención de muestras de macroalgas *L. nigrescens* 33
Figura 9. Pesado de muestras húmedas 34
Figura 10. Proceso de secado de *L. nigrescens* 34
Figura 11. Pesado en seco de muestras trituradas 34
Figura 12. Empaquetado de muestras 34
Figura 13. Medición de DMR en individuos 35
Figura 14. Medición de LT en individuos 35
Figura 15. Medición de perímetro de rizoide 35
Figura 16. Condición reproductiva 35
Figura 17. Medición de parámetros fisicoquímicos 36
Figura 18. Esquema de Secuencia para el Capítulo IV Resultados y Discusión 43
Figura 19. Temperatura (°C) de agua de mar por zona de muestreo y estación del año (verano-invierno) 53
Figura 20. pH del agua de mar por zona de muestreo y estación del año (verano-invierno) 54
Figura 21. Salinidad (UPS) del agua de mar por zona de muestreo y estación del año (verano-invierno) 54
Figura 22. Oxigeno Disuelto (ml/l) del agua de mar por zona de muestreo y estación del año (verano-invierno) 55
Figura 23. Correlación de la Temperatura con el As 73
Figura 24. Correlación del oxigeno disuelto con el As 73
Figura 25. Correlación de la salinidad con el As 73
Figura 26. Correlación de la Temperatura con el Cd 73
Figura 27. Correlación del oxigeno disuelto con el Cd 73
Figura 28. Correlación de la salinidad con el Cd 73
Figura 29. Correlación de la Temperatura con el Pb 74
Figura 30. Correlación de la salinidad con el Pb 74

Figura 31. Correlación del oxigeno disuelto con el Pb 74
Figura 32. Zona de Punta Coles 77
Figura 33. Zona de Playa El Diablo 77
Figura 34. Zona de Playa Refinería 77
Figura 35. Obtención de muestra *L. nigrescens* 77
Figura 36. Muestreo biométrico de alga 77
Figura 37. Muestreo biométrico de individuos 77

INTRODUCCIÓN

Los serios problemas de contaminación marino-costera se han venido incrementando en los últimos años debido a diversas actividades y fuentes, dentro de las principales podemos mencionar el vertimiento de aguas residuales, aguas industriales e incluso escorias de procesos mineros, de los cuales se reconoce la existencia de sustancias tóxicas como metales pesados, ocasionando severos impactos ambientales en la flora y fauna presente en los mares.

Desde hace muchos años, se vienen desarrollando investigaciones para reducir los impactos ambientales generados por estas sustancias, que suelen permanecer bioacumulados en los organismos. Las alternativas de biotecnología son las más exploradas para encontrar alternativas de eliminación o absorción de metales pesados, permitiendo la recuperación posterior de los ecosistemas dañados.

Una alternativa fuertemente considerada por las grandes ventajas y eficiencia es el uso de algas marinas. Adicional a que es un grupo de vegetales consumida como alimento en la dieta oriental, se ha reconocido la importante capacidad de extracción o bioacumulación de ciertas sustancias en medios acuosos. De esto, es relevante identificar especies algales que nos permitan utilizar esta capacidad para eliminar dichas sustancias tóxicas, teniendo en cuenta las condiciones que influyen en su variación espacial y temporal, a fin de encontrar condiciones favorables para un eficiente proceso.

En el Litoral de Ilo, tenemos la presencia en mayor abundancia de algas pardas, así como la *Lessonia nigrescens,* la cual se desea investigar en diferentes zonas y temporadas, evaluando las concentraciones de metales pesados bioacumulados por esta especie, y verla como una alternativa más para ser utilizada en procesos de remediación en ecosistemas acuáticos. Por ello, se realiza el presente estudio, el cual está estructurado en cuatro capítulos:

En el capítulo I, se expone el planteamiento del problema, conformado por cinco partes: la descripción y formulación del problema, objetivos, justificación, hipótesis y variables. Estos puntos fueron desarrollados para presentar el contexto situacional e importancia de la investigación.

En el capítulo II, se encuentra el marco teórico formado por tres subcapítulos principales: antecedentes, base teórica y definición de términos, que permitan comprender términos comunes y estudios relacionados a los objetivos de la investigación.

La metodología se desarrolló en el capítulo III, compuesto por el tipo y nivel de investigación, con respecto al ámbito temporal y espacial se menciona la fecha de realización del trabajo en campo y gabinete, definición de población y muestra, instrumentos y explicación de procedimiento (muestreo, tratamiento de muestras, análisis, procesamiento de datos).

Por último, en el capítulo IV presentamos los resultados, obtenidos tras el análisis estadístico, permitiéndose contrastar la hipótesis planteada, así como la discusión de estos. Finalmente, se presenta las conclusiones y recomendaciones de posteriores investigaciones en esta línea de investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Perú cuenta con 3080 kilómetros de litoral costero, comprendido desde la Boca de Capones (Tumbes) hasta el hito N°1 de La Concordia (Tacna). (Morfología Costera, 2000). Las zonas costeras representan una fuente importante de recursos energéticos, minerales e hidrobiológicos.

La costa peruana viene siendo sometida a una fuerte presión por contaminación humana e industrial, especialmente en las últimas cuatro décadas, afectando preocupantemente los ecosistemas marinos (Ibárcena, 2011).

Los ecosistemas costeros presentan condiciones frágiles, y a lo largo del litoral del país han ido sufriendo transformaciones muy relevantes, ocasionadas por las represas de los ríos, vertimiento de desechos municipales e industriales de las poblaciones colindantes, que contienen diversos contaminantes entre los que destacan algunos metales pesados como Hg, Cu, Pb, Cr (Ibárcena, 2011).

En la Provincia de Ilo del Departamento de Moquegua, se encuentran casos de contaminación por metales pesados en fuentes hídricas, según el Informe Nº 018-2012-ANA-ALA-MOQUEGUA, se registra que a la altura del puente Pacocha a 400 metros aproximadamente de la orilla del mar de Ilo, se observó que por el río Osmore cruza una tubería de desague que se conecta con la planta de tratamiento denominada “Caudaceo” administrada por la EPS Ilo S.A.; la que presenta tres rupturas en diferentes tramos a través de los cuales se vierten aguas residuales (15 L/s aproximadamente) hacia el cauce del río Osmore . Asimismo, en la zona ribereña de la urbanización Villa del Mar

se ubica la cámara de bombeo N.º 2, donde se verificó el vertimiento de agua residual directamente al mar de Ilo con un caudal de 80 L/s (ANA, 2012).

Adicional a esto, un promedio de 2000 TM/día de escoria proveniente de la Fundición, fueron arrojados al mar por más de 22 años, contribuyendo al deterioro de 5 km. del litoral marino costero de Ilo. Las áreas afectadas dejaron de crecer cuando la empresa detuvo la descarga de escorias en 1985 y de relaves en 1995 (Avila *et a*l., 2006).

En los estudios realizados en 1991, revelaron la presencia de elevadas concentraciones de arsénico, cadmio, plomo, cobre, cromo y cianuro con valores que superan los límites establecidos en la Ley General de Aguas D.L: 17752 (derogada por la Ley N°29338 Ley de Recursos Hídricos) para zonas de pesca de mariscos y bivalvos, zonas de preservación de fauna acuática y de pesca recreativa y comercial (Avila *et al*., 2006).

El alto contenido de metales pesados en la bahía provocó la contaminación de mariscos y peces (pelágicos y bentónicos), su desaparición por la elevada toxicidad y/o la bioacumulación. Así mismo, el aumento de la turbidez indujo la desaparición de diversas especies y la disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua en un área de 110 km^2 (Balvin, 1995).

La evaluación del nivel de contaminación en los recursos hidrobiológicos en la zona de Ilo ha sido de carácter limitado, la información disponible estuvo circunscrita especialmente al área de influencia de la zona próxima a la Fundición; como en el caso de lapa (*Fissurella sp*.) con 283 μg/g de cobre en marzo y 57 μg/g en agosto de 1996,superando los límites establecidos de cobre por algunos países (FAO, 1983); así como valores de 595.25 μg/g para lapa y 43.54 μg/g para caracol negro de cobre durante julio 2002. Datos que nos permite estimar la concentración del contaminante en el medio ambiente marino en el que se han capturado los organismos y nos proporciona una idea de su calidad como alimento y de su propio estado de salud (IMARPE, 2007). Por ello la importancia de estos estudios de investigación, para obtener una información actualizada del estado de calidad del medio marino, referida a la cantidad de trazas de elementos metálicos de cobre, hierro, cadmio y plomo acumulado en los organismos y sedimentos.

En un monitoreo realizado por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) hizo de conocimiento al Sector Pesquero y Acuícola que mediante Informe de Ensayo N° 136176 con fecha 19 de diciembre del 2017, el laboratorio NSF INASSA S.A.C. reportó como resultado del indicador sanitario Cadmio el valor de 1.65 mg/kg, en las muestras del recurso Choro

(*Aulacomya atra*) obtenidos en el monitoreo realizado el día 13 de diciembre del 2017, dicho valor se encuentra por encima del límite máximo de control (Limite de Control:<1.0 mg/kg), en el área de producción ESCORIA/ILO – MOQUEGUA (SANIPES, 2017).

Dada la problemática y buscando más de una alternativa para el monitoreo de metales pesados en el litoral marino de nuestra región y haciendo uso de especies propias del medio; es que se considera a la alga parda *Lessonia nigrescens* "aracanto negro" como una alternativa de bioindicador de contaminación; ya que se produce una bioacumulación de los elementos presentes en el medio donde crecen o se cultivan, llegando a constituir entre el 5% y el 20% de su materia seca (Yamamoto *et al*., 1984).

El alga parda *Lessonia nigrescens* es el alga dominante en áreas intermareales rocosas en el sur del Perú y en Chile (Santelices, 1989). Las praderas formadas por esta especie, modifican la estructura y funcionamiento de la biodiversidad en los sistemas costeros someros donde se desarrollan, siendo considerandos ingenieros ecosistémicos estructuradores de hábitats que proveen sustrato para el asentamiento larval y reclutamiento de juveniles, refugio y hábitat para un gran número de especies de macroinvertebrados, peces, y es una fuente de alimento para especies como *Loxechinus albus*, conocido como erizo verde (González *et al*., 2008).

Evaluando la fauna asociada a las praderas de *Lessonia*, es que se llegaron a identificar 94 taxa distribuidos en 10 Phyla: anélidos (poliquetos), artrópodos (principalmente crustáceos), moluscos, cnidarios, equinodermos, urocordados, platelmintos, nematodos, esponjas y nemertinos. Los poliquetos están representados por varias familias. En el caso de *L. nigrescens*, alberga casi el 80% de las especies de invertebrados que habitan el entorno intermareal rocoso de la pradera (Vásquez *et al*., 2001).

A pesar de la existencia de información acerca de la capacidad de las macroalgas para bioacumular metales pesados, en Ilo (Departamento Moquegua – Perú) no se ha realizado ningún estudio concluyente que permita proponer como una alternativa de solución a esta problemática. Las especies de invertebrados que habitan en estos ecosistemas van a seguir siendo afectadas por las concentraciones de metales pesados, dándose una disminución de individuos, influyendo negativamente en la cadena alimenticia e incluso la desaparición de ciertas especies. En este sentido, es relevante establecer la influencia de los metales pesados en algas de la especie *L. nigrescens*, por ser la que domina el litoral intermareal costero; con la finalidad

de contribuir a mejorar la calidad del medio marino de donde proceden los organismos bentónicos de importancia comercial para el consumo humano.

Es así como, surge la siguiente interrogante ¿Cuál es la variación espacial y estacional de la concentración de metales pesados en *Lessonia nigrescens* (Bory, 1826) como bioindicador de contaminación en el litoral del puerto de Ilo?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Determinar la variación espacial y estacional de la concentración de metales pesados en *Lessonia nigrescens* como bioindicador de contaminación en el litoral del Puerto de Ilo durante el 2019.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la variación espacial de la concentración de metales pesados presentes en la macroalga *L. nigrescens* según las zonas de muestreo seleccionadas.
- Determinar la variación estacional (invernal – estival) en la concentración de metales pesados presentes en la macroalga *L. nigrescens*.
- Analizar la relación que tiene los factores abióticos con las concentraciones de metales pesados encontradas en la macroalga *L. nigrescens.*

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Dimensión Ambiental

Dentro de la contaminación marina, los elementos que en principio representan un mayor riesgo para la biota a corto plazo y para la salud humana a mediano plazo son los denominados “metales pesados”, dada su capacidad para acumularse en la cadena trófica y principalmente en la marina.

En el Perú, y principalmente en la zona sur, las descargas domésticas y mineras producen la mayor contaminación en fuentes hídricas, por las cantidades de sus vertimientos con sustancias toxicas (Larios *et al*., 2015). El crecimiento poblacional e industrial de la Región Moquegua hace que nuestras costas reciban mayor descargas de aguas residuales y mientras que la materia orgánica aportada principalmente por la polución de origen urbano sea dispersada por las aguas y degradada por acción bacteriana o como alimento para los organismos filtradores; paralelamente, los metales pesados evidenciados en el medio marino no se degradan y pueden ir concentrándose progresivamente en los productores, fitófagos y carnívoros (Ibáñez, 1986).

Las algas tienen la capacidad de bioacumular ciertas sustancias presentes en el medio donde crecen o se cultivan, llegando a formar entre el 5% y el 20% de su materia seca; demostrando que la concentración de metales en las algas refleja la concentración de estos en el ambiente, de tal manera que exista una relación directamente proporcional entre la concentración de metal en la columna de agua y la acumulación en el alga (Yamamoto *et al*., 1984).

Las especies que fueron analizadas, han sido seleccionados por su forma de vida, considerándose especies bentónicas por ser buenos integradores de las condiciones del medio donde habitan y reflejan el grado de contaminación en la zona donde se capturan (Ibáñez, 1986).

Por estas consideraciones, es necesario analizar el estado toxicológico en que se encuentran estos ecosistemas, obteniendo datos actuales del nivel de contaminación por metales pesados y su comportamiento según las estaciones y zonas de estudio, más aún, cuando muchos recursos de la zona son utilizados para la alimentación humana.

1.3.2. Dimensión Económica

La macroalga *L. nigrescens* es un recurso económicamente importante debido a su extracción para el aprovechamiento del alginato, siendo normado dicho proceso por PRODUCE en el ámbito nacional. En el periodo 2008-2017 se exportaron 244.438,66 toneladas de macroalgas secas, principalmente pardas (representa el 98% total exportado), generándose un total de 211.786.756,62 de dólares en divisas para el Perú, exportándose al mercado chino. En la región Moquegua, los volúmenes de macroalgas aprovechadas fue 2.603,1 t, donde se lleva a cabo solo la colecta de macroalgas varadas en las orillas rocosas y arenosas, concentrándose la actividad en ocho varaderos identificados (Tejada, 2019).

El desprendimiento de las macroalgas pardas en la costa sur de Perú se da por causas oceanográficas relacionadas con la braveza del oleaje, las corrientes marinas costeras, el grado de exposición al oleaje y eventos de mayor escala como El Niño (Tejada, 2019). Los varamientos deberían darse de forma natural, garantizándose su extracción racional, teniendo en cuenta el importante valor como bioindicador al absorber metales pesados en su estructura para reducir su impacto en el ecosistema. Esta capacidad bioacumuladora le brindaría un valor económico al ecosistema debido al servicio ambiental ofrecido, así como la promoción a realizar proyectos de remediación con esta macroalga, empleando técnicas de fácil implementación y de bajo costo.

1.3.3. Dimensión Social

Dado que todas las actividades antropogénicas causadas en el ambiente trascienden en el tiempo, se tiene la responsabilidad de encontrar la manera de evitar y mitigar los daños ambientales. Esta preocupación no solo es ambiental, sino también social, pues las playas consideradas como zonas de muestreo, son lugares concurridos por la población para actividades recreativas y áreas protegidas por la fauna que habitan en ella. A partir de esto se define si se gozará de la salud ambiental de estos ecosistemas marinos o sufrirán por su deterioro (Gonzales *et al.*, 2014).

1.4. HIPÓTESIS

H_0: La concentración de metales pesados bioacumulados en *Lessonia nigrescens,* no presenta variación significativa según las zona y estación evaluada en el litoral del Puerto de Ilo durante el 2019.

$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

H_1: La concentración de metales pesados bioacumulados en *Lessonia nigrescens,* presenta variación significativa según las zona y estación evaluada en el litoral del Puerto de Ilo durante el 2019.

