



**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y  
BIOLÓGICAS**

**CARRERA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA MARINA**

**“EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN  
LOS INVERTEBRADOS *Anadara tuberculosa* (MOLUSCA:  
BIVALVIA) (SOWERBY, 1833) Y *Ucides  
occidentalis* (CRUSTACEA: DECAPODA) (ORTMANN, 1897)  
DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR DE TUMBES, PERÚ”**

Tesis para optar el título profesional de:

**BIÓLOGA MARINA**

Presentado por:

Angelica Pilar Leonor Aguirre Sánchez (0000-0001-9477-7651)

Asesores:

Aldo Gonzalo Indacochea Mejía (0000-0001-8502-8755)

Sara Regina Purca Cuicapusa (0000-0001-8751-1476)

Lima – Perú

2023

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 02 de octubre de 2023.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dr. José Alberto Iannacone Oliver
Integrante: Mg. Pepe Antonio Espinoza Silvera
Integrante: Blga. Brisaída María Alejandra Castañeda Farro

Se reúnen para evaluar la tesis titulada: EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS EN LOS INVERTEBRADOS *Anadara tuberculosa* (MOLUSCA: BIVALVIA) (SOWERBY, 1833) Y *Ucides occidentalis* (CRUSTACEA: DECAPODA) (ORTMANN, 1897) DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR DE TUMBES, PERÚ

Presentada por la tesista:

- Angélica Pilar Leonor Aguirre Sánchez


Para optar el Título Profesional de Biólogo Marino

Asesorada por: Blgo. Aldo Gonzalo Indacochea Mejía


Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes en la sustentación, concluyen de manera unánime ( x ) por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesista: Angélica Pilar Leonor Aguirre Sánchez		Nota (escrito): dieciséis	
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena ( x )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

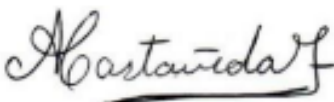
Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



\_\_\_\_\_  
**Dr. José Alberto Iannacone Oliver**  
 Presidente del jurado



\_\_\_\_\_  
**Mg. Pepe Antonio Espinoza Silvera**  
 Miembro del jurado



\_\_\_\_\_  
**Blga. Brisaída María Alejandra Castañeda Farro**  
 Miembro del jurado



\_\_\_\_\_  
**Blgo. Aldo Gonzalo Indacochea Mejía**  
 Asesor

**UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE  
CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS**

Lima, 03 de octubre del 2023

Señor,

Percy Manuel Mayta Tristán

Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación Universidad Científica del Sur

Presente. –

De nuestra consideración,

Yo: Angélica Pilar Leonor Aguirre Sánchez, egresado de la carrera de Biología Marina de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor Aldo Gonzalo Indacochea Mejía y la asesora de tesis Sara Purca Cuicapusa, declaramos que este informe final de tesis titulado: “EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS EN LOS INVERTEBRADOS *Anadara tuberculosa* (MOLUSCA: BIVALVIA) (SOWERBY, 1833) Y *Ucides occidentalis* (CRUSTACEA: DECAPODA) (ORTMANN, 1897) DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR DE TUMBES, PERÚ”, sustentado para obtener el título de Licenciada en Biología Marina es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de nuestra investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos 14, que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



**Angelica Aguirre Sanchez**

Firma tesista

DNI: 72804886



**Aldo G. Indacochea Mejía**

Asesor de tesis

DNI: 08786377



**Sara Regina Purca Cuicapusa**

Asesora de tesis

DNI:09551887

## INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

**Título del documento evaluado.** Evaluación de la presencia de microplásticos en los invertebrados *Anadara tuberculosa* (Molusca: bivalvia) (Sowerby, 1833) y *Ucides occidentalis* (Crustacea: Decapoda) (Ortmann, 1897) del ecosistema de Manglar de Tumbes, Perú

