



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

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN, A PEQUEÑA ESCALA,
PARA *Anadara tuberculosa* (Concha prieta) y *Leukoma asperima* (Almeja
blanca) EN CONDICIONES DE CAUTIVERIO”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

NANCY LORENA BERMÚDEZ GÓMEZ

TUTOR:

Blgo. XAVIER PIGUAVE PRECIADO M.Sc.

La Libertad - Ecuador

2025

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

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN, A PEQUEÑA ESCALA,
PARA *Anadara tuberculosa* (Concha prieta) y *Leukoma asperrima* (Almeja
blanca) EN CONDICIONES DE CAUTIVERIO”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

NANCY LORENA BERMÚDEZ GÓMEZ

TUTOR:

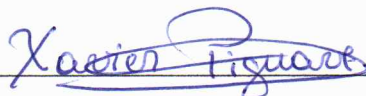
Blgo. XAVIER FIGUAVE PRECIADO M.Sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN, A PEQUEÑA ESCALA, PARA *Anadara tuberculosa* (Concha prieta) y *Leukoma asperrima* (Almeja blanca) EN CONDICIONES DE CAUTIVERIO**”, elaborado por la estudiante **NANCY LORENA BERMÚDEZ GÓMEZ** de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



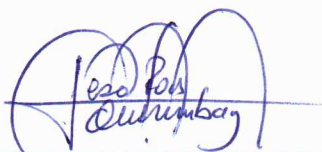
Blgo. Xavier Piguave Preciado
DOCENTE TUTOR

C.I. 0913435046

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN, A PEQUEÑA ESCALA, PARA *Anadara tuberculosa* (Concha prieta) y *Leukoma asperima* (Almeja blanca) EN CONDICIONES DE CAUTIVERIO**”, elaborado por la estudiante **NANCY LORENA BERMÚDEZ GÓMEZ**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Ing. César Roca Quirumbay Mgtr.
DOCENTE DE ÁREA
C.I. 0915967707

DEDICATORIA

Con el corazón lleno de gratitud y emoción, dedico estas páginas a todas las personas que, de una u otra forma, han sido parte esencial de este camino. Este logro no es solo mío, es también de ustedes, los que han estado presentes en cada lucha, en cada caída, y, sobre todo, en cada resurgir.

A Dios, mi guía supremo, mi luz constante y mi refugio en medio de las tormentas. Gracias, Señor, por brindarme la fuerza cuando sentía que no podía más, por acompañarme en silencio en los momentos de soledad, por enseñarme a resistir, a confiar y a seguir. Gracias por infundirme resiliencia en cada obstáculo, por mostrarme que, a pesar de las lágrimas y el cansancio, sí era posible llegar hasta aquí. Sin tu protección divina, esta historia no tendría sentido. Este triunfo es tuyo, porque fuiste tú quien me sostuvo desde el principio.

A mi amor eterno, mi madre, Olguita Gómez, a quien dedico esta tesis como un homenaje sagrado, profundo y eterno. Aunque ya no caminas a mi lado, siento tu presencia en cada paso que doy. Tu voz vive en mi memoria, tu ejemplo sigue siendo mi faro. Todo lo bueno que hay en mí —la nobleza, la fuerza, la honestidad y el compromiso— fue sembrado por ti con tanto amor. Fuiste y serás siempre mi modelo de vida. Hoy, más que nunca, sé que estás orgullosa, y quiero que desde el cielo recibas este trabajo como una prueba más del inmenso amor que siento por ti. Gracias, mamá, por formar a la mujer que hoy escribe estas palabras.

A mi padrastro, Efrén Rodríguez, quien también partió, pero cuya presencia y cariño marcaron mi vida. Fuiste un apoyo incondicional, un hombre bueno que creyó en mí. Te recuerdo con gratitud infinita y sé que, estés donde estés, sonrías por este logro. Gracias por demostrarme que aun cuando todo parece perdido, siempre hay un motivo para continuar.

A esos padres que la vida me regaló: mis suegros, quienes han sido una bendición en mi camino. Gracias por su amor incondicional, por recibirme como una hija más, por estar siempre dispuestos a ayudarme, a escucharme, a acompañarme. Desde la partida de mi madre, ustedes se convirtieron en un abrazo permanente, en una extensión de familia que me acoge con el alma. Gracias por enseñarme que el cariño verdadero puede nacer incluso fuera de la sangre. Sin ustedes, muchas cosas habrían sido más difíciles. Este triunfo también es suyo.

Gracias por haber traído al mundo a un ser humano maravilloso: Alexander González, el hombre que me acompaña día a día con amor, entrega y paciencia.

Gracias, mi vida, por estar ahí siempre, por tomar mi mano en los días oscuros, por sostenerme cuando sentía que no podía seguir. Eres mi compañero, mi apoyo, mi paz. Tu ternura, tus valores, tu fe en mí han sido mi mayor sostén. Gracias por no soltarme jamás, por creer incluso cuando yo dudaba. Este logro lo comparto contigo, porque sin tu amor, mi camino no habría sido igual. ¡Infinitas gracias, vida mía, por ser mi faro y mi hogar!

A mis tres amores más grandes: Rafaela, Eitham y Sammir, mis hijos adorados, mis motivos, mis alegrías, mi vida entera. Gracias por ser luz en mis días más oscuros, por hacerme reír cuando solo quería llorar, por entender mis ausencias y mis desvelos. Todo este esfuerzo es para ustedes, por ustedes, y gracias a ustedes. Son mi fuerza y también mi debilidad más dulce. Gracias por abrazarme con orgullo, por mirarme con admiración, por hacerme sentir que todo valió la pena. Mamá siempre luchará por ustedes. Ustedes son mi mayor logro.

A mis hermanas del alma, en especial a Laura, Karen y Patty: "*Merci du fond du cœur*", Ustedes han sido mi sostén, mis confidentes, mis mejores amigas. Cuando la tristeza me vencía, ustedes estaban ahí para escucharme, para alentarme, para levantarme. Son el regalo más hermoso que nuestra madre me dejó. Gracias por su amor inmenso, por su presencia constante, por su lealtad inquebrantable y por su apoyo incondicional. Tenerlas en mi vida es un privilegio que agradezco todos los días. Las amo con todo mi ser. Gracias por ser mis hermanas y mis pilares.

Y a mis queridas amigas del alma: Ligia y Andrea, con quienes compartí no solo aulas, sino vivencias que quedarán grabadas en mi corazón. Gracias por hacer este camino universitario más llevadero, por las risas, por los desahogos, por las palabras de aliento. Nuestra amistad es uno de los regalos más lindos que me deja esta etapa. Ustedes también han sido mi refugio, mi consuelo y mi alegría. Gracias por su presencia, por su amor, por su compañía tan leal y sincera.

"Este logro no es solo académico; es un testimonio de amor, de fe, de lucha y de esperanza. A cada persona que ha dejado huella en mi corazón, gracias por ser parte de esta historia."