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j$$

1.5. VARIABLES

A. Variable Aleatoria

VARIABLE	*INDICADOR*
Concentración de metales pesados bioacumulados en la L. nigrescens.	Concentración de: Cu, As, Pb, Zn, Cd, Ni en mg/kg

B. Variable Fija

VARIABLE	*INDICADOR*
Variación espacial	Concentración en Playa Punta Coles (Control)
	Concentración en Playa El Diablo
	Concentración en Playa Refinería
Variación estacional	Concentración en Estación verano
	Concentración en Estación invierno

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. A nivel internacional

Westermeier *et al*., (2013) realizó la investigación: "Uso de algas pardas de cultivo para la biorremediación del ambiente costero de la Bahía de Chañaral – Atacama", llegando a la siguiente conclusión:

La acumulación de metales pesados de Charañal norte presentó una acumulación de 2 a 6 veces más respecto a algas de praderas naturales provenientes de Pan de Azucar y Las Lisas. Se identificaron excepciones para el cadmio, cromo, plomo y nique los que tuvieron una tendencia opuesta, con valores hasta 5 veces mayores que en Chañaral Norte. Otro alcance obtenido es que se encontraron diferencias al interior del talo en la acumulación de metales pesados. El disco de fijación, mostró valores mayores que frondas y estipes. Dichas diferencias no son tan evidentes en L. nigrescens de praderas naturales como lo es en Charañal norte, donde la planta estaría usando este órgano para almacenar metales pesados en exceso.

Hansen *et al*., (2006) realizó la investigación: "*Biosorción de arsénico (V) con Lessonia nigrescens",* llegando a la siguiente conclusión:

La biosorción de arsénico (V) por *Lessonia nigrescens* a pH = 2.5, 4.5 y 6.5 podría explicarse satisfactoriamente tanto por las isotermas de Freundlich como por las de Langmuir. Las capacidades máximas de adsorción se estimaron en 45,2 mg / g (pH = 2,5), 33,3 mg / g (pH = 4,5) y 28,2 mg / g (pH = 6,5), lo que indica una mejor adsorción a un pH más bajo.

Estos valores son altos en comparación con otros adsorbentes de arsénico reportados. La cinética se observó que era independiente del pH durante los primeros 120 min de adsorción con la constante de velocidad de primer orden de Lagergren de alrededor de 1,07 x 10^{-3} min^{-1}.

Sheng *et al*. (2004), realizó la investigación: "*Sorción de plomo, cobre, cadmio, zinc y níquel por biomasa de algas marinas: caracterización de la capacidad de bioabsorción e investigación de mecanismos-2004",* Departamento de Ingeniería Química y Biomolecular, Universidad Nacional de Singapur, llegando a la siguiente conclusión:

La efectividad de las algas para adsorber ciertos contaminantes ambientales, se debe a la presencia de grupos funcionales ácidos, como alginatos (pKa 3,5 – 4,5) y fucoidanos (pKa 1-2). Las capacidades de biosorción de *Sargassum sp*. y *Padina sp*. son significativamente afectadas por el pH de la solución, habiéndose experimentado con un pH 5 para plomo y cobre, pH 5.5 para cadmio, zinc y níquel. Las tasas de remoción de metal fueron rápidas, con un 90% de la adsorción total que tuvo lugar en 60 minutos. La secuencia de afinidad para *Padina sp*. fue Pb>Cu>Cd>Zn>Ni, mientras que para *Sargassum sp*. era Pb>Zn>Cd>Cu>Ni.

Leonardi & Vasquez, (1999) realizó la investigación: "*Efectos de la contaminación por cobre en la ultraestructura de Lessonia spp.", Universidad Nacional del Sur. Dpto. de Biología Bioquímica y Farmacia – Argentina, Universidad Católica del Norte, Dpto. de Biología Marina - Chile*, llegando a la siguiente conclusión:

Los cambios en la ultraestructura celular observados en *Lessonia trabeculata y L. nigrescens* se relacionaron con las concentraciones de cobre en el agua de mar, las algas marinas y los alginatos extraídos. Macroscópicamente los individuos parecían sanos, pero bajo el microscopio electrónico, se observaron cambios en los orgánulos, la pared celular y en algunos casos, el deterioro de las células. La organización normal del cloroplasto se modificó, volviéndose fusiforme con laminillas onduladas, dilatadas, dispuestas irregularmente. Los resultados sugieren fuertemente que la tolerancia o adaptación de *Lessonia* a altas concentraciones de cobre es la capacidad de diferentes tejidos vegetales para acumular cobre como precipitados, principalmente en dos niveles: la

pared celular y el espacio periplasmático, siendo el sistema vacuolar un tercer sitio.

Vasquez & Guerra, (1996) realizó la investigación: "*El uso de algas como bioindicadores de contaminantes naturales y antropogénicos en el norte de Chile"*, llegando a la siguiente conclusión:

Las concentraciones de Au, Ag, As, Mo y Br encontradas en las algas marinas (doce especies) en este estudio fueron más altas que las reportadas en ambientes terrestres, agua de mar cruda o géneros similares de algas marinas. Varias áreas no contaminadas mostraron altos valores de concentraciones de metales pesados en las especies de algas marinas estudiadas, lo que sugiere una acumulación natural en esas áreas. Por lo tanto, en áreas intermareales (con un alto nivel de perturbación), la *Lessonia nigrescens* puede usarse como indicador biológico de metales pesados. Los altos valores de metales pesados en las algas marinas sugieren que los organismos marinos se pueden utilizar como indicadores biológicos para detectar la mineralización y el impacto antropogénico en las comunidades marinas costeras.

2.1.2. A nivel nacional

Lazo & Mesias, (2019) realizó la investigación: *"Uso de las algas Macrocystis Pyrifera Bory y Lessonia Nigrescens Bory para el tratamiento de efluentes mineros"- Universidad Peruana Unión, 2019*, llegando a la siguiente conclusión:

La proporción entre biomasa algal y el medio acuoso es bajo ya que, si se sobrepasa mucho la cantidad de adsorbente, estos saturan la remoción de los contaminantes y trae como consecuencia la caída de su eficiencia. El ph presente en los relaves esta entre 2 a 6, condiciones adecuadas para el uso de las algas como remediador. Se estudiaron dos parámetros: la capacidad máxima de adsorción (qmax) siendo el Cadmio con 0.87 mmol/g y Zinc con 12.71 L/mmol las de mayor capacidad de adsorción, y el coeficiente relativo de afinidad (b), siendo el Plomo con 892 mg/g y el Cadmio con 1.04 L/mg las de mayor afinidad de las macroalgas Macrocystis Pyrifera Bory y *Lessonia Nigrescens* Bory respectivamente. También se midió el efecto del pH durante la remoción de las sustancias

contaminantes, siendo los valores de 4 a 6 los que más se repiten y de mayor eficiencia en la remediación.

Cárdenas, (2017) realizó la investigación: *"Bioacumulación en moluscos gasterópodos marinos por Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio y Plomo en el área natural protegida Punta Coles, Ilo - Moquegua"*, llegando a la siguiente conclusión:

Las concentraciones medias de los metales pesados, estableció diferencias espaciales significativas, mayoritariamente las concentraciones de Cu (todos los moluscos), y sólo algunos ejemplares en el caso del Cd (*Concholepas concholepas y Thais chocolata*) y Hg (*Concholepas concholepas*) superaron los límites de la FAO (Cu y Cd) y CEE (Hg) permitidos para moluscos bivalvos de consumo humano. Finalmente, se puede decir que los moluscos gasterópodos son muy buenos bioindicadores sobre la calidad del medio ambiente y sobre el estado de conservación de los ecosistemas naturales en el Área Natural Protegida de Punta Coles.

Quispe (2016), realizó la investigación:" *Estudio de niveles de Pb (II) y Cd (II) en macroalgas marinas del litoral arequipeño, como propuesta de bioindicador marino, Arequipa-2015", llegando a la siguiente conclusión:*

Las macroalgas pertenecientes de las especies *Lessonia nigrescens, Porphyra columbina y Corallina officinalis*, bioacumularon concentraciones que van de 5.51 a 104.73 mg/kg de Plomo y de 2.24 a 10.00 mg/kg de Cadmio, demostrándose una mayor captación de Cadmio II y Plomo II en la macroalga *Lessonia nigrescens* con variaciones entre estaciones en el año.

Cuizano *et al*., (2010) realizó la investigación: *"Relevancia del pH en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas, Lima", llegando a la siguiente conclusión:*

Las algas *Lessonia nigrescens* Bory (L13) y *Macrosystis integrifolia* Bory (S12) sufren una fuerte influencia del pH en la química acuosa del ion metálico. Se evidenció la afinidad de ambas algas por el ion Pb (II) y Cd (II). La tendencia de preferencia con los iones estudiados fue: Pb>Cd>Zn>Cu.

Reyes *et al*., (2009) realizó la investigación: *"Algas marinas del litoral peruano como biosorbentes potenciales de Ion Cu (II) en Tratamiento de Efluentes Industriales"*, llegando a la siguiente conclusión:

Se definió que el alga *Macrocystis integrifolia Bory* (S12) es más efectiva que *Lessonia nigrescens Bory* (L13) para la absorción de iones Cu (II) de soluciones acuosas. Se experimentó el proceso con las dos especies bajo las mismas condiciones ambientales, aplicando 20 mg del adsorbente, un pH inicial de 6 y con una mínima fuerza iónica.

Cuizano *et al*., (2007) realizó la investigación: *"Equilibrio ácido-base de algas marinas del litoral peruano elucida su alta afinidad por contaminantes ambientales"*, llegando a la siguiente conclusión:

Tras la investigación, se demostró que la *Macrocystis integrifolia* y *Lessonia nigrescens* son capaces de ionizarse a bajos valores de pH, incrementando sus propiedades adsorbentes y las convierte en una alternativa útil para la detoxificación de aguas residuales cuyas condiciones son extremas. *Macrocystis integrifolia Bory* presenta un pKa de 2.13 elucidando una mayor concentración de fucoidanos, mientras que *Lessonia nigrescens Bory* posee un pKa de 2.67, aparentemente debido a una mayor cantidad de proteínas fosfatadas y/o alginatos. Las dos algas estudiadas tienen la capacidad de ionizarse a bajos valores de pH, aumentando sus propiedades adsorbentes y las convierte en una alternativa útil para la detoxificación de aguas residuales reales, cuyas condiciones son extremas. Al culminarse el estudio se afirmó que las algas estudiadas son biosorbentes potenciales, pudiéndose aplicar en la eliminación de contaminantes para aguas residuales a condiciones reales, las cuales son extremas por su composición y acidez.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Variación espacial

La variación espacial se basa en la obtención de datos espaciales, siendo todo aquel que tiene asociada una referencia geográfica, de tal forma que podemos localizar con exactitud dónde sucede dentro de un mapa.

Los datos espaciales derivan de la existencia de posición. Esta posición se entiende tanto en términos absolutos (posición de una entidad en el espacio expresada por sus coordenadas) como relativos (relación con otras entidades también en dicho espacio) (Haining, 2003).

2.2.2. Variación estacional

Es el movimiento repetitivo y predecible en torno a la línea de tendencia de un año o menos. La variación estacional se mide en intervalos de tiempo en unidades pequeñas (días, semanas, meses o trimestres). El modelo de variación estacional consiste en determinar el valor esperado o pronostico cuando existen fluctuaciones (movimientos ascendentes y descendientes de la variable) periódicas de la serie de tiempo (Salazar, 2016).

2.2.3. Especie Algal

En las costas sur de América, las especies algales más importantes por su abundancia, tamaño, persistencia en el tiempo, valor industrial y nutritivo, pertenecen a los géneros:

- ***Gracilaria***
- ***Iriadaea***
- ***Porphyra***
- ***Chondrus***
- ***Gymnogongrus***
- ***Mastocarpus***
- ***Gelidium***
- ***Gigartina***
- ***Macrocystis***
- ***Durvillaea***
- ***Lessonia***

Dentro de los géneros mencionados, se agrupan 21 especies de gran importancia comercial. Se ha generado conocimiento biológico y ecológico para géneros de fuerte interés económico como *Gracilaria, Gelidium, Iridaea y Lessonia.* Los estudios se enfocan en su mayoría para

su empleo en el manejo de praderas, así como el desarrollo de cultivos (Siccha, 2012).

2.2.4. Interacciones entre metales y organismos acuáticos

Para muchos organismos la exposición a metales pesados por encima de una concentración umbral, puede ser extremadamente toxica y peligrosa. Los metales pesados de mayor importancia toxicológica en los ambientes acuáticos son: Hg, As, Cr, Pb, Cd, Ni y Zn. Dentro de la cadena trófica, los organismos fotosintetizadores son las principales líneas de acceso de los metales pesados hacia los consumidos, incluido el ser humano (Moreno, 1999).

La absorción iones metálicos por las algas se realiza en muchos casos como un proceso en dos etapas que comprende: (a) unión del metal sobre la superficie externa de la célula con ligandos biológicos liberados o con ligandos superficiales con grupos funcionales, (b) transporte del complejo superficial, a través de la membrana, al interior de la célula, en general por moléculas portadoras o carriers (Stumm & Morgan, 1995).

2.2.5. Ventaja del uso de algas como biosorbente en la eliminación de metales pesados

La diversidad de algas marinas que se encuentran en las costas Pacíficas, incrementar su selectividad y eficiencia; se han descubierto diversas propiedades de adsorción y selectividad por algas rojas, verdes y pardas frente a diversos metales pesados. Su composición química (fucanoides, alginatos, proteínas fosfatadas, etc.) permite una mayor adsorción de ciertos metales debido a su tamaño, grado de solvatación e intercambio iónico con especies presentes en el alga, etc.

Las algas marinas tienen una composición inorgánica rica en calcio, magnesio, sodio y potasio, los cuales son identificados en procesos celulares. Por ello, los biosorbentes hechos a partir de algas pueden ser fácilmente aprobados por el público cuando se apliquen biotecnológicamente.

Y, por último, el alto contenido de alginatos en las algas, las convierte en seres ideales para la adsorción de metales pesados de soluciones acuosas, especialmente para investigar las interacciones metal-alga a nivel molecular. También se demostró la adsorción de

metales pesados como cadmio (II), cromo (VI), plomo (II) y cobre (II). Las algas marinas son las únicas adsorbentes que tienen la capacidad de absorción debido a los alginatos en más de un 90% (N. A. Cuizano *et al*., 2007).

2.2.6. Proceso de adsorción de metales pesados

La adsorción algal es la retención de metales por medio de una interacción fisicoquímica de estos con los ligandos que se encuentran en la superficie celular (Cuizano & Navarro, 2008) siendo de 3-5 nm de diámetro, permitiendo la entrada de compuestos moleculares, principalmente los iones metálicos con mayor electronegatividad y menor radio, dependiendo del tipo de material biológico disponible. Para este proceso tiene que haber una masa sólida (biomasa) y una fase líquida (medio acuoso) con los iones metálicos a extraer(Lazo & Mesias, 2019).

2.2.6.1. Centro de adsorción de las algas marinas

Existen dos grupos funcionales con elevada densidad electrónica, que permiten la adsorción: los alginatos y los fucoidanos (Cuizano & Navarro, 2008)

Alginatos

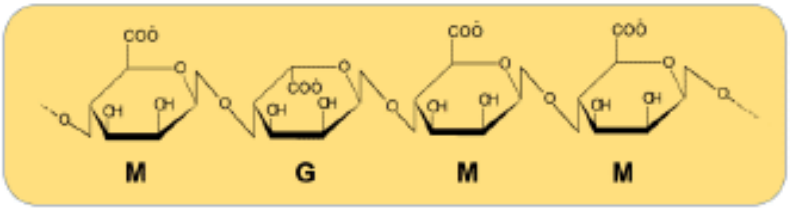
Los alginatos son los mayores responsables de la adsorción, siendo un polisacárido lineal compuesto por unidades de ácido 1,4 β-D manurónico(M) y α-L gulurónico (G) presentes de forma irregular coexistiendo las secuencias MM, GM, MG y GG (Figura 1), gracias a esto se forma cadenas llamados “egg box” donde los cationes divalentes se quedan “atrapados” dentro de la estructura, cabe recalcar que los centros activos más accesibles se encuentran en la secuencia GG (Cuizano & Navarro, 2008).