**Autores.** Angelica Pilar Leonor Aguirre Sanchez.

**Mecanismo de revisión de originalidad.** Evaluación con Turnitin (ID 2195736634).

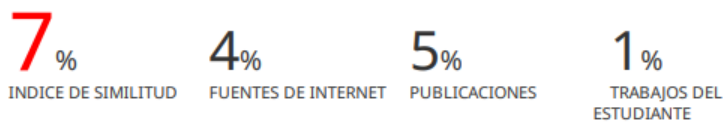
**Resultado de la evaluación.** 7%

**Revisado por.** Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

**Comentarios sobre la revisión.** Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.

### Evaluación de la presencia de microplásticos

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Yijin Wang, Meng Jiao, Tiezhu Li, Ruilong Li, Beibei Liu. "Role of mangrove forest in interception of microplastics (MPs): Challenges, progress, and prospects", <i>Journal of Hazardous Materials</i> , 2023 Publicación	1%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	Maisha Binte Sultan, Md. Mostafizur Rahman, Mst. Afifa Khatun, Md. Shahjalal et al. "Microplastics in different fish and shellfish species in the mangrove estuary of Bangladesh and evaluation of human exposure", <i>Science of The Total Environment</i> , 2023 Publicación	<1%
4	info.undp.org Fuente de Internet	<1%
5	doaj.org Fuente de Internet	<1%

## DEDICATORIA

En honor a Hipolito Sanchez T. y Clive Bailey, quienes me enseñaron sobre la integridad.

Gracias por exhortarme a nunca rendirme.

A mis tíos abuelitos: Dona, Antonia, Perico, Polo, Meche, Doris y Eugenio,  
por apoyarme en todo momento,  
aunque mis sueños parezcan imposibles.

Los amo, admiro y respeto demasiado.

*“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”.*

*Albert Einstein*

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación. En segundo lugar, agradecer a mi familia por su amor y apoyo incondicional. En tercer lugar, agradecer a mi familia de IMARPE Tumbes: Mervin Guevara, Percy Montero, Elmer Ordinola, Alexander Alemán, Beder Ramirez, Yuliana Saavedra, María Serna, Vanessa Montoya, Jaraj Padilla, Luis Tito, Johnny Robles, Carlos Luque, Derly Herrera, Manuel Vera, Carlos de la Cruz, Floro Medina y Wilfredy, quienes no sólo me apoyaron durante el proceso de tesis, sino que me hicieron sentir como familia durante toda mi estadía en Tumbes. Expreso mis agradecimientos a mis asesores Sara Purca y Aldo Indacochea por su paciencia y dedicación para guiarme durante el proceso de la tesis. Mención especial para Tamara Galloway, Matthew Cole y Pennie Lindeque quienes no sólo creyeron en esta investigación y mi potencial financiando el viaje a Inglaterra para realizar el FT-IR, sino me hicieron sentir como familia durante mi estadía en Plymouth Marine Laboratory (PML).

Además, agradecer a mis colegas de PML, en especial al grupo de microplásticos Rachel Coppock, Hayley McIlwraith, Natalie Smith, Charlotte Woodhouse y Zara Botterell, por enseñarme a usar los equipos y compartir la pasión por la investigación sobre microplásticos. Finalmente, agradecer a mis colegas del proyecto Pacific Plastic Science

to Solutions, una red de investigadores y organizaciones que me inspiran a seguir adelante con mis sueños y mejorar la investigación en latinoamerica.

Por último, pero no menos importante, agradezco inmensamente a mi jurado: Dr. José Iannacone, Dr. Pepe Espinoza y Mg. Alejandra Castañeda quienes con su dedicación y paciencia han realizado observaciones acertadas para mejorar el manuscrito y adecuar mis ideas en una mejor redacción.