Con todo mi amor y gratitud,
Lorena Bermúdez

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad por brindarme las herramientas académicas necesarias durante todo mi proceso de formación profesional. Agradezco a cada uno de los docentes que aportaron con su conocimiento y compromiso, en especial a la Bióloga Tanya González M. Sc y a la Bióloga Mayra Cuenca M. Sc, quienes creyeron en mi capacidad y me brindaron su respaldo en un momento crucial. Su apoyo fue fundamental para que pudiera avanzar con seguridad y confianza en mi proyecto académico.

A mi docente tutor, el Biólogo Xavier Piguave M. Sc, le extiendo un agradecimiento muy especial por su paciencia, su disposición y por haberme acogido como tutoriada en una cátedra que valoro significativamente. Gracias por acompañarme con generosidad y guía durante este proceso, me siento muy afortunada de haber contado con su apoyo incondicional y su calidad humana durante esta etapa.

También agradezco sinceramente al Biólogo Jorge Espinoza, dueño de la empresa SEMACUA S.A. donde se ejecutó mi proyecto, por abrirme las puertas con tanta amabilidad y brindarme la oportunidad de aplicar mis conocimientos en un entorno real. Aprendí muchísimo gracias a esta experiencia.

De igual manera, agradezco a la Bióloga Lady Cedeño por su constante apoyo, su paciencia y por compartir conmigo sus conocimientos de forma tan clara y cercana. A todo el equipo de la empresa, gracias por su calidez y por hacerme sentir parte de un grupo humano y profesional excepcional.

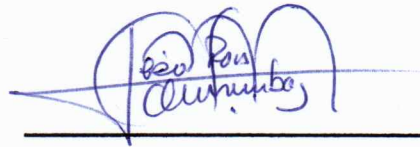
TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **NANCY LORENA BERMÚDEZ GÓMEZ** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el 07/07/2025:



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



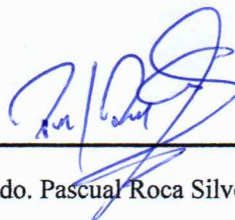
Ing. César Roca Quirumbay Mgtr.
PROFESOR DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Xavier Piguave Preciado M. Sc
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



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



Lcdo. Pascual Roca Silvestre
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

Declaración expresa

La responsabilidad de las ideas, hechos, investigación y resultados expuestos en este trabajo de Integración Curricular, pertenecen exclusivamente al autor, el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Bermúdez Gómez Nancy Lorena

C.I.: 2450478603

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	17
ABSTRACT	18
1. INTRODUCCIÓN.....	19
2. PROBLEMÁTICA	21
3. JUSTIFICACIÓN	23
4. OBJETIVOS	24
Objetivo general	24
Objetivos específicos	24
HIPÓTESIS.....	25
Hipótesis alterna (H_1):	25
5. MARCO TEÓRICO.....	26
5.1 Antecedentes	26
5.2 Moluscos bivalvos	27
Clasificación taxonómica.....	30
Características biológicas.....	31
5.3 Enfermedades vinculadas al consumo de bivalvos no depurados	32
5.4 Sistema de depuración.....	33
Diseño del sistema de circulación cerrada para la depuración.....	34
Método luz ultravioleta	35
5.5 Parámetros físico-químicos	36
5.6 Inocuidad y calidad.....	38
5.6.1 Prácticas higiénicas en la manipulación de bivalvos.....	39
5.6.2 Evaluación sensorial y organoléptica	39
5.6.3 Normativa para la depuración de bivalvos	40
6. METODOLOGÍA.....	45
6.1 Área de estudio	45
6.2 Enfoque y tipo de estudio	45
6.3 Fase de campo.....	47
6.4 Fase de depuración.....	49

6.5	Fase de laboratorio	55
6.6	Índice de Condición y Supervivencia de <i>Anadara tuberculosa</i> y <i>Leukoma asperima</i>	66
6.7	Análisis de resultados.....	67
7	RESULTADOS.....	68
	Diseño del sistema.....	68
	Variables físico-químicas	72
	Evaluación organoléptica	74
	pH del tejido	79
	Microbiología.....	80
	Índice de Condición.....	99
	% de Supervivencia	101
8.	DISCUSIÓN.....	104
9.	CONCLUSIONES.....	107
10.	RECOMENDACIONES	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplar de <i>Anadara tuberculosa</i>	27
Figura 2. Ejemplar de <i>Leukoma asperima</i>	30
Figura 3. Mapa de ubicación del laboratorio SEMACUA S.A.....	45
Figura 4. Diseño experimental de Sistema de depuración para <i>A. tuberculosa</i> y <i>L. asperima</i> ...	50
Figura 5. Datos biométricos de los organismos.....	55
Figura 6. Medición de pH de tejido en muestras	59
Figura 7. Preparación de agar selectivo de Vibrios TCBS.....	61
Figura 8. Preparación de agar MacConkey.....	62
Figura 9. Colonias de Vibrios presentes en Agar TCBS.....	64
Figura 10. Colonias de <i>E. Coli</i> presentes en agar MacConkey, se presentan en color rosa o fucsia intenso.....	65
Figura 11. Esquema del diseño del sistema depurador que se instaló.....	69
Figura 12. Instalación del sistema de depuración	69
Figura 13. UFC pertenecientes al género <i>Vibrio</i> aisladas en medio agar TCBS en la hora 0, tratamiento 0. A) <i>Leukoma asperima</i> B) <i>Anadara tuberculosa</i>	71
Figura 14. UFC presentes en agar TCBS (verde) y agar MacConkey (rosa) aisladas en los 3 tratamientos, hora 18 en la especie <i>L. asperima</i> . A) Filtro, B) UV, C) Filtro/UV.....	71
Figura 15. Parámetros físico - químicos registrados por hora en los tratamientos de <i>A. tuberculosa</i>	72
Figura 16. Parámetros físico - químicos presentados por hora en los tratamientos de <i>L. asperima</i>	73
Figura 17. Parámetros físico- químicos del agua por tratamiento para la especie <i>A. tuberculosa</i>	74
Figura 18. Parámetros físico - químicos del agua registrados por tratamiento en la especie <i>L. asperima</i>	74
Figura 19. Evaluación organoléptica de <i>Leukoma asperima</i>	75
Figura 20. Evaluación organoléptica <i>Anadara tuberculosa</i>	76
Figura 21. Comparación de tratamientos para <i>Leukoma asperima</i>	77
Figura 22. Comparación de tratamientos para <i>Anadara tuberculosa</i>	78
Figura 23. Prueba de normalidad Anderson-Darling de concentración bacteriana aplicada a los tratamientos.....	80
Figura 24. Concentración de UFC de bacterias por especie y tratamiento	81
Figura 25. Concentración de UFC de bacterias identificadas en <i>L. asperima</i> por tratamiento... ..	82
Figura 26. Concentración de UFC de bacterias identificadas en <i>A. tuberculosa</i> por tratamiento ..	83
Figura 27. Medianas correspondientes a concentración de UFC de bacterias localizadas en muestras de agua en la especie <i>Leukoma asperima</i>	84
Figura 28. Medianas correspondientes a concentración de UFC de bacterias localizadas en muestras de tejido en la especie <i>Leukoma asperima</i>	85