Fucoidanos

Son polisacáridos con capacidad de adsorción relativamente baja, mostrando una efectividad a pHs bajos por medio de la desprotonación de sus grupos ácidos. Cabe indicar que a estas condiciones los alginatos no tendrán la misma reacción (Cuizano & Navarro, 2008).

Figura 1

Secuencia de polímero de alginato



Nota. Adaptada por Lazo & Mesias, (2019).

2.2.7. Principales factores en el proceso de la biosorción

2.2.7.1. Tiempo de equilibrio

Durante el proceso, se dará un tiempo en el cual la biomasa algal se satura y no seguirá capturando metales, es por eso que se debe establecer el equilibrio entre el tiempo y la adsorción del contaminante (Lazo & Mesias, 2019).

2.2.7.2. Influencia de la temperatura

El incremento de la temperatura puede provocar el cambio en la textura del solvente y el detrimento del material estimulando una pérdida de la capacidad de adsorción. Así mismo, cuando el calor de adsorción es negativo, la reacción es exotérmica y se favorece a baja, por el contrario, cuando el calor de adsorción es positivo, el proceso es endotérmico y se ve favorecido por altas temperaturas(Lazo & Mesias, 2019).

2.2.7.3. Influencia del pH

El pH es un parámetro importante que interviene en la adsorción de los metales bajo diferentes adsorbente. Un valor de pH igual o mayor a 4.5 favorece la adsorción de cationes mientras que un valor entre 1.5 y 4 favorece la adsorción de los aniones(Lazo & Mesias, 2019).

2.2.7.4. Influencia de otros iones

La presencia de otro iones hace que existe la competencia de adsorción, ya que existe cierta afinidad por el material biosorbente que otros (Lazo & Mesias, 2019).

2.2.8. Aspectos generales de la *L. nigrescens*

2.2.8.1. Clasificación Taxonomía

Según el IMARPE (2015) su clasificación taxonómica es:

División: Phaeophyta
Clase: Phaeophyceae
Orden: Laminariales
Familia: Lessoniaceae
Género: *Lessonia*
Especie*:* *Lessonia nigrescens* (Bory de Saint-Vicent, 1826)

Nombres comunes
Perú: Aracanto negro, negra, cabeza.
Chile: Chascon, huiro negro.

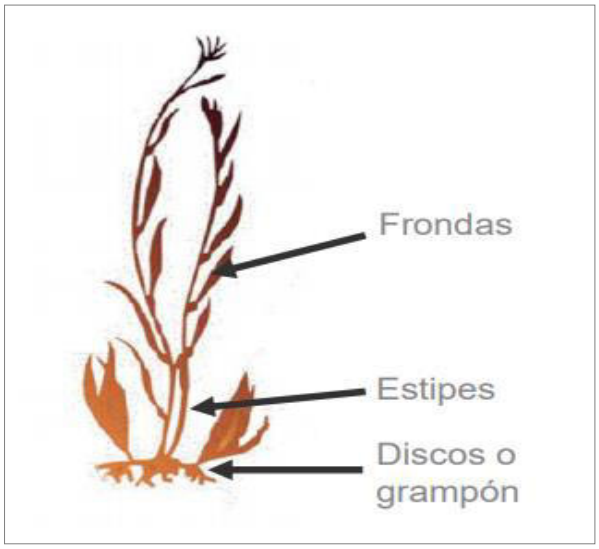
En la actualidad se hacen reportes de *L. nigrescens* en publicaciones científicas, reportes estadísticos de exportación, entre otros documentos para el manejo y conservación de la especie (A. Tejada et al., 2019) .Sin embargo, recientemente se incluyó en el Catálogo Digital de la Biodiversidad Acuática del Perú (IMARPE, 2019), en la ficha de la especie, se ha citado a *L. berteroana*, para el sur del Perú; una de las dos unidades evolutivas, descubiertas tras las revisiones taxonómicas. El cambio taxonómico de *L. berteroana* no está reflejado aún en la normativa peruana, probablemente por la escasa información genética de estos ejemplares (Pérez-Araneda et al., 2021).

2.2.8.2. Características Morfológicas

Esta especie de alga presenta un color verde parduzco o casi negro que alcanzan hasta 4 m. de longitud. Tienen un rizoide del cual surgen uno o más ejes principales. Su estípite principal es aplanado, y puede medir entre 1.5 a 3 cm de diámetro. Sus láminas son lisas de borde entero, ondulado o con dientes romos (Figura 2) (IMARPE, 2015).

Figura 2

Morfología externa de la Lessonia nigrescens.



Nota. Adaptada por Morfología externa de la *Lessonia nigrescens*, por Vásquez, 2013.

2.2.8.3. Distribución geográfica y hábitat

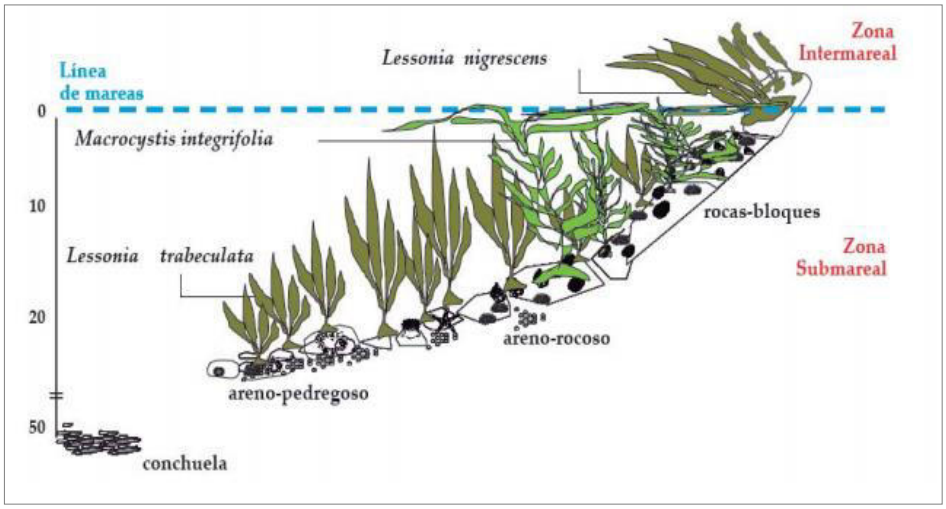
Lessonia nigrescens, conocida comúnmente como "aracanto negro" es un alga parda de orden laminariales. Se encuentran a lo largo de la costa del Pacifico sudamericano, partiendo desde Perú hasta las regiones subantárticas de Chile. Crece en zonas de fuerte oleaje, ante el cual ha desarrollado una gran adaptación. Habita únicamente las costas del Pacifico Este del hemisferio sur, encontrándose entre los 14º y los 40ºS (IMARPE, 2015).

2.2.8.4. Hábitat y Aspectos Ecológicos

Las algas forman un denso cinturón en la zona intermareal y submareal somera de playas rocosas (Figura 3). Las praderas formadas por esta alga, modifican la estructura y funcionamiento de la biodiversidad en los sistemas costeros, considerándolas ingenieros eco sistémicos estructuradores de habitas que brindan sustrato para el asentamiento larval, reclutamiento de juveniles, refugio y hábitat para un gran número de especies de macroinvertebrados y peces (IMARPE, 2015).

Figura 3

Ilustración del hábitat de las algas pardas



Nota. Adaptada de Ilustración del hábitat de las algas pardas, original de A. Gamarra, IMARPE, 2012.

2.2.8.5. Composición Química

Según González *et al.*, (2008) *Lessonia nigrescens* tiene un contenido proteico de 13.1% y un alto contenido de ceniza, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Composición Química de Lessonia nigrescens

Componente	Porcentaje
Energía	12.04
Cenizas	27.85
Proteínas	13.1
Grasas	0.5
Humedad	58.55

Nota. Recuperador de González e*t al*., (2008)

Los alginatos presentan una humedad menor de 12%, cenizas entre 18 – 27%, contenido de calcio entre 0.3 – 1 %, pureza entre 96 – 98%, tamaño de partícula para productos regulares entre 30 – 60 mallas y para los refinados entre 100–150 mallas (Hernández *et al*., 1989).

2.2.8.6. Consumo y Usos

Actualmente los alginatos son uno de los biopolímeros con más uso industrial, usados para espesar soluciones y gelificar un amplio rango de mezclas. Aprovechando estas propiedades, son usados en diferentes ramas de la industria como alimenticia, farmacéutica, textil, entre otros (González *et al*., 2008).

2.2.9. Capacidad de adsorción de la *L. nigrescens*

Existen diferentes estudios realizados para evaluar la remoción de metales con la macroalga *L. nigrescens,* reconociéndose su gran capacidad de bioacumulación ante el Cadmio, Plomo, Arsénico, Cobre y Mercurio a diferentes proporciones(Lazo & Mesias, 2019).

Tabla 2

Comparación de los diferentes estudios de remoción de metales con la macroalga L. nigrescens

Metales Removidos	Masa del absorbente (g)	Cantidad de medio acuoso (mL)	pH	Modelo Langmuir		Referencia
				Capacidad máxima de adsorción (qmax) en mg/g	Coeficiente relativo de afinidad (b) en L/mg	
Cadmio	1	1000	6	107.4	1.04	(Boschi et al. 2011)
Plomo	0.01	100	4	892.9	0.13	(Cuizano et al. 2009)
Plomo	2	500	4	337.8	0.46	(Cuizano et al. 2009)
Arsénico	2	500	2.5	45.2	0.0133	(Hansen, Ribeiro and Mateus 2006)
Arsénico	2	500	6.5	28.2	0.0144	(Hansen et al. 2006)
Cadmio	1.5	250	3.7	115.3	0.0087	(Gutierrez et al. 2015)
Cobre	1	100	5	60.4	0.0141	(Cid et al. 2018)
Cobre	0.02	100	6	66.62	0.202	(Reyes Navarro, and Llanos 2009)
Mercurio	1	100	6	321.2	0.34	(Plaza et al. 2011)

Nota. Recuperador de Lazo & Mesias, (2019).

De la Tabla 2, las investigaciones indican que la *L. nigrescens* tiene la capacidad de bioacumular metales pesados a diferentes proporciones, y trabajándose con pequeñas cantidades de biomasa algal para diferentes cantidades de medio acuoso.

2.3. DEFINICIÓN DE TERMINOS

2.3.1. Metales Pesados

Los metales pesados son considerados como los principales productos ecotóxicos. Un metal pesado es aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5g/cm^3 cuando se encuentre en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalinos- térreos). Su presencia en la corteza terrestres es inferior al 0.1%. También se puede encontrar otros elementos químicos como el As, B, Ba y Se (Ata et al., 2012).

Existen dos grupos:

A) Oligoelementos, que son los requeridos en pequeñas cantidades traza por plantas y animales, y son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. De sobrepasar cierta dosis se vuelven tóxicos; dentro de este grupo están: As, B, Co, Cr, Mo, Mn, Ni, Se y Zn (Ata et al., 2012).

B) Metales pesados que no tienen una función biológica conocida, y su presencia en determinadas cantidades en seres vivos lleva a deficiencias en el funcionamiento de sus organismos. Pueden ser altamente tóxicos y bioacumulativos en organismos vivos; son principalmente: Cd, Hg, Pb, Cu, Ni, Sb, Bi (Ata et al., 2012).

Cadmio

El cadmio es un metal pesado que presenta un riesgo grave para la salud humana. El cadmio se encuentra normalmente en los minerales, junto con el zinc, cobre y plomo. La actividad volcánica es una razón natural para el incremento temporal de la concentración de cadmio en el medio ambiente. El cadmio se utiliza ampliamente en la industria como un agente contra la corrosión, como agente estabilizar en productos de PVC, como un pigmento de color y en la fabricación de baterías níquel-cadmio. Fertilizantes de fosfato también muestra una carga grande de cadmio. El cadmio es altamente tóxico para el hombre y los ecosistemas, su alta permanencia en el medio ambiente y sus innumerables usos lo hacen un elemento de toxicidad similar o mayor que la del plomo para el medio ambiente (Ata et al., 2012).

Plomo

El plomo se encuentra de forma natural en la corteza de la tierra en pequeñas concentraciones, pero durante siglos se ha extraído y difundido en todo el entorno, desde donde gradualmente se ha ido incorporando en el tejido estructural de las plantas, los animales y los seres humanos. El plomo es un metal pesado que no se requiere fisiológicamente. Se dice que no hay persona en la que no se detecten niveles de plomo en sangre (Babel, 2006).

Cobre

El Cu es un metal ampliamente usado en la industria para la manufactura de muchos productos tales como amalgamas con diversas aplicaciones, agroquímicos, esmaltes y pigmentos, reactivos para curtiembre, alguicidas de uso profuso en cuerpos de agua dulce, prótesis medico quirúrgicas que le hombre contamine el medio ambiente con progresivas cantidades de cobre. La contaminación con este metal se presenta mayoritariamente en la cercanía de las minas donde se extrae y procesa, y en las refinerías durante su purificación (Silva-Aciares et al., 2013) .

Zinc

Este metal es ampliamente utilizado por muchas industrias, como el galvanizado, y la fabricación de acero y otras aleaciones, baterías y pigmentos (Ata et al., 2012).

Arsénico

El arsénico se encuentra en forma natural en rocas sedimentarias y rocas volcánicas, y en aguas geotermales. El arsénico se presenta en la naturaleza como sulfuro de arsénico y arsenopirita, que se encuentran como impurezas en los depósitos mineros, o como arsenato y arsenito en las aguas superficiales y subterráneas. El arsénico se encuentra en el agua por la disolución natural de minerales de depósitos geológicos la descarga de los efluentes industriales y la sedimentación atmosférica (Ata et al., 2012).

El arsénico es un elemento toxico presente en pequeñas cantidades en aguas naturales (aguas subterráneas y superficiales), cuando excede valores permisibles, se ha convertido en un importante e

inevitable amenaza para la vida de los seres humanos y microrganismos. Se puede elevar las concentraciones de arsénico en los suelos y el agua por varias razones como, la disolución de minerales, el uso del arsénico en pesticidas (los cuales abundan en las zonas rurales de los países de Sur América, como Bolivia y Perú), la eliminación de las cenias volantes, drenaje de minas (tanto en minería informal como en la formal) (Ata et al., 2012).

2.3.2. Macroalgas

Es un grupo de vegetales con fotosíntesis oxigénica, denominado "algas" que requieren de una elevada humedad o permanecer en agua.

Las macroalgas marinas son organismos fotosintéticos que son comparables con las plantas terrestres tanto por ser los productores de oxígeno y biomasa de los cuales dependen el resto de los seres vivos de la cadena alimenticia en el agua, así como sustrato y preparar microcondiciones donde otros seres vivos se adhieren. Además de su importancia como alimento, y multitud de productos que se consiguen de ellas, forman parte sustancial del paisaje acuático. Existe una gran diversidad de especies algales que se distinguen por su color: las algas verdes, pardas y rojas (León et al., 2019).

2.3.3. Bioindicadores

Los organismos indicadores son especies selectas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros. Comúnmente los biólogos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificad y fácil monitoreo. Se define a los organismos indicadores como la presencia de una especie en particular, que muestra la existencia de ciertas condiciones en el medio, mientras que su ausencia es la derivación de la alteración en tales condiciones (Roldán, 2016).

Algunas de las ventajas sobre el uso de bioindicadores son: la colecta y registro de información biológica es sencilla, así mismo, las comunidades biológicas reflejan las condiciones del sistema (física, química, biológica y ecológica). El biomonitoreo resulta ser económico y se pueden obtener Índices Bióticos que expresan la calidad del agua mediante escalas numéricas.

2.3.4. Organismos Bentónicos

Organismos submarinos que habitan en el fondo del mar. Son sésiles, es decir que permanecen fijas al sustrato como las algas o moluscos (Roldán, 2016).