## ÍNDICE GENERAL

Índice de figuras.....	10
Índice de tablas.....	11
Índice de anexos.....	12
Resumen.....	13
Abstract.....	14
Versión en inglés.....	15
1. Introduction.....	15
2. Materials and Methods.....	17
2. 1Sampling design.....	17
2. 2Digestion of the soft tissue and isolation of microplastics for the mangrove crab ( <i>Ucides occidentalis</i> ) and the black ark ( <i>Anadara tuberculosa</i> ).....	19
2. 3Processing the matrix: Sediment.....	19
2. 4Visual identification .....	20
2. 5FT-IR analysis .....	20
2. 6Quality assurance (QA) and Quality control (QC).....	20
2. 7Human exposure to microplastics assessed by shellfish consumption in Tumbes.....	21
2. 8Statistics.....	21
3. Results.....	21
3. 1Microplastic abundance in the mangrove crab and the black ark.....	21
3. 2Microplastic abundance in mangrove sediments.....	22
3. 3Putative microplastic characteristics.....	26
3. 4Estimated intake of microplastics by Tumbes inhabitants .....	29
4. Discussion.....	30
4.1 Sediment.....	30
4.2 Mangrove crabs.....	36
4.3 Mangrove bivalves.....	37
4.4 Physicochemical properties.....	38
4.5 Food security and human health.....	39
5. Conclusion.....	40
6. Acknowledgement.....	41
7. Declaration of Conflicting Interests.....	41



Versión en español.....	41
1. Introducción.....	41
2. Materiales y Métodos.....	45
2. 1Diseño de muestreo.....	45
2. 2Digestión del tejido blando y aislamiento de microplásticos para el cangrejo de mangle ( <i>Ucides occidentalis</i> ) y la concha negra ( <i>Anadara tuberculosa</i> ).....	46
2. 3Procesamiento de la matriz: Sedimento.....	47
2. 4Identificación visual.....	47
2. 5Análisis FT-IR.....	48
2. 6Garantía de calidad (QA) y Control de calidad (QC).....	48
2. 7Evaluación de exposición humana a microplásticos por consumo de mariscos en Tumbes.....	48
2. 8Análisis estadístico.....	49
3. Resultados.....	49
3. 1Abundancia de microplásticos en el cangrejo de manglar y la concha negra.....	49
3. 2Abundancia de microplásticos en sedimentos de manglares.....	50
3. 3Características putativas de los microplásticos.....	54
3. 4Ingesta estimada de microplásticos por habitantes de Tumbes.....	56
4. Discusión.....	57
4.1 Sedimento.....	57
4.2 Decápodos del manglar.....	63
4.3 Bivalvos del manglar.....	64
4.4 Propiedades fisicoquímicas.....	65
4.5 Seguridad alimentaria y salud humana.....	67
5. Conclusión.....	68
6. Agradecimientos.....	68
7. Declaración de Conflicto de Intereses.....	69
8. Elementos suplementarios.....	69
9. Referencias.....	77