Figura 29. Medianas correspondientes a concentración de UFC de bacterias localizadas en muestras de agua en la especie <i>Anadara tuberculosa</i>	86
Figura 30. Medianas correspondientes a concentración de UFC de bacterias localizadas en muestras de tejido en la especie <i>Anadara tuberculosa</i>	87
Figura 31. Comparaciones entre T0, T1, T2 y T3 con su respectivo valor p.....	89
Figura 32. Reducción bacteriana (%) por tratamiento y bacteria	90
Figura 33. Índice de condición evaluado en la especie <i>Anadara tuberculosa</i>	100
Figura 34. Índice de condición evaluado en la especie <i>Leukoma asperima</i>	100
Figura 35. % de Supervivencia evaluado en la especie <i>Anadara tuberculosa</i> y <i>Leukoma asperima</i>	101

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Distribución de organismos dentro de la estructura experimental.	49
Tabla 2. Parámetros a evaluar durante la depuración.	56
Tabla 3. Parámetros de frescura para moluscos bivalvos en estudio.....	58
Tabla 4. Características presentes en colonias sembradas en agar TCBS	64
Tabla 5. Características de colonias que crecen en el agar MacConkey	65
Tabla 6. Datos característicos del Sistema de Depuración.	70
Tabla 7. Análisis de prueba post hoc Dwass Steel Critchlow Fligner (DSCF)	87
Tabla 8. Comparaciones entre T0, T1, T2 y T3.....	88
Tabla 10. Comparación de parámetros fisicoquímicos entre normativas y resultados.....	93
Tabla 11. Comparación de caracteres organolépticos entre normativas y resultados.....	96
Tabla 12. Comparación de análisis microbiológicos entre normativas y resultados	98

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Sistema de depuración.....	122
Anexo 2. Bomba de agua TRUPER con bypass.....	122
Anexo 3. Instalación de carcazas con sus respectivos filtros	122
Anexo 4. Instalación de lámpara UV.....	123
Anexo 5. Peso de 1 gramo de tejido para posterior análisis microbiológico	123
Anexo 6. Observación de placa con colonias de Vibrios en agar TCBS	123
Anexo 7. Peso de arena para maceración de tejido.....	123
Anexo 8. Placas con crecimiento de bacterias	124
Anexo 9. Observación de placa con colonias de E. Coli en agar MacConkey.....	124
Anexo 10. Análisis de agua, amonio y nitrito por técnica de colorimetría con API Máster	124
Anexo 11. Mortalidad de Anadara tuberculosa al final del T0.....	124
Anexo 12. Diluciones de tejido homogeneizadas en Vórtex.....	125
Anexo 13. Maceración te tejido	125
Anexo 14. Incubación de placas	125
Anexo 15. Siembra de tejido y agua en la cabina de siembra	125
Anexo 16. Adaptación de base en las carcazas	126
Anexo 17. Área de microalgas.....	126
Anexo 18. Toma de datos biométricos de concha prieta	126
Anexo 19. Test para tomar el parámetro de alcalinidad	126
Anexo 20. Corrida de datos para obtener diferencias estadísticas de los datos.....	127
Anexo 21. Materiales utilizados en la instalación del sistema	128

ABREVIATURAS

- ABS** – Acrilonitrilo Butadieno Estireno (material de tubería)
- ADN** – Ácido Desoxirribonucleico
- API** – Kit de parámetros API Máster (análisis de agua)
- BAM** – *Bacteriological Analytical Manual*
- CFU/UFC** – *Colony Forming Units* (Unidades Formadoras de Colonias)
- C.I.** – Cédula de Identidad
- DSCF** – *Dwass-Steel-Critchlow-Fligner* (prueba estadística no paramétrica)
- DSP** – *Diarrhetic Shellfish Poisoning* (Intoxicación Diarreica por Mariscos)
- FAO** – *Food and Agriculture Organization*
- FDA** – *Food and Drug Administration*
- GRP** – *Glass Reinforced Plastic* (plástico reforzado con fibra de vidrio)
- HDPE** – *High-Density Polyethylene* (polietileno de alta densidad)
- HP** – *Horsepower* (caballos de fuerza, potencia de bomba)
- HS** – Modelo de agitador magnético con calentador (IKA C-MAG HS)
- IC** – Índice de Condición
- IKA** – Marca de equipo de laboratorio
- INE** – Modelo de incubadora (MEMMER INE-53L)
- INEN** – Instituto Ecuatoriano de Normalización
- ISO** – *International Organization for Standardization*
- MPN / NMP** – *Most Probable Number* / Número Más Probable
- PSP** – *Paralytic Shellfish Poisoning* (Intoxicación Paralítica por Mariscos)
- RAS** – *Recirculating Aquaculture System*
- TCBS** – *Thiosulfate Citrate Bile Salts Sucrose Agar* (medio selectivo para Vibrios)
- T0, T1, T2, T3** – Tratamientos experimentales (Control, Filtro, UV, Filtro+UV)
- UFC** – Unidades Formadoras de Colonias

UV – Ultravioleta

%S – Porcentaje de Supervivencia

SIMBOLOGÍA

cm – Centímetros

g – Gramos

J – Joules (energía)

kg – Kilogramos

L – Litros

min – Minutos

mg/L – Miligramos por litro

ml – Mililitros

mm – Milímetros

pH – Potencial de Hidrógeno (medida de acidez o alcalinidad)

ppm – Partes por millón (concentración)

ppt – Partes por mil (salinidad)

s – Segundos

W – Vatios (potencia)

μL – Microlitros

RESUMEN

Los organismos pertenecientes a la clase Bivalvia son vistos como fuente alimenticia de gran importancia al poseer alto porcentaje de proteína. En el Ecuador la comercialización de moluscos como *Anadara tuberculosa* y *Leukoma asperrima* representan recursos marinos de gran importancia económica y ecológica. La comercialización de este producto se ha vuelto de alta demanda por lo que se han establecido normativas para garantizar la inocuidad alimentaria y evitar problemas en la salud de los consumidores. Una de estas normativas establece la depuración de los organismos en base a diversos medios con la finalidad de disminuir la carga bacteriana que estos presentan, debido a esto el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de un sistema de depuración para la especie *Anadara tuberculosa* y *Leukoma asperrima*, en condiciones de cautiverio, mediante análisis cualitativos y cuantitativos garantizando la inocuidad y calidad de los organismos bivalvos, para ello se diseñó un sistema de depuración que consistió en 3 tratamientos (filtro, UV, filtro+UV) donde se analizaron 150 organismos por tratamiento. Los análisis realizados consistieron en la determinación de parámetros físico – químicos, evaluación organoléptica y conteo de UFC. Los resultados obtenidos exhiben que existen diferencias estadísticamente significativas al presentar valores inferiores a 0.05 en la reducción de la carga microbiana, datos obtenidos tras el análisis mediante Kruskal Wallis. En *Anadara tuberculosa*, el tratamiento combinado (T3) logró una reducción del 99% en *Vibrio spp.* y del 100% en *E. coli*, además de una mejora organoléptica del 28% y una supervivencia del 82%. En contraste, *Leukoma asperrima* presentó una reducción parcial (36% en *E. coli* y 27% en *Vibrio spp.*), una supervivencia del 58% y un índice de condición inestable. Estos resultados evidencian que la eficiencia del sistema depende de la especie tratada.