CAPÍTULO III: MÉTODO

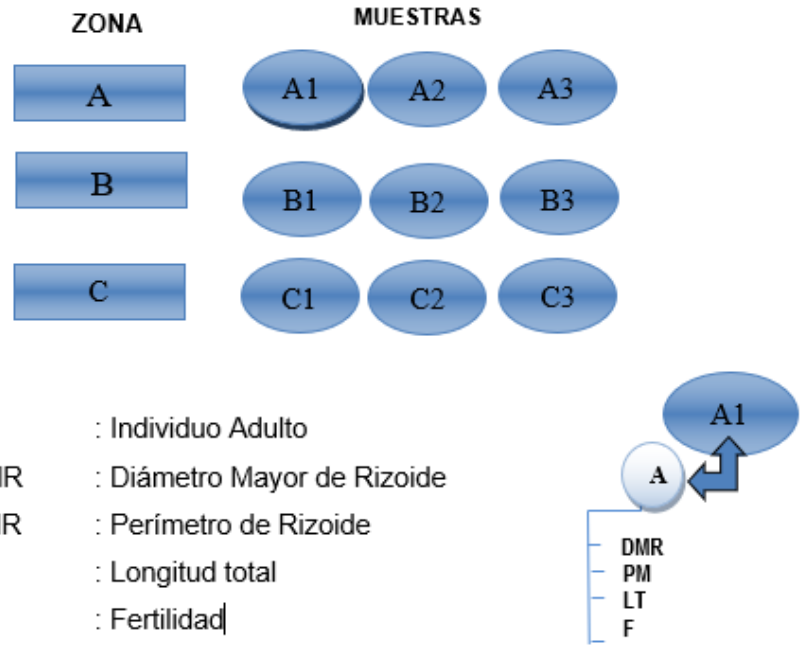
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación del presente trabajo es relacional - comparativo. La característica más importante de este nivel es que posee análisis bivariado (de dos variables) y la diferencia con el nivel explicativo es que no pretenden demostrar relaciones de causalidad. El análisis bivariado se realizará considerando la concentración de metales pesados y su variación Espacial – Temporal (invernal y estival).

El diseño empleado en esta investigación es de tipo no experimental (observacional) y longitudinal, siendo no experimental debido a que no se puede hacer una manipulación deliberada de las variables; solamente se observan los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, a fin de analizarlos, y es de tipo longitudinal, ya que la recolección de datos se da a través del tiempo en puntos o periodos especificados para hacer inferencias respecto al cambio (Hernández *et al*., 2003).

Figura 4

Diseño para muestreo de L. nigrescens



Nota. Esquema en base al método de investigación.

3.2. ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL

3.2.1. Ubicación Espacial

El área de estudio comprendió 03 zonas de muestreo, en el área rocosa de la zona intermareal a lo largo del litoral del Puerto de Ilo (Figura 5) (Tabla 3).

Se determinó tres zonas de muestreo las que estuvieron conformadas por:

1. Zona rocosa de Playa Punta de Coles (PC)
2. Zona rocosa de Playa El Diablo (PD)
3. Zona rocosa de Playa Refinería (PR)

La zona de Playa Punta de Coles fue considerada punto control en la investigación, debido a que es un Área Natural Protegida, en la cual están prohibidas las actividades productivas que podrían alterar el hábitat. Las zonas de Playa El Diablo y Playa Refinería, fueron elegidas debido a que se encuentran diversas fuentes de impacto antropogénico como emisión de efluentes, actividad pesquera y minera. La distancia entre las zonas de muestreo es de 7 km. En cada zona, se obtuvo 03 puntos de muestreo, siendo un total de 09 muestras.

Tabla 3

Coordenadas UTM de las Zonas de Muestreo, WGS84 zona 19S,

Zonas de Muestreo	Este	Norte
Playa Punta de Coles (PC)	248325	8042872.1
Playa El Diablo (PD)	251465	8049423.5
Playa Refinería (PR)	249824.1	8055387.3

En las zonas determinadas se realizó Muestreo de transepto: En el que usó una línea de 10 m., obteniendo una muestra cada 5 m. aproximadamente. Los muestreos fueron realizados en la zona intermareal, durante los tiempos de baja mar. Además, se determinó los parámetros físicos-químicos (pH, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto).

Figura 5

Ubicación de las Zonas de muestreo en el litoral del Puerto de Ilo



Nota. Sistema de coordenadas WGS 84, zona 19S. Adaptada de Mapa de la Provincia de Ilo, Departamento de Moquegua GoogleMap (2019).

3.2.2. Ubicación Temporal

Los muestreos en el litoral del Puerto de Ilo se realizaron en dos estaciones del año: Estival (verano) e Invernal (invierno).

- Invierno: Del 22 de junio al 22 de Setiembre.
- Verano: Del 22 de diciembre al 21 de marzo.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. La Población

Praderas de macroalgas (*Lessonia nigrescens*) definidas en las tres zonas de muestreo.

3.3.2. Muestra

Se aplicó muestreo no probabilístico, denominado muestreo según criterio. Dentro del muestreo según criterio existen dos formas de criterio: el primero criterio, que es el criterio del investigador; y el segundo criterio, que es el criterio de un grupo de expertos. Al primero de ellos se le denomina discrecional; y al segundo, de juicio (Supo, 2014).

Para nuestro interés, se definió una muestra de 500 gramos de biomasa húmeda de frondas de *Lessonia nigrescens* (Protocolo para muestreo biológico y biométrico de macroalgas pardas comerciales, IMARPE).

3.3.3. Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la investigación son:

- Multiparametro
- Balanza digital
- Espectrómetro de Emisión Atómica
- GPS
- Cinta métrica

Figura 6

Equipo Multiparámetro



Figura 7

Equipo GPS



3.4. PROCEDIMIENTOS

3.4.1. Muestreo de *L. nigrescens*

3.4.1.1. Recolección de Muestras

Las muestras de *Lessonia nigrescens* fueron colectadas una vez por estación (verano – invierno), en la zona intermareal de tres zonas de muestreo: Playa Punta Coles, Playa El Diablo y Playa Refinería. En la zona intermareal, se usó el GPS para determinar los puntos exactos para el muestreo.

Para la recolección de la *L. nigrescens, s*e trazó una línea paralela a la costa de 1 m, extrayendo una muestra cada 05 m de distancia (Miloslavich, 2010).

Haciendo uso de una espátula, barreta y cuchillo se extrajo 03 individuos adultos con un diámetro de rizoide mayor o igual de 15 cm por cada zona de muestreo. Se contó el número total de estipes y se consideró extraer el 30% de estos para transportar y continuar con el proceso de secado (Figura 8).

Figura 8

Obtención de muestras de macroalga L nigrescens



En cada zona de muestreo se registró la temperatura superficial del mar (°C), pH, salinidad (UPS) y oxígeno disuelto (ml/l) utilizando el multiparámetro – Thermo Scientific.

3.4.1.2. Conservación y transporte de muestras

Para la conservación de las muestras se colocaron en cajas isotérmicas (cooler) debidamente rotuladas (con cintillos) en función del área marina de procedencia. Luego fueron trasladadas y pesadas para determinar su Peso Húmedo de cada individuo (Figura 9). Se extendieron sobre plástico y expuestas al ambiente para su desecación (Figura 10). (Vergara, 2016).

Posterior a esto, se pesó y trituró (con tijera y cuchillo) para la obtención de fibras pequeñas (Figura 11). Se pesó 200 gr. de fibras de cada individuo, y posteriormente empacada en bolsas ziploc para ser enviadas al Laboratorio Químico de la Universidad Católica Santa Maria; y determinar metales pesados utilizando el Espectrómetro de Emisión Atómica (EPA METHOD 200.7) (Figura 12).

Figura 9

Pesado de muestras húmedas



Figura 10

Proceso de secado de L. nigrescens



Figura 11

Pesado en seco de muestras trituradas



Figura 12

Empaquetado de muestras



3.4.1.3. Muestreo biométrico

El muestreo biométrico se ejecutó siguiendo la metodología de IMARPE. Se realizó in situ utilizando una cinta métrica, registrándose el diámetro mayor del rizoide (DMR), perímetro del rizoide (PMR) y longitud total (LT); el peso total (PT) fue registrado con una balanza digital (Figura 13, 14, 15). Adicionalmente se registró la condición reproductiva de cada uno de los ejemplares colectados observando la presencia de soros en las frondas (Fertilidad) (Figura 16) (Gamarra et al., 2018).

Figura 13

Medición de DMR en individuos



Figura 14

Medición de LT en individuos



Figura 15

Medición de perímetro de rizoide



Figura 16

Condición reproductiva



3.4.2. Registro de parámetros abióticos

Se registrará los siguientes parámetros utilizando el Multiparametro Thermo Scientific (Figura 17):

- Temperatura
- Salinidad
- pH
- Oxígeno Disuelto

Figura 17

Medición de parámetros fisicoquímicos



3.4.3. Análisis de metales pesados

Para realizar la determinación de metales pesados (*Cu, As, Pb, Zn, Cd, Ni)*, las muestras fueron analizadas por el Laboratorios de la Universidad Católica de Santa Maria de Arequipa; que empleó la técnica de análisis:

Adaptado de determinación de metales y oligoelementos en agua y desechos por plasma inductivo acoplado - Espectrometría de emisión atómica MÉTODO EPA 200.7

3.5. ANÁLISIS DE DATOS

Una vez obtenidos los resultados del laboratorio se determinó los siguientes parámetros estadísticos:

3.5.1. Media:

Valor que representa un conjunto de datos. Señala un centro de los valores, que es la suma de todas las medidas divididas por el número de medidas (Quispe, 2015).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Donde:

Σx_i: Sumatoria del conjunto de datos

n: Número de datos

3.5.2. Desviación Estándar (S):

La desviación estándar brinda una medida de la dispersión de un conjunto de resultados alrededor del valor medio. Se considera como la raíz cuadrada de la varianza (Laguna, 2016).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{(x_i - \bar{x})} 2}{n-1}}$$

Donde:

S: Desviación Estándar

x_i: Sumatoria del conjunto de datos.

$\bar{x}$: Promedio de los datos.

$\sum$: Sumatoria

n: Número de datos.

3.5.3. Varianza:

La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de los datos respecto a su media. Se calcula como la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones (Laguna, 2016).

$$S^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

S^2: Varianza

x_i: Término de conjunto de datos

$\bar{x}$: Promedio de los datos.

n: Número de datos.

$\sum$: Sumatoria

3.5.4. Error Estándar:

El error estándar es la desviación estándar de la distribución muestral de un estadístico muestral. Se refiere también a una estimación de la desviación estándar, obtenida de una muestra particular usada para computar la estimación (Laguna, 2016).

$$ES = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

S: Varianza

n: Número de datos.

3.5.5. Distribución t de Student

La distribución t de Student es muy parecida a la distribución normal, pero se aplica cuando se desconoce la desviación estándar poblacional y el estimador utilizado se calcula en la propia muestra (Laguna, 2016).

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

μ: Media de la población

$\bar{x}$: Media de la distribución de los datos

n: Número de datos.

S: Error estándar de la muestra

3.5.6. Análisis de Varianza ANOVA

La técnica de análisis de varianza (ANOVA) o análisis factorial es una herramienta básica para el estudio del efecto de uno o más factores (cada uno con dos o más niveles) sobre la media de una variable continua. El test estadístico se emplea cuando se quiere comparar las medias de dos o más grupos. Esta técnica puede utilizarse también para estudiar los posibles efectos de los factores sobre la varianza de una variable. Para realizar un ANOVA tiene que cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Laguna, 2016).

Normalidad

La variable dependiente debe de seguir aproximadamente una distribución normal dentro de cada grupo. Se emplea el siguiente criterio: cuando tanto n como m son mayores o iguales a 30 se puede presumir que la aproximación a la normal será buena.

Existen diversos test para demostrar si los valores de una variable siguen o no la distribución normal. Cuando resultan significativos ($p<0.05$) se rechaza la hipótesis de normalidad, tendremos evidencia de que los datos no siguen una distribución normal.

Los test de normalidad más utilizados y en SPSS son el test de Kolmogorov-Smirnov o el test de Shapiro-Wilks (utilizado si $n \leq 50$).

Si finalmente la variable no se aproxima a la normalidad, se deben aplicar pruebas no paramétricas U de Mann-Whitney (datos independientes) o el test de Wilcoxon (datos emparejados) (Laguna, 2016).

Homogeneidad de Varianzas (Homocedasticidad)

Además de seguir una distribución normal hay que comprobar que las varianzas de ambos grupos sean iguales, es decir, homogéneas. Con SPSS utilizaremos el test de Levene para comprobar si las varianzas son homogéneas. Su hipótesis nula es que las varianzas son iguales. Si el valor p correspondiente al test de Levene es inferior a 0.05, asumiremos que las varianzas son significativamente distintas (Laguna, 2016).

Coeficiente de correlación Rho de Spearman

El Coeficiente de Correlación Rho de Spearman, una medida de asociación lineal que se aplica para procedimientos estadísticos no paramétricos (analiza datos que no tienen una distribución normal), este coeficiente es muy útil cuando el número de pares de sujetos (n) que se desea asociar es pequeño (menor de 30). Aparte de permitir conocer el grado de asociación entre ambas variables, con Rho de Spearman es posible determinar la dependencia o independencia de dos variables aleatorias (Faraway, 2013).

3.5.7. Prueba U de Mann-Whitney

Es una prueba no paramétrica donde se comparan dos muestras independientes. Se emplea para comparar dos grupos de rangos y determinar que la diferencia sea estadísticamente significativa o no (Laguna, 2016).

3.5.8. Prueba Kruskall-Wallis

Es una prueba no paramétrica empleada para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Es idéntica al ANOVA con los datos reemplazados por categorías. Esta prueba no asume normalidad en los datos (Laguna, 2016).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

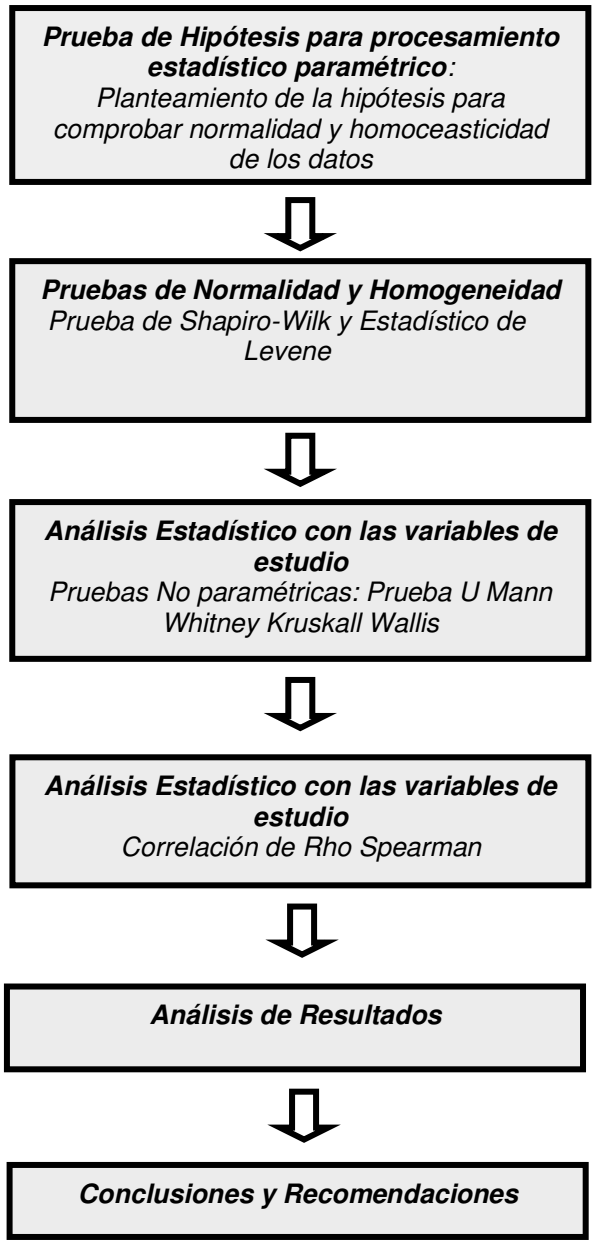
PRESENTACIÓN DEL CAPÍTULO

Con la finalidad de presentar los resultados de una forma clara y ordenada, se elaboró un esquema de las etapas desarrolladas para el análisis de los datos, hasta poder definir las conclusiones del presente trabajo.

En la Figura 18, se presenta el esquema diseñado específicamente para esta investigación.

Figura 18

Esquema de Secuencia para el Capítulo IV Resultados y Discusión



Nota. Esquema para secuenciar el procedimiento estadístico basado en el análisis de datos.

PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO PARAMÉTRICO

En estadística, la prueba “t” de Student y el análisis de la varianza (ANOVA) son pruebas paramétricas en que se supone una forma determinada de la distribución de valores, generalmente la distribución normal, en la población de la que se obtiene la muestra experimental. Una prueba paramétrica exige cumplir tres criterios:

1. Que sea una variable numérica.
2. Que tenga una distribución normal en cada grupo.
3. Determinar y probar que tenga homogeneidad de varianza.

