

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



**“Biorremediación de los sedimentos marinos de la bahía de Samanco
(Ancash – Perú) utilizando *Pseudocmus dubiosus* a diferentes
densidades en condiciones de laboratorio”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIOLÓGO ACUICULTOR**

Autores

- Bach. Martinez Luera, Mary Isabel
- Bach. Venegas Pérez, Cristian Edwin

Asesor

Dr. Torres Cabrera, Luis Fernando
ORCID 0000-0003-4662-5412

Co- asesor

Dr. Berrú Paz, Pedro Miguel
ORCID: 0000-0002-0019-3995

Nuevo Chimbote – Perú
2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



**“Biorremediación de los sedimentos marinos de la bahía de Samanco
(Ancash-Perú) utilizando *Pseudocmus dubiosus* en diferentes
densidades en condiciones de laboratorio”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIOLÓGO ACUICULTOR**

Revisado y Visto Bueno de:

Dr. Torres Cabrera Luis Fernando

ORCID: 0000-0003-4662-5412

DNI: 26690133

Asesor de Tesis

Dr. Berrú Paz Pedro Miguel

ORCID: 0000-0002-0019-3995

DNI: 03301219

Co Asesor de Tesis

Nuevo Chimbote - Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



“Biorremediación de los sedimentos marinos de la bahía de Samanco (Ancash-Perú) utilizando *Pseudocmus dubiosus* en diferentes densidades en condiciones de laboratorio”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIOLÓGO ACUICULTOR**

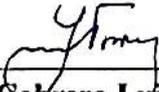
Revisado y aprobado por el jurado evaluador:



Dr Merino Moya Juan Fernando
PRESIDENTE
DNI: 17909299
ORCID: 0000-0002-4426-6623



Msc. Velasquez Guarniz Miriam
Noemi
SECRETARIA
DNI: 32948162
ORCID: 0000-0002-1789-9740



Dr. Torres Cabrera Luis Fernando
INTEGRANTE
ORCID 0000-0003-4662-5412
DNI: 26690133

Nuevo Chimbote - Perú
2024

ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el Laboratorio de Impacto Ambiental....., siendo las 18:00. horas del día 18 de Julio....., dando cumplimiento a la Resolución N° 230-2024-UNS-FC se reunió el Jurado Evaluador presidido por Fernando Merino Moya....., teniendo como miembros a Mirian Velásquez Guarniz..... (secretario) (a), y Luis Torres Cabrera..... (Integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Biólogo Acuicultor..... realizado por el, (la), (los) tesista (as)..... Mary Isabel Martínez Luera y Cristian Edwin Venegas Pérez....., quien (es) sustentó (aron) la tesis intitulada: "Biorremediación de los sedimentos marinos de la bahía de Samanco (Ancash-Perú) utilizando Pseudomonas dubiosus en diferentes densidades en condiciones de laboratorio".....

Terminada la sustentación, el (la), (los) tesista (as)s respondió (ieron) a las preguntas formuladas por los miembros del jurado.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como **EXCELENTE**..... asignándole un calificativo de diecinueve (19) puntos, según artículo 112° del Reglamento General de Grados y Títulos vigente (Resolución N° 337-2024-CU.-R-UNS)

Siendo las 19:30... horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad

Nombre: Fernando Merino Moya
Presidente

Nombre: Mirian Velásquez Guarniz
Secretario

Nombre: Luis Torres Cabrera
Integrante

Distribución: Integrantes J.E (), tesis () y archivo (02).





Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Cristian Edwin Venegas Pérez
Título del ejercicio:	REVISIÓN
Título de la entrega:	Biorremediación de los sedimentos marinos de la bahía de ...
Nombre del archivo:	Biorremediación_de_los_sedimentos_marinos_de_la_bahía_d...
Tamaño del archivo:	1.9M
Total páginas:	88
Total de palabras:	15,933
Total de caracteres:	89,457
Fecha de entrega:	18-jul.-2024 11:21a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2272513625



Biorremediación de los sedimentos marinos de la bahía de Samanco (Ancash - Perú) utilizando *Pseudocnus dubiosus* en diferentes densidades en condiciones de laboratorio

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	accedacris.ulpgc.es Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	digital.bl.fcen.uba.ar Fuente de Internet	1%
5	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	1%
7	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A Dios por darme el valor para seguir adelante y no permitir rendirme en cada una de las metas trazadas, así mismo, por ser el guía de mi vida. A mi madre Vilma Imelda Pérez Ramos y a mi hermano Marcos Venegas Pérez quienes son mi motivación, a mis amigos y compañeros de la vida por el apoyo incondicional expresados durante la carrera profesional. A mi asesor el Dr. Luis Torres Cabrera y el co-asesor Dr. Pedro Berrú Paz por la amistad y aprendizaje que contribuyeron en este camino hacia el éxito.

Venegas Pérez Cristian Edwin

A Dios por brindarme las fuerzas necesarias para culminar este objetivo e iluminar mis días con sabiduría. A mis padres Maria Luera Valois y Cesar Gerardo Martinez Mejía quienes me apoyaron en toda la vida y son mi soporte emocional, así como mi familia quienes me impulsaron en seguir avanzando y pusieron toda su confianza en mi persona, en especial a mi tío Willy Martinez Mejía. A mis docentes quienes con su enseñanza me ayudaron a crecer profesionalmente, en especial a mi asesor, el Dr. Luis Torres Cabrera y el co-asesor el Dr. Pedro Berrú. A mis amigos quienes estuvieron alentándome durante estos años.

Martinez Luera Mary Isabel

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios porque nos dio la vida y sin él, no lograríamos nuestras metas trazadas. También, a nuestras familias por el apoyo incondicional y motivación para culminar satisfactoriamente con nuestras carreras y nos alentaron día a día.

Nuestro profundo agradecimiento a nuestro asesor del trabajo de investigación, el Dr. Luis Torres Cabrera, quien fue como un faro durante este camino iluminándonos con su sabiduría y experiencia, siempre dispuesto a ayudar con dedicación y paciencia. Así mismo, a nuestro co-asesor el Dr. Pedro Berrú Paz, quien agradecemos por su ardua labor de investigador en el Instituto del Mar Peruano sede Chimbote y permitió dar a conocer con su estudio científico acerca de la especie trabajada en nuestra investigación, además, por su confianza y enseñanza aportada durante este presente trabajo.

A nuestros amigos Herson Torres Tapia, Sarai Reyes Albino y Alejandro Zavaleta Matos por su apoyo físico en la toma de muestra y emocionalmente durante la ejecución del estudio, así mismo, a Christopher Anderson Jeronimo Huarca, Richard Blas Huamán y Guadalupe Torres Tarazona quienes contribuyeron en la toma de datos y apoyo emocional alentándonos en nuestro estudio.

A la Técnica del Laboratorio de Biología Acuática, la señorita Heillyn Medina Quezada y a la Técnica del Laboratorio de la Facultad de Ciencias, la señorita Marybel Astete Reyna por sus enseñanzas, paciencia y el uso de equipos para algunos análisis del estudio.

A los docentes de la Escuela Profesional de Biología en Acuicultura quienes fueron los guías en nuestra formación profesional.

Y, a todas aquellas personas que estuvieron contribuyendo de alguna u otra manera en la ejecución del presente trabajo de investigación.

A todos, nuestra eterna gratitud.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTOS.....	VIII
INDICE GENERAL.....	IX
INDICE DE TABLAS	XI
INDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XVI
ABSTRACT.....	XVII
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. MARCO TEORICO.....	21
2.1. Materia Orgánica.....	21
2.2. Biorremediación	21
2.3. <i>Pseudocnus dubiosus</i> (Semper, 1868).....	23
2.4. Parámetros físico-químicos.....	27
III. MATERIALES Y METODOS.....	30
3.1. Localización del área de trabajo.....	30
3.2. Población y recolección de las muestras.....	30
3.3. Diseño experimental	31
3.4. Procesamiento del sedimento	32
3.5. Tratamiento del agua de mar.....	33
3.6. Acondicionamiento de los tratamientos y recolección de datos.....	33
3.7. Análisis Microbiológico.....	34
3.8. Análisis de datos.....	34
IV. RESULTADOS	35
4.1. Consumo de materia orgánica (CMO).....	35
4.2. Relación de los parámetros físico-químicos en el consumo de la materia orgánica.	37
4.3. Determinación de la densidad óptima	47
V. DISCUSIÓN.....	48
5.1. Consumo de materia orgánica (CMO).....	48
5.2. Relación de los parámetros físico-químicos en el consumo de la materia orgánica.	49
5.3. Determinación de la densidad óptima	51
VI. CONCLUSIONES	52
VII. RECOMENDACIONES	53

VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	54
IX.	ANEXOS	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la especie <i>Pseudocnus dubiosus</i>	23
Tabla 2. Diseño experimental para evaluar el efecto biorremediador de <i>P. dubiosus</i> sobre los sedimentos marinos de la Bahía de Samanco (Ancash, Perú).	32
Tabla 3. Escala de olor aparente del sedimento (Herrera & Lara, 2016).	32
Tabla 4. Promedio del porcentaje del consumo de Materia Orgánica (MO) por <i>P. dubiosus</i> en el periodo de agosto – noviembre (2022).	36
Tabla 5. Resultados del análisis microbiológico obtenido por el laboratorio COLECBI S.A.C.	37
Tabla 6. Identificación de las características organolépticas del sedimento final según Herrera & Baltazar (2016).	37
Tabla 7. Promedios de los parámetros fisicoquímicos en los diferentes tratamientos en el periodo de agosto - noviembre (2022).	37
Tabla 8. Análisis de Varianza (ANVA) del consumo de materia orgánica (CMO) versus los parámetros fisicoquímicos.	44
Tabla 9. Análisis de la relación de los parámetros fisicoquímicos del agua en el consumo de materia orgánica por <i>P. dubiosus</i> utilizando la prueba estadística correlación de Pearson.	45
Tabla 10. Densidad óptima de <i>P. dubiosus</i> para reducir la materia orgánica del sedimento marinos.	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología externa (A y B) de <i>P. dubiosus</i>	24
Figura 2. Morfología interna de los holoturoideos. Fuente Paule (2022).	25
Figura 3. Zona de recolección de las muestras. Fuente: Google Earth Pro.....	30
Figura 4. Ejemplares de <i>P. dubiosus</i> fotografiados in situ en la Bahía Samanco. Foto: Yuri Hooker y Aldo Indacochea (2010).	31
Figura 5. Escala de color aparente del sedimento (Herrera & Baltazar, 2016).	32
Figura 6. Materia orgánica total (%MO) en el periodo de agosto - noviembre (2022). 35	
Figura 7. Porcentaje del consumo de la materia orgánica por <i>P. dubiosus</i> en el periodo de agosto - noviembre (2022).	36
Figura 8. Temperatura del agua registrado en el periodo de agosto - noviembre (2022).	39
Figura 9. Oxígeno disuelto registrado en los tratamientos en el periodo de agosto - noviembre (2022).	39
Figura 10. pH del agua registrado en el periodo de agosto - noviembre (2022).	40
Figura 11. Salinidad registrada en el periodo de agosto - noviembre (2022).....	41
Figura 12. Sólidos totales disueltos (TDS) registrada en el periodo de agosto - noviembre (2022).	42
Figura 13. Nitritos del agua registrado en el periodo de agosto - noviembre (2022)....	42
Figura 14. Fosfatos registrados en el periodo de agosto - noviembre (2022).	43
Figura 15. Turbidez registrada en el periodo de agosto - noviembre (2022).	44

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Identificación de la fauna acompañante de la muestra extraída del sedimento marino de la Bahía Samanco.	63
Anexo 2. Promedio de la Materia Orgánica (MO) en el periodo de agosto – noviembre (2022).	63
Anexo 3. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de la materia orgánica.	64
Anexo 4. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de la materia orgánica.....	64
Anexo 5. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de la materia orgánica.....	64
Anexo 6. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de la materia orgánica de P. dubiosus.....	64
Anexo 7. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de la materia orgánica.	65
Anexo 8. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios del consumo de la materia orgánica por P. dubiosus.	65
Anexo 9. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios del consumo de la materia orgánica por P. dubiosus.	66
Anexo 10. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios del consumo de la materia orgánica por P. dubiosus.....	66
Anexo 11. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios del consumo de materia orgánica de P. dubiosus.	66
Anexo 12. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios del consumo de la materia orgánica por P. dubiosus.	66
Anexo 13. Promedio de temperatura en el periodo de agosto – noviembre (2022).	67
Anexo 14. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de temperatura.	67
Anexo 15. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de temperatura.	68
Anexo 16. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de temperatura.	68
Anexo 17. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de temperatura.	68
Anexo 18. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de temperatura.	68
Anexo 19. Promedio de oxígeno en el periodo de agosto – noviembre (2022).	69
Anexo 20. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de oxígeno.	69
Anexo 21. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de oxígeno.	70
Anexo 22. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de oxígeno.	70
Anexo 23. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de oxígeno.	70
Anexo 24. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de oxígeno.....	70
Anexo 25. Promedio de pH en el periodo de agosto – noviembre (2022).	71
Anexo 26. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de pH.	71
Anexo 27. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de pH.	72
Anexo 28. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de pH.	72
Anexo 29. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de pH.	72
Anexo 30. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de pH.....	73
Anexo 31. Promedio de salinidad en el periodo de agosto – noviembre (2022).....	73
Anexo 32. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de salinidad.....	73

Anexo 33. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de salinidad.....	74
Anexo 34. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de salinidad.....	74
Anexo 35. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de salinidad.....	74
Anexo 36. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de salinidad.....	74
Anexo 37. Promedio de TDS en el periodo de agosto – noviembre (2022).....	75
Anexo 38. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de TDS.....	75
Anexo 39. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de TDS.....	76
Anexo 40. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de TDS.....	76
Anexo 41. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de TDS.....	76
Anexo 42. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de TDS.....	76
Anexo 43. Promedio de nitritos en el periodo de agosto – noviembre (2022).....	77
Anexo 44. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de nitritos.....	77
Anexo 45. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de nitritos.....	78
Anexo 46. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de nitritos.....	78
Anexo 47. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de nitritos.....	78
Anexo 48. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de nitritos.....	78
Anexo 49. Promedio de fosfatos en el periodo de agosto – noviembre (2022).....	79
Anexo 50. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de fosfatos.....	79
Anexo 51. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de fosfatos.....	79
Anexo 52. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de fosfatos.....	80
Anexo 53. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de fosfatos.....	80
Anexo 54. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de fosfatos.....	80
Anexo 55. Promedio de turbidez en el periodo de agosto – noviembre (2022).....	81
Anexo 56. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de turbidez.....	81
Anexo 57. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de turbidez.....	81
Anexo 58. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de turbidez.....	82
Anexo 59. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de turbidez.....	82
Anexo 60. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de turbidez.....	82
Anexo 61. Análisis estadístico Anova de un factor (Welch) para todas las variables.....	83
Anexo 62. Análisis microbiológico proporcionado por COLECBI SAC.....	84
Anexo 63. Día de la recolección de las muestras en la Bahía Samanco (Ancash, Perú).....	85
Anexo 64. Preparación del buzo antes del ingreso al mar para la recolección de <i>P. dubiosus</i> ...	85
Anexo 65. Recolección de <i>P. dubiosus</i>	85
Anexo 66. Extracción del sedimento marino utilizando draga Van Veen de 0,05 m ² de mordida.....	86
Anexo 67. Preparación del sedimento en el laboratorio.....	86
Anexo 68. Separación de la fauna acompañante del sedimento empleando el tamizaje.....	86
Anexo 69. Preparación del diseño experimental en el laboratorio de Limnología e Impacto Ambiental.....	87

Anexo 70. Acondicionamiento de <i>P. dubiosus</i> antes de realizar los ensayos experimentales.	87
Anexo 71. Adecuación de <i>P. dubiosus</i> en uno de las unidades del sistema de experimentación.	87
Anexo 72. Medición de Nitritos(A) y Fosfatos (B).	88
Anexo 73. Determinación de la materia orgánica. a) Obtención de las muestras del sedimento en placas Petri.; b) Calcinación de la materia orgánica en la mufla a 400°C.....	88
Anexo 74. Registro de los parámetros físico-químicos utilizando el multiparámetro.	88
Anexo 75. Extracción del tracto intestinal de <i>P. dubiosus</i> para el análisis microbiológico	89

RESUMEN

Se estudió la capacidad biorremediadora de *P. dubiosus* en los sedimentos marinos bajo condiciones de laboratorio en función de su densidad. Los organismos y el sedimento fueron recolectados en las coordenadas 9°11'17.6''S / 78°32'18.8' en la Bahía de Samanco, provincia el Santa, Ancash, Perú. Se establecieron tres tratamientos con distintas densidades de *P. dubiosus* (T1 = 80, T2 = 200 y T3 = 400 org/m²) y tratamiento control (0. org/m²). En cada tratamiento, se determinó el porcentaje mensual de materia orgánica (%MO) durante el periodo de estudio (agosto-noviembre). Diariamente se hicieron registros de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez, pH, sólidos totales disueltos (TDS); mientras los nitritos y fosfatos se analizaron mensualmente. Este estudio demostró que *P. dubiosus* a una densidad de 80 org/m² consumió 25,35 % de MO, con 200 org/m² un 36,01 % de MO, con 400 org/m² un 48.10 % de MO; encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las medias de los tratamientos TC con T2 y TC con T3. Durante los 4 meses del experimento los parámetros fisicoquímicos no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), la temperatura se mantuvo con $18,63 \pm 2^{\circ}\text{C}$, la salinidad con $34,9 \pm 1,28$ ppm, el oxígeno disuelto con 6.05 ± 1 mg/l, el pH $7.80 \pm 0,09$ unidades, los TDS 34.9 ± 1 mg/l y la turbidez 8.76 ± 4.53 mg/l. Los fosfatos y nitritos tendieron a disminuir pues estos guardan una correlación negativa alta muy significativa ($p < 0,01$) con el CMO. Los resultados demuestran que *P. dubiosus* es un organismo biorremediador de la materia orgánica de los sedimentos marinos, siendo la densidad óptima para este estudio el T3 = 400 org/m² logrando reducir 48,1% de la materia orgánica inicial, debido que, al existir más organismos, el consumo es mayor.

Palabras claves: materia orgánica, *P. dubiosus*, biorremediación.

ABSTRACT

The bioremediation capacity of *P. dubiosus* in marine sediments was studied under laboratory conditions based on its density. The organisms and sediment were collected at coordinates 9°11'17.6"S / 78°32'18.8' in Samanco Bay, Santa province, Ancash, Peru. Three treatments were established with different densities of *P. dubiosus* (T1 = 80, T2 = 200 and T3 = 400 org/m²) and control treatment (0. org/m²). In each treatment, the monthly percentage of organic matter (%OM) was determined during the study period (August-November). Daily records of temperature, salinity, dissolved oxygen, turbidity, pH, total dissolved solids (TDS) were made; while nitrites and phosphates were analyzed monthly. This study showed that *P. dubiosus* at a density of 80 org/m² consumed 25.35% of OM, with 200 org/m² 36.01% of OM, with 400 org/m² 48.10% of OM; finding significant differences ($p < 0.05$) between the means of the TC with T2 and TC with T3 treatments. During the 4 months of the experiment, the physicochemical parameters did not present significant differences ($p > 0.05$), the temperature was maintained at $18.63 \pm 2^\circ\text{C}$, salinity at 34.9 ± 1.28 ppm, and dissolved oxygen at 6.05 ± 1 mg/l, pH 7.80 ± 0.09 units, TDS 34.9 ± 1 mg/l and turbidity 8.76 ± 4.53 mg/l. Phosphates and nitrites tended to decrease since they have a highly significant negative correlation ($p < 0.01$) with BMC. The results demonstrate that *P. dubiosus* is a bioremediator organism of the organic matter of marine sediments, the optimal density for this study being T3 = 400 org/m², managing to reduce 48.1% of the initial organic matter, due to the fact that, by existing more organisms, consumption is greater.

Keywords: organic matter, *P. dubiosus*, bioremediation.