Palabras clave: *Anadara tuberculosa*, *Leukoma asperrima*, sistema de depuración, Uv.

ABSTRACT

Organisms belonging to the class Bivalvia are considered an important food source due to their high protein content. In Ecuador, the commercialization of mollusks such as *Anadara tuberculosa* and *Leukoma asperrima* represents marine resources of significant economic and ecological value. The growing demand for these products has led to the establishment of regulations to ensure food safety and prevent health risks for consumers. One such regulation requires the depuration of these organisms through various methods to reduce their bacterial load. In this context, the objective of this study was to evaluate the efficiency of a depuration system for *Anadara tuberculosa* and *Leukoma asperrima* under captivity conditions, using qualitative and quantitative analyses to ensure the safety and quality of the bivalves. A depuration system was designed with three treatments (filter, UV, and filter + UV), with 150 organisms analyzed per treatment. The analyses included the measurement of physical-chemical parameters, organoleptic evaluation, and colony-forming unit (CFU) counts. The results showed statistically significant differences ($p < 0.05$) in microbial load reduction, according to the Kruskal-Wallis test. In *Anadara tuberculosa*, the combined treatment (T3) achieved a 99% reduction in *Vibrio spp.* and 100% in *E. coli*, along with a 28% improvement in organoleptic quality and 82% survival. In contrast, *Leukoma asperrima* showed only partial reductions (36% in *E. coli* and 27% in *Vibrio spp.*), 58% survival, and an unstable condition index. These findings demonstrate that the system's efficiency is species-dependent.

Keywords: *Anadara tuberculosa*, *Leukoma asperrima*, depuration system, UV.

1. INTRODUCCIÓN

Los organismos pertenecientes a la clase Bivalvia se caracterizan por poseer dos valvas laterales, compuesta principalmente por carbonato de calcio y unidas entre sí por la charnela, la cual actúa como bisagra (Martinez & Mayz, 2003). Estos organismos generalmente habitan ocultos en los sedimentos, en ambientes de agua salada, dulce o también salobre como los manglares (Silva & Bonilla, 2014), alimentándose por filtración, proceso que consiste en el ingreso de agua a través de la estructura denominada sifón inhalante, el agua pasa por las branquias, que además de su función respiratoria actúan como filtros, que atrapan las partículas ingeridas y las llevan hacia la boca, donde se selecciona el alimento como fitoplancton y materia orgánica y se desecha las partículas no deseadas (Morton, 2020; Gosling, 2003 & FAO, 2008).

En Ecuador, las especies *Anadara tuberculosa* (concha prieta) es un molusco bivalvo, considerado como recurso marino de gran importancia ecológica y económica (Mora et al., 2010; IPIAP, 2017). La extracción de estos organismos es una actividad productiva de la que precisan las familias de pescadores artesanales, por lo que constituye una fuente de ingresos significativa para las comunidades costeras del Ecuador y del Pacífico ecuatorial americano (Prado Carpio et al., 2021). Por otro lado, *Leukoma asperrima*, que también habita en los manglares, tiene relevancia económica al aportar ingresos adicionales para los recolectores (IPIAP, 2017); ambas especies presentan una relación estrecha en su hábitat, lo que resalta la necesidad de estudiar su dinámica en ecosistemas como los manglares.

En el consumo humano de este molusco generalmente no interviene la cocción, de ahí el riesgo asociado a la contaminación microbiana por falta de

seguridad sanitaria de estos moluscos, esto debido a que al ser organismos filtradores (Hidalgo Villon et al., 2020; Alemán et al., 2016 & Wong et al., 1997), tienden a bioacumular un gran número de microorganismos y sustancias tóxicas en sus tejidos, representando un riesgo para la salud humana y otros vertebrados que los consumen, resaltando que, entre los patógenos más comunes se encuentran bacterias como *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Vibrios spp.*, virus como el Norovirus (que pueden causar enfermedades gastrointestinales severas), presencia de metales pesados (mercurio, plomo y cadmio), que pueden tener efectos tóxicos a largo plazo y toxinas producidas por algas tóxicas consumidas por los moluscos, estas toxinas pueden causar la intoxicación paralítica por mariscos (PSP) y la intoxicación diarreica por mariscos (DSP) (Nappier y otros, 2008; Lewis y otros, 2010; Lee Jahncke, 2011 & Ramos et al., 2012).

El proceso de depuración es esencial para garantizar que el consumo de estos bivalvos sea seguro (Lee et al., 2010). La implementación de este proceso es clave ya que las diferentes industrias buscan asegurar la inocuidad para el consumidor o para satisfacer requisitos legales. Recientemente, el gobierno ecuatoriano ha establecido el Plan Nacional de Sanidad Animal Acuícola, según La Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca en el artículo 32, estipula el plan que regula la vigilancia, diagnóstico y control sanitario de los cultivos acuícolas, garantizando la sostenibilidad del recurso y la seguridad alimentaria mediante análisis representativos en laboratorios especializados (Registro Oficial órgano de la República del Ecuador, 2023), así como también adecuarse a normas de sanidad establecidas por organismos internacionales.

Por lo tanto, este estudio cobra importancia desde el punto de vista sanitario y social porque el diseño de un sistema de depurado permitirá evaluar la efectividad de este proceso, así como la adaptabilidad de los organismos extraídos de las especies de moluscos *Anadara tuberculosa* y *Leukoma asperima*

en función a una valoración organoléptica, junto con análisis físicos, químicos y microbiológicos complementados con la determinación del índice de condición (IC) y el porcentaje de supervivencia acumulada (%S).

2. PROBLEMÁTICA

Los organismos pertenecientes a la clase Bivalvia constituyen cerca del 6% de los productos pesqueros mundiales, destacando ostras, conchas, almejas, vieiras y mejillones (Castillo Beckmann et al., 2021 & FAO, 2018). Sin embargo, los manglares en Ecuador se encuentran afectados por actividades humanas y la contaminación ambiental por aguas servidas, desechos sólidos, desechos agroindustriales, metales pesados y derrames de hidrocarburos, siendo la fauna de estos ecosistemas la más afectada, tal es el caso de las especies en estudio.