Debido a esto, antes de realizar el procesamiento estadístico se ha planteado la hipótesis de normalidad para los datos de las variables, cuyas decisiones están basadas en el P-valor, considerando que si el valor es menor a 0.05 se aceptará la hipótesis alterna y se rechazará la hipótesis nula.

Planteamiento de la hipótesis para comprobar la normalidad de la distribución de los datos:

- H_o: La distribución de los valores de las variables aleatorias (concentraciones de los metales) tienen distribución normal
- H_1: La distribución de los valores de las variables aleatoria (concentraciones de los metales) NO tienen distribución normal

Nota: Todos estos cálculos para la prueba de hipótesis se realizan al 95% de confianza y 5% de significancia.

Criterio de decisión

- Si p > = 0.05 aceptamos la H_o y rechazamos la H_1 (hipótesis alterna)
- Si p < 0.05 rechazamos la H_o y aceptamos la H_1

Para el supuesto de normalidad, diversos autores afirman que la prueba de Kolmogórov-Smirnov solo se aplica con muestras grandes (n ≥ 50) y se aplica

la prueba de Shapiro-Wilk, cuando las muestras son pequeñas (n < 50). En este caso, se aplicó la prueba Shapiro-Wilk para la distribución normal y para la prueba de homogeneidad de varianzas se empleó el Estadístico de Levene.

Planteamiento de la hipótesis para comprobar la homoceasticidad (homogeneidad) de los datos.

- H_o: La variabilidad de un grupo no es distinta a la variabilidad del otro grupo.
- H_1: La variabilidad de un grupo es distinta a la variabilidad del otro grupo.

Todos estos criterios y recomendaciones se cumplieron para ciertas variables, cuyos procedimientos y resultados se presentan en las siguientes tablas. De ser el caso y no se cumplan los criterios, se emplea su equivalente a la prueba “t” de Student y ANOVA, siendo las pruebas no paramétricas y U Mann Whitney y Kruskall Wallis respectivamente.

4.1. PRUEBAS DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD

Para las concentraciones de metales por zonas de muestreo

Tabla 4

Pruebas de normalidad para la concentración de metales pesados en la Zona Punta de Coles

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Concentración As	,913	6	,455
Concentración Cd	,994	6	,997
Concentración Cu	,715	6	,009
Concentración Ni	,749	6	,019
Concentración Pb	,817	6	,083
Concentración Zn	,793	6	,051

Para los datos de las concentraciones de As, Cd, Pb y Zn el P-valor es mayor que 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula que dice: que los datos tienen distribución normal. Caso contrario para el Cu y Ni, con un P-valor menor a 0.05, rechazándose la hipótesis nula, no habiendo distribución normal de los datos.

Tabla 5

Pruebas de normalidad para la concentración de metales pesados en la Zona Playa El Diablo

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Concentración As	,930	6	,579
Concentración Cd	,940	6	,657
Concentración Cu	,646	6	,002
Concentración Ni	,902	6	,389
Concentración Pb	,750	6	,020
Concentración Zn	,761	6	,026

Para los datos de las concentraciones de As, Cd y Ni el P-valor es mayor que 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula que dice: que los datos tienen distribución normal. Caso contrario para el Cu, Pb y Zn, con un P-valor menor a 0.05, rechazándose la hipótesis nula, no habiendo distribución normal de los datos.

Tabla 6

Pruebas de normalidad para la concentración de metales pesados en la Zona Playa Refinería

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Concentración As	,918	6	,490
Concentración Cd	,873	6	,239
Concentración Cu	,839	6	,127
Concentración Ni	,692	6	,005
Concentración Pb	,974	6	,918
Concentración Zn	,783	6	,041

Para los datos de las concentraciones de As, Cd, Cu y Pb el P-valor es mayor que 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula que dice: que los datos tienen distribución normal. Caso contrario para el Ni y Zn, con un P-valor menor a 0.05, rechazándose la hipótesis nula, no habiendo distribución normal de los datos.

Tabla 7

Prueba de homogeneidad de varianza para la concentración de metales

		Prueba de Levene de igual de varianzas	
		F	**Sig.**
Concentración As	Se asumen varianzas iguales	,013	,909
	No se asumen varianzas iguales		
Concentración Cd	Se asumen varianzas iguales	,138	,716
	No se asumen varianzas iguales		
Concentración Cu	Se asumen varianzas iguales	,000	,999
	No se asumen varianzas iguales		
Concentración Ni	Se asumen varianzas iguales	,000	,994
	No se asumen varianzas iguales		
Concentración Pb	Se asumen varianzas iguales	,104	,751
	No se asumen varianzas iguales		
Concentración Zn	Se asumen varianzas iguales	,022	,885
	No se asumen varianzas iguales		

Si el P-valor es menor que 0.05 se acepta la hipótesis alterna, pero si es mayor que 0.05 se aceptaría la hipótesis nula. En este caso todos los valores son mayores que 0.05, por lo tanto, es un indicador que la variabilidad de un grupo no es distinta a la variabilidad del otro grupo, en resumen, los datos son homogéneos.

En conclusión, el procedimiento a emplear es la prueba no paramétrica, por tal razón, para este análisis se calcula U Mann Whitney y Kruskall Wallis.

4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO CON LAS VARIABLES DE ESTUDIO

4.2.1. Variación espacial de la concentración de metales pesados

Para cumplir con el primer objetivo específico se desarrolló la prueba Kruskall Wallis, obteniéndose el resumen de la prueba de hipótesis presentado en la Tabla 8.

Tabla 8

Prueba Kruskall Wallis para las Concentraciones de metales según zonas de muestreo

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de la Concentración de As es la misma entre las categorías de Zona de Muestreo	Prueba de Kruskall Wallis para muestras independientes	0.829	Retener la hipótesis nula
2	La distribución de la Concentración de Cd es la misma entre las categorías de Zona de Muestreo	Prueba de Kruskall Wallis para muestras independientes	0.715	Retener la hipótesis nula
3	La distribución de la Concentración de Cu es la misma entre las categorías de Zona de Muestreo	Prueba de Kruskall Wallis para muestras independientes	0.003	Rechazar la hipótesis nula
4	La distribución de la Concentración de Ni es la misma entre las categorías de Zona de Muestreo	Prueba de Kruskall Wallis para muestras independientes	0.210	Retener la hipótesis nula
5	La distribución de la Concentración de Pb es la misma entre las categorías de Zona de Muestreo	Prueba de Kruskall Wallis para muestras independientes	0.350	Retener la hipótesis nula
6	La distribución de la Concentración de Zn es la misma entre las categorías de Zona de Muestreo	Prueba de Kruskall Wallis para muestras independientes	0.090	Retener la hipótesis nula

Los metales As, Cd, Ni, Pb y Zn presentan un P-valor mayor que 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna, indicando que no existe variación significativa en las concentraciones de estos metales entre las 03 zonas evaluadas.

Para el caso del Cu, se obtuvo un P-valor de 0.003, menor a 0.05, aceptándose la hipótesis alterna. Por lo tanto, se puede afirmar estadísticamente que las concentraciones de Cu presentan variación significativa entre las 03 zonas de muestreo.

Tabla 9

Estadística descriptiva de la Concentración de metales por Zona de Muestreo

Zonas de Muestreo	Metales	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Punta Coles (PC)	As	0.015	0.005	0.010	0.023
	Cd	0.033	0.009	0.020	0.046
	Cu	1.778	0.171	1.648	2.002
	Ni	0.046	0.031	0.021	0.088
	Pb	0.018	0.003	0.014	0.021
	Zn	9.268	0.503	8.812	9.910
Playa El Diablo (PD)	As	0.015	0.005	0.007	0.020
	Cd	0.033	0.006	0.024	0.039
	Cu	0.569	0.827	0.028	1.641
	Ni	0.080	0.005	0.074	0.088
	Pb	0.016	0.003	0.013	0.019
	Zn	6.220	2.379	4.214	9.241
Playa Refinería (PR)	As	0.015	0.003	0.011	0.019
	Cd	0.029	0.011	0.019	0.046
	Cu	1.814	0.134	1.648	1.950
	Ni	0.356	0.458	0.024	0.950
	Pb	0.015	0.004	0.011	0.021
	Zn	8.565	1.075	7.614	9.923

En la Tabla 9 se presenta las concentraciones promedio de cada metal según las zonas de muestreo.

- Para los niveles de As la concentración media de bioacumulación en *L. nigrescens* fue de 0.015 mg/kg.
- En el caso del Cd se encontraros concentraciones relativamente bajas a lo largo del periodo muestreado. La concentración media de bioacumulación en *L. nigrescens* fue de 0.032 mg/kg.
- Las concentraciones de Cu son mayores que los valores de As, Cd, Ni y Pb, siendo la concentración promedio 1.387 mg/kg.
- La concentración media de Zn en *L. nigrescens* fue de 8.018 mg/kg.
- La concentración media de Pb en *L. nigrescens* fue de 0.017 mg/kg.
- La concentración media de Ni en *L. nigrescens* fue de 0.161 mg/kg.

4.2.2. Variación estacional (invernal – estival) en la concentración de metales pesados

Para cumplir con el segundo objetivo específico se desarrolló la prueba U de Mann Whitney, presentándose los resultados en la Tabla 10.

Tabla 10

Prueba U de Mann Whitney *para las Concentraciones de metales según la temporada estacional*

	Metales Pesados					
	As	**Cd**	**Cu**	**Ni**	**Pb**	**Zn**
U de Mann-Whitney	13,000	25,500	34,000	31,000	7,000	39,000
W de Wilcoxon	58,000	70,500	79,000	76,000	52,000	84,000
Z	-2,437	-1,327	-,575	-,840	-3,024	-,132
Sig. asintótica(bilateral)	,015	,185	,566	,401	,002	,895

a. Variable de agrupación: Periodos estacionales

Los metales Cd, Cu, Ni y Zn presentan un P-valor mayor que 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna, indicando que no existe variación significativa en las concentraciones de estos metales entre las estaciones verano – invierno.

Para el caso del As y Pb, se obtuvo un P-valor menor a 0.05, aceptándose la hipótesis alterna. Por lo tanto, se puede afirmar estadísticamente que las concentraciones de estos metales presentan variación significativa entre estaciones verano – invierno.

Las concentraciones del As (Verano: 0.012 mg/kg / Invierno: 0.017 mg/kg) y Pb (Verano: 0.014 mg/kg / Invierno: 0.019 mg/kg) en la estación de verano (Tabla 11) son inferiores a las concentraciones registradas en invierno (Tabla 12).

Tabla 11

Concentración de metales en L. nigrescens durante Estación de Verano

Zona de muestra/ Código de Muestras	***Concentración de Metales Pesados (mg/kg)***					
	As	**Cd**	**Cu**	**Ni**	**Pb**	**Zn**
Playa punta de coles (PC)	0.011	0.029	1.774	0.043	0.016	9.446
Playa el diablo (PD)	0.013	0.030	0.565	0.078	0.014	6.217
Playa Refinería (PR)	0.013	0.027	1.809	0.353	0.013	8.561
Promedio	0.012	0.029	1.383	0.158	0.014	8.075

Tabla 12

Concentración de metales en L. nigrescens durante Estación de Invierno

Zona de muestra/ Código de Muestras	***Concentración de Metales Pesados (mg/kg)***					
	As	**Cd**	**Cu**	**Ni**	**Pb**	**Zn**
Playa punta de coles (PC)	0.019	0.036	1.782	0.049	0.020	9.090
Playa el diablo (PD)	0.016	0.035	0.574	0.083	0.019	6.224
Playa Refinería (PR)	0.016	0.032	1.819	0.358	0.018	8.570
Promedio	0.017	0.034	1.392	0.163	0.019	7.961

4.2.3. Análisis de los Coeficiente de correlación Rho de Spearman con los parámetros estudiados del medio marino

Las condiciones ambientales para las zonas comprendidas entre Punta de Coles, Playa El Diablo y Refinería, se presentaron variables, con valores térmicos que fluctuaron de 18.6 °C a 20.3 °C, a nivel superficial en verano, y valores entre 16.1 °C a 14.6°C en invierno (Figura 19). Se registró un promedio de 19.7° C en verano y 15.1°C en invierno (Tabla 13).

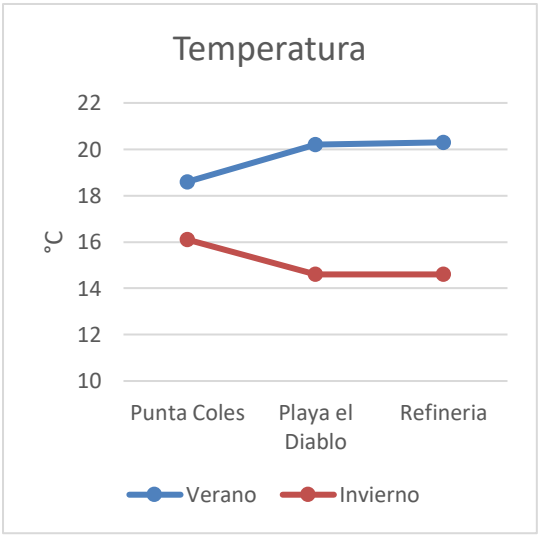
Tabla 13

Factores fisicoquímicos del agua de mar por zona de muestreo y estación del año (verano – invierno)

Zonas de muestreo	Temperatura °C		pH		Salinidad (UPS)		Oxígeno Disuelto ml/L	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno
Punta Coles	18.6	16.1	8.09	8.03	34.82	34.41	6.04	5.2
Playa El Diablo	20.2	14.6	8.14	8.02	35.01	34.9	6.31	5.6
Playa Refinería	20.3	14.6	8.06	7.81	35.09	34.83	6.04	5.5

Figura 19

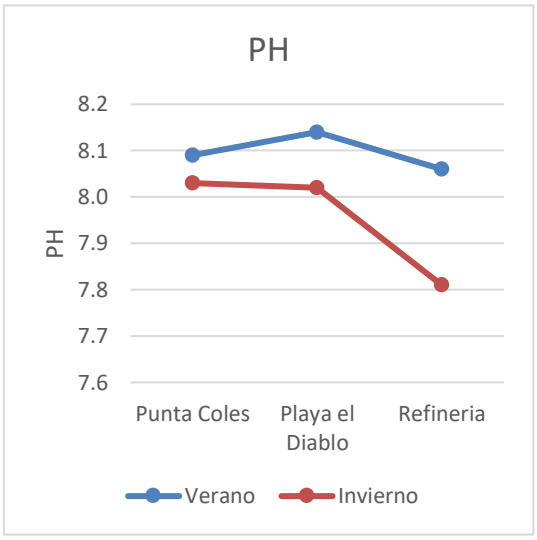
Temperatura (°C) del agua de mar por zona de muestreo y estación del año (verano-invierno)



Se registró un pH promedio de 8.01 en la estación de verano, y de 8 en invierno, presentándose la mínima variación como se observa en la Figura 20.

Figura 20

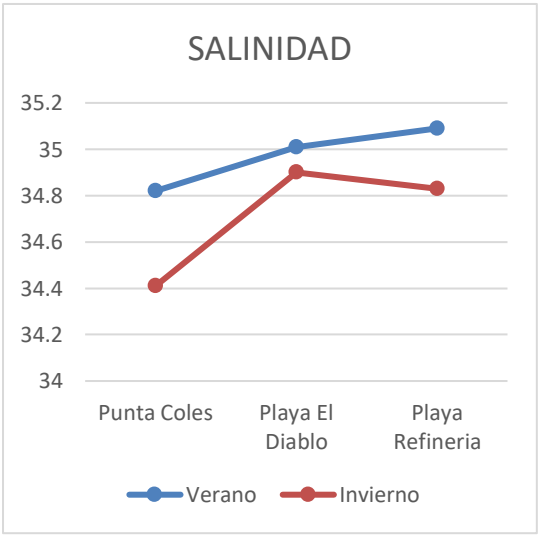
PH del agua de mar por zona de muestreo y estación del año (verano-invierno)



Los valores de salinidad superficial del mar estuvieron en el rango de 34.81 UPS y 35.09 UPS en la estación de verano, y en invierno una fluctuación de 34.41 UPS a 34.9 UPS (Figura 21).