I. INTRODUCCIÓN

Los sedimentos marinos son componentes fundamentales de los ecosistemas costeros y oceánicos, representando una compleja y dinámica matriz compuesta por una variedad de materiales (Galbán, 2022); están compuestos por materia orgánica en diversos estados de descomposición, partículas minerales, material biológico y antropogénico (Marín, 2020), lo que los convierte en indicadores clave de la salud y la calidad ambiental de los sistemas marinos (Martínez-Guijarro et al., 2019), además que desempeñan un papel vital en la regulación del ecosistema costero. Actúan como almacenes naturales de nutrientes y materia orgánica, influyendo directamente en la distribución de oxígeno en las aguas profundas y en la producción de fitoplancton, un componente esencial de la cadena alimentaria marina (Pardo, 2022).

La materia orgánica, compuesta por carbono, nitrógeno, azufre y otros elementos, desempeña un papel crucial en los ecosistemas acuáticos (Brito, et al., 2020). Sin embargo, su descomposición puede desencadenar un aumento en la demanda bioquímica de oxígeno, lo que da lugar a condiciones de hipoxia o anoxia en el medio (Ruiz et al., 2021). Además, este proceso conlleva la producción de gases como el ácido sulfhídrico, nitritos y metano, los cuales son altamente tóxicos para la comunidad bentónica, con efectos adversos en los recursos pesqueros (Luna, 2021).

La acumulación de materia orgánica en fondos marino-costeros se producen de manera natural y por actividades antropogénicas (Condori, 2023). La existencia de la materia orgánica (MO) autóctona es generada por la productividad primaria; mientras la alóctona es transportada desde tierra firme a través de los ríos o la acción del viento (Miglioranza, 2021). Sin embargo, las actividades antropogénicas como la pesca, acuicultura y la disposición de efluentes domésticos al mar son la principal causa de acumulación de materia orgánica en los fondos marinos, puesto que, no se llegan a reincorporar a las cadenas tróficas y termina acumulándose en el fondo del mar (Ricra, 2022).

Para contrarrestar la acumulación de materia orgánica en el fondo, se han desarrollado técnicas como la biorremediación, donde se puede emplear diversos organismos ya sea de forma individual o combinada, con la finalidad de minimizar la carga orgánica sedimentada (Malla, et al., 2022); es una técnica sumamente importante ya que se ha convertido en una alternativa atractiva y prometedora a las tradicionales

técnicas físico-químicas para la remediación de los compuestos que contaminan el ambiente.

Los organismos empleados en la biorremediación del fondo marino están los bivalvos, decápodos, gasterópodos y echinodermos (Chaverra-Garcés, 2022). Una alternativa relevante en los echinodermos son los pepinos de mar (*Pseudocnus dubiosus*), estos desempeñan un papel muy importante en las comunidades bentónicas, pues son recicladores de nutrientes y agentes de bioturbación (Jiménez, 2021). Los holotúridos se caracterizan por ser animales que se alimentan de materia orgánica del fondo marino y pueden remover importantes cantidades en este (Vela, 2020). Mientras tanto, *P. dubiosus* se alimenta mediante sus tentáculos y además de vivir semienterrado, bioturba el sustrato y, por lo tanto, retiene a la materia orgánica que posteriormente captura (Hossain, Dave, & Shahidi, 2020). Este ejemplar se encuentra distribuido en diferentes departamentos del Perú: Isla Lobos de Tierra (Lambayeque), Pacasmayo (La Libertad), Isla Santa (Ancash), Samanco (Ancash), Isla San Lorenzo (Lima) y Bahía Independencia (Ica) (Prieto, 2010).

Por otro lado, como consecuencia de las actividades antropogénicas las concentraciones de materia orgánica en los fondos marino-costeros se ha incrementado significativamente, si bien las empresas involucradas, así como las autoridades correspondientes hacen los esfuerzos respectivos por reducir sus impactos, estos no son suficientes. Así es como Malla *et. al* (2013) sostiene que, en la bahía de Samanco (Ancash), entre el 2007 a 2010, registraron sedimentos con ligeros olores sulfurosos, debido a las partículas orgánicas, además, alta concentraciones de coliformes totales, sobrepasando los límites de 2000 NMP/100 mL para coliformes totales y de 1000 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes, donde se incluyen partículas de hidrocarburos procedentes de los combustibles empleados por la pesca artesanal y acuicultura como el cultivo de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) de mayor escala. Por esta razón, se evidencia la acumulación de la materia orgánica en el fondo marino que, en efecto, causaría anoxia en organismos bentónicos y entre otros.

Sin embargo, estudios como los realizados por Berrú & Rubio (2009) registraron la presencia de algunos organismos, entre los que destaca *P. dubiosus* que logran sobrevivir en estos ambientes y sacan provecho de ello, en distintas densidades, según el grado de impacto. Estos organismos podrían estar biorremediando el fondo marino al consumir la materia orgánica, por lo que es de vital importancia cuantificar esta capacidad.

Por lo tanto, por sus características bioecológicas y la facilidad de manejo en el laboratorio, es una especie candidata para biorremediar sustratos con altas

concentraciones de materia orgánica, resaltando la importancia de este organismo para el ecosistema bentónico marino, porque podría constituirse como una alternativa para biorremediar bahías, ensenadas, entre otros ecosistemas marinos, así como también ser aliada con fines de preservación y su potencial desarrollo acuícola en la cadena bajo el modelo de cultivos multitróficos integrados; sin embargo, actualmente, no existe información que permita saber cuáles son sus capacidades biorremediadoras, por lo que es la principal preocupación que motiva la presente investigación. Por ello que se formula el siguiente problema:

¿Cuál es la capacidad biorremediadora de *P. dubiosus* en sedimentos marinos de la bahía Samanco en función a la densidad y bajo condiciones de laboratorio?

Objetivo de la investigación

→ Evaluar la capacidad biorremediadora de *P. dubiosus* en los sedimentos marinos en función de su densidad y bajo condiciones de laboratorio.

Objetivos específicos

- Determinar el consumo de materia orgánica de *P. dubiosus* en las diferentes densidades (80org/m², 200org/m² y 400org/m²).
- Evaluar la relación de los parámetros físico/químicos del agua en el consumo de materia orgánica por *P. dubiosus* en condiciones de laboratorio.
- Determinar la densidad óptima de *P. dubiosus* que permita reducir la materia orgánica de los sedimentos marinos de manera eficiente.

II. MARCO TEORICO

2.1.Materia Orgánica

La materia orgánica marina se genera debido a la muerte y descomposición de los organismos marinos como algas, crustáceos, peces entre otros, también es producida por los efectos de erosión y fenómenos naturales (Landos et al., 2021). Estos procesos se producen como parte de los ciclos geoquímicos y son controlados por el mismo ecosistema sin sufrir alteraciones significativas (Borja, 2022). Está compuesta por elementos como el carbono, nitrógeno, azufre, y distintos minerales, a través de estos componentes se puede determinar la materia orgánica con ayuda de los análisis geoquímicos moleculares para el estudio de biomarcadores y el análisis petrográfico (Tomas & Acuña, 2022).

Aun en altas concentraciones de materia orgánica acumulada en las bahías producto de las actividades antropogénicas, se registra la presencia de algunos organismos bentónicos, entre los que destaca *P. dubiosus*, que logran proliferar en distintas densidades en estos ambientes (Berrú & Ríos, 2008).

2.2.Biorremediación

La palabra biorremediación fue acuñado en la década de los ochenta del concepto de remediación, lo que hace referencia a la utilización de estrategias físico - químicas para evitar el daño y biológica por la capacidad de los organismos vivos para degradar (Villagomez & Vasconez, 2021). En términos bioquímicos y biológicos, consiste en la reacción del óxido – reducción que obtiene energía producida por la cadena respiratoria, esta cadena inicia un sustrato orgánico externo a la célula convirtiéndose en un dador de electrones, siendo así que la célula degrada y consume dicha sustancia (Rivera, 2018).

En la biorremediación, se pueden utilizar organismos propios del área (autóctonos) o ajenos a éste (exógenos), y, en condiciones aerobias (en presencia de oxígeno) o anaerobias (sin oxígeno) (Ramos del Carmen, 2019). Además, el uso de la tecnología para la biorremediación presenta distintas ventajas respecto a los métodos físico-químicos tradicionales en los bajos costos de instalación y operación, simple de aplicar, tiene mínimo riesgo de enfermarse la ciudadanía y son efectivos (Quitio & Solórzano, 2020).

Por otro lado, Pisfil (2019) indica que la biorremediación con organismos es la más empleada para sustraer agentes contaminantes específicos del suelo transformándolos en distintos compuestos inocuos, con menor materia orgánica en descomposición. Además,

la estrategia de la biorremediación es la limpieza viable dependiendo del costo, es decir, el método biológico es menos costoso que el uso de tecnología y de estrategias físico - químicas para el tratamiento de un sitio y/o de un agente contaminante en específico. (Niño, 2023).

El proceso de biorremediación se puede llevar a cabo en 3 tipos:

a) Biológicos

La bioaugmentación, consiste en la adición de microorganismos vivos que tienen la capacidad de degradar el contaminante en cuestión y así promover su biodegradación o biotransformación, además, el tratamiento se realiza de forma inmediata del sitio contaminado, o cuando la microflora autóctona es insuficiente en número o capacidad degradadora (Molina, 2021); mientras la fitobiorremediación utilizando plantas mediante reacciones químicas utilizando luz solar (Alfaro, et al., 2019) y microalgas (ficorremediación) por su capacidad de absorber altas concentraciones de contaminantes como metales pesados y compuestos radioactivos, degradación enzimática y degradación de hidrocarburos alifáticos en presencia de oxígeno (Vela-García, Guamán-Burneo & González-Romero, 2019).

b) Físicoquímicos

La electroremediación restaura los daños originados por los vertimientos de hidrocarburos en suelos y cuerpos de agua mediante una corriente eléctrica que emplea electrodos (ánodo y cátodo) humectados con electrolito para transportar la energía (Martínez, 2020). También, contamos con la técnica con la mejor tecnología, esa es la solidificación / estabilización que elimina excesos de líquidos contaminantes en este proceso se mezcla el suelo contaminado con aditivos para eliminar la lixiviación (García, 2019).

c) Térmicos

La incineración, vitrificación, desorción térmica, oxidación en sal fundida y la tecnología de arco de plasma aplican el calor para la volatilización de los contaminantes del suelo (Pérez, 2016). Además, involucrando estas acciones con el uso de las tecnologías se utilizan los biorreactores cuya tecnología es la más adecuada para casos extremadamente peligrosos como descargas y emisiones permitiendo una la aceleración de la biodegradación (Sánchez, 2023), y, la biodegradación en fase sólida que se lleva a cabo ex situ, e incluye el composteo, las pilas estáticas y las pilas alargadas (Ramos Del Carmen, 2019).

En la actualidad, se debe priorizar las problemáticas ambientales debido al cambio climático, diversas investigaciones sustentan la aplicación y el aprovechamiento de algunas especies por acumular, atenuar o degradar contaminantes, por ello, utilizando sistemas biológicos es una de las alternativas resaltantes para contrarrestar la contaminación ambiental, no obstante, se requieren más investigaciones al nivel molecular para hallar los factores que les permite estas capacidades para biodegradar y transformar los agentes contaminantes (Cota-Ruiz, et al., 2019).

2.3. *Pseudocnus dubiosus* (Semper, 1868)

a) Descripción taxonómica

Según Martínez (2014) menciona que tuvo una historia nomenclatorial compleja: Deichmann (1941) considera a la especie del sur de Argentina como sinónimo de la especie *Cucumaria dubiosa* Semper, 1868 descrita para Perú. Panning (1949) crea el género *Pseudocnus*, en el cual incorpora a la especie *dubiosa* cuya nueva combinación es *Pseudocnus dubiosus* y que es considerada por Panning (1949) un sinónimo de *Cucumaria leonina* Semper, 1868. Panning (1951) reconsidera la sinonimia, y presenta a la especie como *Pseudocnus leoninus*, pero indica que la entidad del sur de Argentina es una subespecie cuya nueva combinación es *Pseudocnus dubiosus leoninus*. Este nombre es utilizado por Pawson (1969) y Hernández (1981). Sin embargo, Pawson (1969) plantea las dificultades de esta especie y la necesidad de un correcto tratamiento de su taxonomía y nomenclatura. Finalmente, se estableció con la siguiente taxonomía como muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la especie *Pseudocnus dubiosus*.

Clasificación Taxonómica	
Filo	Equinodermos
Subfilo	Equinozoos
Clase	Holothuroidea
Subclase	Actinopoda
Orden	Dendrochirotida
Familia	Cucumariidae

Género	Pseudocnus
Especie	<i>Pseudocnus dubiosus</i>

b) Descripción biológica

Conocido comúnmente como pepino de mar, esta especie presenta cuerpo cilíndrico, con 10 tentáculos, los dos ventrales son más pequeños, un anillo calcáreo simple y dos vesículas de Poli, además cuentan con pies ambulacrales restringidos a las zonas ambulacrales (Figura 1). Las espículas de la zona dorsal son placas abollonadas con prolongaciones anteriores, en la parte ventral hay botones abollonados; introversos con barrotes perforados, curvados y en los tentáculos presenta barrotes perforados, irregulares, algunos trirradiados, por otro lado, los pies cuentan con placas terminales rudimentarias con numerosos bastones de soporte, la mayoría de tres brazos Pawson (1964) (Prieto, 2010).

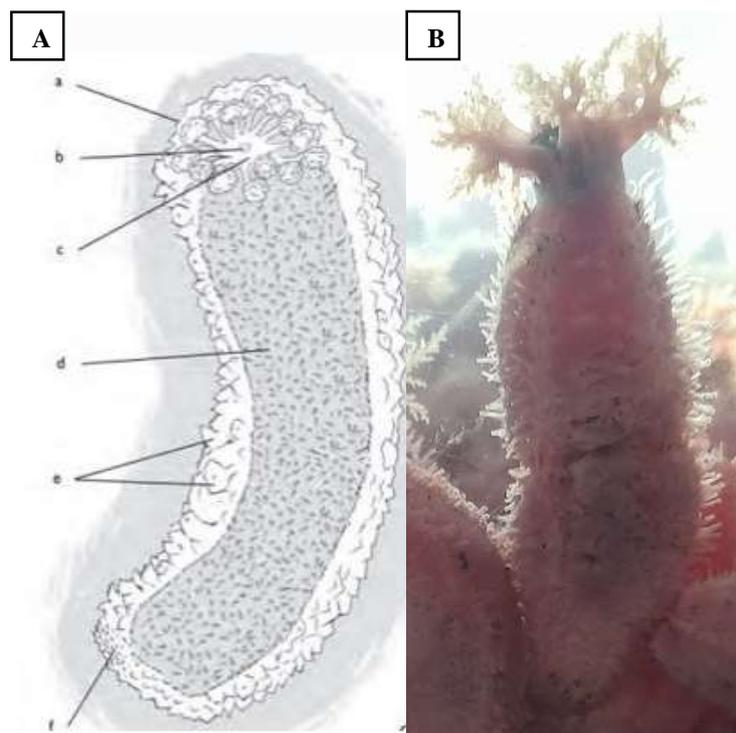


Figura 1. Morfología externa (A y B) de *P. dubiosus*.

Nota: a) tentáculo; b) boca; c) membrana bucal; d) suela ventral de pedicelos; e) papilas; f) ano; g) bivium; h) trivium (Paule, 2022).

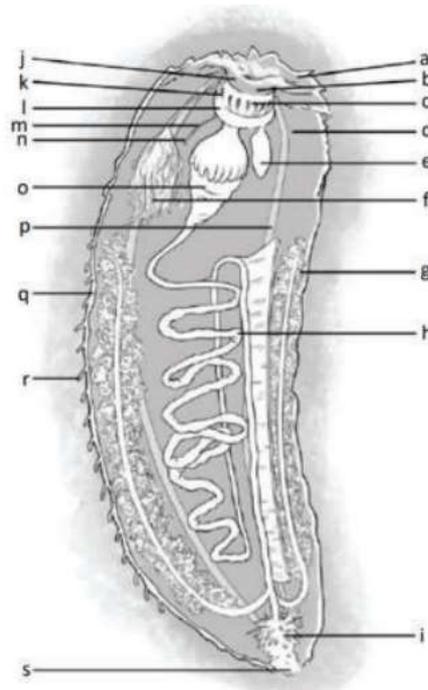


Figura 2. Morfología interna de los holoturoideos. Fuente Paule (2022).

Nota: a) tentáculo; b) introvertido; c) faringe; d) músculos retractores; e) vesícula de Poli; f) gónada; g) árbol respiratorio; h) intestino; i) cloaca; j) canal tentacular; k) anillo calcáreo; l) anillo acuífero; m) canal pétreo; n) madreporito; o) estómago; p) músculos longitudinales; q) canal radial; r) pedicelo; s) ano (Paule, 2022).

El sistema digestivo es completo, cuenta con faringe, esófago, estómago intestino y ano; el tubo digestivo presenta una vuelta completa y puede ser a favor o en contra de las agujas del reloj (Sánchez-Alonzo et al., 2021). En algunas especies como la *Holothuria sanctori*, se encuentran túbulos de Cuvier cerca del ano, estos túbulos, al ser expulsados en respuesta a una amenaza, se solidifican al entrar en contacto con el agua y forman una red pegajosa que atrapa a los posibles depredadores (Paule, 2022).

El sistema circulatorio del animal presenta un anillo hemal alrededor de la faringe, con ramificaciones que se extienden hacia los tentáculos y el cuerpo, junto con los canales acuíferos, además, tiene dos senos principales a lo largo del tubo digestivo; aunque su sistema nervioso no tiene cerebro, posee un anillo nervioso en la membrana bucal donde salen nervios ganglionares hacia los tentáculos y nervios radiales hacia los ambulacros, pasando a través de los espacios del anillo calcáreo (Paule, 2022).

c) Distribución y ecología

Este ejemplar se encuentra distribuido en diferentes departamentos del Perú: Isla Lobos de Tierra (Lambayeque), Pacasmayo (La Libertad), Isla Santa (Ancash), Samanco (Ancash), Isla San Lorenzo (Lima) y Bahía Independencia (Ica) (Prieto, 2010).

Desde el punto de vista ecológico, los holoturoideos desempeñan un papel muy importante en las comunidades bentónicas, pues son recicladores de nutrientes y agentes de bioturbación (López, 2021). Los holotúridos se caracterizan por ser animales que se alimentan de detritus y pueden remover importantes cantidades de biomasa de materia orgánica del fondo marino, en las zonas donde ellos son abundantes (Villafuerte, 2022).

La alimentación en las holoturias se efectúa mediante los tentáculos, y, se basa en plancton, detritos y materia orgánica del fango, aunque podrían generalizarse en dos tipos: comedores de partículas en suspensión y comedores de sedimentos (Roberts & Bryce, 1982), además pueden desarrollar diferentes estrategias según la disponibilidad de materia orgánica.

d) Usos de los pepinos de mar

Uso como alimento

Los pepinos de mar son altamente apreciados en el ámbito económico debido a su valor como alimento, estos son recolectados y secados para su comercio y consumo (Maquilón & RomoLeroux, 2021). Nutricionalmente, los pepinos de mar son bajos en grasas y ricos en proteínas, además de contener una variedad de sustancias activas como vitaminas (A, C, B1, B2, B3), elementos traza (magnesio, hierro, zinc y calcio), polisacáridos (condroitín sulfato) y glucósidos de saponina (Paule, 2022). En la cultura oriental, los pepinos de mar son valorados y se preparan de múltiples maneras, como cocidos, en escabeche o crudos, siendo la pared del cuerpo la parte más comúnmente consumida, por otro lado, en España, se consume en la costa este y las Islas Baleares siendo *Stichopus regalis* la especie más consumida (Martinez de Victoria, et al., 2019).

Uso ornamental

Algunos ejemplares de holoturias son populares como especies ornamentales porque destacan en su apariencia y colores como son el pepino de mar amarillo (*Colochirus robustus*), el pepino de mar espinoso (*Colochirus quadrangularis*) y la manzana de mar (*Pseudocolochirus violaceus*), siendo esta última la más valorada debido a su llamativa coloración (Paule, 2022). Se han llevado a cabo experimentos que indican que otras especies, como *Holothuria tubulosa*, podrían adaptarse a la vida en acuarios (Bulsteel et al., 2020).