Como consecuencia de esto, la recolección y comercialización de concha prieta y almeja blanca en Ecuador carecen de un adecuado proceso de depuración, lo que representa un riesgo para la salud pública y limita el crecimiento económico del sector. Estas especies, por su biología, pueden acumular microorganismos y patógenos como *Escherichia coli* y vibriones, a través del proceso de filtración en el medio donde habitan. Estos contaminantes representan un riesgo tanto para la salud de los consumidores como para la competitividad del sector, ya que, sin una depuración adecuada, no cumplen con los estándares de seguridad alimentaria, lo que afecta la economía local (Cevallos & Mora, 2021) e impide su expansión a nivel internacional.

Diversos autores han propuestos diseños eficientes de sistemas de depuración en base a distintos componentes, sin embargo, estos modelos no se han

implementado a escala comercial, a razón del costo de los sistemas y al escaso apoyo de instituciones gubernamentales y la empresas privadas (Castillo Beckmann et al., 2021), afectando directamente la sostenibilidad económica y la competitividad en los mercados del sector acuícola del país (Instituto del Agua, s/f).

Debido a su biología filtradora tanto *A. tuberculosa* y *L. asperrima*, al pertenecer a la clase Bivalvia, se encuentran expuestos a grandes cantidades de bacterias, toxinas y contaminantes que absorben del medio en el que habitan (Villón Navas, 2022), generando complicaciones en su manejo luego de ser colectadas por los pescadores artesanales, por lo cual se plantean varias interrogantes en torno a la aplicación de un sistema de purificación a pequeña escala que garantice la inocuidad de los organismos sometidos al tratamiento y que a la vez sea viable económicamente para los recolectores locales de moluscos, especialmente de la concha prieta (*A. tuberculosa*) y la almeja blanca (*L. asperrima*).

Pregunta del problema

¿De qué manera un sistema de depuración a pequeña escala, basado en filtros y luz ultravioleta puede reducir la carga microbiana y mejorar la calidad organoléptica, sin afectar la viabilidad biológica de *Anadara tuberculosa* y *Leukoma asperrima* en condiciones de cautiverio?

3. JUSTIFICACIÓN

De manera general se puede indicar que, los principales peligros relacionados al consumo de moluscos provienen de la contaminación microbiológica de las aguas donde se crían (De Hoyos y otros, 2022), sobre todo cuando los organismos se destinan al consumo en crudo (Loaiza & Molina, 2021; Lee et al., 2010). Los tratamientos empleados en la eliminación de bacterias y virus adquiridas, están determinados por el origen de la infección; siendo las causas el medio donde habitan o la trazabilidad de los organismos.

Ante esta situación, es necesario implementar métodos de depuración que permitan ser adaptados en comunidades locales y así, aprovechar la actividad filtradora natural de la concha prieta y almeja para que este elimine los contaminantes acumulados en su anatomía, donde se busca que la cantidad de microorganismos sea la mínima para garantizar la seguridad sanitaria y comercial en Ecuador, además de cumplir con la normativa NTE INEN 2729:2013 (INEN, 2013) establecidas para la comercialización de estos moluscos.

Este método presenta buenos resultados para eliminar contaminantes bacterianos (El-Gamal, 2011), y presenta ventajas frente a otros métodos, ya que no utiliza ozono ni cloro, es más económica, accesible, requiere menos infraestructura y no genera residuos químicos, mejorando la calidad del agua tratada (Lee, 2009). La depuración ayudaría al mejoramiento en la calidad de estas especies y no solo aseguraría la salud del consumidor, sino que también fomentaría la competitividad del sector acuícola, incrementando y contribuyendo a la economía del país.

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la eficiencia de un sistema de depuración para la especie *Anadara tuberculosa* y *Leukoma asperrima*, en condiciones de cautiverio, mediante análisis cualitativos y cuantitativos garantizando la inocuidad y calidad de los organismos bivalvos.

Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de depuración a base de recirculación de agua, filtros y luz UV para la optimización de la calidad del producto.
- Establecer la efectividad del sistema de depuración aplicado mediante análisis físico-químicos, organolépticos y microbiológicos, determinando que cumpla con los criterios óptimos de calidad nacional e internacional.
- Comparar si el sistema cumple con las condiciones óptimas para la depuración de las dos especies, por medio del índice de condición (IC) y el porcentaje de supervivencia acumulada (%S), determinando su adaptabilidad.

HIPÓTESIS

Hipótesis alterna (H₁):

El sistema de depuración diseñado reduce la presencia de microorganismos en los individuos de *Anadara tuberculosa* y *Leukoma asperrima*.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Antecedentes

Una investigación realizada por estudiantes de la Escuela Superior Politécnica del Litoral buscó evaluar la factibilidad de un sistema de depuración a escala comercial para garantizar la inocuidad alimentaria, donde concluyen que es un proyecto que traería varios beneficios a nivel social, económico y ambiental, debido a que permitirá cumplir con las normas sanitarias y comercializar con países como Estados Unidos de América y los de la Unión Europea (Castillo Beckmann et al., 2021). La propuesta de este sistema emplea tanques de concreto, filtros de sedimentación y arena, junto con lámparas de luz ultravioleta (UV) para la desinfección del agua, además de un sistema de recirculación que permite un uso eficiente del agua.

En el trabajo realizado por Cevallos & Mora (2021), evaluaron la operación de un sistema de depuración a base de recirculación donde determinaron el comportamiento de las variables fisicoquímicas y biológicas comparándolos, ajustándolos a los estándares establecidos y socializando los beneficios del sistema, los resultados obtenidos afirman el establecimiento un diseño funcional que utiliza agua de mar para la depuración moluscos cuidando la fisiología de dichas especies, procurando mantener una salinidad, temperatura y pH controlados para evitar un posible estrés y altas concentraciones de productos metabólicos en la especie durante el proceso de depuración.

Los estudios realizados por Adrián & Ruiz (2020) en Ecuador, utilizaron sistemas de flujo continuo de agua de mar tratada con luz UV, lo cual se demostró eficaz para eliminar bacterias como *Escherichia coli*, coliformes fecales y

Salmonella en especies de bivalvos. Este sistema permitió depurar a las ostras en un plazo de 24 a 48 horas, garantizando la inocuidad de los productos para su consumo.