Figura 21

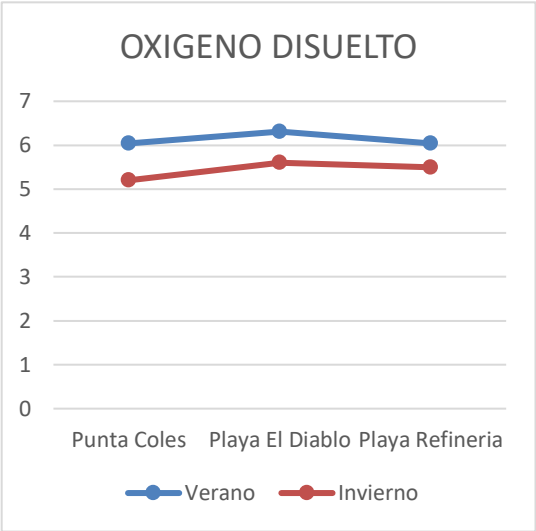
Salinidad (UPS) del agua de mar por zona de muestreo y estación del año (verano – invierno)



Así mismo, en la Figura 22 nos indica que el oxígeno disuelto presentó valores que fluctúan de 6.04 ml/l a 6.31 ml/l en verano y en invierno en el rango de 5.2 a 5.6 ml/l. Se registró un promedio de 6.13 ml/l en verano y 5.43 ml/l en invierno.

Figura 22

Oxígeno disuelto (mL/L) del agua de mar por zona de muestreo y estación del año (verano – invierno)



Coeficiente de correlación Rho de Spearman

Se realizó el Coeficiente de Correlación Rho de Spearman, el cual se aplica para procedimientos estadísticos no paramétricos, ya que nuestros datos no tienen una distribución normal y son menos de 30. En la Tabla 14, nos indica el grado de relación según coeficiente de correlación, basado en este rango se procederá a realizar el análisis de los resultados mostrados en la Tabla 16.

Tabla 14

Grado de relación según coeficiente de correlación

Rango	Relación
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-051 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.10	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.91 a +1.00	Correlación positiva perfecta

Nota. Tomado de Mondragón M. (2014), basada en Hernández Sampieri & Fernández Collado, 1998.

Los resultados de la correlación entre los metales estudiados y los parámetros de interés se muestran en la Tabla 16, estos resultados proceden de las concentraciones de metales pesados y los promedios estacionales mostrada en la Tabla 15

Tabla 15

Valores promedio estacional de los parámetros estudiados de medio acuático

Estaciones	Parámetros promedios Estacionales			
	pH	T°	OD	Salinidad
Verano	8.097	19.7	6.13	34.97
Invierno	7.953	15.1	5.43	34.71

Nota. Datos tomados de las mediciones en las estaciones verano e invierno.

Tabla 16

Resultados de la Correlación Rho de Spearman entre los metales pesados y los parámetros del medio acuático

	Coeficiente de Correlación Rho de Spearman			
Metales	**Temperatura °C**	**pH**	**OD Oxígeno Disuelto**	**Salinidad**
As	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	-0.043	-0.043	-0.043	-0.043
Ni	-0.418	-0.418	-0.418	-0.418
Pb	0.011	0.011	0.011	0.011
Zn	0.118	0.118	0.118	0.118

Teniendo en cuenta la Tabla 14 (Grado de relación según coeficiente de correlación), podemos observar lo siguiente:

- Para la correlación entre el arsénico y los parámetros estudiados, todos los valores son inversamente negativo, es decir que mientras una variable aumenta la otra disminuye y por su magnitud, se clasifica como una correlación negativa débil.
- Para la correlación entre el cadmio y los parámetros estudiados, todos los resultados son 0. 000 por lo tanto, afirmamos que no existe correlación.
- Para la correlación entre el cobre y los parámetros estudiados, todos los valores son inversamente negativo, es decir que mientras una variable aumenta la otra disminuye y por su magnitud, se clasifica como una correlación negativa débil.
- Para la correlación entre el níquel y los parámetros estudiados, todos los valores son inversamente negativo, es decir que mientras una variable aumenta la otra disminuye y por su magnitud, se clasifica como una correlación negativa media.
- Para la correlación entre el plomo y los parámetros estudiados, los valores son positivos, es decir que mientras una variable aumenta la otra también aumenta y por su magnitud, se clasifica como una correlación positiva débil.
- Para la correlación entre el zinc y los parámetros estudiados, todos los valores son positivos, es decir que mientras una variable aumenta la otra también aumenta y por su magnitud, se clasifica como una correlación positiva media.

4.3. CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE L. nigrescens

Se obtuvo las características biométricas midiendo un total de 18 individuos de *L. nigrescens*. Según se muestra en la Tabla 15, el DMR promedio fue de 16.839 cm, presentando en la estación de invierno individuos con un DMR mínimo de 14 cm y máximo de 23 cm. Así mismo, la longitud máxima de los individuos fue 315 cm y un mínimo de 90 cm.

En relación al peso total (PT) de los ejemplares de *Lessonia nigrescens*, según muestra la Tabla 8, éstos estuvieron en el rango de 1.4 a 3.6 kg. Las muestras pesadas y secadas representan el 30% del individuo, ya que no se extrajo el alga completa. El peso total promedio fue de 2.184 kg. En cuanto a la fertilidad, en el 100% de individuos muestreados de *L. nigrescens*, se observaron la presencia de estructuras reproductivas, considerando que los individuos presentaron un DMR>15, alcanzando la madurez reproductiva.

Tabla 17

Estadística descriptiva de las Características Biométricas de L. nigrescens

	Diámetro Mayor Rizoide (cm.)	Peso Total (Kg.)	Longitud total alga (cm.)
Media	16,8389	2,184	170,7
Desv. Desviación	2,78803	0,7102	57,7
Mínimo	13,50	1,4	90
Máximo	23,00	3,6	315

Los datos registrados de las características biométricas fueron procesados estadísticamente por un Análisis de varianza, obteniéndose que el diámetro mayor del rizoide (DMR), longitud total (LT) y peso total (PT) presentan un P-valor mayor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que no hay diferencia entre las muestras extraídas de las 03 zonas evaluadas.

Tabla 18

Resultados estadísticos del ANOVA de las Características Biométricas

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DMR	*Entre grupos*	20,034	2	10,017	1,340	,291
	Dentro de grupos	112,108	15	7,474		
	Total	132,143	17			
LT	Entre grupos	78963,733	2	39481,867	1,768	,204
	Dentro de grupos	334897,517	15	22326,501		
	Total	413861,250	17			
PT	Entre grupos	73370,7	2	36685,350	,253	,780
	Dentro de grupos	2177744,5	15	145182,966		
	Total	22511152,0	17			

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Variación espacial de la concentración de metales pesados presentes en la macroalga L. nigrescens según las zonas de muestreo seleccionadas.

En el presente estudio la macroalga *L. nigrescens* bioacumuló en sus tejidos concentraciones de metales en el siguiente orden Zn>Cu>Ni>Cd>Pb>As, mostrando el mismo patrón en las tres zonas de muestreo, Punta de Coles, Playa el Diablo y Playa Refinería. Estadísticamente se determinó que no hay variación espacial en las concentraciones de As, Cd, Zn, Pb y Ni (P-valor>0.05), excepto para el Cu (P-valor<0.05) donde si hubo variación espacial entre las 03 zonas de muestreo.

En el caso del Cu, se registró los promedios más altos en Playa Refinería > Punta de Coles > Playa El Diablo. Cerca a este punto de muestreo denominada Playa Refinería, se transporta cantidades de concentrado de cobre que por efecto de los vientos las partículas que componen el polvo originado serian dispersados y trasladados a las zonas cercanas. Así mismo, a unos 1.9 km al sur se encuentra la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Media Luna, la cual se encuentra colapsada, considerado un foco de contaminación constante para el ecosistema marino, vertiéndose efluentes domiciliarios e incluso industriales.

Así mismo, investigaciones como la de (Cárdenas, 2017) realizada en Punta de Coles, encontraron elevadas concentraciones de As, Cd, Cu bioacumuladas en especies bentónica de *Concholepas concholepas* chanque (As:33.53 μg/g, Cd:1.67 μg/g, Cu:26.79 μg/g, Pb:0.20 μg/g), *Fisurella latimarginata* Lapa (As:8.23 μg/g, Cd:0.85 μg/g, Cu:448.45 μg/g, Pb:0.20 μg/g) y *Thais chocolata* caracol (As:25.25 μg/g, Cd:1.04 μg/g, Cu:46.73 μg/g, Pb:0.20 μg/g). Los niveles de Cu van disminuyendo, hasta una mínima concentración en los moluscos estudiados, siguiendo este orden se puede clasificar: *Fissurella latimarginata* > *Concholepas concholepas* > *Thais chocolate*, observándose que la acumulación es mucho mayor en *F. latimarginata*, tanto en el verano como en primavera

La especie *Fissurella latimarginata* (lapa) es un molusco herbívoro de amplia distribución en hábitat del intermareal y submareal de fondos duros, asociados en el caso de individuos pequeños generalmente a cinturones de algas (*Gelidium sp. Lessonia nigrescens, Ulva sp.*) (IFOP, 2009). Por lo tanto, existe relación con las altas concentraciones de Cu bioacumuladas en la *L. nigrescens y F latimarginata* en la Playa Punta de Coles, basada en la investigación citada.

Se postula como posibles causas antropogénicas la cercanía por el sur de la playa Pozo Lizas, muy concurrida en el verano, hacia el norte se encuentra cinco fábricas industriales que procesan harina y aceite de anchoveta y a 7.03 km al NE la zona de embarque en el puerto de la empresa SPCC donde se acumulan grandes cantidades de concentrado de cobre. (Cárdenas, 2017)

- Variación estacional (invernal – estival) en la concentración de metales pesados presentes en la macroalga L. nigrescens.

Basado en las concentraciones registradas tanto en verano como invierno, se define que estadísticamente hay variación estacional en las concentraciones de As y Pb (P-valor<0.05). Para el caso de Cd, Zn, Cu y Ni (P-valor>0.05) no se encontró diferencia significativa entre las concentraciones de estos metales durante las dos estaciones evaluadas.

El Pb registró una mayor concentración en la estación de invierno, concordando con las conclusiones registradas en la investigación de Quispe (2016), quien evaluó la presencia de metales en *L. nigrescens*, encontrándose concentraciones mayores en invierno 92.5 mg/kg de Pb, así mismo los niveles de este metal sufrieron una baja notable para la estación de primavera y verano. En dicha investigación resalta la importancia del pH y temperatura, como factores que influyen en la bioacumulación de metales.

Así mismo, en la gráfica de dispersión realizada entre los metales y los factores abióticos, se hace evidente una aparente correlación positiva alta entre la temperatura y los metales As y Pb, siendo a bajas temperatura la mejor condición para la absorción de estos metales.

- Analizar la relación que tiene los factores abióticos con las concentraciones de metales pesados encontradas en la macroalga L. nigrescens.

Es importante considerar que existen factores biológicos y físicos que afectan la acumulación de metales, cómo la temperatura, luz, estacionalidad, pH, salinidad, entre otros. El pH juega un papel importante en la bioacumulación de metales, las investigaciones señalan que el pH óptimo para una mayor eficacia es de entre 4 a 6. Los metales pesados que tienen una densidad superior a los cinco gramos por centímetro cúbico; en cierto grado estos metales son solubles en agua, pero son más solubles a pH ácidos (Lazo, 2019).

En este estudio los pH promedio registrados fueron de 8.09 en la estación de verano y 7.95 en invierno, este rango según diversos autores, no favorece mucho la absorción de los metales como el Cadmio y el Plomo, sin embargo, se pudo observar la afinidad por el Zinc y Cobre en las 02 estaciones. Plaza (2012) en su investigación titulada "Remoción de metales pesados empleando algas marinas" estableció el siguiente orden de afinidad: Hg (II)>Zn (II)>Cr (III)>Ni (II)>Cd (II) para *L. nigrescens*.

L. nigrescens tiene la capacidad de bioacumular ante un pH que oscila entre 3.7 a 6 con la excepción del trabajo de (Hansen *et al*., 2006), ya que ellos trabajaron con un pH de 2.5 para Arsénico. Por el modelo de Langmuir el Plomo (Pb) con 4 pH posee la mayor capacidad de adsorción (Cuizano *et al*., 2010) y la menor el Cobre (Cu) con 5 pH (Cid et al.2018), y por último el Cadmio (Cd) con mayor afinidad en 6 pH (Boschi et al. 2011). El Zin (Zn) tiene la máxima capacidad de adsorción alrededor de 4 – 5 (Cuizano *et al*., 2010). Según Reyes *et al.*(2009) esta alga puede adsorber rápidamente el Cu a pH de 6.

En el análisis de correlación de los factores abióticos y metales pesados, se determinó que estadísticamente para la correlación entre el arsénico y los parámetros estudiados, todos los valores son inversamente negativos, es decir que mientras una variable aumenta la otra disminuye y por su magnitud, se clasifica como una correlación negativa débil.

Para el caso del cadmio, todos los resultados son 0. 000 por lo tanto, afirmamos que no existe correlación. Para la correlación entre el cobre y los parámetros estudiados, todos los valores son inversamente negativo, es decir que mientras una variable aumenta la otra disminuye y por su magnitud, se clasifica como una correlación negativa débil.

Para la correlación entre el níquel y los parámetros estudiados, todos los valores son inversamente negativo, es decir que mientras una variable aumenta la otra disminuye y por su magnitud, se clasifica como una correlación negativa media

Para la correlación entre el plomo y los parámetros estudiados, los valores son positivos, es decir que mientras una variable aumenta la otra también aumenta y por su magnitud, se clasifica como una correlación positiva débil. La correlación entre el zinc y los parámetros estudiados, todos los valores son positivos, es decir que mientras una variable aumenta la otra también aumenta y por su magnitud, se clasifica como una correlación positiva media.

Dentro de los parámetros ambientales la salinidad alcanzo un promedio de 34.97 UPS en verano y 34.71 UPS en invierno, encontrándose entre los valores normales, reportados para los mares (33 UPS a 37 UPS). La variación de salinidad se debe a factores climáticos, aportes fluviales, a los desechos y cambios estacionales en la temperatura y los iones sodio disminuyen la bioacumulación de cationes metálicos (Karez *et al*., 1994). El pH del medio oscila entre los rangos de 8.09 en la estación de verano y 7.95 en invierno, siendo un pH que tiende a la alcalinidad, límites que se encuentran dentro de lo establecido (6.8 – 8.5) en el D.S. N°004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Se acelera la biodisponibilidad de un metal cuando el pH es ácido y en pH moderadamente altos se produce su precipitación o permanecen como material particulado en suspensión; dichos resultados fueron casi similares a los encontrados por (Marcovecchio *et al*., 1991). Con respecto a la temperatura (19.7 °C en verano y 15.1°C en invierno) presentó una tendencia variable en las diferentes estaciones y a su vez influye en la disociación de las sales disueltas y en el pH del agua.

Afirmamos que el comportamiento de estos parámetros es divergente de un extremo negativo a un extremo medio positivo, lo que significa que estadísticamente no son factores que puede modificar significativamente los resultados de la concentración de metales pesados entre una ubicación a otra y tampoco esta influenciados por la estacionalidad.

CONCLUSIONES

Con respecto a los objetivos específicos, se concluye:

Primer objetivo:

Se determinó que las variables As (P>valor = 0.989), Cd (P-valor = 0.735), Zn (P-valor = 0.090, Pb (P-valor = 0.350) y Ni (P-valor = 0.210) no presentan variación espacial significativa (P-valor > 0.05) en las 03 zonas de muestreo Punta Coles, Playa El Diablo y Playa Refinería. Sin embargo, para el Cu (P-valor = 0.003) estadísticamente se encontró variación en las concentraciones registradas por zonas de muestreo (Playa Refinería>Punta Coles>Playa El Diablo).

Segundo objetivo:

Se determinó que las variables As (P>valor = 0.017) y Pb (P-valor = 0.05) presentan variación estacional significativa (P-valor < 0.05), registrándose mayores concentraciones en invierno. Para las variables Cd (P-valor = 0.180), Zn (P-valor = 0.907), Cu (P-valor = 0.605) y Ni (P-valor = 0.436) estadísticamente no se encontró variación significativa entre estaciones.

Tercer objetivo:

Se encontró que el comportamiento de estos parámetros es divergente de un extremo negativo a un extremo medio positivo, lo que significa que estadísticamente no son factores que puede modificar significativamente los resultados de la concentración de metales pesados entre una ubicación a otra y tampoco esta influenciados por la estacionalidad, desde el punto de vista estadístico.