Uso medicinal

Los equinodermos, habitantes del fondo marino, enfrentan diversos agentes patógenos y tensiones ambientales, como la competencia por recursos y la depredación, y, para protegerse, producen sustancias defensivas (Boutitah, 2020). Se han descubierto múltiples propiedades farmacológicas en varias especies de holoturias, como la capacidad de actuar como anticoagulantes, agentes anticancerígenos y antioxidantes. Estos beneficios provienen de extractos y metabolitos de pepinos de mar, que contienen compuestos bioactivos como glucósidos triterpénicos y mucopolisacáridos ácidos (Paule, 2020).

Uso acuícola

El sistema de Acuicultura Multitrófica Integrada (AMTI) integra diferentes niveles de la cadena alimentaria en un solo sistema, convirtiendo los desechos de ciertas especies en alimento o fertilizantes para otras (Naspirán-Jojoa, et al., 2022). Este enfoque busca mejorar la sostenibilidad al reducir los residuos y generar beneficios económicos al producir especies con valor agregado. Debido a esta capacidad de bioturbación y procesamiento de sedimentos, Gonzáles (2012) indica que se están empezando a utilizar holoturias en sistemas de cultivo multitrófico, como por ejemplo en Nueva Zelanda, donde se utilizan las heces del mejillón verde *Perna canaliculus* mezcladas con sedimento del medio para el crecimiento de juveniles de *Australostichopus mollis*.

Según Nathan (2019) identificó al ejemplar *Apostichopus parvimensis* como candidato para trabajar en un co-cultivo con el abulón rojo (*Haliotis rufescens*) en etapa juvenil mejorando su crecimiento ante la presencia del pepino de mar (*A. parvimensis*). Hernández et al. (2019) propone a la especie *Isostichopus fuscus* para realizar un policultivo con la tilapia gris (*Oreochromis sp.*) porque actúa como un agente biorremediador obteniendo positivo resultado en su crecimiento del pez.

2.4. Parámetros físico-químicos

a) Temperatura

La temperatura se describe como la propiedad física que posibilita la medición de la intensidad del calor (Coila & Yana, 2023). Esta propiedad física tiende a influir en otros parámetros físico-químicos y biológicos, así como es el caso de los océanos, a mayor profundidad disminuye y en la superficie es lo contrario (Garbarini, 2021). La temperatura superficial promedio de la Bahía de Samanco es de 20.0 °C y la temperatura del fondo promedio es 17.0 °C (García, 2023).

b) Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno disuelto (OD) en el agua es esencial para la vida acuática, siendo un indicador crucial de la capacidad de un recurso hidrobiológico para sostener organismos como peces, plantas y algas (Perez, Ballen & Rojas, 2023). Existe una relación entre la temperatura y el oxígeno disuelto, es que, al incrementar la temperatura disminuye la concentración del OD, lo que podría ser una razón detrás de la mortalidad en especies hidrobiológicas en verano por la anoxia (Huarcaya & Toribio, 2021). La concentración del OD en la Bahía de Samanco fluctúa entre 0,00 y 8,50 mL/L con un intervalo de 1.00 a 6.00 mL/L, sin embargo, en relación a la temperatura superficial tiende ser en un promedio de 6.95 mg/L, y, en el fondo del mar a 3.09 mg/L (García, 2023).

c) pH

El pH del agua refleja la cantidad de iones hidrógeno (H^+) en la solución, afectando la capacidad de disolución y la accesibilidad para organismos acuáticos de nutrientes como fósforo, nitrógeno y carbono, y metales pesados como plomo, cobre y cadmio (Inca, 2020). El valor de pH en el agua de la Bahía de Samanco es de 8.99 en la superficie y el valor de pH del fondo 8.89 unidades (García, Orozco & Perea, 2019). Existe la relación entre la temperatura y pH, cuando aumenta la temperatura el pH disminuye; y viceversa, la razón es que al aumentar la temperatura las moléculas tienden a separarse en sus elementos: hidrógeno y oxígeno (Paredes & Rodríguez, 2020). En la bahía mencionada, la relación del oxígeno disuelto en la superficie y el pH presenta un promedio de 8.34 unidades y respecto al fondo el pH es 8.12 unidades (García, 2023).

d) Salinidad

La salinidad del agua de mar es la cantidad de sales inorgánicas disueltas por kilogramo de agua de mar, medida con un salinómetro que detecta la conductividad eléctrica, la cual aumenta con la concentración de sal (García, 2023). Este parámetro tiene una relación con la temperatura y es que al elevarse la temperatura genera evaporación intensa causando el incremento de la salinidad (Calderón, 2022). La salinidad superficial registrada en la Bahía Samanco es 34.964 ups y en el fondo 35.031 ups (García, Orozco & Perea, 2019). Se hallaron la mezcla de Aguas Costeras Frías, Aguas Subtropicales Superficiales y vertidos antropogénicos, lo cual, registra 34.004 ups (García, 2023).

e) Sólidos Disueltos Totales (TDS)

Los sólidos disueltos totales son todo aquel considerado de 2 micras y comprenden en minerales, sales inorgánicas (calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y metales en el agua como moléculas, átomos o iones (Rendón, 2019). La concentración de TDS es la suma de todas las sustancias filtrables, principalmente iones y son cruciales para evaluar la calidad de aguas superficiales y subterráneas (Bedoya, 2023). Con respecto a la Bahía Samanco, se registró en la superficie 24.2 a 34.9 g/L de TDS, y en la subsuperficial entre 21.7 a 33.9 g/L (OEFA, 2012).

f) Nitritos

Los nitritos se producen por la descomposición biológica de varios compuestos nitrogenados, como nitratos y amoníaco, y se usan como indicadores de contaminación fecal en el agua y descomposición de materia orgánica (Vera, 2021). Aunque no son tóxicos por sí mismos, la ingesta excesiva de nitratos puede tener efectos diuréticos (Herrera, Jiménez & Cabezas, 2023). Con respecto a la Bahía Samanco, presenta 0.47 mg/L en la superficie y 0.73 mg/L en el fondo (García, Orozco & Perea, 2019).

g) Fosfatos

Los fosfatos son mayormente compuestos que contienen fósforo y oxígeno y se encuentran frecuentemente en el agua (Villegas, 2019). En la Bahía Samanco se registra 0.20 a 4.00 mg/L debido a los vertidos pesqueros y descomposición de materia orgánica (García, Orozco & Perea, 2019).

h) Turbidez

La turbidez indica la presencia de partículas suspendidas en el agua como algas, sedimentos, materia orgánica y contaminantes, estos ocasionan la opacidad en el agua (Gomez & Guzmán, 2023). Este parámetro se mide in situ con el disco Secchi, que, en la Bahía Samanco registra 2.3 m. de transparencia (García, Orozco & Perea, 2019).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del área de trabajo

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Limnología e Impacto Ambiental de la Escuela Profesional de Biología en Acuicultura de la Universidad Nacional del Santa (Nuevo Chimbote, Ancash, Perú).

3.2. Población y recolección de las muestras

El sedimento y el agua fueron colectados en la Bahía Samanco en las coordenadas $9^{\circ}11'17.6''S / 78^{\circ}32'18.8''W$, provincia el Santa, Ancash, Perú (Fig. 3). En el área de colecta de las muestras de *P. dubiosus* (Fig. 4) se registraron los parámetros físico-químicos (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) con un Multiparámetro portátil Hanna HI9829.



Figura 3. Zona de recolección de las muestras. Fuente: Google Earth Pro.

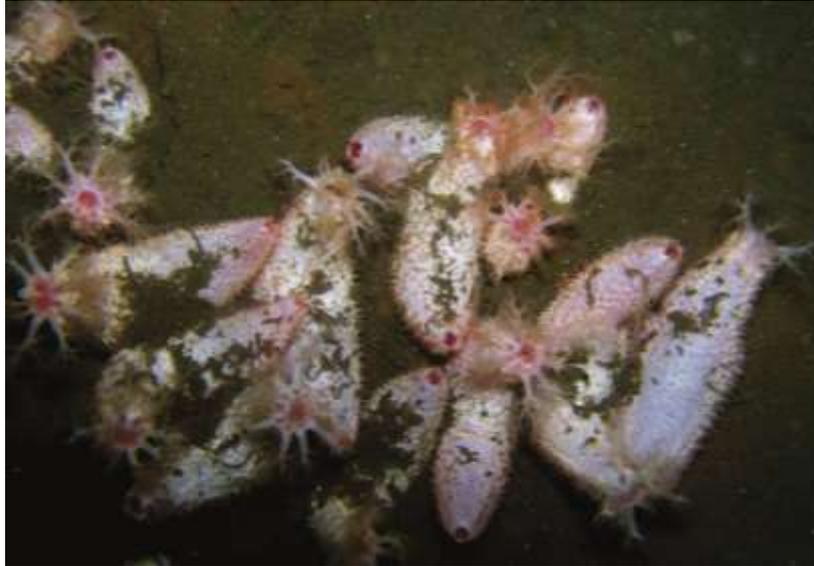


Figura 4. Ejemplares de *P. dubiosus* fotografiados in situ en la Bahía Samanco. Foto: Yuri Hooker y Aldo Indacochea (2010).

Los ejemplares de *P. dubiosus* y el sedimento fueron obtenidos del lecho marino mientras que el agua se extrajo a un metro de la superficie. La muestra estuvo compuesta por 55 kg de sedimento, 250 L de agua de mar y 255 ejemplares de *P. dubiosus*, los cuales fueron extrapolados a distintas densidades en cada uno de los tratamientos. Se extrajo el sedimento con una draga Van Veen de 0,05 m² de mordida; mientras que los ejemplares de *P. dubiosus* fueron recolectados empleando técnicas de buceo y trasladados en agua de mar. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Limnología e Impacto Ambiental de la Escuela Profesional de Biología en Acuicultura - Universidad Nacional del Santa.

3.3. Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue de estímulo creciente, con tres tratamientos experimentales y un control, con tres repeticiones cada uno. En todos los acuarios se agregaron 4.350 Kg de sedimento y 20 L de agua de mar.

Los tratamientos experimentales consistieron en densidades de 80, 200 y 400 ind/m² (Tabla 2).

Tabla 2. Diseño experimental para evaluar el efecto biorremediador de *P. dubiosus* sobre los sedimentos marinos de la Bahía de Samanco (Ancash, Perú).

Tratamiento	Repeticiones	Densidad en acuarios	Referencia in situ
T _C	TCR1 – TCR2 – TCR3	0 org. de <i>Pseudocmus dubiosus</i>	0 org/m ²
T ₁	T1R1 – T1R2 – T1R3	10 org. de <i>Pseudocmus dubiosus</i>	80 org/m ²
T ₂	T2R1 – T2R2 – T2R3	25 org. de <i>Pseudocmus dubiosus</i>	200 org/m ²
T ₃	T3R1 – T3R2 – T3R3	50 org. de <i>Pseudocmus dubiosus</i>	400 org/m ²

3.4. Procesamiento del sedimento

Durante la colecta del sedimento, se registraron las características organolépticas en términos de olor (Tabla 3) y color empleando (Figura 5) la escala de Herrera & Lara (2016).

Tabla 3. Escala de olor aparente del sedimento (Herrera & Lara, 2016).

Característica	
Escala de olor	Natural
	Sulfuro ligero
	Sulfuro
	Sulfuro fuerte

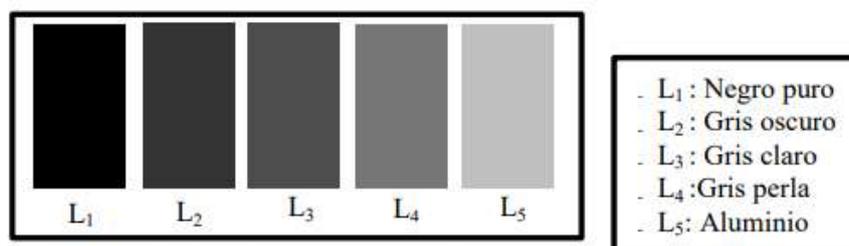


Figura 5. Escala de color aparente del sedimento (Herrera & Baltazar, 2016).

En el laboratorio se procedió a separar los organismos acompañantes y restos de algas con la ayuda de un tamiz de 1 mm y agua de mar tratada, los mismos que fueron identificados usando claves taxonómicas como Álamo y Valdivieso (1997) y Chirichigno (1970).

La determinación del contenido de materia orgánica se determinó al inicio del experimento y mensualmente mediante el método de incineración, para ello se homogenizó las muestras de sedimento marino y se tomó 3 submuestras de cada tratamiento en placas Petri, las cuales fueron colocadas en una estufa a 60 °C, posteriormente, se pulverizó para ser llevada a la mufla por 450 °C por cuatro horas. Para ello se utilizó 36 crisoles y para el peso se empleó una balanza analítica con sensibilidad de 0.001 mg. La cantidad de materia orgánica expresada en porcentaje se calculó con la siguiente fórmula (Blume et al., 1990; Nelson y Sommer, 1996):

$$\%MO = \left\{ \frac{P1 - P2}{P2 - C} \right\} * 100$$

Donde:

P1= peso del crisol más sedimento antes de la calcinación

P2= peso del crisol más cenizas después de la calcinación

C= peso del crisol vacío

La determinación del consumo de materia orgánica se determinó mensualmente mediante la siguiente formula:

$$COM = \left\{ \frac{Px * 100}{Pi} \right\}$$

COM = Consumo de Materia Orgánica (%)

Px= %MO

Pi= %Mo inicial

3.5. Tratamiento del agua de mar

El agua de mar se trató con hipoclorito de sodio a relación de 1ml/L durante 24 h, adicionando luego tiosulfato de sodio para neutralizar el agua y eliminar cualquier residuo de hipoclorito de sodio.

3.6. Acondicionamiento de los tratamientos y recolección de datos

El diseño experimental consistió de 12 acuarios, cada uno con dimensiones de 50cm largo x 25 cm ancho x 30cm altura con un área de fondo de 0,125 m². Antes de su uso, cada acuario fue desinfectado y etiquetado de manera adecuada. Luego, se añadieron

4.350 kg de sedimento y 20 L de agua de mar a cada uno, junto con el número correspondiente de ejemplares según los tratamientos especificados en la Tabla 2. Durante todo el experimento, se mantuvo una aireación constante en cada uno de los acuarios, y se realizó mediante sifones un recambio del 60% agua.

En el tiempo de experimentación se registraron parámetros físico – químicos (temperatura, salinidad, pH/mV, TDS y oxígeno disuelto) diariamente con un Multiparámetro portátil Hanna HI9829. La concentración de nitritos y fosfatos se determinó mensualmente mediante el método de Strickland y Parson (1972).

3.7. Análisis Microbiológico

Mediante cultivos microbiológicos, se determinó la presencia de bacterias en el tracto digestivo de *P. dubiosus* y en el sedimento marino usando 12gr de tracto intestinal y 30 gr de sedimento. La marcha para el cultivo fue realizada por el laboratorio COLECBI S.A.C empleando la metodología UNE-EN ISO 6579-1:2017/A1:2021 para identificación de Salmonella y la metodología de Recuento por Siembra en Placa ICMSF (Rempresión 2000, Vol 1, 2da Ed., Editorial Acribia España, 149-150p.) para Enterobacterias.

3.8. Análisis de datos

Para los datos se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) para establecer diferencias entre los promedios, sin embargo, previamente se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, después se aplicó la prueba de Tukey para la comparación entre todos los tratamientos, el nivel de significancia fue de 5%. Todo el proceso estadístico se desarrolló con los programas Microsoft Office Excel, Jamovi versión 2.4, con lenguaje de programación basado en R y SPSS statistics.

IV. RESULTADOS

4.1. Consumo de materia orgánica (CMO)

4.1.1. Determinación de la materia orgánica

El estudio comenzó con un 3.36% MO en el mes de agosto para todos los tratamientos; durante el tiempo de estudio se observó que todos los tratamientos fueron disminuyendo hasta llegar al mes de noviembre a los valores más bajos, en el que T3 registró 1.74 % MO, seguido por T2 con un 2.15% MO, T1 con un 2.51% MO y, finalmente, TC con un 3.18 % MO. Se encontró una relación inversa entre el porcentaje de materia orgánica y el tiempo transcurrido (Figura 6). Según análisis de ANOVA clásico (Anexo 4), la prueba de Levene, la prueba de Shapiro-Wilk y Tukey, no hay diferencia significativa entre los tratamientos ya que el valor p es mayor que 0.05 (Anexo 5,6 y 7). Por lo tanto, se asume que las varianzas entre los tratamientos son homogéneas.

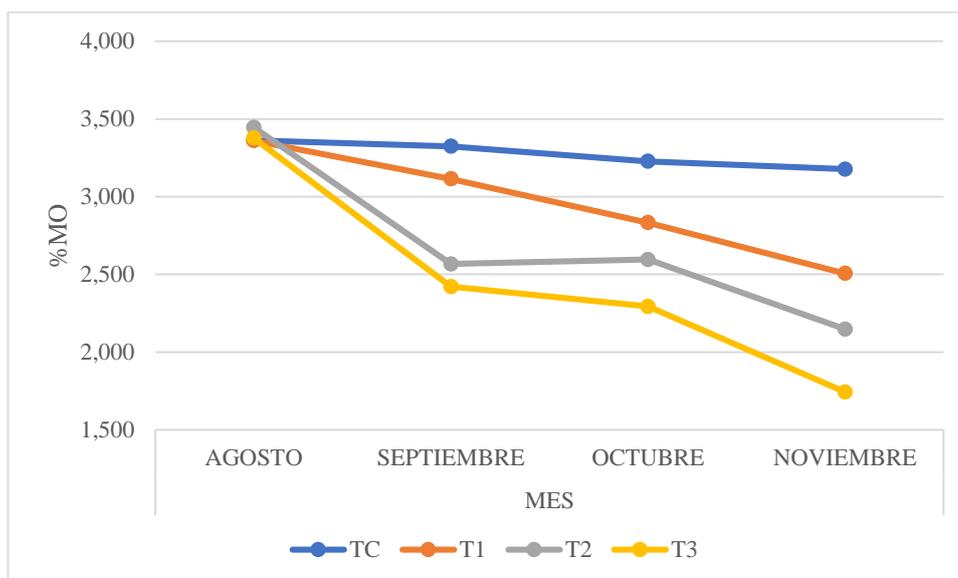


Figura 6. Materia orgánica total (%MO) en el periodo de agosto - noviembre (2022).

4.1.2. Consumo de materia orgánica (CMO) por *P. dubiosus*

El consumo de MO estuvo relacionado directamente con la densidad de *P. dubiosus* en cada uno de los tratamientos. El tratamiento T3 con mayor densidad logro disminuir en 48.1% la MO durante el periodo de estudio, seguido por el tratamiento T2 con 36.03 % MO y el tratamiento T1 con 25.35% de MO; mientras el tratamiento control (sin individuos) registro tambien una disminucion de 5.48% de MO (Tabla 5). La prueba estadística Anova demostró que hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos (Anexo 9). Las medias y medianas varían considerablemente entre los

tratamientos, siendo más baja en TC y más alta en T3. Las desviaciones estándar (DE) son relativamente altas, indicando una variabilidad considerable en los datos dentro de cada grupo (Anexo 8). El análisis Post Hoc (Tukey) demuestra diferencias significativas entre tratamiento T2 (80 org/m²) y el TC (0 org/m²), así mismo en el T3 (400 org/m²) y TC (Anexo 12). Sin embargo, en la prueba de normalidad (Shapiro Wilk) indicó que no hay diferencia significativa ($p = 0.682$) (Anexo 10), así como en la prueba de Levene ($p = 0.192$) (Anexo 11) esto indica que los datos obtenidos cumplen con los supuestos necesarios para los análisis estadísticos.