5.2 Moluscos bivalvos

Los moluscos bivalvos son un grupo de organismos que pertenecen a la clase Bivalvia, por lo general, se caracterizan por poseer un cuerpo comprimido lateralmente y protegido por dos valvas articuladas (Alvarez y otros, 2008) (González Banchón & Solano Vera, 2019). Generalmente se les encuentra inmersos en sustratos blandos, pertenecientes a la infauna de manglar, su medio de desarrollo es tanto en ambientes marinos, salobres o de agua dulce (Helm et al., 2006). Los organismos bivalvos se alimentan mediante filtración, permitiendo el paso de agua y la retención de partículas alimenticias en el interior de sus valvas, contribuyendo al mantenimiento de la calidad del ecosistema. Además, son importantes en las cadenas tróficas porque sirven de alimento para diversas especies.

5.2.1 Concha prieta (*Anadara tuberculosa*)

Figura 1. Ejemplar de Anadara tuberculosa



Fuente: Bermúdez, 2025

Clasificación taxonómica

Reino: Animalia

Filo: Mollusca

Clase: Bivalvia

Orden: Arcoida

Familia: Arcidae

Género: *Anadara*

Especie: *Anadara tuberculosa*

Características biológicas

Anadara tuberculosa es un molusco bivalvo de la familia Arcidae, comúnmente conocido como concha prieta que se distribuye ampliamente a lo largo de la costa occidental de América, desde México hasta Perú, habitando en ecosistemas de manglar donde se entierra en sedimentos fangosos (Prado-Carpio et al., 2020). Este bivalvo presenta una concha robusta con costillas pronunciadas y una coloración oscura característica (Cruz, 2019). La concha es equivalva, inequilatera, ovalada y gruesa; su longitud es de 30 a 70 mm, con diámetro de 27 a 48 mm, posee de 33 a 37 costillas radiales que están redondeadas y relativamente juntas el cual presenta nódulos o tubérculos sobre el margen anterior; el margen dorsal es angulado en ambos extremos (Panimboza Ortega, 2022).

Estas especies se encuentran a una profundidad de 5 a 30 cm, enterradas dentro del sustrato fangoso de tipo limo arcilloso, por debajo de las raíces de *Rizophora mangle* debido a que son de hábitos sedentarios con crecimiento lento

que se fijan al sustrato (Mora, 1990 & Panimboza Ortega, 2022).

➤ **Comportamiento**

La concha prieta adquiere sus alimentos mediante el proceso de filtración de agua, reteniendo los nutrientes y partículas orgánicas suspendidas en el agua. Los individuos de esta especie generalmente se sumergen en el sustrato como mecanismo de protección contra depredadores y al experimentar fluctuaciones a nivel ambiental.

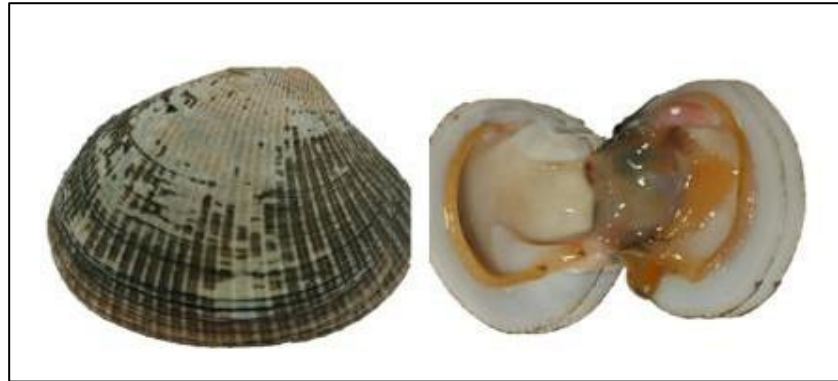
El ciclo de reproducción de esta especie, está adaptado a las condiciones de los manglares, presentando una reproducción continua durante todo el año y presentando aumento de niveles reproductivos de manera estacional asociados a factores ambientales como la temperatura y salinidad (Flores et al., 2014).

➤ **Fisiología**

La fisiología de *A. tuberculosa* está adaptada a las fluctuaciones ambientales típicas de los ecosistemas de manglar. Desde el punto de vista de Prado-Carpio et al., (2020), Panta et al. (2020) y (Tobar et al. (2017) este bivalvo posee mecanismos fisiológicos que le permiten tolerar variaciones en la salinidad, aunque los rangos óptimos registrados en su medio natural son de 25-26 ppt, se conoce que puede tolerar salinidades de entre 5-33 ppt y fluctuaciones de temperatura entre 25 y 27 ° C, manteniendo su actividad metabólica y capacidad de filtración (Mendoza O. , 2017).

5.2.2 Almeja blanca (*Leukoma asperrima*)

Figura 2. Ejemplar de Leukoma asperrima



Fuente: Bermúdez, 2025

Clasificación taxonómica

Reino: Animalia

Filo: Mollusca

Clase: Bivalvia

Orden: Veneroidea

Familia: Veneridae

Género: Prothotaca

Especie: *Leukoma asperrima*.

Características biológicas

Leukoma asperrima es una especie de molusco bivalvo perteneciente a la familia Veneridae. Se caracteriza por poseer una concha sólida y rugosa, con una coloración que varía entre tonos claros y oscuros (Piguave, 2021).

El cuerpo presenta una contextura robusta y comprimida lateralmente, contenidos por valvas subovaladas que se articulan mediante la charnela, sus conchas poseen costillas radiales pequeñas que se cruzan como hilos concéntricos dando un aspecto enrejado y rugoso. Charnela generalmente con 3 dientes cardinales en cada valva, su coloración varía de blanco tiza a grisáceo, este presenta manchas café oscuras. La talla de longitud máxima es de 6cm de longitud (Delgado & García, 2010; Panimboza Ortega, 2022). Se encuentran sumergidos en el fango de zonas estuarinas, compuestas por canales de marea y playones, sin embargo, algunas de estas especies pueden estar en áreas alejadas a los manglares como zonas lodosas, barreras arenosas y zonas rocosas de las desembocaduras de los estuarios (Ortíz, 2018; Panimboza Ortega, 2022).

➤ Comportamiento

L. asperrima se alimenta por filtración, adquiriendo los nutrientes presentes en el agua y sedimentos del medio donde habitan, son organismos generalmente inmóviles que se encuentran enterrados en el sustrato. La reproducción de esta especie está estrechamente relacionada con la variación estacional (Ramírez et al., 2020).

➤ **Fisiología**

Gracias a su fisiología, *L. asperrima* tiene la capacidad de adaptarse a múltiples condiciones ambientales, entre ellas variantes en los parámetros de salinidad y temperatura del agua dentro de amplios rangos. Estudios han corroborado la capacidad de filtración de esta especie, determinándola como indicador de calidad de agua en su hábitat (Delgado & García, 2010).

5.3 Enfermedades vinculadas al consumo de bivalvos no depurados

Los moluscos bivalvos, al ser filtradores, representan un potencial riesgo para la salud debido a su capacidad para bioacumular microorganismos presentes en el medio ambiente, incluidos patógenos, presentes en el agua de mar circundante. En este sentido, pueden llegar a concentrar bacterias en cantidades significativas, lo que depende de factores como las estaciones, las condiciones climáticas y las actividades humanas (Polo et al., 2015; Martínez et al., 2020).