Ante el objetivo general, se concluye que: *Lessonia nigrescens* procedente del litoral de Puerto de Ilo presentó los niveles promedio de bioacumulación de los metales pesados en el siguiente orden Zn>Cu>Ni>Cd>Pb>As, y se determinó que existe variación espacial en las concentraciones de Cobre (Cu) para las 03 zonas seleccionadas, y variación estacional del Arsénico (As) y Plomo (Pb) con las más altas concentraciones en la estación de invierno.

Con respecto a la contrastación de la hipótesis planteada:

En términos globales para el estudio específico, se puede concluir que se ha demostrado la hipótesis alterna (H_1), la cual indica que “la concentración de metales pesados bioacumulados en *Lessonia nigrescens* presenta variación significativa según las zona y estación evaluada en el litoral del Puerto de Ilo durante el 2019.”

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Se recomienda trabajar a nivel de laboratorio pruebas experimentales, evaluando variables abióticas.

- Se recomienda hacer mayores investigaciones en el litoral del puerto de Ilo de la misma especie *Lessonia nigrescens*, pero considerando analizar disco, estipe y fronda por separado, para determinar en qué parte del alga hay mayor bioacumulación.

- De ser posible realizar la investigación en la *Lessonia nigrescens* dentro de la Reserva Punta de Coles, para analizar la presencia de metales pesados bioacumulado en esta especie predominante en la zona.

- Así mismo, con base a estos datos, se podría muestrear periódicamente durante un año (durante las cuatro estaciones del año) la presencia de bioacumulación de metales pesados en la *L. nigrescens* y *L. trabeculata*, teniendo en cuenta los diferentes tamaños y etapas de la especie.

REFERENCIAS

ANA. (2012). *Informe N°018-2012-ANA-ALA-MOQUEGUA*. 1–8. http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r265_cut_50328-2012_exp_562-2012_eps_ilo_s.a_0.pdf

Ata, A., Nalcaci, O. O., & Ovez, B. (2012). Macro algae Gracilaria verrucosa as a biosorbent: A study of sorption mechanisms. *Algal Research*, *1*(2), 194–204. https://doi.org/10.1016/j.algal.2012.07.001

Avila, M., Burga, C., & Colque, M. (2006). *¨Estado de la Situación sobre la Gestión del agua en la Minería: El caso Peruano¨*. *2*, 1–108. http://www.labor.org.pe/webermisa/images/ERMISA D1.pdf

Babel, S. (2006). Heavy metal removal from contaminated sludge for land application: A review. *Waste Management*, *26*(9), 988–1004. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.09.017

Balvin, D. (1995). *Agua, Minería y Contaminación: El Caso Southern Perú* (Programa d).

Cárdenas, F. (2017). *Bioacumulación en Moluscos Gasteropodos Marinos por Arsenico, Cadmio, Cobre, Mercurio y Plomo en el Area Natural Protegida Punta Coles, Ilo - Moquegua*. Universidad Naional de San Agustin de Arequipa.

Cuizano, N. A., Llanos, B. P., Chang, L., & Navarro, A. E. (2007). Equilibrio Ácido-Base De Algas Marinas Del Litoral Contaminantes Ambientales Acid-Base Equilibrium of Marine Seaweeds From the Peruvian Coast Elucidates Its High. *Rev. Soc Quim Peru*, *73*(2), 85–93.

Cuizano, N. A., Reyes, Ú. F., Domínguez, S., & Llanos, B. P. (2010). RELEVANCIA DEL pH EN LA ADSORCIÓN DE IONES METÁLICOS MEDIANTE ALGAS PARDAS. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, *76*(2), 123–130.

Cuizano, N., & Navarro, A. (2008). Biosorción de metales pesados por algas marinas: posible solución a la contaminación a bajas concentraciones. *Anales de La Real Sociedad Española de Química*, *104*(2), 120–125.

FAO. (1983). COMPILATION OF LEGAL, LIMITS FOR HARARDOUS SUBSTANCES IN FISH AND FISHERY PRODUCTS. *FAO LIBRARY AN:237535*, *FIRI/C764*, 1–108.

Faraway, J. (2013). Linear Models with R. In *University of Bath* (Vol. 01, Issue 01).

Gamarra, A., Tejada, A., Muñoz, R., Flores, D., & Galarza, O. (2018). Protocolo para muestreo biológico y biométrico de macroalgas pardas comerciales. In *IMARPE* (Vol. 45, Issue 2).

Gonzales, C., Vallarino, A., Pérez, J. C., & Low, A. (2014). *Bioindicadores*. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-Guardianes-de-nuestro-futuro-ambiental.pdf

González, S. J., Caceres, C. W., & Ojeda, P. (2008). Feeding and nutritional ecology of the edible sea urchin Loxechinus albus in the northern Chilean coast. *Revista Chilena de Historia Natural*, *81*(4), 575–584. https://doi.org/10.4067/S0716-078X2008000400010

Haining, R. (2003). *Spatial Data Analysis: Theory and practice* (Cambridge University Press (ed.)). The Press Syndicate of the University of Cambridge.

Hansen, H. K., Ribeiro, A., & Mateus, E. (2006). Biosorption of arsenic(V) with Lessonia nigrescens. *Minerals Engineering*, *19*(5), 486–490. https://doi.org/10.1016/j.mineng.2005.08.018

Hernández, G., Rodríguez, Y., Torres, J., Sánchez, I., Vilchis, M., & García, O. (1989). Evaluación de los Mantos de Macrocystis pyrifera (Phaeophyta, laminariales) en Baja California, México. *Ciencias Marinas*, *15*(Vol. 15 No.4 (1989)), 117–140.

Hernández, Y, Baptista, & Fernández. (2003). Metodologia del Enfoque

cuantitativo. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53*(9), 1689–1699.

Ibáñez, M. (1986). La contaminación marina por metales pesados en la costa de Guipuzcoa. *Lurralde. Investigación y Espacio*, *9*, 105–111.

Ibárcena, L. (2011). *Estudio de la Contaminación por Metales Ecotóxicos en Sedimentos en la Bahía de Ite , Tacna Study of Pollution by Metals Ecotoxic in Sediments in the Bay of Ite , Tacna*. 28–35.

Ibárcena, L. W. (2011). Estudio de la Contaminación por Metales Ecotóxicos en Sedimentos en la Bahía de Ite , Tacna. *Ciencia & Desarrollo UNJBG*, *13*, 28–35. http://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/273

IFOP. (2009). *Cochayuyo y huiros*. 1–5.

IMARPE. (2007). *Estudios de Trazas de Metales en agua, sedimento y organismos bentónicos en Áreas Costeras de las Regiones de Tacna y Moquegua*. *marzo 1996*, 1–28.

IMARPE. (2015). Estudio sobre macroalgas pardas en el Sur del Perú del año 2011-2015. In *Informe Instituto Del Mar Del Peru*. Instituto del Mar del Perú.

Karez, C. S., Magalhaes, V. F., Pfeiffer, W. C., & Amado Filho, G. M. (1994). Trace metal accumulation by algae in Sepetiba Bay, Brazil. *Environmental Pollution*, *83*(3), 351–356. https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)90157-0

Laguna, C. (2016). Inferencia Paramétrica: Relación entre dos variables cualitativasy cuantitativas. *Instituto Aragonés de Ciencias La Salud*, *8*(2), 2,10. http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T07.pdf

Larios, F., Gonzáles, C., & Morales, Y. (2015). Las Aguas residuales y sus Consecuencias en el Perú. In *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL* (Vol. 2). Universidad San Ignacio de Loyola.

Lazo, D., & Mesias, T. (2019). *Uso de las algas Macrocystis Pyrifera Bory y Lessonia Nigrescens Bory para el tratamiento de efluentes mineros*. 19. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/2443/Thalia_Trabajo

_Bachiller_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y

León, D., Candelaria, C., Hernandez, P., & León, H. (2019). Género de algas marinas tropicales de México. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

Leonardi, P. I., & Vasquez, J. A. (1999). Effects of copper pollution on the ultrastructure of Lessonia spp. *Hydrobiologia*, *398–399*, 375–383. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4449-0_44

Marcovecchio, J. E., Moreno, V. J., & Pérez, A. (1991). Metal accumulation in tissues of sharks from the Bahía Blanca estuary, Argentina. *Marine Environmental Research*, *31*(4), 263–274. https://doi.org/10.1016/0141-1136(91)90016-2

Miloslavich, P. (2010). Manual de Muestro para Comunidades Costeras: Protocolo para Litorales Rocosos y Praderas de Fanerógamas Marinas. *Universidad Simón Bolívar*, 1–33.

Moreno, R. (1999). Abundancia de los metales pesados en la biosfera. En: Cervantes C, Moreno-Sánchez R (eds) Contaminación Ambiental por Metales Pesados. *AGT Editor. México*, 1–100. http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf

Pérez-Araneda, K., Zevallos, S., Arakaki, N., Alex Gamarra, A., Carbajal, P., & Tellier, F. (2021). *Lessonia berteroana* en Perú: Comprobación de la identidad de la especie y diversidad genética en el borde norte de distribución. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, *55*(3), 270. https://doi.org/10.22370/rbmo.2020.55.3.2591

Plaza, C. (2012). Remoción de metales pesados empleando algas marinas. *Universidad De La Plata, Facultad de Ciencias Exactas.*, 166. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2770/Documento_completo__.pdf?sequence=17

Quispe, J. (2016). *Estudio de Niveles de Pb (II) y Cd (II) en Macroalgas Marinas*

del Litoral Arequipeño, como propuesta de Bioindicador Marino, Arequipa - 2015. *Ii*, 1–73.

Reyes, Ú. F., Navarro, A. E., & Llanos, B. P. (2009). Algas Marinas Del Litoral Peruano Como Biosorbentes Potenciales De Ion Cu (II) En Tratamiento De Efluentes Industriales. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, *75*(3), 353–361.

Roldán, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamerica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *40*(155), 254. https://doi.org/10.18257/raccefyn.335

Salazar, B. (2016). *Variación estacional o cíclica*. 1–7.

SANIPES. (2017). *Comunicado N°122-2017-SANIPES/SDSA* (p. 1).

Santelices, B. (1989). Algas marinas de Chile: Distribución, Ecología, Utilización, Diversidad. *Ediciones Universidad Católica de Chile*, 399.

Sheng, P. X., Ting, Y. P., Chen, J. P., & Hong, L. (2004). Sorption of lead, copper, cadmium, zinc, and nickel by marine algal biomass: Characterization of biosorptive capacity and investigation of mechanisms. *Journal of Colloid and Interface Science*, *275*(1), 131–141. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.01.036

Siccha, L. (2012). *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO Facultad de Ciencias de la Salud Escuela Profesional de Enfermería " Eficacia de la biosorción de Plomo mediante cochayuyo pre-tratado (Chondracanthus chamissoi) ."*

Silva-Aciares, F., Moraga, D., & Riquelme, C. (2013). Effect of copper on the immunomodulatory activities of haemocytes in juveniles of the abalone Haliotis rufescens cultivated under hatchery conditions. *Aquaculture*, *410–411*, 72–78. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.06.025

Stumm, W., & Morgan, J. J. (1995). *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and*

Rates in Natural Waters (Environmental science and technology (ed.); Third Edit).

Supo, J. (2014). *Cómo probar una hipótesis* (Bioestadistico EIRL (ed.); Enero del). Biblioteca Nacional del Perú.

Tejada, A., Baldarrago, D., & Gamarra, A. (2019). Evaluación del recurso Lessonia nigrescens Bory de Saint-Vincent, 1826 entre Yerbabuena y Pocoma, Región Moquegua, setiembre-octubre 2015. *IMARPE*, *46*(1), 45–51.

Tejada, A. G. (2019). *Evaluacion de la variacion temporal de biomasa de algas marinas Lessonia nigrescens "aracanto negro" en el litoral sur del Peru y propuesta de manejo*. 67.

Vasquez, J. A., & Guerra, N. (1996). The use of seaweeds as bioindicators of natural and anthropogenic contaminants in northern Chile. *Hydrobiologia*, *326–327*, 327–333. https://doi.org/10.1007/BF00047826

Vásquez, J. A., Veliz, D. ., & Pardo, L. . (2001). Biodiversidad bajo las grandes algas. In: K. Alveal & T. Antezana (eds.). Sustentabilidad de la biodiversidad. Un problema actual, bases científico técnicas, teorizaciones y perspectivas. *Ediciones Universidad de Concepción*, 293–308.

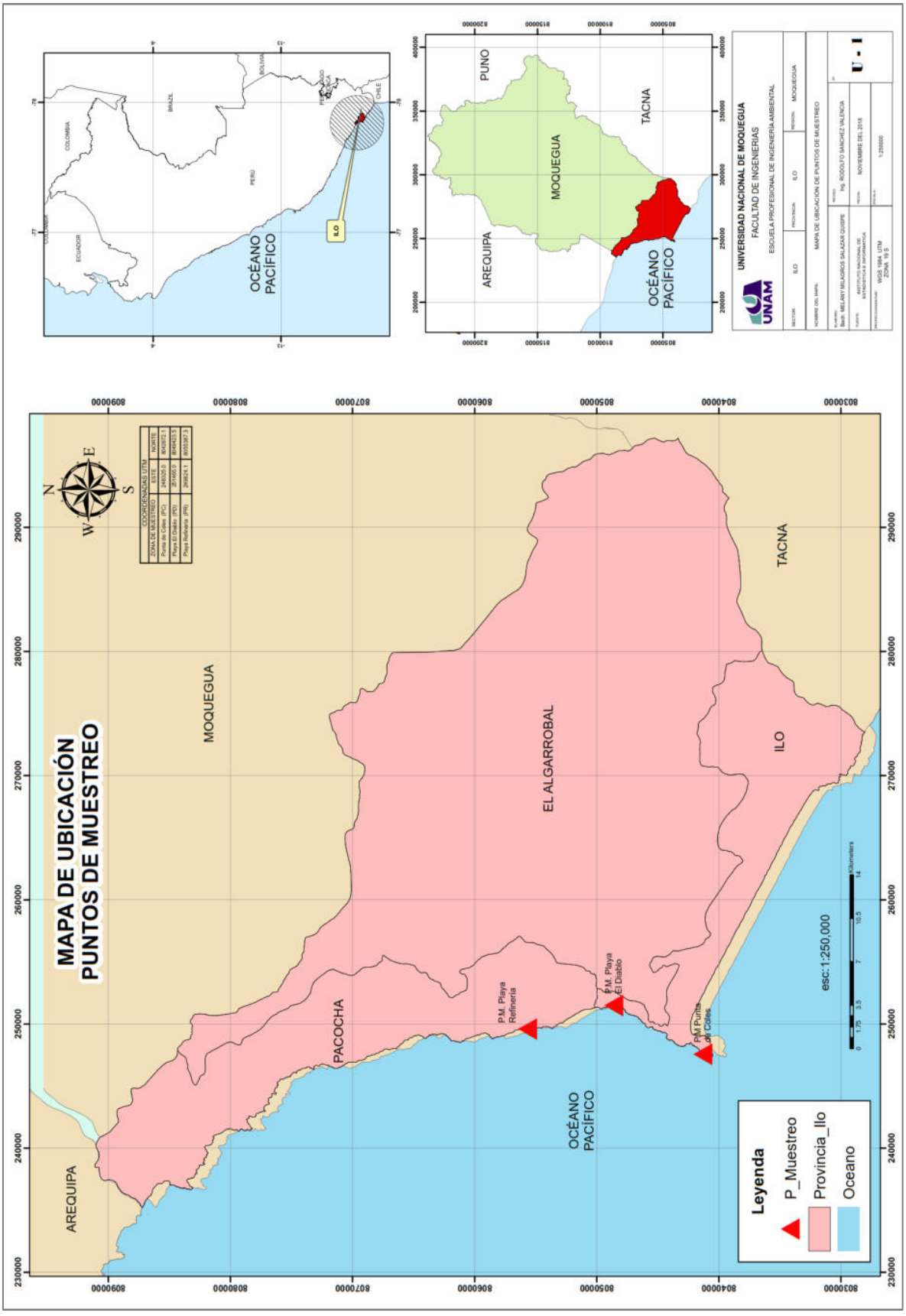
Vergara, C. (2016). Descripción de métodos de recolección y conservación de algas. *Herbario de La Universidad de Panamá*, 1–16.