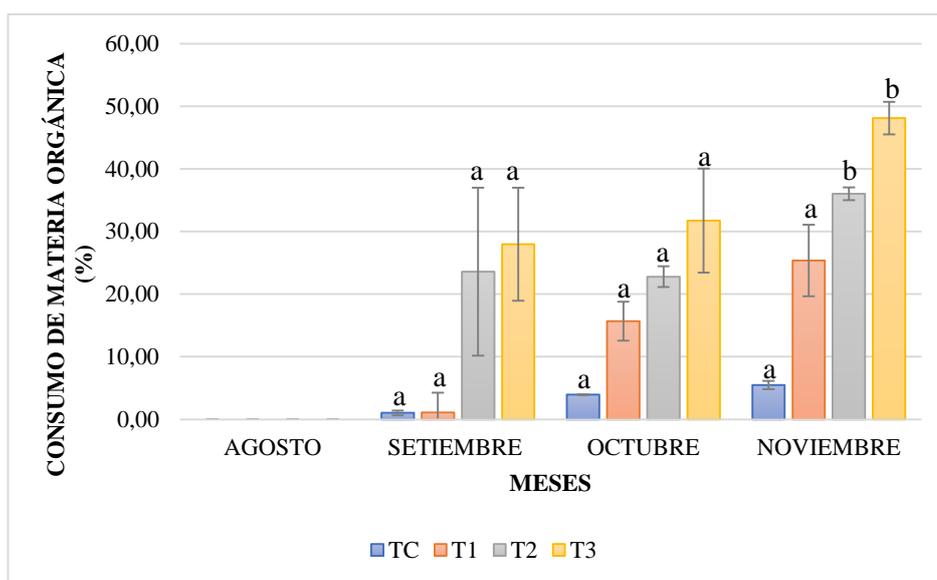


Figura 7. Porcentaje del consumo de la materia orgánica por *P. dubiosus* en el periodo de agosto - noviembre (2022).

Tabla 4. Promedio del porcentaje del consumo de Materia Orgánica (MO) por *P. dubiosus* en el periodo de agosto – noviembre (2022).

TRATAMIENTOS	MESES			
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
TC	0.00	1.02	3.94	5.48
T1	0.00	1.12	15.68	25.35
T2	0.00	23.59	22.78	36.03
T3	0.00	27.95	31.76	48.10

El consumo de materia orgánica en el TC (0 org/m²) durante el tiempo de estudio, se estimó la presencia de bacterias, debido a por ello se realizaron los análisis bacteriológicos al sedimento marino y el tracto intestinal de *P. dubiosus*.

Tabla 5. Resultados del análisis microbiológico obtenido por el laboratorio COLECBI S.A.C.

	Muestra	
	Pepino de mar (tracto intestinal)	Sedimento marino
Salmonella en 25 g.	-	No detectado
Enterobacteriaceae (UFC/g.)	<10	<10

Características organolépticas

El sedimento marino, al inicio de los tratamientos, presentó una coloración negra y un fuerte olor a sulfuro. Al finalizar el periodo del estudio, se identificaron las siguientes características organolépticas en los tratamientos (Tabla 7).

Tabla 6. Identificación de las características organolépticas del sedimento final según Herrera & Baltazar (2016).

Característica organoléptica	TC	T1	T2	T3
Olor	Sulfuro	Sulfuro ligero	Natural	Natural
Color	Gris oscuro	Gris claro	Gris perla	Gris perla

4.2. Relación de los parámetros físico-químicos en el consumo de la materia orgánica.

4.2.1. Parámetros Físicoquímicos

Los promedios mensuales de parámetros físico-químicos obtenidos durante los meses de experimentación se encuentran detallados en la Tabla 8.

Tabla 7. Promedios de los parámetros físicoquímicos en los diferentes tratamientos en el periodo de agosto - noviembre (2022).

Mes	T° (°C)	pH (unidades)	Sal (‰)	TDS (ppm)	OD (mg/L)	Turb (NTU)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)
Ago	18.98	7.81	35.36	34.26	6.00	17.14	0.53	4.35
Set	18.63	7.89	35.07	33.73	6.11	8.70	0.52	4.32

TC	Oct	18.36	7.80	35.47	35.44	6.37	11.34	0.51	4.30
	Nov	20.91	7.83	35.71	36.20	5.85	10.34	0.49	4.25
<hr/>									
	Ago	19.04	7.77	35.37	34.32	6.20	13.12	0.53	4.35
	Set	18.65	7.90	35.69	34.36	6.45	7.73	0.51	4.28
T1	Oct	18.33	7.80	35.78	35.56	6.45	4.71	0.49	4.21
	Nov	20.63	7.80	35.85	35.63	5.90	9.43	0.48	4.14
<hr/>									
	Ago	19.01	7.75	35.28	34.15	5.91	12.19	0.53	4.35
	Set	18.58	7.85	34.99	33.65	6.22	6.68	0.49	4.15
T2	Oct	18.33	7.78	35.72	35.56	6.08	3.37	0.47	3.85
	Nov	20.63	7.77	35.94	36.35	6.05	12.81	0.45	3.64
<hr/>									
	Ago	19.10	7.75	35.37	34.27	5.89	13.41	0.53	4.35
	Set	18.68	7.81	35.48	34.21	6.30	7.60	0.47	3.45
T3	Oct	18.28	7.73	35.91	35.71	6.37	10.38	0.41	2.55
	Nov	20.62	7.73	35.93	36.13	65.65	10.60	0.35	1.65

Temperatura

La temperatura para todos los tratamientos disminuyó durante los tres primeros meses de estudio, no obstante, durante el mes de noviembre aumentó. Esta presentó el mínimo valor en octubre que fue de 18.28 °C en T3, mientras que el máximo valor fue en noviembre con 20.91 °C en TC (Figura 8). Las pruebas estadísticas demostraron que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos (Anexo 15). Las medias y medianas son consistentes entre los tratamientos, oscilando alrededor 19.1 °C a 19.2 °C. Las desviaciones estándar son relativamente bajas, indicando una consistencia entre los datos dentro de cada grupo (Anexo 14). La prueba de normalidad Shapiro-wilk sugiere que no hay una distribución normal ($p < 0,05$) entre los tratamientos (Anexo 16). Sin embargo, la prueba post-Hock Tukey que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre las medias de ningún par de tratamientos (Anexo 18).

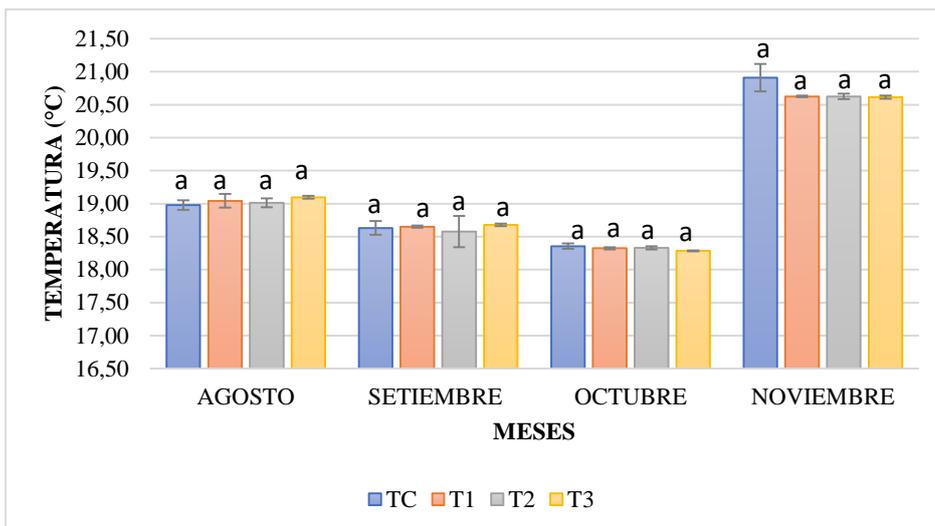


Figura 8. Temperatura del agua registrado en el periodo de agosto - noviembre (2022).

Nota: Datos con letras iguales (a) en superíndices de cada barra indica que no hay diferencia significativa ($p > 0.05$).

Oxígeno Disuelto (OD)

Durante el mes de octubre, el oxígeno disuelto presento un máximo valor de 6.45 mg/L para el T1 y un mínimo valor de 5.65 mg/L para el T3. Además, se logró evidenciar que en los 4 meses no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 9). Las pruebas estadísticas demostraron que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos (Anexo 21). Los valores medios y medianos del oxígeno varían ligeramente entre los tratamientos, oscilando entre 6.05mg/l y 6.25mg/l. Las desviaciones estándar son relativamente bajas, indicando una consistencia entre los datos dentro de cada grupo (Anexo 20).

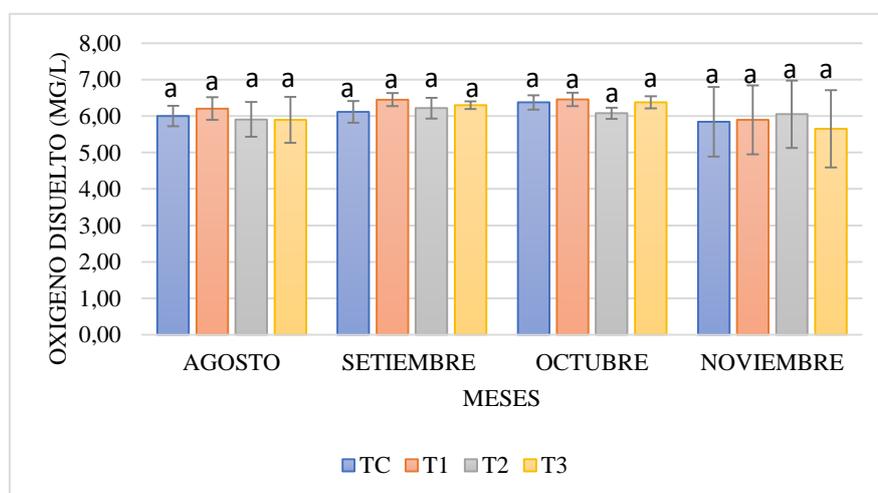


Figura 9. Oxígeno disuelto registrado en los tratamientos en el periodo de agosto - noviembre (2022).

pH

El pH fluctuó con mayor valor en setiembre con 7.90 unidades en T1 y el mínimo valor fue de 7.73 del T3 en octubre y noviembre (figura 10). Las pruebas estadísticas demostraron que no hay diferencias significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos (tabla 9). Las medias y medianas varían ligeramente entre los tratamientos estando alrededor 7.75 unidades a 7.83 unidades. Las desviaciones estándar son relativamente bajas, indicando una consistencia entre los datos dentro de cada grupo (Anexo 26). La prueba de normalidad Shapiro-wilk sugiere que no hay una distribución normal ($p<0.05$) entre los tratamientos (Anexo 28). Sin embargo, la prueba post-Hock Tukey que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre las medias de ningún par de tratamientos (Anexo 30).

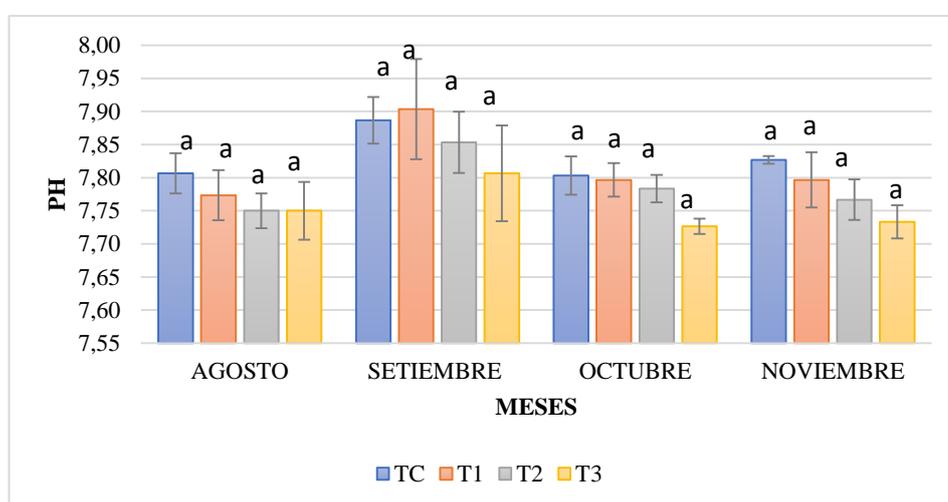


Figura 10. pH del agua registrado en el periodo de agosto - noviembre (2022).

Salinidad

En cuanto a la salinidad (Figura 11), podemos observar que presentó una tendencia casi uniforme en todos los tratamientos durante los meses de experimentación, evidenciándose en una fluctuación desde 34.99 hasta 35.94 %. Las pruebas estadísticas demostraron que no hay diferencias significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos (Anexo 33). Las medias y medianas son similares entre los tratamientos rondando alrededor de 35.5 ppm a 35.7 ppm. Las desviaciones estándar son relativamente bajas, indicando una consistencia entre los datos dentro de cada grupo (Anexo 32).

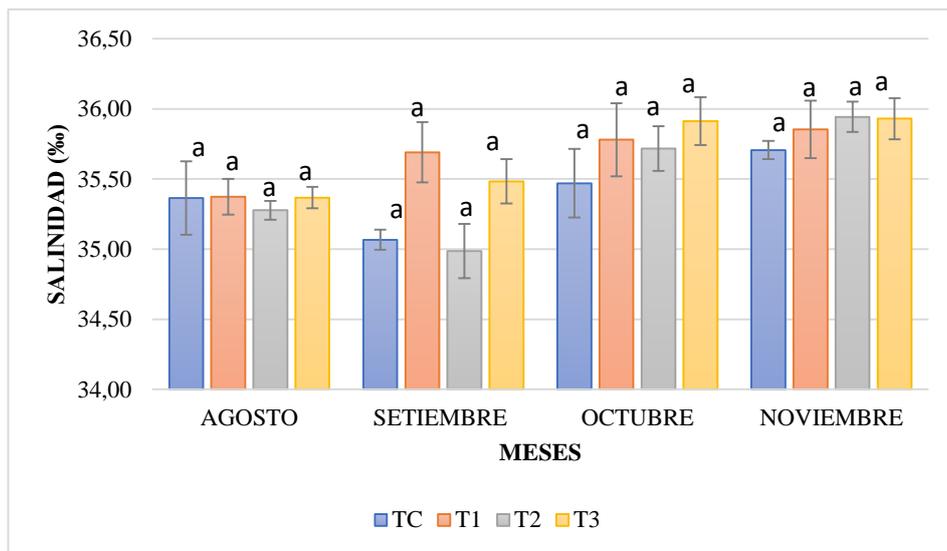


Figura 11. Salinidad registrada en el periodo de agosto - noviembre (2022).

Sólidos Disueltos Totales (TDS)

Los TDS tendieron a aumentar durante el periodo de estudio (Figura 12), con valores de 33.65 mg/L en setiembre a 36.35 mg/L en noviembre (T2). Las pruebas estadísticas demostraron que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos (Anexo 39). Las medias y medianas son similares entre los tratamientos rondando alrededor de 34.9 mg/l a 35.1 mg/l. Las desviaciones estándar son moderadas, indicando una variabilidad moderada entre los datos dentro de cada grupo (Anexo 38). La prueba de normalidad Shapiro-wilk indica que hay diferencias significativas ($p < 0.05$) en las varianzas entre los grupos (Anexo 40). En la prueba Post Hoc (Tukey) no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$), entre las medias de ningún par de tratamientos (Anexo 42).

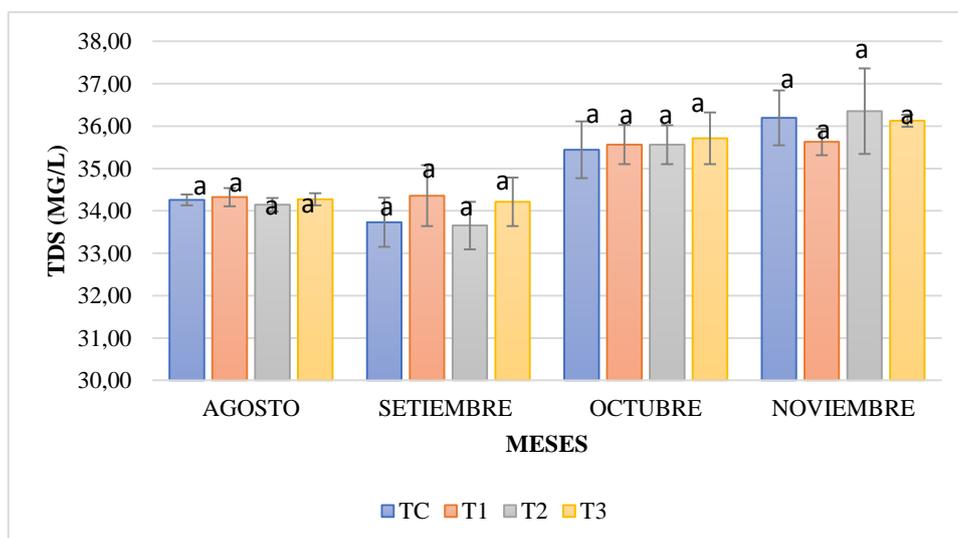


Figura 12. Sólidos totales disueltos (TDS) registrada en el periodo de agosto - noviembre (2022).

Nitritos

Los nitritos muestran una disminución durante el periodo de estudio, presentando el valor más alto en agosto en todos los tratamientos con 0.53 mg/L, mientras que el valor mínimo fue en T3 con 0.35 $\mu\text{mol/L}$ en el mes de noviembre (Figura 13). Las pruebas estadísticas demostraron que no hay diferencias significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos (Anexo 45). Las medias y medianas de los niveles de nitritos varían entre los tratamientos, siendo las más altas en TC y más bajas en T3. Las desviaciones estándar son relativamente bajas, indicando una consistencia en los datos dentro de cada grupo (Anexo 44). La prueba de Levene indica que hay diferencias significativas en las varianzas entre los grupos (Anexo 47).

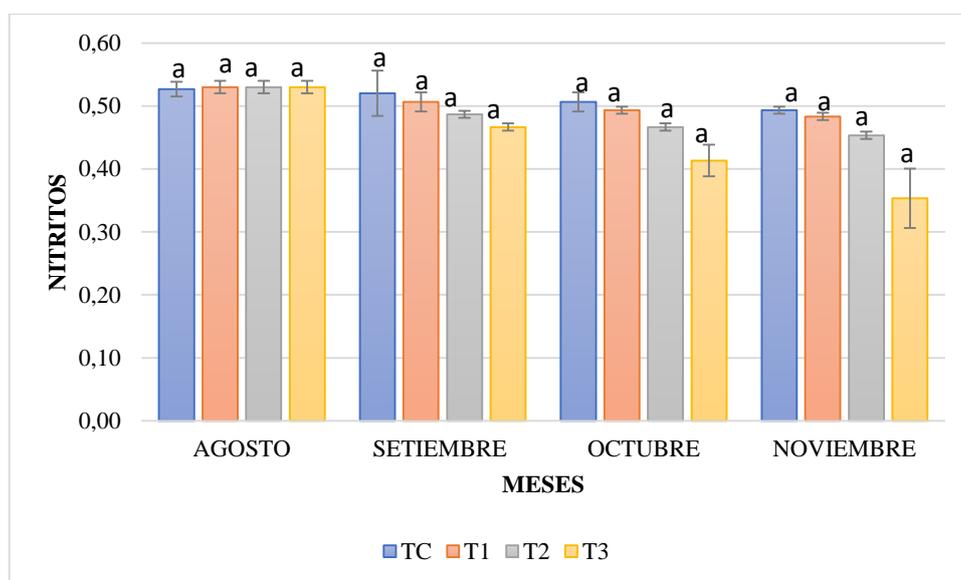


Figura 13. Nitritos del agua registrado en el periodo de agosto - noviembre (2022).

Fosfatos

La concentración de fosfatos presentó similar tendencia que los nitritos y la MO, observándose una disminución durante los 4 meses de estudio de 4,35 mg/L en agosto a un valor mínimo 1.65 mg/l para el T3 en noviembre (Figura 14). Estadísticamente no se encontró diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos (Anexo 51). No obstante, las medianas y las medias varían considerablemente entre los tratamientos, siendo las más altas en TC y más bajas en T3. Las desviaciones estándar son moderadas indicando una variabilidad moderada en los datos (Anexo 50). Si bien las pruebas de

normalidad Shapiro-wilk y Levene demuestran que no hay una distribución normal ($p < 0.5$) en todos los tratamientos (Anexos 52 y 53); la prueba de post Hoc Tukey confirma que no hay diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las medias de los tratamientos, aunque si un valor cercano $p = 0.05$ (Anexo 54).