Asimismo, los tejidos de los bivalvos que contienen arena o microorganismos no solo resultan desagradables al paladar, sino que también representan un peligro para la salud humana (INEN, 2013). La ingesta en estado crudo o poco cocido, las autoridades sanitarias mundiales los han clasificado dentro del grupo de alimentos de alto riesgo. Por consiguiente, el papel de los moluscos bivalvos en la transmisión de enfermedades está ampliamente documentado (Coen & Bishop, 2015).

Entre los patógenos más comunes asociados a los bivalvos se encuentran *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio vulnificus*, que son microorganismos marinos presentes en ambientes de todo el mundo (Vega Corrales et al., 2013; Drake et

al., 2007 & Wong et al., 1997). Por su parte, *Escherichia coli* se asocia con casos de gastroenteritis aguda (Lee & Silk, 2013; Hidalgo Villon et al., 2020), mientras que *Vibrio vulnificus* puede provocar infecciones graves como gastroenteritis, infecciones de heridas y septicemia mortal, especialmente en personas que perteneces a grupos vulnerables (Iwamoto et al., 2010). Estos patógenos suelen aislarse con frecuencia de mariscos crudos, Este riesgo aumenta significativamente si el agua en la que crecen los bivalvos está contaminada, ya que estos organismos acumulan tanto microorganismos como compuestos químicos que pueden ser perjudiciales para quienes los consumen (Lee et al., 2010 & Martinez et al., 2020).

De acuerdo con Martínez et al. (2020), los procesos de depuración aprovechan la capacidad natural de filtración de los moluscos bivalvos para expulsar el contenido intestinal acumulado, lo que reduce significativamente la probabilidad de transmisión de agentes infecciosos a los consumidores. En esta misma línea, Polo et al. (2015) enfatizan que este procedimiento es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria.

5.4 Sistema de depuración

El sistema de depuración es una instalación diseñada específicamente para eliminar patógenos, bacterias, virus y otros contaminantes presentes en los moluscos bivalvos destinados al consumo humano (Cevallos & Mora, 2021). Según Lee (2010) & SeaFish (2018) durante este proceso controlado, los moluscos son colocados en agua de mar desinfectada, ya sea recirculante o en flujo continuo, permitiéndoles filtrar activamente su alimento durante un periodo de 24 a 48 horas.

Existen tres tipos de sistemas de depuración: sistema estático, sistema de

circuito abierto, donde el agua de mar se almacena y elimina continuamente y; sistema de circuito cerrado, el agua es reciclada por medio de sistemas de esterilización y desinfección (Lee, 2010 & Polo et al., 2014).

Los desinfectantes más utilizados en este proceso incluyen cloro, ozono y luz ultravioleta (Drake et al., 2007; Lee, 2010; FAO, 2008). Sin embargo, el uso de cloro puede generar efectos adversos, como la alteración de la actividad de bombeo de los moluscos, cambios organolépticos en su carne y la formación de metabolitos clorados, como los trihalometanos, que presentan un potencial cancerígeno (Polo et al., 2014).

A su vez, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2008) señala que el sistema de depuración asegura que los moluscos mantengan su alimentación por filtración, evitando residuos orgánicos que puedan contaminar el sistema. Además, este proceso garantiza que las condiciones de vida de los moluscos bivalvos sean adecuadas. Sin embargo, como indican Cáceres & Vásquez (2014), la eficacia del sistema depende del diseño, la calidad del agua y la salud fisiológica de los organismos, y solo permite la eliminación de contaminantes microbianos.

Diseño del sistema de circulación cerrada para la depuración

Los autores Lee, 2010 & SeaFish, 2018 recomiendan que los tanques, tuberías y accesorios internos estén fabricados con materiales aprobados para el contacto con alimentos. El hierro y el acero comunes deben evitarse por su corrosión, mientras que el acero inoxidable es ideal para componentes en contacto con agua de mar.

Según Seafish (2018), los tanques pueden ser de plástico reforzado con

fibra de vidrio (GRP) o polietileno de alta densidad (HDPE). En los sistemas de depuración, los moluscos se colocan en cajas de plástico HDPE perforadas, lo que facilita el manejo, asegura una adecuada filtración y permite el paso de desechos. Además, los tanques no deben triplicar su anchura de su altura para garantizar una circulación uniforme del agua y evitar puntos muertos. Las tuberías, generalmente de ABS o PVC, deben ser resistentes a la corrosión (Lee et al., 2010).

En sistemas de circulación cerrada con desinfección UV, el agua circula entre una bomba y la unidad UV antes de volver al tanque, donde barras de aspersión o cascadas garantizan una aireación suficiente para mantener el oxígeno disuelto (Lee, 2010 & Seafish, 2018).

Método luz ultravioleta

La unidad de lámpara UV está compuesta de un tubo en el que dicha lámpara está contenida dentro de una funda de cuarzo y el agua de mar pasa por el espacio que queda entre el tubo y la funda (Lee et al., 2010).

Desde el punto de vista de Castillo Beckman & Muñoz Mawyin (2021); Cáceres & Vásquez (2014); Lee (2010); Sorio & Peralta (2017) & Vega Corrales et al., (2013), el método de luz ultravioleta (UV) se ha consolidado como una herramienta eficaz en diversos campos, especialmente en el tratamiento de agua y desinfección. De acuerdo con Garrido-Cardenas et al. (2020), esta técnica utiliza radiación electromagnética en longitudes de onda específicas (principalmente entre 200 y 280 nm) para inactivar microorganismos, lo que la convierte en una alternativa eficiente y ecológica frente a métodos químicos. Por su parte, Moreno & Noblecilla (2021) destacan que la radiación UV daña el ADN de los microorganismos, impidiendo su replicación y, por ende, su capacidad de

causar infecciones.

Destacando la amplia aplicabilidad del método, Cáceres & Vásquez (2014) argumentan que su aplicación no solo se limita al tratamiento de agua potable, sino que también se extiende a la industria alimentaria y farmacéutica, donde se requiere un control microbiológico estricto. Además, este autor señala que la luz UV no genera subproductos tóxicos, lo que representa una ventaja significativa en comparación con otros métodos como la cloración.

En un estudio más reciente realizado por Michael et al.(2020) destacan que la eficacia del método está relacionada con la estabilidad de factores como la intensidad de la radiación, el tiempo de exposición y la calidad del agua tratada. Asimismo, resaltan que las tecnologías modernas han mejorado la eficiencia energética de los sistemas UV, haciéndolos más accesibles y sostenibles.

Sin embargo, a pesar de las ventajas que el método UV aporta en cuanto a desinfección de medios acuáticos, esta eficiencia se ve opacada al presentar turbidez o exceso de partículas que impidan el paso adecuado de luz dentro del sistema, es por esta razón que se sugiere la aplicación de un tratamiento previo a la utilización de este método (Ramos et al., 2012).