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figure 1.</b> (A) Tumbes mangrove ecosystem with their principal commercial species (B) the black ark ( <i>Anadara tuberculosa</i> ) and (C) the mangrove crab ( <i>Ucides occidentalis</i> )...	16
<b>Figure 2.</b> Location of field sampling sites for the collection of sediments, mangrove crab ( <i>Ucides occidentalis</i> ) and black ark ( <i>Anadara tuberculosa</i> ). .....	18
<b>Figure 3.</b> (A) Microplastic abundance (items/g) between the mangrove crab and the black ark differ significantly (B) Microplastic abundance between the tissues of the mangrove crab differ significantly.....	24
<b>Figure 4.</b> (A) Microplastic median items/g (median $\pm$ SE) from the black ark among the zones did not differ significantly (B) Microplastic median items/g (median $\pm$ SE) from the mangrove crab did not differ significantly between zones (C) Microplastic average items/kg (mean $\pm$ SD) from the sediments among the zones did not differ significantly between zones.....	25
<b>Figure 5.</b> (a) Putative microplastic type according to their shape: A. blue microbead, B. green fragment, C. blue fibre and D. green film. Proportion of microplastic according to their (b) shape, (c) size and (d) colour.....	28
<b>Figure 6.</b> Perkin Elmer FT-IR spectra from fibres showing (A) cellophane (B) polyethylene and (C) polyester spectrum.....	29
<b>Figura 1.</b> (A) Ecosistema del manglar de Tumbes con sus principales especies comerciales (B) la concha negra ( <i>Anadara tuberculosa</i> ) y (C) el cangrejo de manglar ( <i>Ucides occidentalis</i> ).....	43
<b>Figura 2.</b> Locación geográfica de los sitios de muestreo donde se recolectaron cangrejos de manglar ( <i>Ucides occidentalis</i> ) y concha negra ( <i>Anadara tuberculosa</i> ).....	45
<b>Figura 3.</b> (A) La abundancia de microplásticos (items/g) entre el cangrejo de manglar y la concha negra difieren significativamente (B) La abundancia de microplásticos entre los tejidos del cangrejo de manglar difiere significativamente.....	51
<b>Figura 4.</b> (A) Mediana de los microplásticos items/g (mediana $\pm$ SE) de la concha negra entre las zonas no difirió (B) La mediana de los microplásticos items/g (mediana $\pm$ SE) del cangrejo de manglar no difirió significativamente entre zonas (C) El promedio de microplásticos items/kg (media $\pm$ SD) de los sedimentos entre las zonas no difirieron significativamente entre zonas.....	52
<b>Figura 5.</b> (a) Microplástico putativos según su forma: A. microesfera azul, B. fragmento verde, C. fibra azul y D. película verde. Proporción de microplásticos según su (b) forma, (c) tamaño y (d) color.....	55
<b>Figura 6.</b> Espectros FT-IR de Perkin Elmer de fibras que muestran (A) celofán (B) polietileno y (C) espectro de poliéster.....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Table 1.</b> Summary of the characteristics of the samples.....	22
<b>Table 2.</b> Estimated human intake of microplastics from the consumption of mangrove crab ( <i>Ucides occidentalis</i> ) and black ark ( <i>Anadara tuberculosa</i> ) from Tumbes region....	30
<b>Table 3.</b> Comparison of microplastic abundance (items/g) in commercial invertebrates from mangrove ecosystems.....	34
<b>Tabla 1.</b> Resumen de las características de las muestras.....	50
<b>Tabla 2.</b> Ingesta humana estimada de microplásticos a partir del consumo de cangrejo de manglar ( <i>Ucides occidentalis</i> ) y concha negra ( <i>Anadara tuberculosa</i> ) de la región de Tumbes.....	57
<b>Tabla 3.</b> Comparación de la abundancia de microplásticos (items/g) en invertebrados comerciales de ecosistemas de manglar.....	61
<b>S1.</b> Tablas con las coordenadas de cada punto de muestreo para cangrejo de manglar, concha negra y sedimentos.....	69

**ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1. COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD.....</b>	<b>93</b>
<b>Anexo 2. RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°071-DACBM-DAFCVB-U.CIENTIFICA-2022.....</b>	<b>94</b>
<b>Anexo 3. CORREO DE CONFIRMACIÓN DE ENVIÓ A LA REVISTA.....</b>	<b>96</b>