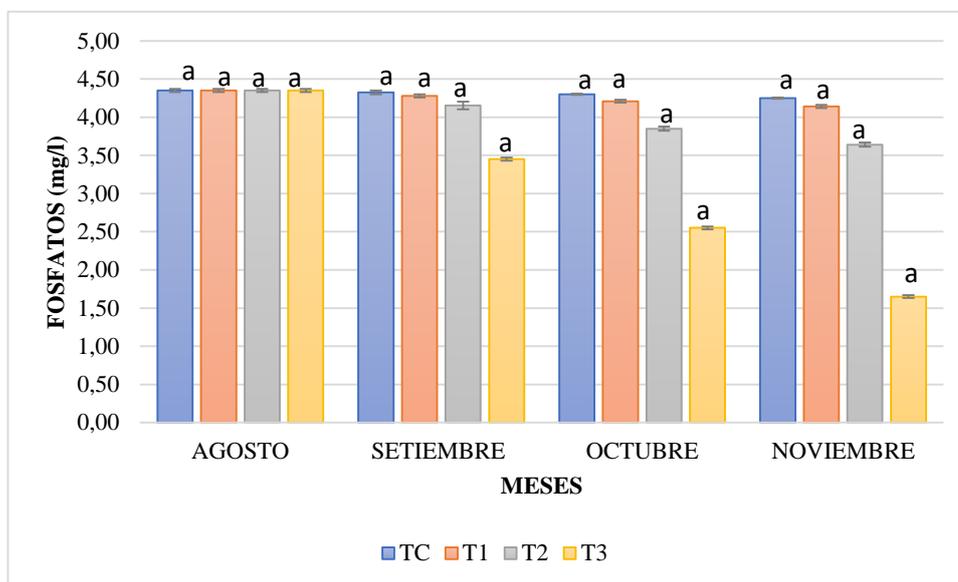


Figura 14. Fosfatos registrados en el periodo de agosto - noviembre (2022).

Turbidez

Los registros de turbidez, expresados en NTU registraron al inicio de los tratamientos mayores valores (agosto), disminuyendo hacia el mes de octubre en los tratamientos T1 y T2, con valores de 4.71 y 3.37 respectivamente. También se observó el TC se mantiene más alto en comparación a los otros tratamientos en los tres primeros meses de estudio; no obstante, en el último mes de estudio se observó un aumento de la turbidez para todos los tratamientos resaltando el T2 con un valor de 12.81 NTU (Figura 15). Estadísticamente, los tratamientos no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos (Anexo 57), no obstante, se encontraron que las medias, medianas varían entre los tratamientos siendo las más altas T3 y TC. Las desviaciones estándar también son bastante altas, lo que indica una variabilidad considerable en los datos (Anexo 56).

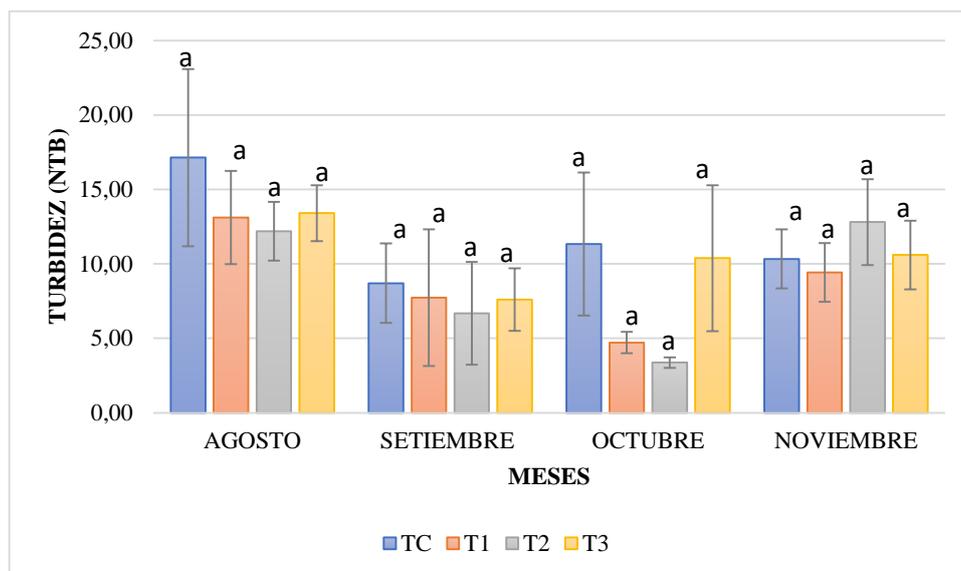


Figura 15. Turbidez registrada en el periodo de agosto - noviembre (2022).

Análisis de varianza (ANOVA)

Los parámetros fisicoquímicos no mostraron diferencia significativa ($p > 0.05$) entre las medias de los tratamientos; no obstante, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el consumo de materia orgánica (CMO) (Anexo 61).

Influencia de los parámetros físico-químicos en el consumo de materia orgánica

Hay influencia significativa en los parámetros salinidad, nitritos y fosfatos en el consumo de la materia orgánica (CMO).

Tabla 8. Análisis de Varianza (ANVA) del consumo de materia orgánica (CMO) versus los parámetros fisicoquímicos.

Variabes	SC	GL	CM	F	Sig.
Temperatura - CMO	3646.695	13	280.515	6.822	0.135
Intersección	2861.746	1	2861.746	69.58	0.014
Error	82.236	2	41.118		
Total	7413.421	16			
pH - CMO	2325.844	9	258.427	1.105	0.469
Intersección	2707.201	1	2707.201	11.577	0.014
Error	1403.088	6	233.848		
Total	7413.421	16			
Salinidad - CMO	3728.931	14	266.352	2.638	*0.000
Intersección	4065.344	1	4065.644	4.026	0.000
Error	1.01	1	1.01		
Total	7413.421	16			
Oxígeno - CMO	3235.958	13	248.92	1.01	0.602
Intersección	3607.223	1	3607.223	14.635	0.62
Error	492.973	2	246.487		
Total	7413.421	16			

TDS - CMO	3703.726	14	264.552	10.496	0.238
Intersección	3447.141	1	3447.141	136.764	0.054
Error	25.205	1	25.205		
Total	7413.421	16			
Turbidez - CMO	169.075	12	248.595	2.966	0.201
Intersección	1130.016	1	3684.49	237.843	0.001
Error	14.253	3	4.751		
Total	1774.341	16			
Nitritos - CMO	3546.73	8	443.341	17.033	*0,001
Intersección	5202.763	1	5202.763	199.886	0
Error	182.201	7	26.029		
Total	7413.421	16			
Fosfatos - CMO	3728.931	12	310.744	5.386	*0
Intersección	4812.395	1	4812.395	8.341	0
Error	1.731	3			
Total	7413.421	16			

Leyenda: * diferencia significativa a un 5% ($p < 0.05$)

ANOVA de Un Factor (Welch)				
Variables	F	gl1	gl2	p
%MO	3.65	3	5.29	0.094
MOC	12.9	3	3.65	0.02
Temperatura	0.00324	3	6.66	1.00
pH	2.40	3	6.61	0.158
Salinidad	0.876	3	6.52	0.501
TDS	0.0183	3	6.52	0.996
Oxigeno	0.467	3	6.23	0.715
Turbidez	0.549	3	6.48	0.666
Nitritos	1.37	3	6.26	0.336
Fosfatos	2.66	3	5.58	0.149

4.2.2. Relación de los parámetros fisicoquímicos con el consumo de materia orgánica aplicando la prueba de Pearson

Tabla 9. Análisis de la relación de los parámetros fisicoquímicos del agua en el consumo de materia orgánica por *P. dubiosus* utilizando la prueba estadística correlación de Pearson.

		Materia orgánica consumida	Temperatura	pH	Salinidad	Sólidos Totales Disuelto	Oxígeno	Turbidez	Nitritos	Fosfatos
Consumo de Materia orgánica	Correlación de Pearson	1	0,338	-0,404	,589	,557	-0,167	-0,292	-,916**	-,828**
	Sig. (bilateral)		0,201	0,121	0,016	0,025	0,536	0,272	0,000	0,000
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Temperatura	Correlación de Pearson	0,338	1	-0,188	0,444	,552	-,736**	0,322	-0,347	-0,241
	Sig. (bilateral)	0,201		0,487	0,085	0,027	0,001	0,225	0,187	0,369
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16
pH	Correlación de Pearson	-0,404	-0,188	1	-0,407	-0,434	0,371	-0,318	0,442	,516*
	Sig. (bilateral)	0,121	0,487		0,117	0,093	0,157	0,230	0,086	0,041
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Salinidad	Correlación de Pearson	,589	0,444	-0,407	1	,886**	-0,080	-0,119	-,664**	-,550*
	Sig. (bilateral)	0,016	0,085	0,117		0,000	0,769	0,660	0,005	0,027
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Sólidos Totales Disuelto	Correlación de Pearson	,557	,552	-0,434	,886**	1	-0,222	-0,073	-,635**	-0,475
	Sig. (bilateral)	0,025	0,027	0,093	0,000		0,409	0,787	0,008	0,063
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Oxígeno	Correlación de Pearson	-0,167	-,736**	0,371	-0,080	-0,222	1	-0,388	0,225	0,235
	Sig. (bilateral)	0,536	0,001	0,157	0,769	0,409		0,137	0,402	0,381
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Turbidez	Correlación de Pearson	-0,292	0,322	-0,318	-0,119	-0,073	-0,388	1	0,207	0,065
	Sig. (bilateral)	0,272	0,225	0,230	0,660	0,787	0,137		0,441	0,812
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Nitritos	Correlación de Pearson	-,916**	-0,347	0,442	-,664**	-,635**	0,225	0,207	1	,958**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,187	0,086	0,005	0,008	0,402	0,441		0,000
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Fosfatos	Correlación de Pearson	-,828**	-0,241	,516*	-,550*	-0,475	0,235	0,065	,958**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	0,369	0,041	0,027	0,063	0,381	0,812	0,000	
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Leyenda:

r=1	correlación perfecta
0,8<r<1	correlación muy alta
0,6<r<0,8	correlación alta
0,4<r<0,6	correlación moderada
0,2<r<0,4	correlación baja
0<r<0,2	correlación muy baja

r=0	correlación nula
0<r<-0,2	correlación negativa muy baja
0,2<r<0,4	correlación negativa baja
0,4<r<0,6	correlación negativa moderada
0,6<r<0,8	correlación negativa alta
0,8<r<1	correlación negativa muy alta
r=-1	correlación negativa perfecta

Para analizar la relación de los parámetros físico/químicos del agua en el consumo de materia orgánica por *P. dubiosus*, se aplicó una prueba de correlación de Pearson (Tabla 10) entre el consumo de materia orgánica (CMO) y los parámetros fisicoquímicos del agua, destacando una correlación negativa alta muy significativa ($p < 0,01$) entre el CMO con los niveles de nitritos y fosfatos. Esto indica que un aumento en la materia

consumida coincide con una disminución en los niveles de nitritos y fosfatos. Asimismo, se observa una correlación moderada con un nivel de significancia de $p < 0,05$ entre la materia orgánica con la salinidad y TDS; esto sugiere que un aumento en el CMO se acompaña de un aumento en los niveles de salinidad y TDS. Además, se analizó la correlación entre los diferentes parámetros, encontrando una correlación muy significativa ($p < 0,01$) entre la salinidad con el TDS, así como entre los nitritos con los fosfatos. Se observó una correlación moderada ($p < 0,05$) entre la temperatura con TDS, así como entre la temperatura con los fosfatos. Por último, se identificó una correlación negativa alta ($p < 0,01$) entre los nitritos y la salinidad, así como entre los nitritos y el TDS. Respecto a otros parámetros fisicoquímicos, la correlación con es muy baja y no es significativa para el estudio.

4.3. Determinación de la densidad óptima

La densidad óptima de *P. dubiosus* fue 400 org/m² del T3 durante el periodo de agosto – noviembre debido al mayor consumo de materia orgánica (CMO) (48.10%) y la consecuente disminución de los niveles de nitritos (0.35 mg/l) y fosfatos (1.65 mg/l); evidenciándose la mejoría del sedimento marino en sus características organolépticas presentando olor natural y color gris perla en comparación al TC (Tabla 11).

Tabla 10. Densidad óptima de *P. dubiosus* para reducir la materia orgánica del sedimento marinos.

TRATAMIENTOS	CMO (%)	CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS		PARAMETROS FISICOQUÍMICOS	
		Olor	Color	Nitritos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)
		TC (0 org/m ²)	5.48	Sulfuro	Gris oscuro
T1 (40 org/m ²)	25.35	Sulfuro ligero	Gris claro	0.48	4.14
T2 (200 org/m ²)	36.03	Natural	Gris perla	0.45	3.64
T3 (400 org/m ²)	48.10	Natural	Gris perla	0.35	1.65

V. DISCUSIÓN

5.1. Consumo de materia orgánica (CMO)

Pseudocnus dubiosus, perteneciente al grupo de holoturoideos; más conocido como “pepino de mar”, desempeña un papel crucial como especie restauradora de fondos marinos gracias a su estrategia alimenticia sedimentívora detritívora. Estas criaturas se encuentran principalmente en fondos areno-fangosos, es ahí donde se alimentan de detritus y materia orgánica. Berrú y Rubio (2009) observaron una relación entre los niveles de MO y la densidad de los organismos, encontrando mayores niveles de MO a menores densidades y viceversa. En lugares con altos niveles de %MO (19, 67%), la densidad de organismos es menor (20 org/ m²), mientras que en áreas con menor %MO (11.31%), la densidad de organismos es mayor (920 ind/ m²).

En cuanto al consumo de MO, se observó que a mayor densidad de organismos, mayor es la eficiencia filtradora, siendo el T3 con una densidad de 400 ind/m² el más efectivo, consumiendo un 48.1% de MO; durante este periodo la materia orgánica del T3 disminuyó de 3,36% en el mes de agosto a 1.74% en noviembre. Esto se debe a la capacidad de *P. dubiosus* de remover el sedimento y alimentarse de la materia orgánica evidenciándose en las características organolépticas que pasaron de un color y olor fuerte a más tenues. Sosa et al, (2015) y Jiménez (2021) mencionan que especies pequeñas de pepino de mar tienen una gran capacidad de filtración ya que un individuo de 30 cm puede procesar 120 g de sedimento diario. Según la prueba de normalidad ANOVA (anexo 9) hay diferencias significativas ($p < 0.05$), pues al momento de realizar la prueba de Post Hoc (Tukey) (anexo 12) se logra evidenciar diferencias entre los tratamientos (TC-T2 y TC-T3). Existe una relación directamente proporcional entre la densidad de *P. dubiosus* y el consumo de materia orgánica.

Los resultados obtenidos se asemejan a investigaciones previas, como la de Hernández et al. (2019), que demostró la capacidad de los pepinos de mar (*Isostichopus fuscus*) para disminuir la MO en cultivos de peces (*Oreochromis sp*). Estos organismos pueden ser eficaces biorremediadores en diversos ambientes, ya que tienen una notable capacidad de filtración. Esto ha llevado a la utilización de especies como *Holothuria sanctori* y *Holothuria poli* en sistemas de cultivos multitróficos para biodegradar desechos orgánicos producidos por otros organismos, como mejillones (*Perna canaliculu*) y peces.

El tratamiento control (TC) presentó una leve disminución de 3.36% a 3.18% de MO en el periodo de agosto - noviembre, esto se asocia oxidación de materia orgánica en condiciones aeróbicas ya mediante este proceso las bacterias mineralizan el material orgánico de las aguas residuales a su forma inorgánica altamente oxidada (Castro, 2024). A pesar que los resultados indican la presencia de enterobacterias en baja cantidad (<10 UFC/gr) según el análisis microbiológico realizado por COLECBI S.A.C. (Figura 13). Estas proliferan en el sedimento marino desempeñando un papel importante en la descomposición y mineralización de la materia orgánica utilizando una variedad de estrategias metabólicas para obtener energía y nutrientes a partir de los sustratos orgánicos disponibles Ruiz (2020). Según Moragas y Valcárcel (2022) los límites aceptables para el consumo humano de Enterobacterias son de 10^2 UFC/g y de Salmonella debe ser ausente en una muestra, lo que nos puede sugerir que estos organismos tienen la capacidad de eliminar estas bacterias tóxicas de su organismo y del ambiente en donde habitan, lo cual los hace comestibles para el consumo humano.

5.2. Relación de los parámetros físico-químicos en el consumo de la materia orgánica.

En relación a los parámetros físico-químicos; la temperatura, no mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, así mismo, el análisis de varianza (ANVA) demostró que no hay influencia significativa ($p < 0.05$) entre la temperatura y el consumo de la materia orgánica (Anexo 4). Durante el período de estudio se mantuvo en el rango de 18 a 20°C. Estas temperaturas se consideran óptimas para el cultivo de *P. dubiosus*, ya que se ha demostrado que cuando la temperatura se acerca a los 15°C, el peso y la talla experimentan crecimiento más lento, mientras que temperaturas cercanas a los 20°C favorecen un cultivo más exitoso (Cutajar, 2022). En esta investigación, se observó un mayor consumo de materia orgánica cuando la temperatura es más alta.

Respecta al oxígeno, no se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos y se observó que los niveles se mantuvieron en un rango constante de 5 a 6 mg/L, considera adecuado para el cultivo de especies marinas. Cutajar, (2022), sugiere que es importante mantener estos altos niveles de oxígeno, ya que niveles bajos pueden provocar mortalidades masivas en cultivos de Holothurias debido a la anoxia causada por grandes cantidades de materia orgánica sedimentada en los fondos.

En cuanto al pH, no se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. El valor máximo registrado fue de 7.90 unidades en T1 en septiembre, mientras que el mínimo fue de 7.73 en octubre y noviembre para el T3. Según IMARPE (2019), el pH del fondo marino en la Bahía Samanco se sitúa entre 7.5 y 8.6 unidades. Según un estudio publicado en la revista *Environmental Science and Pollution Research*, (2023), menciona que exposiciones prolongadas a niveles bajos de pH, especialmente inferiores a 5, pueden inducir estrés por acidez en organismos cultivados, por lo tanto, los niveles de pH obtenidos en este estudio están en rango de 7 unidades se consideran óptimos para los ejemplares de *P. dubiosus*.

Durante la investigación, se observó que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos, pero si hay diferencia significativa (0.00) de la salinidad con el consumo de materia orgánica según el ANVA y hay una correlación moderada (95%) con el consumo de la materia orgánica. En promedio, la salinidad para todos los tratamientos fue de 35 ppm, una cifra similar al reportado por García (2023), que indica una salinidad de 35.092 ppm en el lecho marino de la Bahía de Samanco. Esto sugiere que la salinidad no afectó a los organismos en los tratamientos ya que se mantuvo igual a la de su ambiente de donde fueron extraídos.

En relación a los sólidos totales disueltos (TDS), no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) pues los valores oscilaron entre 33.65 mg/L⁻¹ en el T2 en septiembre y 36.35 mg/L⁻¹ en el T2 en noviembre, mientras que IMARPE (2019) informó que los TDS en el fondo de la Bahía Samanco fueron de 12.55 mg/l. Estas concentraciones no superan el límite de 60mg/L⁻¹ establecido por los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua (MINAM, 2017), lo que sugiere que los TDS no afectaron el comportamiento de los organismos durante el experimento.

En cuanto a los nitritos, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos, pero si hay diferencia significativa (0.001) de los nitritos con el consumo de materia orgánica según el ANVA y hay una correlación negativa perfecta (99%) con el consumo de la materia orgánica. Se observó una disminución de nitritos en el T3 de 0.53 en agosto a 0.35 mg L⁻¹ en noviembre, relacionado al mayor consumo de materia orgánica. Los valores registrados fueron menores a los reportados por IMARPE (2019), para la bahía de Samanco (1.1 mg/L⁻¹).