Westermeier, R., Patiño, D. J., Murúa, P., Muñoz, L., Ruiz, A., Atero, C., & Añazco, M. (2013). *Uso de algas pardas de cultivo para la biorremediacion del ambiente costero de la Bahia de Chañaral. Informe final proyecto FIC Atacama 2011 33-01-211*. 183.

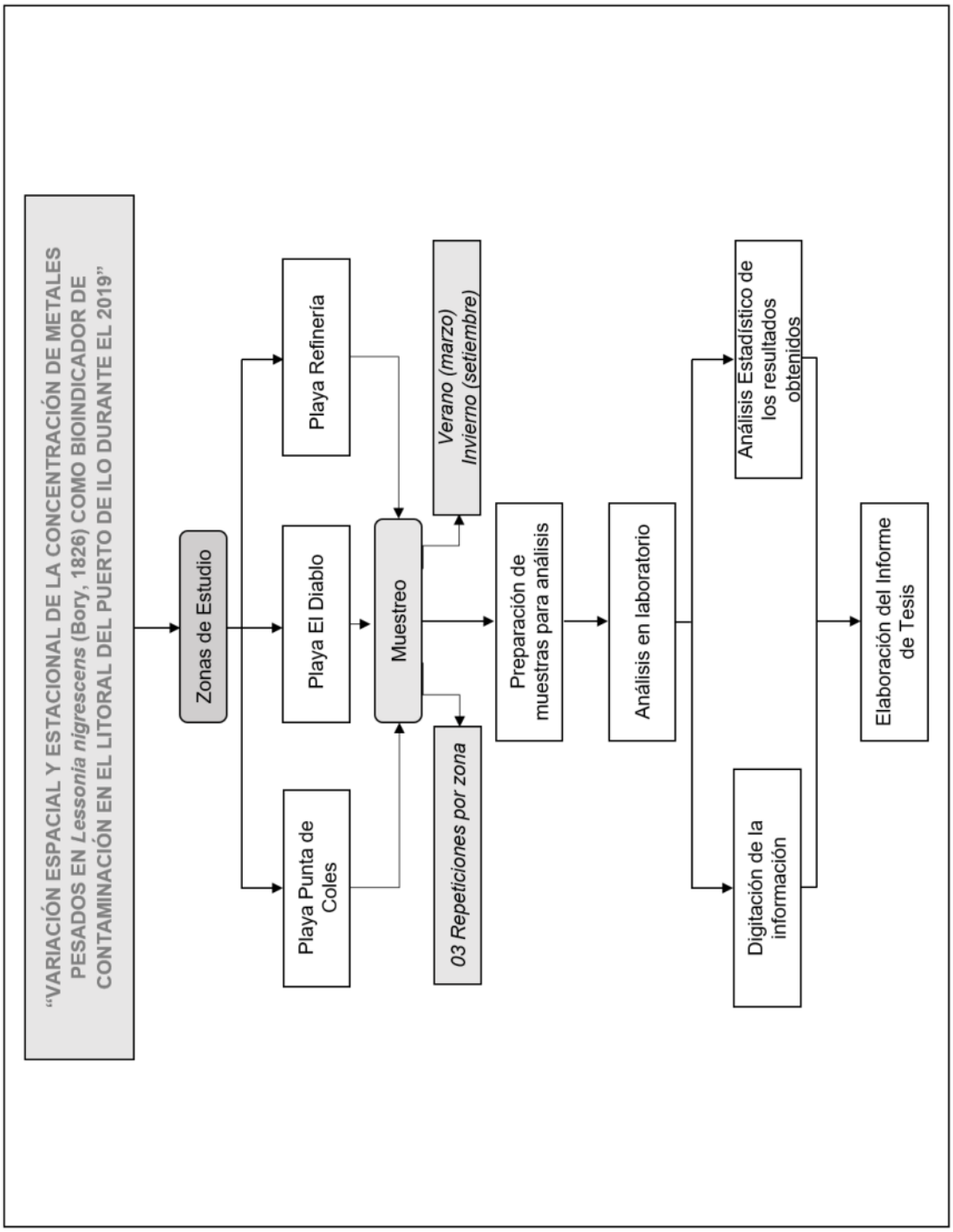
Yamamoto, T., Otsuka, Y., Aoyama, K., & Okamoto, K. ichi. (1984). Character of each element on its distribution in seaweeds. *Hydrobiologia*, *22*(1), 510–512. https://doi.org/10.1007/BF00027734

ANEXOS

ANEXO A. Ubicación de Puntos de Muestreo de las Zonas Estudiadas



ANEXO B. Diagrama de flujo del Desarrollo del proyecto



ANEXO C. Galería de Fotos – Evidencia de la Ejecución del muestreo

Figura 32

Zona de Playa Punta Coles



Figura 33

Zona de Playa El Diablo



Figura 34

Zona Playa Refinería



Figura 35

Obtención de muestras L. nigrescens



Figura 36

Muestreo biométrico del alga



Figura 37

Muestreo biométrico de individuos



ANEXO D. Resultados de los Análisis de Laboratorio_ Muestreo de la Estación de Verano

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA26C19.003883C

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 IIo
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: *L. nigrescens* I1PD
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de Recepción	: 26/03/2019
Fecha de Inicio del Ensayo	: 26/13/2019
Fecha de Emisión de Informe	: 04/04/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg)
Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO
Arsénico (As)	0,016
Cadmio (Cd)	0,033
Cobre (Cu)	0,028
Níquel (Ni)	0,079
Plomo (Pb)	0,013
Zinc (Zn)	5,202

OBSERVACIONES:
- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00824
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD · UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA P.P. FARMACIA, BIOQUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA · AREQUIPA PERÚ

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📪 Apdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA26C19.003883D

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: *L. nigrescens* I2PD
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de Recepción	: 26/03/2019
Fecha de Inicio del Ensayo	: 26/13/2019
Fecha de Emisión de Informe	: 04/04/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg)
Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO
Arsénico (As)	0,007
Cadmio (Cd)	0,024
Cobre (Cu)	0,033
Niquel (Ni)	0,074
Plomo (Pb)	0,014
Zinc (Zn)	4,214

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00824
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Apdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA26C19.003883A

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: *L. nigrescens* I3PD
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de Recepción	: 26/03/2019
Fecha de Inicio del Ensayo	: 26/13/2019
Fecha de Emisión de Informe	: 04/04/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg)
Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO
Arsénico (As)	0,015
Cadmio (Cd)	0,034
Cobre (Cu)	1,634
Niquel (Ni)	0,081
Plomo (Pb)	0,014
Zinc (Zn)	9,234

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD · UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA P.P. FARMACIA Y BIOQUIMICA PERU

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA26C19.003883I

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: *L. nigrescens* I1PC
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de Recepción	: 26/03/2019
Fecha de Inicio del Ensayo	: 26/13/2019
Fecha de Emisión de Informe	: 04/04/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg)
Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO
Arsénico (As)	0,011
Cadmio (Cd)	0,037
Cobre (Cu)	1,648
Níquel (Ni)	0,025
Plomo (Pb)	0,014
Zinc (Zn)	8,812

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA26C19.003883B

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: *L. nigrescens* I2PC
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de Recepción	: 26/03/2019
Fecha de Inicio del Ensayo	: 26/13/2019
Fecha de Emisión de Informe	: 04/04/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg)
Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO
Arsénico (As)	0,010
Cadmio (Cd)	0,020
Cobre (Cu)	1,680
Níquel (Ni)	0,083
Plomo (Pb)	0,014
Zinc (Zn)	9,617

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00824
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD · UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA FF. FARMACIA Y BIOQUIMICA AREQUIPA PERU

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA26C19.003883H

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: *L. nigrescens* I3PC
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de Recepción	: 26/03/2019
Fecha de Inicio del Ensayo	: 26/13/2019
Fecha de Emisión de Informe	: 04/04/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg)
Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO
Arsénico (As)	0,012
Cadmio (Cd)	0,031
Cobre (Cu)	1,994
Níquel (Ni)	0,021
Plomo (Pb)	0,020
Zinc (Zn)	9,910

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD · UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTA MARÍA P.P. FARMACIA Y BIOQUÍMICA · AREQUIPA PERÚ

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA26C19.003883F

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: *L. nigrescens* I1PR
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de Recepción	: 26/03/2019
Fecha de Inicio del Ensayo	: 26/13/2019
Fecha de Emisión de Informe	: 04/04/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg)
Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO
Arsénico (As)	0,011
Cadmio (Cd)	0,019
Cobre (Cu)	1,847
Níquel (Ni)	0,941
Plomo (Pb)	0,011
Zinc (Zn)	8,154

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00824
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD · UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA P.P. FARMACIA Y BIOQUÍMICA AREQUIPA PERU

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA26C19.003883G

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: *L. nigrescens* I2PR
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de Recepción	: 26/03/2019
Fecha de Inicio del Ensayo	: 26/13/2019
Fecha de Emisión de Informe	: 04/04/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg)
Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO
Arsénico (As)	0,014
Cadmio (Cd)	0,022
Cobre (Cu)	1,648
Niquel (Ni)	0,024
Plomo (Pb)	0,014
Zinc (Zn)	7,614

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00824
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA26C19.003883E

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: *L. nigrescens* I3PR
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de Recepción	: 26/03/2019
Fecha de Inicio del Ensayo	: 26/13/2019
Fecha de Emisión de Informe	: 04/04/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg)
Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO
Arsénico (As)	0,015
Cadmio (Cd)	0,039
Cobre (Cu)	1,933
Níquel (Ni)	0,094
Plomo (Pb)	0,013
Zinc (Zn)	9,914

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD · UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA AREQUIPA PERU · F.F.B.C.A.

ANEXO F. Resultados de los Análisis de Laboratorio_ Muestreo de la Estación de Invierno

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA16J19.004327A

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Identificación del contacto	: Melany Salazar Quispe
Descripción de la muestra	: *L. nigrescens* I1PD

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo	: Por el cliente
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de recepción	: 16/10/2019
Fecha de ejecución de ensayo	: 16/10/2019 al 25/10/2019
Fecha de emisión de informe	: 25/10/2019
Página	: 1 de 1

I. **ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7		
Arsénico (As)	mg/kg	0,020
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,038
Cobre (Cu)	mg/kg	0,040
Níquel (Ni)	mg/kg	0,080
Plomo (Pb)	mg/kg	0,019
Zinc (Zn)	mg/kg	5,210

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA16J19.004327B

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Identificación del contacto	: Melany Salazar Quispe
Descripción de la muestra	: *L. nigrescens* I2PD

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo	: Por el cliente
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de recepción	: 16/10/2019
Fecha de ejecución de ensayo	: 16/10/2019 al 25/10/2019
Fecha de emisión de informe	: 25/10/2019
Página	: 1 de 1

I. **ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7		
Arsénico (As)	mg/kg	0,010
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,028
Cobre (Cu)	mg/kg	0,040
Níquel (Ni)	mg/kg	0,080
Plomo (Pb)	mg/kg	0,019
Zinc (Zn)	mg/kg	4,221

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00824
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD · UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA P.P. FARMACIA Y BIOQUÍMICA · AREQUIPA PERÚ

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA16J19.004327C

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Identificación del contacto	: Melany Salazar Quispe
Descripción de la muestra	: *L. nigrescens* I3PD

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo	: Por el cliente
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de recepción	: 16/10/2019
Fecha de ejecución de ensayo	: 16/10/2019 al 25/10/2019
Fecha de emisión de informe	: 25/10/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7		
Arsénico (As)	mg/kg	0,019
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,039
Cobre (Cu)	mg/kg	1,641
Níquel (Ni)	mg/kg	0,088
Plomo (Pb)	mg/kg	0,019
Zinc (Zn)	mg/kg	9,241

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA16J19.004327D

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Identificación del contacto	: Melany Salazar Quispe
Descripción de la muestra	: *L. nigrescens* I1PR

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo	: Por el cliente
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de recepción	: 16/10/2019
Fecha de ejecución de ensayo	: 16/10/2019 al 25/10/2019
Fecha de emisión de informe	: 25/10/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7		
Arsénico (As)	mg/kg	0,011
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,021
Cobre (Cu)	mg/kg	1,855
Níquel (Ni)	mg/kg	0,950
Plomo (Pb)	mg/kg	0,016
Zinc (Zn)	mg/kg	8,162

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA16J19.004327E

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Identificación del contacto	: Melany Salazar Quispe
Descripción de la muestra	: *L. nigrescens* I2PR

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo	: Por el cliente
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de recepción	: 16/10/2019
Fecha de ejecución de ensayo	: 16/10/2019 al 25/10/2019
Fecha de emisión de informe	: 25/10/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7		
Arsénico (As)	mg/kg	0,017
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,028
Cobre (Cu)	mg/kg	1,651
Niquel (Ni)	mg/kg	0,028
Plomo (Pb)	mg/kg	0,021
Zinc (Zn)	mg/kg	7,625

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📪 Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA16J19.004327F

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Identificación del contacto	: Melany Salazar Quispe
Descripción de la muestra	: *L. nigrescens* I3PR

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo	: Por el cliente
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de recepción	: 16/10/2019
Fecha de ejecución de ensayo	: 16/10/2019 al 25/10/2019
Fecha de emisión de informe	: 25/10/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7		
Arsénico (As)	mg/kg	0,019
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,046
Cobre (Cu)	mg/kg	1,950
Níquel (Ni)	mg/kg	0,097
Plomo (Pb)	mg/kg	0,017
Zinc (Zn)	mg/kg	9,923

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA16J19.004327G

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del Cliente : Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente : Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Melany Salazar Quispe
Descripción de la muestra : *L. nigrescens* I1PC

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 250 g
Fecha de recepción : 16/10/2019
Fecha de ejecución de ensayo : 16/10/2019 al 25/10/2019
Fecha de emisión de informe : 25/10/2019
Página : 1 de 1

I. **ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7		
Arsénico (As)	mg/kg	0,015
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,046
Cobre (Cu)	mg/kg	1,655
Níquel (Ni)	mg/kg	0,028
Plomo (Pb)	mg/kg	0,019
Zinc (Zn)	mg/kg	8,825

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Ricardo A. Abril Ramírez
C.F. C.Q.F.D.A 00824
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA16J19.004327H

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 IIo
RUC	: No corresponde
Identificación del contacto	: Melany Salazar Quispe
Descripción de la muestra	: *L. nigrescens* I2PC

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo	: Por el cliente
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de recepción	: 16/10/2019
Fecha de ejecución de ensayo	: 16/10/2019 al 25/10/2019
Fecha de emisión de informe	: 25/10/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7		
Arsénico (As)	mg/kg	0,018
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,027
Cobre (Cu)	mg/kg	1,689
Níquel (Ni)	mg/kg	0,088
Plomo (Pb)	mg/kg	0,019
Zinc (Zn)	mg/kg	9,623

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA16J19.004327I

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del Cliente	: Melany Salazar Quispe
Dirección del Cliente	: Nueva Victoria Mz 25 Lote 15 Ilo
RUC	: No corresponde
Identificación del contacto	: Melany Salazar Quispe
Descripción de la muestra	: *L. nigrescens* I3PC

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo	: Por el cliente
Tamaño de muestra	: 250 g
Fecha de recepción	: 16/10/2019
Fecha de ejecución de ensayo	: 16/10/2019 al 25/10/2019
Fecha de emisión de informe	: 25/10/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES Adaptado de determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry EPA METHOD 200.7		
Arsénico (As)	mg/kg	0,023
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,035
Cobre (Cu)	mg/kg	2,002
Níquel (Ni)	mg/kg	0,031
Plomo (Pb)	mg/kg	0,021
Zinc (Zn)	mg/kg	8,821

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICA Y BIOTECNOLOGICA
AREQUIPA - PERÚ

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : Mélany Milagros Salazar Quispe
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 73877800
Correo electrónico : melany.salazar01@gmail.com
Teléfono/Celular : 975038779

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : "Variación espacial y estacional de la concentración de metales pesados en Lesssonia nigrescens (Bory,1826) como bioindicador de contaminación en el Litoral del Puerto de Ilo durante el 2019"
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.07.00
c) Fecha de publicación : Año 2022

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : MSc. Rodolfo Rafael Sánchez Valencia
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 29381281
c) ORCID : 0000-0001-8492-9113

FIRMA :

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 73877800
NOMBRES Y APELLIDOS : Mélany Milagros Salazar Quispe

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(_X_) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 73877800

NOMBRES Y APELLIDOS : Mélany Milagros Salazar Quispe

FECHA : 15/03/2022