## RESUMEN

Los ecosistemas de manglar han sido identificados como un potencial sumidero de microplásticos que podrían afectar su función ecológica y las especies que lo habitan. Estudios recientes han demostrado la presencia de microplásticos en los sedimentos y especies comerciales de manglares. En este estudio de campo, establecemos la prevalencia y abundancia de microplásticos en sedimentos y *Anadara tuberculosa* (concha negra) y *Ucides occidentalis* (cangrejo de manglar) explotados comercialmente de cinco zonas diferentes en el ecosistema de manglar de Tumbes, Perú. Los microplásticos fueron evidenciados en todas las muestras, con un promedio de  $726 \pm 395.9$  items/kg para el sedimento,  $1.56 \pm 1.12$  items/g para la concha negra y  $1.94 \pm 0.87$  items/g para el cangrejo de manglar. Se encontró mayor abundancia de microplásticos en el cangrejo de manglar que en la concha negra (p-value=0.02) y de este primero, se encontró mayor abundancia de microplástico en las branquias que en el estómago (p-value=  $8.47e-12$ ). Sin embargo, no hubo diferencias entre las abundancias de microplásticos de las especies entre las diferentes zonas del ecosistema de manglar (p-valor= 1.02). La ingesta humana estimada de microplásticos de ambas especies para la población de Tumbes es de 431 items per cápita al año. Los polímeros observados en las submuestras a través del FT-IR fueron celofán, polietileno (PE), poliéster (PL), policloruro de vinilo (PVC), poliestireno (PS), poliacrilamida (PAM), polipropileno (PP), enzacril poli acetal, resina de fenol, nylon, ácido poliacrílico (PAA) y poliacrilonitrilo (PAN). Los resultados de este trabajo destacan que todo el ecosistema de manglar de Tumbes se encuentra contaminado con microplásticos, y esto puede representar un riesgo para la red trófica marina y la seguridad alimentaria.

**Palabras clave:** bivalvos, cangrejos, ecosistema de manglar, microplasticos, sedimentos.

## ABSTRACT

Mangrove ecosystems have been identified as a potential sink of microplastics that could affect its ecological function and the species that inhabit it. Recent studies have demonstrated the presence of microplastics in the sediments and commercial mangrove species. In this field-study we establish the prevalence and abundance of microplastics in sediments and commercially-exploited *Anadara tuberculosa* (black ark) and *Ucides occidentalis* (mangrove crab) from five different zones in the mangrove ecosystem of Tumbes, Peru. Microplastic were evident in all samples, with an average of  $726 \pm 395.9$  items/kg for the sediment,  $1.56 \pm 1.12$  items/g for the black ark and  $1.94 \pm 0.87$  items/g for the mangrove crab. A greater abundance of microplastics was found in the mangrove crab than in the black shell (p-value=0.02) and of the latter, a greater abundance of microplastics was found in the gills than in the stomach (p-value=  $8.47e-12$ ). However, there were no differences between the abundances of microplastics of the species between the different zones of the mangrove ecosystem (p-value= 1.02).. The estimated human intake of microplastics from both species for the population in Tumbes will be 431 items per capita per year. The polymers observed in the subsamples through the FT-IR were

cellophane, polyethylene (PE), polyester (PL), polyvinyl chloride (PVC), polystyrene (PS), polyacrylamide (PAM), polypropylene (PP), enzacril poly acetal , phenol resin, nylon, polyacrylic acid (PAA) and polyacrylonitrile (PAN).The outcomes of this work highlight that the mangrove ecosystem is widely contaminated with microplastics, and this may pose a risk to the marine food web and food security.

**Key words:** bivalves, crabs, mangrove ecosystem, microplastic, sediments.

**Prevalence of microplastics in mangrove sediments and edible mangrove species**

Angelica Aguirre-Sanchez<sup>1</sup>, Sara Purca<sup>2</sup>, Mathew Cole<sup>3</sup>, Pennie Lindeque<sup>3</sup> and Aldo G. Indacochea<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Biología Marina, Laboratorio de Ecología Marina, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

<sup>2</sup>Área Funcional de Investigadores Marino Costeras (AFIMC). Dirección General de Investigaciones en Acuicultura (DGI, Instituto del Mar del Peru (IMARPE)), Callao, Perú.

<sup>3</sup>Marine Ecology & Biodiversity, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth PL1 3DH, United Kingdom

**GRAPHICAL ABSTRACT**