Respecto a los fosfatos no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), pero si hay diferencia significativa (0.00) de los fosfatos con el consumo de materia orgánica según el ANVA y presenta una correlación negativa perfecta (99%). Se observó de fosfatos una disminución de 4.35 mg/L en agosto a 1.67 mg/L⁻¹ en noviembre en el tratamiento T3, asociado al mayor consumo de materia orgánica. García (2023) menciona que los niveles fosfatos en el fondo marino de la bahía Samanco oscilan entre 0.00005 y 0.09451 mgL⁻¹ durante agosto 2005- junio del 2008, demostrando así que *P. dubiosus* puede tolerar concentraciones más altas de fosfatos.

En cuanto a la turbidez, mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, este parámetro no influye según el análisis de varianza (ANVA) y tiene una correlación negativa baja según la prueba de Pearson. Los valores máximos fueron en TC (17,14 mg/l) en agosto y el valor mínimo en T2 (3.37 mg/l) en octubre. También se observó una tendencia a subir los niveles quincenalmente debido a los recambios de agua (remoción de materia orgánica), causando la suspensión de la materia orgánica del fondo y el incremento de la turbidez. Esto resultó beneficioso porque las holoturias tienen tendencia a comer MO suspendida logrando así disminuir los niveles de turbidez.

5.3. Determinación de la densidad óptima

La presente investigación propone un densidad optima de 400 org./m², que demostraría la capacidad biorremediadora de *P. dubiosus* al consumir grandes cantidades de MO, permitiendo además, una disminución de los niveles de los nitritos y fosfatos y mejorando finalmente las características organolépticas de los sedimentos marinos. La bahía de Samanco se encuentra impactada por la MO derivada de las distintas actividades productivas, en especial de la acuicultura de mayor escala acuícolas como el de las conchas de abanico *Argoecten purpuratus* (Garcia,2023). Esta investigación es beneficiosa pues sugiere el gran potencial de *P. dubiosus* para disminuir grandes cantidades de materia orgánica, así mismo, el uso en sistemas multitróficos para mitigar el producto de las actividades antropogénicas en la bahía Samanco y otras Bahías, promoviendo así la gestión de ecosistemas marinos y la sostenibilidad ambiental.

VI. CONCLUSIONES

- El consumo de materia orgánica de *P. dubiosus* en T1 fue de 25.35%, en T2 fue de 36.3% y T3 48.10%; siendo este último el más eficiente correspondiendo a la densidad de 400 org/m² *in situ*.
- Los parámetros físico-químicos (temperatura, salinidad, oxígeno, TDS, turbidez, pH) no tienen relación en el consumo de la materia orgánica pero los nitritos y fosfatos si presentan.
- La densidad óptima de *P. dubiosus* que permite reducir la materia orgánica de los sedimentos marinos de manera eficiente es de 400 org/m².
- Existe una relación directa entre la densidad de *P. dubiosus* y el consumo de materia orgánica debido a que mayor densidad de individuos hay una disminución del porcentaje de materia orgánica.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios a porcentajes de materia orgánica mayores, para así poder determinar la máxima tolerancia a altos porcentajes de materia orgánica.
- Realizar investigaciones con densidades cercanas a 400 org/m², para establecer la densidad óptima que permita reducir la materia orgánica de los sedimentos marinos de manera eficiente.
- Enfatizar en investigaciones que permitan detallar la composición de la alimentación y el microbiota intestinal de *P. dubiosus*.
- Realizar investigaciones del microbiota intestinal de *P. dubiosus*.
- Realizar investigaciones de la inclusión de *P. dubiosus* en un cultivo suspendido de concha de abanico *Argopecten purpuratus* con la finalidad de lograr una alternativa de uso en la acuicultura multitrófica.
- Realizar investigaciones metagenómicas y de metales pesados de *P. dubiosus*.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álamo-Vásquez, A., Valdivieso-Milla, V. (1997). Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Bol. Inst. Mar. Perú. Impresos Multiformas S.A. Perú.
- Alfaro, D., Blanco M., Gerny C., Orozco J. & Gutiérrez C. (2019) Biorremediación de aguas residuales mediante *Eichhornia crassipes* y *Lemma minor*. Revista científica. Micro-Ciencia. Universidad Libre Seccionales Pereira, Barranquilla, Socorro. Colombia.
- Altamirano, J. (2022). Biología y ecología del pez arena: perspectivas y desafíos para IMTA en los trópicos. En Comprender los desafíos actuales y las perspectivas futuras en la investigación de la Acuicultura Multitrófica Integrada (IMTA). Actas del taller conjunto JIRCAS-SEAFDEC/AQD sobre investigación IMTA celebrado en SEAFDEC/AQD, estación principal de Tigbauan, Iloilo, Filipinas, del 6 al 8 de agosto de 2019 (págs. 6-13). Departamento de Acuicultura, Centro de Desarrollo Pesquero del Sudeste Asiático.
- Bedoya M.G. (2023) Elaboración de un plan de manejo ambiental para la conservación de la microcuenca de la “Quebrada Tayango” Parroquia Lloa, Cantón Quito, Provincia de Pichincha. Tesis para titulación. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador. Recuperada de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25623/1/TTS1432.pdf>.
- Berrú P. & Rubio J. (2009). Estudio de Línea Base en el Ámbito Marino de Bahía de Samanco 13 - 24 Diciembre 2008, Chimbote: IMARPE.
- chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2019/09/informeLB-Samanco.pdf
- Berrú P., & Ríos J. (2008). Ríos *Pattalus mollis* “ancoco” pesquería, observaciones biológicas y poblacionales. In *Áncash PESQUERÍA DE Pattalus mollis Selenka*.
- Blume, L. J., Schumacher, P. W. Shaffer et al. (1990) Manual de métodos para estudios de deposición ácida análisis de laboratorio de química del suelo. Agencia de Protección Ambiental U. S., Las Vegas, NV.
- Brito F., Martínez G. & Quintero A. (2020) Comportamiento geoquímico del nitrógeno, fósforo y materia orgánica en sedimentos recientes del Morro de Puerto Santo, Bol. Inst. Oceanog. Venez. 59(02): 19-33. Universidad de Oriente. Venezuela.

- Borja R. (2022) Caracterización de las comunidades microbianas de los sedimentos del mar menor. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. España.
- Boutitah I. (2020) Aplicaciones Biomédicas de Toxinas Animales. Informe de grado en biotecnología. Universidad de Almería. Recuperada de <http://hdl.handle.net/10835/13509>.
- Bulteel, P., Coulon, P., & Jangoux, M. (2020). Essai d'estimation de la croissance de l'holothuride *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) en aquarium. In *Echinoderm Research* (pp. 155-158). CRC Press.
- Calderón N. K. (2022). Determinación de los parámetros físico químicos del agua de mar (oxígeno, salinidad, ph, temperatura) a nivel superficial en el muelle fiscal de la bahía de Ilo.
- Castro D. A. (2024). Bioprospección de microorganismos con fotosíntesis oxigénica con potencial uso en la remediación de nutrientes, aislados a partir de una laguna de oxidación en Marín, Nuevo León, México (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Castillo, R., Urbina, R. C., La Cruz, L., Grados, D., Cuadros, G., Valdez, C., & Pozada, M. (2020). Distribución y biomasa de recursos pelágicos neríticos y oceánicos en el ecosistema marino peruano obtenidos de los cruceros hidroacústicos en el 2019. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 35(2), 213-241.
- Chaverra-Garcés S.C. (2022) Acumulación de sólidos, un aspecto crítico en los sistemas acuícolas intensivos: alternativas para una gestión sostenible. *Revista científica Orinoquia* Enero-Junio 2022; 26(1):53-64. Universidad de los Llanos, Colombia. . <https://doi.org/10.22579/20112629.731>.
- Condori Apaza, R. M. (2023). Evaluación de la calidad de sedimento marino por metales pesados en el puerto de Ilo, Perú.
- Cota-Ruiz, K., Nuñez-Gastelúm, J., Delgado-Rios, M., & Martínez-Martínez, A. (2019) Biorremediación: Actualidad de conceptos y aplicaciones. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. Biotecnia. Universidad de Sonora. México. : <http://biotecnia.unison.mx>

- Cutajar, K., Falconer, L., Massa-Gallucci, A., Cox, R. E., Schenke, L., Bardócz, T. & Telfer, T. C. (2022). Culturing the sea cucumber *Holothuria poli* in open-water integrated multi-trophic aquaculture at a coastal Mediterranean fish farm. *Aquaculture*, 550, 737881.
- Dominguez- Godino, J. González Wangüemert, M. (2018). Breeding and larval development of *Holothuria mammata*, a new target species for aquaculture. *Aquaculture Research*, 49(4), 1430-1440.
- Galbán L. (2022) Las zonas costeras. Sus componentes y procesos naturales. Independent Science Production LGR. Módulo de la Maestría en Manejo Integrado de Zonas Costeras, impartido por el Centro de Estudios multidisciplinarios de Zonas Costeras, perteneciente a la Facultad de Construcciones de la Universidad de Oriente, Cuba.
- Garbarini, E. M. (2021). Los océanos y la circulación como precursores del pronóstico estadístico de precipitación estacional en Argentina. Tesis Doctoral. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- García, R. (2019) Operaciones para la gestión de residuos industriales. Libro. Editorial Tutor Formación. Ed. 2019. ISBN: 978-84-17943-04-2. La Rioja, España.
- García, V. M. (2023). Efectos de la contaminación generado por la actividad pesquera y acuícola sobre el ecosistema marino de la bahía de Samanco, Ancash entre el 2003 al 2019. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Santa. Chimbote.
- García, V., Huerto, M., Cervantes, C., León, J., & Córdova, N. (2013). CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL Y POTENCIAL PESQUERO 2004 – 2011: BAHÍA DE SAMANCO, CHIMBOTE, PERÚ. *Potential Environmental Characterization and Fishing*, 40, 8–30.
- García, V., Perea de la Matta, Á. & Orozco, R. (2019). Calidad del ambiente marino y costero en la Región Áncash, 2018. *Bol Inst Mar Perú / Vol 34 / No 2/ Julio-diciembre 2019*. Callao, Perú. Recuperada de <https://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/3395/1/Boletin%2034%282%29-8.pdf>.
- Gonzales P. (2012). Biología y ecología de las holoturias [Echinodermata: Holothuroidea] de la isla de Gran Canaria (Atlántico central-oriental), Las palmas de Gan Canaria: Departamento de Biología.

- Hernández Rivera, C. I., Cea Navas, N. E., Pacheco Interiano, A. E., & Reyes Guido, H. R. (2019). Efecto filtrador del pepino de mar sobre la materia orgánica en cultivos de tilapia gris. *Ciencia e Interculturalidad*, 24(01), 158–173. <https://doi.org/10.5377/rci.v24i01.8012>
- Herrera G.C., Jiménez M.Y. & Cabezas L.D. (2023) Muestreo y calidad de agua. Libro con serie de Tecnología, Ingeniería y Agricultura. Editado y distribuido por© FUNDACIÓN KOINONIA (980-7792) Santa Ana de Coro, Venezuela.
- Herrera J. A., & Lara K. E. (2016). Bioecología de la laguna Challhuacocha y su potencial de uso, en periodo de sequía, distrito de Conchucos (Ancash, Perú) 2014.
- Hossain, A., Dave, D., & Shahidi, F. (2020). Northern sea cucumber (*Cucumaria frondosa*): A potential candidate for functional food, nutraceutical, and pharmaceutical sector. *Marine Drugs*, 18(5), 274. <https://doi.org/10.3390/md18050274>
- Huarca W. & Toribio D.P. (2021) Estudio de los parámetros físicoquímicos de la calidad del agua, en la Subcuenca del Río Ichu. Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Inca F.M. (2020) Reducción de la concentración de cadmio con *Eichhornia crassipes* en el agua proveniente de industrias metalúrgicas, en San Mateo de Huarochirí. Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Villa El Salvador. Recuperado de <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/596>.
- Jiménez S. (2021) Protocolo de Evaluación Biológica y Monitoreo Pesquero de Pepino de Mar en el Caribe de Honduras, Temporada 2020-202, Acuerdo Ministerial SAG-091-2020, SAG-119-2020 y SAG-056-2021. Dirección General de Pesca y Acuicultura DIGEPESCA. Tegucigalpa M.D.C., Honduras
- Landos, M., Lloyd Smith, M., & Immg, J. (2021). *LOS CONTAMINANTES ACUÁTICOS EN OCÉANOS Y PESQUERÍAS*.
- López K.D. (2021) Determinación de la asociación de las especies (*Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*), del Phylum Echinodermata, en función de variables físico-químicas en estratos rocosos del Refugio de Vida Silvestre, Río Escalante – Chacocente. Informe de tesis. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

- Luna S. (2021) Evaluación del efecto acelerador de microorganismos transformadores de materia orgánica en una granja porcina, ubicada en Sevilla Valle. Informe final. Tecnológico de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Malla, M. A., Dubey, A., Kumar, A., & Yadav, S. (2022). Metagenomic analysis displays the potential predictive biodegradation pathways of the persistent pesticides in agricultural soil with a long record of pesticide usage. *Microbiological Research*, 261, 127081. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3460>
- Maquilón F.A. & RomoLeroux D. (2021) Modelo de Negocio para la conservación, crianza, reproducción y comercialización de pepinos de mar para exportación, utilizando la tecnología como medio de optimización y control de procesos. Informe de tesis magisterial. Escuela Superior Politécnica del Litoral – Escuela de Postgrado en Administración de Empresas. Guayaquil, Ecuador. Recuperada de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52712>.
- Marín R. (2020) Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos Tratamiento y control de calidad de aguas. Segunda edición. Editorial Diaz Santos. ISBN: 978-84-9052-264-6.
- Martínez de Victoria Muñoz E, Rueda García F, Moreno Rojas R. & Gil Hernández Á. (2019) Aspectos gastronómicos, alimenticios y nutricionales de Andalucía oriental. *Nutr Hosp* 2019;36(N.º Extra 1):115-120 DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02725>.
- Martínez, E. (2020). Estudio de la migración de hidrocarburos en suelos gruesos para la remediación electroquímica. Tesis para el grado de maestro en Ciencias de la Ingeniería. Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Ciudad Madero, Tamaulipas. Mexico.
- Martínez-Guijarro, R., Paches, M., Romero, I., & Aguado, D. (2019). Enrichment and contamination level of trace metals in the Mediterranean marine sediments of Spain. *Science of the Total Environment*, 693. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.372>.
- Miglioranza, K.S.B. (Ed.). (2021). Informes de revisión. Área: Disponibilidad y contaminación del agua, suelos y aire: Contaminación de costas, 145 pp. REAB MDP.
- MINAM (2017). Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Norma Legal, El peruano.

- Molina A., D. R. (2021) Remediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante los métodos de oxidación química y lavado de suelo. Revista científica. One Line. Tratamiento y recuperación de suelos.
- Moragas M. & Valcárcel S. (2022) Recopilación normas microbiológicas de los alimentos y asimilados (superficies, aguas diferentes de consumo, subproductos). 3 – 79 p.
- Naspirán-Jojoa D., Fajardo-Rosero, A G, Ueno-Fukura, M & Collazos-Lasso, L F. (2022) Acuicultura Multitrófica Integrada (IMTA) Perspectivas de una producción sostenible. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogota Tomo 69, N.º 1, (2022). DOI:10.15446/rfmvz.v69n1.101539.
- Nathan J.L. (2019) Mejorando el crecimiento del abulón rojo *Haliotis rufescens* al cocultivarlo con pepino de mar *Apostichopus parvimensis*. Tesis magisterial. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, Mexico. Recuperada de https://mex-cal.org/wp-content/uploads/2022/09/2019_maestria_bauer.pdf.
- Nelson, D. M. y L. E. Sommers. (1996). El carbono total, carbono orgánico, y la materia orgánica. En: métodos de análisis de suelos. Parte 2. 2ª ed. Editorial. Agronomía 9: 961-1010. Sociedad de Agronomía. Wisconsin. Estados Unidos.
- Niño J.M. (2023) Biorremediación en suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo: Retos y oportunidades para el Colombia en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Tesis para el título de Microbiólogo. Universidad de los Andes. Colombia.
- OEFA. (2014). *Informe de evaluación ambiental de la Bahía de Samanco, año 2014 - 2015*.
- Pardo P. (2022) Microbiología y los objetivos de desarrollo sostenible. Universidad de Cantabria. Santander. España.
- Paredes J.R. & Rodríguez J.S. (2020) Monitoreo de los parámetros de temperatura y pH para evaluar su efecto en la producción de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) en San Luis La Herradura, La Paz. Informe de tesis. Universidad de El Salvador. San Vicente, Ecuador. Recuperada de <https://core.ac.uk/download/pdf/355870934.pdf>.
- Paule A. (2022) Análisis de la actividad antibacteriana y anticancerígena de extractos de *Holothuria Sanctori* (Delle Chiaje, 1823). Tesis Magisterial. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. España.

- Perez, A. S., Ballen, J. C. & Rojas, J. S. (2023). Recuperación y reutilización de poliuretano para la adsorción de agentes contaminantes basados en el funcionamiento de la esponja de mar con el fin de reducir el impacto ambiental en el Rio Salitre de la localidad de Barrios Unidos de la ciudad de Bogotá D.C [Trabajo de grado, Universidad EAN]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/12909>.
- Pérez, M. (2016) Estabilización/Solidificación de metales peligrosos en matrices geopoliméricas que contienen zeolitas. Tesis para el grado de Ingeniería Química. Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Prieto E. (2010) Taxonomía de Holothuroidea (Echinodermata) del mar del Perú. Tesis para optar el título de biólogo en mención zoólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
- Ramos del Carmen, M.A. (2019). Evaluación de un proceso de biorremediación de lodos urbanos y agroindustriales. Tesis para licenciatura de Químico Farmacobiólogo. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.
- Rendón M.M. (2019) Evaluación comparativa de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad de balsa en medio. Informe de investigación. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador. Recuperada de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1203/1/TTMA70.pdf>
- Ricra J. L. (2022). *Influencia de vertimientos pesqueros en la variación fisicoquímica de la calidad de agua en la bahía de Ferroles, Callao, 2020*. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/6571>
- Rivera, A. M. (2018). *Biorremediación bacteriana de suelo contaminado con fluidos y residuos de perforación mediante diferentes métodos*.
- Roberts, D., & Bryce, C. (1982). Further observations on tentacular feeding mechanisms in holothurians., *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 59, 151-163.
- Ruiz, F. J., Ibañez, C. M., & Cáceres, C. W. (2007). Morfometría del tubo digestivo y alimentación del pepino de mar *Athyonidium chilensis* (Semper, 1868) (Echinodermata: Holothuroidea). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 42(3).

- Ruiz, J. M., Clemente-Navarro, P., Mercado, J. M., Fraile-Nuez, E., Albentosa, M., & Marín-Guirao, L. (2021). *Nuevo evento de mortalidad masiva de organismos marinos en el mar menor: contexto y factores*.
- Sánchez-Alonzo, D. M., Solís-Marín, F. A., & Conejeros-Vargas, C. A. (2021). Nuevos registros de la familia Cucumariidae (Holothuroidea: Dendrochirotida) en el Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 69(S1), 375–386. <https://doi.org/10.15517/rbt>.
- Sánchez, C. (2023) Tratamiento de emisiones diluidas de metano empleando biorreactores de flujo de Taylor. Tesis para el grado de Ingeniería Química. Universidad de Valladolid. Valladolid, España.
- Sosa, A., Ramos, J., Rodriguez, R., & Rojas, I. (2015). Caracterización del contenido del tracto digestivo del pepino de mar holothuria floridana (Pourtales, 1851) en el litoral de Campeche, México. *ResearchGate*, 26(1), 1-9.
- Quitio E.D. & Solórzano S.J. (2020) Estudio bibliográfico de tres tipos de desamargado (tradicional, fermentación y germinación) en diferentes índices de madurez de chocho (*Lupinus nubilus* Sweet) en dos variedades (Andino INIAP 450 y Guaranguito INIAP 451) para determinar su eficacia. Informe de tesis. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.
- Tomas G. & Acuña A. (2022) Biomarcadores aplicados al estudio de crudos extraídos de la formación Magallanes, Cuenca Austral, Argentina. *Bol. Soc. Geol. Mex* vol.74 no.1. <https://doi.org/10.18268/bsgm2022v74n1a160621>.
- Vela-García N., Guamán-Burneo M.C. & González-Romero N.P. (2019) Biorremediación eficiente de efluentes metalúrgicos mediante el uso de microalgas de la amazonía y los andes del Ecuador. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 35 (4) 917-929,2019. Quito, Ecuador. DOI: 10.20937/RICA.2019.35.04.11
- Vela C. (2020) Desarrollo de la biotecnología para el cultivo de pepino de mar *Apostichopus parvimensis* como elemento de acuicultura multitrofica. Informe de Tesis para el grado de maestro en ciencias en oceanografía costera. Universidad Autónoma de Baja California. Mexico.
- Vera J.A. (2021) Evaluación de la eficacia de la planta de tratamiento de agua potable Cariongo de la ciudad de Pamplona por medio de una comparación entre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los afluentes que la abastecen y el agua tratada. Informe de tesis.

Universidad de Pamplona. Colombia. Recuperada de http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5490/1/Vera_2021_TG.pdf.

Villafuerte D.A. (2022) Evaluación poblacional del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en la reserve marina de galápagos durante el period 2013 – 2021. Informe de tesis. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador.

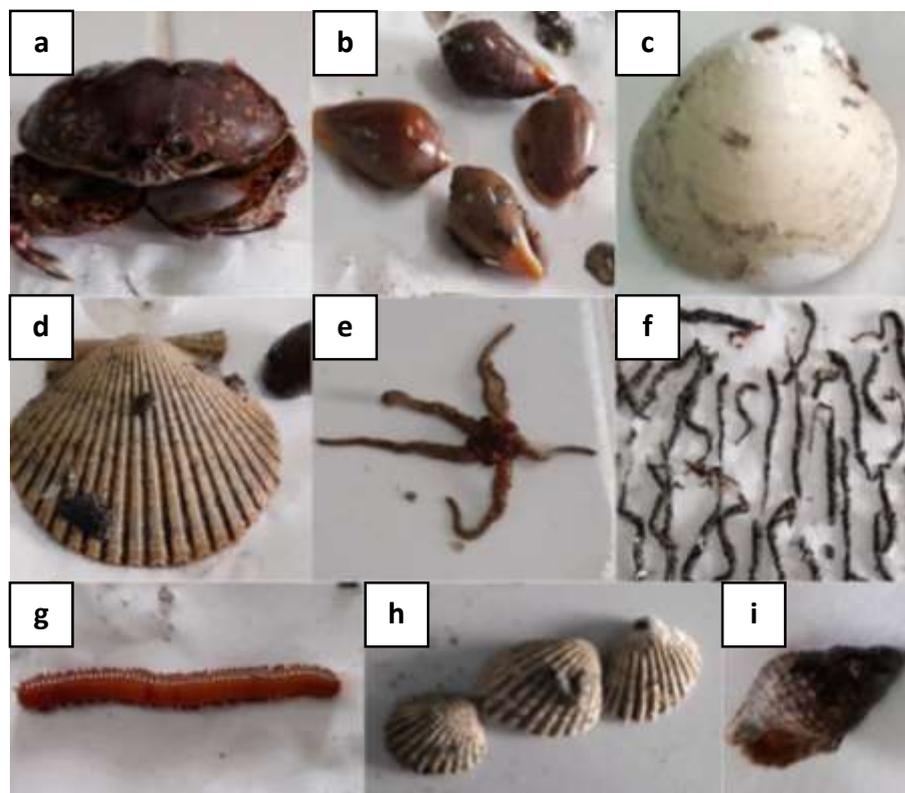
Villagomez J. P. & Vasconez K.I. (2021) Propuesta de biorremediación con bacterias en suelos contaminados con hidrocarburos y PCB's en la subestación eléctrica en el Cantón Baba y Babahoyo – Provincia de los Rios. Tesis para obtener el título de ingeniero ambiental. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.

Villegas E. C. (2019). Remoción de fósforo y nitrógeno de aguas residuales domésticas, mediante humedales artificiales de flujo vertical empleando antrasita y tereftalato de polietileno, en la localidad de Toma, Carhuaz–Ancash.

Villota Meza, T. D. (2014). Biorremediación de aguas residuales con alta salinidad mediante bacterias halófilas aisladas de perfiles costeros de Ecuador. *Universidad de Las Americas*

IX. ANEXOS

Anexo 1. Identificación de la fauna acompañante de la muestra extraída del sedimento marino de la Bahía Samanco.



Nota: a) *Platyxanthus orbigny*; b) *Prunum curtum*; c) *Cyclinella subquadrata*; d) *Argopecten purpuratus*; e) *Ophiactis kroeyeri*; f) *Diopatra rhizoicola*; g) *Nereis callaona*; h) *Anadara tuberculosa* i) *Nassarius dentifer*

Anexo 2. Promedio de la Materia Orgánica (MO) en el periodo de agosto – noviembre (2022).

TRATAMIENTOS	MESES			
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
TC	3.36	3.33	3.23	3.18
T1	3.36	3.12	2.83	2.51
T2	3.36	2.57	2.59	2.15
T3	3.36	2.42	2.29	1.74

Anexo 3. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de la materia orgánica.

								Shapiro-Wilk	
	Tratamiento	N	Media	Mediana	DE	Min.	Máx.	W	P
Materia orgánica (%)	T1	4	2.96	2.98	0.3674	2.51	3.36	0.988	0.946
	T2	4	2.67	2.58	0.5043	2.15	3.36	0.914	0.503
	T3	4	2.45	2.35	0.6730	1.74	3.36	0.948	0.704
	TC	4	3.27	3.28	0.0843	3.18	3.36	0.925	0.563

Anexo 4. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de la materia orgánica.

ANOVA de Un Factor (Welch)

	F	gl1	gl2	P
MATERIA ORGÁNICA	3.65	3	5.29	0.094

Este resultado indica que, según el ANOVA clásico, no hay una diferencia significativa en el consumo de materia orgánica entre los tratamientos, ya que el valor p 0.094 es mayor que 0.05.

Anexo 5. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de la materia orgánica.

	W	P
Materia Orgánica	0.937	0.313

Nota: Un valor p bajo sugiere una violación del supuesto de normalidad.

Los valores p para todos los tratamientos son mayores que 0.05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad. Por lo tanto, podemos asumir que los datos siguen una distribución normal.

Anexo 6. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de la materia orgánica de *P. dubiosus*.

	F	gl1	gl2	P
Materia Orgánica	0.937	3	12	0.292

El valor p es mayor que 0.05, lo que indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas. Por lo tanto, podemos asumir que las varianzas entre los tratamientos son homogéneas.

Los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas parecen cumplirse, lo que fortalece la validez de los análisis realizados.

Anexo 7. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de la materia orgánica.

		T1	T2	T3	TC
T1	Diferencia de medias	—	0.288	0.502	-0.320
	valor p	—	0.814	0.445	0.762
T2	Diferencia de medias		—	0.215	-0.607
	valor p		—	0.910	0.293
T3	Diferencia de medias			—	-0.822
	valor p			—	0.106
TC	Diferencia de medias				—
	valor p				—

Nota: Esta prueba se utiliza para comparar las medias entre todos los pares de tratamientos y determinar cuáles son significativamente diferentes entre sí.

Anexo 8. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios del consumo de la materia orgánica por *P. dubiosus*.

		Shapiro-Wilk							
	Tratamiento	N	Media	Mediana	DE	Min.	Máx.	W	P
Consumo de Materia orgánica (%)	T1	4	14.05	15.68	12.20	1.12	25.35	0.987	0.778
	T2	4	27.47	23.59	7.43	22.78	36.03	0.796	0.104
	T3	4	35.94	31.76	10.70	27.95	48.10	0.886	0.342
	TC	4	3.48	3.94	2.27	1.02	5.48	0.969	0.662

Las medias y medianas varían considerablemente entre los tratamientos, siendo más baja en TC y más alta en T3. Las desviaciones estándar (DE) son relativamente altas, indicando una variabilidad considerable en los datos dentro de cada grupo. Los valores

de p son todos mayores que 0.05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis de normalidad en ninguna de las muestras de tratamiento.

Anexo 9. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios del consumo de la materia orgánica por *P. dubiosus*.

ANOVA de Un Factor (Welch)				
	F	gl1	gl2	P
CONSUMO DE MATERIA ORGÁNICA	12.9	3	3.65	0.020

p-valor de 0.020, hay evidencia suficiente para afirmar que hay diferencias estadísticamente significativas en el consumo de materia orgánica entre los tratamientos.

Anexo 10. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios del consumo de la materia orgánica por *P. dubiosus*.

Consumo de	W	P
Materia Orgánica	0.953	0.682

Nota: Un valor p bajo sugiere una violación del supuesto de normalidad.

Los valores de p son todos mayores que 0.05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para sugerir una violación del supuesto de normalidad en ninguna de las muestras de tratamiento.

Anexo 11. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios del consumo de materia orgánica de *P. dubiosus*.

Consumo de	F	gl1	gl2	P
Materia Orgánica	2.01	3	8	0.192

El valor p de 0.192 indica que no hay diferencias significativas en las varianzas entre los grupos, lo que cumple con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Anexo 12. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios del consumo de la materia orgánica por *P. dubiosus*.

	T1	T2	T3	TC
T1				
Diferencia de medias	—	-13.4	-21.89	10.6
valor p	—	0.329	0.068	0.512

T2	Diferencia de medias	—	-8.47	24.0
	valor p	—	0.670	0.046
T3	Diferencia de medias		—	32.5
	valor p		—	0.010
TC	Diferencia de medias			—
	valor p			—

Nota: Esta prueba se utiliza para comparar las medias entre todos los pares de tratamientos y determinar cuáles son significativamente diferentes entre sí.

El análisis Post Hoc de Tukey muestra las diferencias entre las medias de los tratamientos:

Se encontraron diferencias significativas entre las medias de algunos pares de tratamientos en cuanto al consumo de materia orgánica, como lo indican los valores p menores que 0.05.

Anexo 13. Promedio de temperatura en el periodo de agosto – noviembre (2022).

TRATAMIENTOS	MESES			
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
TC	18.98	18.63	18.36	20.91
T1	19.04	18.65	18.33	20.63
T2	19.01	18.58	18.33	20.63
T3	19.10	18.68	18.28	20.62

Anexo 14. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de temperatura.

								Shapiro-Wilk	
	Tratamiento	N	Media	Mediana	DE	Min.	Máx.	W	P
Temperatura (°C)	T1	4	19.2	18.8	1.02	18.3	20.6	0.867	0.285
	T2	4	19.1	18.8	1.03	18.3	20.6	0.851	0.230
	T3	4	19.2	18.9	1.02	18.3	20.6	0.897	0.416
	TC	4	19.2	18.8	1.15	18.4	20.9	0.819	0.142

Los valores medios y medianos de la temperatura son consistentes entre los tratamientos, oscilando alrededor de 19.1 a 19.2 grados. Las desviaciones estándar son

similares entre los tratamientos, lo que sugiere una variabilidad similar en los datos. Los valores de p son todos mayores que 0.05.

Anexo 15. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de temperatura

ANOVA de Un Factor (Welch)				
	F	gl1	gl2	p
TEMPERATURA	0.00324	3	6.66	1.000

El valor de F es muy bajo (0.00324) con un p-valor de 1.000, lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas en la temperatura entre los tratamientos.

Anexo 16. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de temperatura.

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)		
	W	P
TEMPERATURA	0.780	0.002

Nota: Un valor p bajo sugiere una violación del supuesto de normalidad

Los valores de p son bajos en todos los tratamientos, lo que sugiere una violación del supuesto de normalidad en la distribución de la temperatura.

Anexo 17. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de temperatura.

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas				
	F	gl1	gl2	P
TEMPERATURA	0.0360	3	12	0.990

El valor p de 0.990 indica que no hay diferencias significativas en las varianzas entre los grupos, lo que cumple con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Anexo 18. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de temperatura.

Tukey Post-Hoc Test – TEMPERATURA					
		T1	T2	T3	TC
T1	Diferencia de medias	—	0.0250	-0.00750	-0.0575
	valor p	—	1.000	1.000	1.000
T2	Diferencia de medias		—	-0.03250	-0.0825

Tukey Post-Hoc Test – TEMPERATURA

		T1	T2	T3	TC
	valor p		—	1.000	0.999
T3	Diferencia de medias			—	-0.0500
	valor p			—	1.000
TC	Diferencia de medias				—
	valor p				—

El análisis Post Hoc de Tukey no muestra diferencias significativas entre las medias de ningún par de tratamientos en cuanto a la temperatura, como lo indican los valores p, todos ellos mayores que 0.05.

Anexo 19. Promedio de oxígeno en el periodo de agosto – noviembre (2022).

TRATAMIENTOS	MESES			
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
TC	6.00	6.11	6.37	5.85
T1	6.20	6.45	6.45	5.90
T2	5.91	6.22	6.08	6.05
T3	5.89	6.30	6.37	5.65

Anexo 20. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de oxígeno.

								Shapiro-Wilk	
Tratamiento	N	Media	Mediana	DE	Min.	Máx.	W	P	
Oxígeno (mg/L)	T1	4	6.25	6.33	0.261	5.90	6.45	0.859	0.256
	T2	4	6.06	6.06	0.127	5.91	6.22	0.980	0.904
	T3	4	6.05	6.09	0.342	5.65	6.37	0.904	0.454
	TC	4	6.08	6.05	0.219	5.85	6.37	0.978	0.891

Los valores medios y medianos del oxígeno varían ligeramente entre los tratamientos, oscilando entre 6.05 y 6.25. Las desviaciones estándar (DE) son relativamente bajas, indicando una consistencia en los datos dentro de cada grupo. Los valores de p son todos superiores a 0.05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis de normalidad en ninguna de las muestras de tratamiento.

Anexo 21. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de oxígeno.

ANOVA de Un Factor (Welch)				
	F	gl1	gl2	P
OXÍGENO	0.467	3	6.23	0.715

Con un p-valor de 0.715, no hay evidencia suficiente para afirmar que hay diferencias estadísticamente significativas en los niveles de oxígeno entre los tratamientos.

Anexo 22. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de oxígeno.

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)		
	W	P
OXÍGENO	0.955	0.581

Nota: Un valor p bajo sugiere una violación del supuesto de normalidad.

Los valores de p son todos mayores que 0.05, lo que indica que no hay evidencia suficiente para sugerir una violación del supuesto de normalidad en ninguno de los tratamientos.

Anexo 23. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de oxígeno.

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas				
	F	gl1	gl2	P
OXÍGENO	2.32	3	12	0.127

El valor p de 0.127 indica que no hay diferencias significativas en las varianzas entre los grupos, cumpliendo así el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Anexo 24. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de oxígeno.

Tukey Post-Hoc Test – OXÍGENO

		T1	T2	T3	TC
T1	Diferencia de medias	—	0.185	0.1975	0.1675
	valor p	—	0.726	0.686	0.780
T2	Diferencia de medias		—	0.0125	-0.0175
	valor p		—	1.000	1.000
T3	Diferencia de medias			—	-0.0300
	valor p			—	0.998
TC	Diferencia de medias				—
	valor p				—

El análisis Post Hoc de Tukey muestra las diferencias entre las medias de los tratamientos: No hay diferencias significativas entre las medias de ningún par de tratamientos, como lo sugieren los valores p, todos ellos mayores que 0.05.

Anexo 25. Promedio de pH en el periodo de agosto – noviembre (2022).

TRATAMIENTOS	MESES			
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
TC	7.81	7.89	7.80	7.83
T1	7.77	7.90	7.80	7.80
T2	7.75	7.85	7.78	7.77
T3	7.75	7.81	7.73	7.73

Anexo 26. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de pH.

								Shapiro-Wilk	
	Tratamiento	N	Media	Mediana	DE	Min.	Máx.	W	P
pH (ppm)	T1	4	7.82	7.80	0.0568	7.77	7.90	0.825	0.155
	T2	4	7.79	7.78	0.0435	7.75	7.85	0.873	0.310
	T3	4	7.75	7.74	0.0379	7.73	7.81	0.791	0.086
	TC	4	7.83	7.82	0.0403	7.80	7.89	0.871	0.304

Los valores centrales (media y mediana) para el pH varían ligeramente entre los tratamientos, estando todos alrededor de 7.75 a 7.83, lo que sugiere condiciones de pH similares en todos los tratamientos. Las desviaciones estándar son bastante bajas (entre 0.0379 y 0.0568), indicando que los valores de pH en cada grupo no varían mucho. Los

valores de p para cada tratamiento indican que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis de normalidad (todos los $p > 0.05$).

Anexo 27. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de pH.

ANOVA de Un Factor (Welch)				
	F	gl1	gl2	P
PH	2.40	3	6.61	0.158

El ANOVA se utiliza para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de diferentes grupos. Un valor de p de 0.158 sugiere que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos en cuanto al pH.

Anexo 28. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de pH.

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)		
	W	P
pH	0.827	0.006

Nota: Un valor p bajo sugiere una violación del supuesto de normalidad.

$p = 0.006$ sugiere que la distribución global de los datos no sigue una distribución normal, lo cual es una violación importante del supuesto de normalidad para ANOVA.

Anexo 29. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de pH.

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas				
	F	gl1	gl2	P
pH	0.250	3	12	0.860

Con un valor p de 0.860, no hay evidencia suficiente para afirmar que las varianzas son diferentes entre los grupos, cumpliendo así el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Anexo 30. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de pH.

Tukey Post-Hoc Test – pH

		T1	T2	T3	TC
T1	Diferencia de medias	—	0.0300	0.0625	-0.0150
	valor p	—	0.785	0.257	0.964
T2	Diferencia de medias		—	0.0325	-0.0450
	valor p		—	0.743	0.518
T3	Diferencia de medias			—	-0.0775
	valor p			—	0.125
TC	Diferencia de medias				—
	valor p				—

El análisis Post Hoc de Tukey se usa para determinar las diferencias específicas entre las medias de los grupos cuando ANOVA es significativo. En este caso, dado que ANOVA no es significativo, no esperaríamos muchas diferencias significativas, lo cual se confirma: valores p: Todos son mayores que 0.05, lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de ningún par de tratamientos.

Anexo 31. Promedio de salinidad en el periodo de agosto – noviembre (2022).

TRATAMIENTOS	MESES			
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
TC	35.36	35.07	35.47	35.71
T1	35.37	35.69	35.78	35.85
T2	35.28	34.99	35.72	35.94
T3	35.37	35.48	35.91	35.93

Anexo 32. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de salinidad

								Shapiro-Wilk	
	Tratamiento	N	Media	Mediana	DE	Min.	Máx.	W	P
SALINIDAD	T1	4	35.7	35.7	0.212	35.4	35.9	0.882	0.346
	T2	4	35.5	35.5	0.428	35.0	35.9	0.960	0.778
	T3	4	35.7	35.7	0.289	35.4	35.9	0.829	0.165
	TC	4	35.4	35.4	0.266	35.1	35.7	0.993	0.970

Las medias y medianas de la salinidad son bastante consistentes entre los tratamientos, variando ligeramente alrededor de 35.5 a 35.7. Las desviaciones estándar son relativamente bajas, indicando una consistencia en los datos dentro de cada grupo.

Los valores de p son todos mayores que 0.05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis de normalidad en ninguna de las muestras de tratamiento.

Anexo 33. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de salinidad

ANOVA de Un Factor (Welch)				
	F	gl1	gl2	P
SALINIDAD	0.876	3	6.52	0.501

p-valor de 0.501, no hay evidencia suficiente para afirmar que hay diferencias estadísticamente significativas en la salinidad entre los tratamientos.

Anexo 34. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de salinidad.

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)		
	W	P
SALINIDAD	0.957	0.604

Nota: Un valor p bajo sugiere una violación del supuesto de normalidad.

Los valores de p son todos mayores que 0.05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para sugerir una violación del supuesto de normalidad en ninguno de los tratamientos.

Anexo 35. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de salinidad.

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas				
	F	gl1	gl2	P
SALINIDAD	1.89	3	12	0.185

El valor p de 0.185 indica que no hay diferencias significativas en las varianzas entre los grupos, lo que cumple con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Anexo 36. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de salinidad.

Tukey Post-Hoc Test – SALINIDAD

		T1	T2	T3	TC
T1	Diferencia de medias	—	0.190	0.000	0.2700
	valor p	—	0.820	1.000	0.618
T2	Diferencia de medias		—	-0.190	0.0800
	valor p		—	0.820	0.982
T3	Diferencia de medias			—	0.2700
	valor p			—	0.618
TC	Diferencia de medias				—
	valor p				—

El análisis Post Hoc de Tukey muestra las diferencias entre las medias de los tratamientos: No hay diferencias significativas entre las medias de ningún par de tratamientos en cuanto a la salinidad, como lo indican los valores p, todos ellos mayores que 0.05.

Anexo 37. Promedio de TDS en el periodo de agosto – noviembre (2022).

TRATAMIENTOS	MESES			
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
TC	34.26	33.73	35.44	36.20
T1	34.32	34.36	35.56	35.63
T2	34.15	33.65	35.56	36.35
T3	34.27	34.21	35.71	36.13

Anexo 38. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de TDS.

								Shapiro-Wilk	
	Tratamiento	N	Media	Mediana	DE	Mín.	Máx.	W	P
TDS	T1	4	35.0	35.0	0.725	34.3	35.6	0.767	0.055
	T2	4	34.9	34.9	1.246	33.6	36.4	0.937	0.639
	T3	4	35.1	35.0	0.985	34.2	36.1	0.835	0.180
	TC	4	34.9	34.8	1.120	33.7	36.2	0.954	0.741

Las medias y medianas de los niveles de TDS son similares entre los tratamientos, rondando alrededor de 34.9 a 35.1. Las desviaciones estándar (DE) son moderadas,

indicando una variabilidad moderada en los datos dentro de cada grupo. Los valores de p son todos mayores que 0.05.

Anexo 39. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de TDS.

ANOVA de Un Factor (Welch)				
	F	gl1	gl2	P
TDS	0.0183	3	6.52	0.996

Un p-valor de 0.996, no hay evidencia suficiente para afirmar que hay diferencias estadísticamente significativas en los niveles de TDS entre los tratamientos.

Anexo 40. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de TDS.

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)		
	W	P
TDS	0.883	0.043

Nota: Un valor p bajo sugiere una violación del supuesto de normalidad.

Los valores de p son todos menores que 0.05, lo que sugiere una violación del supuesto de normalidad en la distribución de los niveles de TDS en todos los tratamientos.

Anexo 41. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de TDS.

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas				
	F	gl1	gl2	P
TDS	1.42	3	12	0.286

El valor p de 0.286 indica que no hay diferencias significativas en las varianzas entre los grupos, lo que cumple con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Anexo 42. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de TDS.

Tukey Post-Hoc Test – TDS

		T1	T2	T3	TC
T1	Diferencia de medias	—	0.0400	-0.112	0.0600
	valor p	—	1.000	0.999	1.000
T2	Diferencia de medias		—	-0.152	0.0200
	valor p		—	0.997	1.000
T3	Diferencia de medias			—	0.1725
	valor p			—	0.995
TC	Diferencia de medias				—
	valor p				—

El análisis Post Hoc de Tukey muestra las diferencias entre las medias de los tratamientos: No se encontraron diferencias significativas entre las medias de ningún par de tratamientos en cuanto a los niveles de TDS, como lo indican los valores p, todos ellos mayores que 0.05.

Anexo 43. Promedio de nitritos en el periodo de agosto – noviembre (2022).

TRATAMIENTOS	MESES			
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
TC	0.53	0.52	0.51	0.49
T1	0.53	0.51	0.49	0.48
T2	0.53	0.49	0.47	0.45
T3	0.53	0.47	0.41	0.35

Anexo 44. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de nitritos.

								Shapiro-Wilk	
	Tratamiento	N	Media	Mediana	DE	Min.	Máx.	W	P
NITRITOS	T1	4	0.502	0.500	0.0222	0.480	0.530	0.963	0.798
	T2	4	0.485	0.480	0.0342	0.450	0.530	0.971	0.850
	T3	4	0.440	0.440	0.0775	0.350	0.530	0.993	0.972
	TC	4	0.512	0.515	0.0171	0.490	0.530	0.971	0.850

Las medias y medianas de los niveles de nitratos varían entre los tratamientos, siendo más altas en TC y más bajas en T3. Las desviaciones estándar (DE) son relativamente bajas, indicando una consistencia en los datos dentro de cada grupo. Los valores de p son todos mayores que 0.05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis de normalidad en ninguna de las muestras de tratamiento.

Anexo 45. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de nitritos.

ANOVA de Un Factor (Welch)				
	F	gl1	gl2	P
NITRITOS	1.37	3	6.26	0.336

p-valor de 0.336, no hay evidencia suficiente para afirmar que hay diferencias estadísticamente significativas en los niveles de nitratos entre los tratamientos.

Anexo 46. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de nitritos.

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)		
	W	P
NITRITOS	0.963	0.713

Nota: Un valor p bajo sugiere una violación del supuesto de normalidad.

Los valores de p son todos mayores que 0.05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para sugerir una violación del supuesto de normalidad en ninguno de los tratamientos.

Anexo 47. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de nitritos.

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas				
	F	gl1	gl2	P
NITRITOS	4.33	3	12	0.027

El valor p de 0.027 indica que hay diferencias significativas en las varianzas entre los grupos, lo que viola el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Anexo 48. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de nitritos.

Tukey Post-Hoc Test – NITRITOS					
		T1	T2	T3	TC
T1	Diferencia de medias	—	0.0175	0.0625	-0.0100
	valor p	—	0.943	0.247	0.988
T2	Diferencia de medias		—	0.0450	-0.0275

Tukey Post-Hoc Test – NITRITOS

		T1	T2	T3	TC	
	valor p			—	0.507	0.819
T3	Diferencia de medias				—	-0.0725
	valor p				—	0.153
TC	Diferencia de medias					—
	valor p					—

El análisis Post Hoc de Tukey muestra las diferencias entre las medias de los tratamientos: No hay diferencias significativas entre las medias de ningún par de tratamientos en cuanto a los niveles de nitratos, como lo indican los valores p, aunque algunos valores están cerca de 0.05.

Anexo 49. Promedio de fosfatos en el periodo de agosto – noviembre (2022).

TRATAMIENTOS	MESES			
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
TC	4.35	4.32	4.30	4.25
T1	4.35	4.28	4.21	4.14
T2	4.35	4.15	3.85	3.64
T3	4.35	3.45	2.55	1.65

Anexo 50. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de fosfatos.

								Shapiro-Wilk	
	Tratamiento	N	Media	Mediana	DE	Min.	Máx.	W	P
FOSFATOS	T1	4	4.25	4.25	0.0904	4.14	4.35	0.993	0.972
	T2	4	4.00	4.00	0.3147	3.64	4.35	0.974	0.865
	T3	4	3.00	3.00	1.1619	1.65	4.35	0.993	0.972
	TC	4	4.30	4.31	0.0420	4.25	4.35	0.980	0.899

Las medias y medianas de los niveles de fosfatos varían considerablemente entre los tratamientos, siendo más altas en TC y más bajas en T3. Las desviaciones estándar (DE) son moderadas, indicando una variabilidad moderada en los datos dentro de cada grupo. Los valores mínimo y máximo muestran una variabilidad considerable en todos los tratamientos. Los valores de p son todos mayores que 0.05.

Anexo 51. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de fosfatos.

ANOVA de Un Factor (Welch)

	F	gl1	gl2	P
FOSFATOS	2.66	3	5.58	0.149

p-valor de 0.149, no hay evidencia suficiente para afirmar que hay diferencias estadísticamente significativas en los niveles de fosfatos entre los tratamientos.

Anexo 52. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de fosfatos.

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

	W	P
FOSFATOS	0.863	0.021

Nota: Un valor p bajo sugiere una violación del supuesto de normalidad.

Los valores de p son todos menores que 0.05, lo que sugiere una violación del supuesto de normalidad en la distribución de los niveles de fosfatos en todos los tratamientos.

Anexo 53. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de fosfatos.

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

	F	gl1	gl2	P
FOSFATOS	9.08	3	12	0.002

El valor p de 0.002 indica que hay diferencias significativas en las varianzas entre los grupos, lo que viola el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Anexo 54. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de fosfatos.

Tukey Post-Hoc Test – FOSFATOS

		T1	T2	T3	TC
T1	Diferencia de medias	—	0.248	1.245	-0.0600
	valor p	—	0.936	0.055	0.999
T2	Diferencia de medias		—	0.998	-0.3075
	valor p		—	0.144	0.887
T3	Diferencia de medias			—	-1.3050
	valor p			—	0.153

Tukey Post-Hoc Test – FOSFATOS

		T1	T2	T3	TC
TC	Diferencia de medias				—
	valor p				—

El análisis Post Hoc de Tukey muestra las diferencias entre las medias de los tratamientos: Hay diferencias significativas entre las medias de algunos pares de tratamientos en cuanto a los niveles de fosfatos, como lo indican los valores p menores que 0.05.

Anexo 55. Promedio de turbidez en el periodo de agosto – noviembre (2022).

TRATAMIENTOS	MESES			
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
TC	17.14	8.70	11.34	10.34
T1	13.12	7.73	4.71	9.43
T2	12.19	6.68	3.37	12.81
T3	13.41	7.60	10.38	10.60

Anexo 56. Análisis estadístico descriptivo de los datos promedios de turbidez.

								Shapiro-Wilk	
Tratamiento	N	Media	Mediana	DE	Min.	Máx.	W	P	
T1	4	8.75	8.58	3.51	4.71	13.1	0.996	0.984	
T2	4	8.76	9.43	4.53	3.37	12.8	0.891	0.387	
T3	4	10.50	10.49	2.37	7.60	13.4	0.961	0.783	
TC	4	11.88	10.84	3.67	8.70	17.1	0.880	0.340	

Las medias y medianas de la turbidez varían entre los tratamientos, siendo más altas en T3 y TC. Las desviaciones estándar (DE) son bastante altas, lo que indica una variabilidad considerable en los datos de turbidez. Los valores mínimo y máximo muestran una amplia gama en todos los tratamientos, con valores más altos en T3 y TC. Los valores de p son todos mayores que 0.05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis de normalidad en ninguna de las muestras de tratamiento.

Anexo 57. Análisis estadístico ANOVA de los datos promedios de turbidez.

ANOVA de Un Factor (Welch)

	F	gl1	gl2	P
TURBIDEZ	0.549	3	6.48	0.666

Con un p-valor de 0.666, no hay evidencia suficiente para afirmar que hay diferencias estadísticamente significativas en la turbidez entre los tratamientos.

Anexo 58. Comprobación de supuestos en la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos promedios de turbidez.

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

	W	P
TURBIDEZ	0.959	0.638

Nota: Un valor p bajo sugiere una violación del supuesto de normalidad.

Los valores de p son todos mayores que 0.05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para sugerir una violación del supuesto de normalidad en ninguno de los tratamientos.

Anexo 59. Comprobación de supuestos en la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas de los datos promedios de turbidez.

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

	F	gl1	gl2	P
FOSFATOS	1.06	3	12	0.402

El valor p de 0.402 indica que no hay diferencias significativas en las varianzas entre los grupos, lo que cumple con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Anexo 60. Pruebas Post Hoc (Tukey) de los datos promedios de turbidez.

Tukey Post-Hoc Test – TURBIDEZ

		T1	T2	T3	TC
T1	Diferencia de medias	—	-0.0150	-1.75	-3.13
	valor p	—	1.000	0.900	0.621
T2	Diferencia de medias		—	-1.74	-3.12
	valor p		—	0.902	0.625

Tukey Post-Hoc Test – TURBIDEZ

		T1	T2	T3	TC
T3	Diferencia de medias			—	-1.38
	valor p			—	0.947
TC	Diferencia de medias				—
	valor p				—

El análisis Post Hoc de Tukey muestra las diferencias entre las medias de los tratamientos: No hay diferencias significativas entre las medias de ningún par de tratamientos en cuanto a la turbidez, como lo indican los valores p, todos ellos mayores que 0.05.

Anexo 61. Análisis estadístico Anova de un factor (Welch) para todas las variables

ANOVA de Un Factor (Welch)				
Variables	F	gl1	gl2	p
%MO	3.65	3	5.29	0.094
MOC	12.9	3	3.65	0.02
Temperatura	0.00324	3	6.66	1.00
pH	2.40	3	6.61	0.158
Salinidad	0.876	3	6.52	0.501
TDS	0.0183	3	6.52	0.996
Oxígeno	0.467	3	6.23	0.715
Turbidez	0.549	3	6.48	0.666
Nitritos	1.37	3	6.26	0.336
Fosfatos	2.66	3	5.58	0.149

Anexo 62. Análisis microbiológico proporcionado por COLECBI SAC.



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20221230-004

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	MARY MARTINEZ LUERA
DIRECCION	CHRISTOPHER JERONIMO HUANCA
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	Urb. Unicrete Mz. 5 3 Lote 37 Nuevo Chimbote
PRODUCTO (DECLARADO POR EL CLIENTE)	NO APLICA.
LUGAR DE MUESTREO	ABAJO INDICADOS.
MÉTODO DE MUESTREO	NO APLICA.
PLAN DE MUESTREO	NO APLICA.
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	NO APLICA.
FECHA DE MUESTREO	NO APLICA.
CANTIDAD DE MUESTRA	02 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	En bolsa de polietileno, transparente y cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	En buen estado
FECHA DE RECEPCIÓN	2022-12-30
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	2022-12-30
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	2023-01-05
LUGAR DE REALIZADO DE LOS ENSAYOS	Laboratorio de Microbiología.
CODIGO COLECBI	SS 221230-4

RESULTADOS

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	MUESTRA	
	PEPINO DE MAR	SEDIMENTO MARINO
Salmonella en 25g	-	No Detectado
Enterobacteriaceae (UFC/g)	<10	<10

re : Recuento estimado.

METODOLOGÍA EMPLEADA

Detección de Salmonella : UNE-EN ISO 6579-1:2017/A1:2021 Microbiología de la cadena alimentaria. Método horizontal para la detección, enumeración y serotipado de Salmonella. Parte 1: Detección de Salmonella spp. Modificación 1: Ampliación del rango de temperaturas de incubación, modificación del estado del Anexo D y corrección de la composición de los medios MSR y SC (ISO 6579-1:2017/Amd 1: 2020)

Recuento de Enterobacteriaceae : ICMSF (Reimpresión 2000) Volumen 1. 2da Edición. Editorial Acribia. España. Pág.: 149 - 150. 1983. Enterobacteriaceae. Recuento por Siembra en Placa.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:
 - Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- COLECBI S.A.C. no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s, tal como se recibía.
- Estos resultados de ensayos 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.
- No afecta al proceso de Derivación por su perechibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: SI () NO (X)
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Enero 07 del 2023.
GVR/jms

LC-MP-HRBE
Rev. 08
Fecha 2022-05-28

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
RUC: 20203 Macintosh.060
L.B.P. 148
COLECBI S.A.C.

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

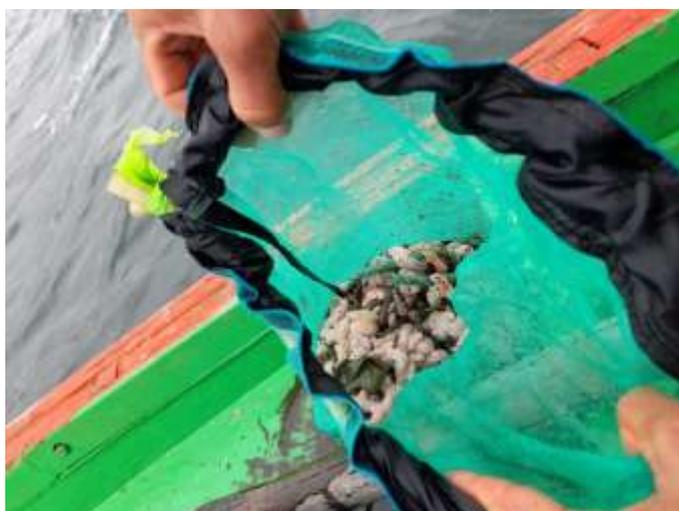
Anexo 63. Día de la recolección de las muestras en la Bahía Samanco (Ancash, Perú).



Anexo 64. Preparación del buzo antes del ingreso al mar para la recolección de *P. dubiosus*



Anexo 65. Recolección de *P. dubiosus*.



Anexo 66. Extracción del sedimento marino utilizando draga Van Veen de 0,05 m² de mordida.



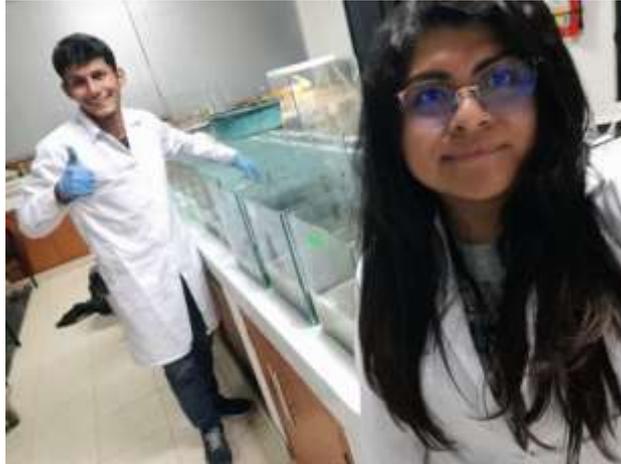
Anexo 67. Preparación del sedimento en el laboratorio.



Anexo 68. Separación de la fauna acompañante del sedimento empleando el tamizaje.



Anexo 69. Preparación del diseño experimental en el laboratorio de Limnología e Impacto Ambiental.



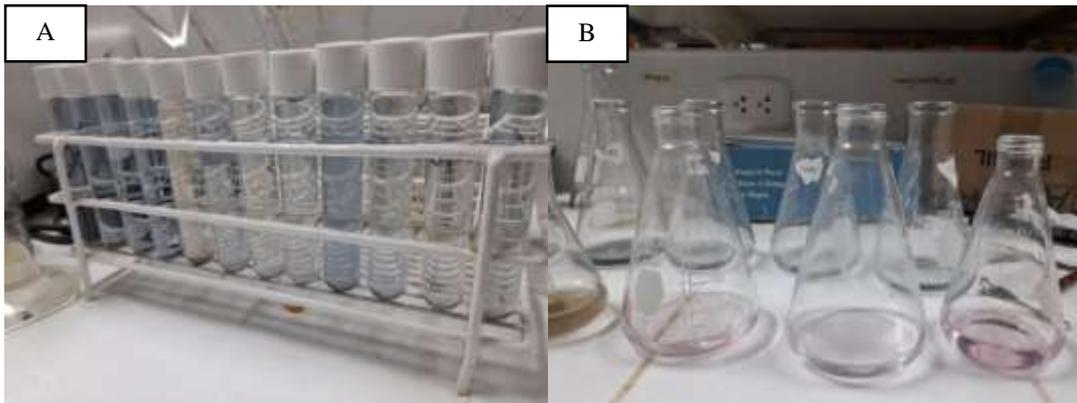
Anexo 70. Acondicionamiento de *P. dubiosus* antes de realizar los ensayos experimentales.



Anexo 71. Adecuación de *P. dubiosus* en uno de las unidades del sistema de experimentación.



Anexo 72. Medición de Nitritos(A) y Fosfatos (B).



Anexo 73. Determinación de la materia orgánica. a) Obtención de las muestras del sedimento en placas Petri.; b) Calcinación de la materia orgánica en la mufla a 400°C.



Anexo 74. Registro de los parámetros físico-químicos utilizando el multiparámetro.



Anexo 75. Extracción del tracto intestinal de *P. dubiosus* para el análisis microbiológico