5.5 Parámetros físico-químicos

Las variables fisicoquímicas y biológicas son importantes para monitorear el correcto funcionamiento del sistema de depuración, porque, al mantenerse dentro de los valores establecidos, garantizan la calidad del agua y favorecen la reactivación del proceso de filtración en los moluscos bivalvos, permitiéndoles eliminar los contaminantes presentes en su sistema digestivo (Cáceres & Vásquez, 2014 & Lee, 2010). Entre estas variables fisicoquímicas se

incluyen la salinidad, la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH.

➤ **Salinidad**

En relación con la salinidad, se debe considerar que esta varía según el tipo de molusco bivalvo empleado en el proceso de depuración. No obstante, se puede señalar que una salinidad que no experimente fluctuaciones superiores al 20 % respecto a la zona de origen representa un valor adecuado para cualquier especie de molusco

bivalvo. En este sentido, el agua utilizada debería tener un rango aproximado de 19 a 35 ppt (Lee et al., 2010) o cerca de 16 ppm (Fernández et al., 2022).

➤ **Temperatura**

Por otro lado, la temperatura, al igual que la salinidad, va a depender del tipo de molusco bivalvo y de su rango fisiológico. Según se indica, temperaturas entre 18 y 20 °C favorecen una eliminación más rápida de los virus; sin embargo, pueden permanecer restos virales en los bivalvos con el paso de los días (Lee et al., 2010). Para el proceso de depuración, se recomienda un rango de temperatura entre 21 y 24 °C (Adrián & Ruiz, 2020). Adicionalmente, algunos expertos sugieren un intervalo de 14 a 18 °C, destacando que la temperatura ambiental del sistema influye en el rango más adecuado para la depuración (Fernández et al., 2022).

➤ **Oxígeno disuelto**

Asimismo, el oxígeno disuelto está relacionado con la temperatura, debido a que un aumento en esta provoca una disminución del oxígeno disponible y viceversa (Dután & Sierra, 2022). Otros factores como la superficie del agua,

el volumen, la salinidad y el método de aireación también afectan los niveles de oxígeno disuelto. En este contexto, diferentes normativas internacionales establecen que los niveles mínimos de oxígeno disuelto deben alcanzar al menos el 50 % de saturación (FAO, 2008), o valores superiores en sistemas más avanzados (Vega Corrales et al., 2013). En términos específicos, se sugiere un valor de 5,5 mg/L (Fernández et al., 2022).

➤ **pH**

El pH es considerado un factor importante con la finalidad de brindar las garantías necesarias que ofrece un proceso de depuración eficiente y la supervivencia de los moluscos bivalvos. Según la normativa de Nueva Zelanda, un pH que oscile entre 7,0 y 8,4 se considera apropiado para un sistema de depuración que involucre este tipo de organismos (Lee et al., 2010).

5.6 Inocuidad y calidad

La inocuidad de los alimentos se refiere a la garantía que posee un producto de no causar daño a la salud del consumidor cuando se preparan y consumen (Arispe & Tapia, 2007). En el caso de los bivalvos, la inocuidad depende de la correcta manipulación, almacenamiento y tratamiento de los mismos, ya que estos organismos pueden acumular patógenos del ambiente marino (Potasman et al., 2002). Por otro lado, la calidad, está vinculada a las características sensoriales como su frescura, textura, sabor y apariencia que otorga el producto al ser una fuente de alimento alta en proteínas y baja en grasas, estos factores son esenciales para satisfacer las expectativas del consumidor (FAO, 2018).

5.6.1 Prácticas higiénicas en la manipulación de bivalvos

La correcta manipulación e higiene de los organismos colectados de bivalvos es fundamental para contrarrestar efectos de contaminación de los individuos con patógenos externos durante la colecta, traslado, procesamiento, almacenamiento y comercio (Iriarte, 2014), Según Codex Alimentarius (2015), las buenas prácticas de higiene incluyen la limpieza y desinfección adecuada de los equipos y las instalaciones, así como el uso de agua potable para el lavado de los bivalvos. Además, es crucial que los trabajadores que manipulan los moluscos sigan protocolos de higiene personal, como el lavado frecuente de manos y el uso de ropa protectora, para minimizar los riesgos de contaminación cruzada (Polo et al., 2015). De esta manera, el cumplimiento de estas prácticas contribuye significativamente a la prevención y disminución de los riesgos de contagio de enfermedades a través de los productos asociados a los moluscos bivalvos (Lee et al., 2010).

5.6.2 Evaluación sensorial y organoléptica

La evaluación sensorial y organoléptica de moluscos consiste en el análisis de sus caracteres físicos, como el color, la textura, el sabor y el olor, con el fin de determinar su calidad y frescura de los productos (Santa Cruz et al., 2005) y como indica Lee (2010), esta evaluación es crucial para asegurar que los bivalvos cumplen con los estándares de calidad requeridos para su consumo humano (CENDEPESCA, 2007). Los técnicos que trabajan en el área de evaluación de la calidad de los alimentos utilizan pruebas sensoriales para identificar signos de deterioro, como la presencia de olores desagradables o cambios en la textura, que pueden indicar la presencia de microorganismos patógenos o la descomposición del producto (Pesca y Acuicultura, 2021; OMS, F & FAO, O. D, 2012). Además, las evaluaciones organolépticas son

herramientas importantes en el control de calidad, ya que proporcionan una evaluación directa y objetiva de las propiedades del producto (Cabello et al., 2004 & Pesca y Acuicultura, 2021).

5.6.3 Normativa para la depuración de bivalvos

Normativa nacional

De acuerdo con Cevallos & Mora (2021) la comercialización de los moluscos bivalvos está regida por normativas enfocadas en prevenir y controlar las infecciones por el consumo de dichos organismos, para ello el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) estableció la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2729-2013 para los moluscos bivalvos vivos y los moluscos bivalvos crudos

Asimismo, para la implementación de un sistema de depuración dentro del país se debe cumplir con las normas establecidas por el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (MPCEIP) donde establece que toda persona natural o jurídica debe solicitar autorización para implementar un centro de depuración; además los centros de depuración deben cumplir con una serie de especificaciones (MPCEIP, 2019):

1. Las paredes y fondos de los tanques o piscinas deben ser lisos, resistentes e impermeables de fácil limpieza.
2. Los tanques/piscinas deben contar con una inclinación que facilite la evacuación del agua.
3. Las bandejas o recipientes de depuración deben ser materiales resistentes, que no se oxiden y de fácil limpieza y dispuestos en los tanques/piscinas para que permitan el flujo de agua limpia.
4. Las formas de las bandejas o recipientes deben permitir que los moluscos bivalvos queden sumergidos durante la depuración.

5. Al contar con otras técnicas de depuración estas deben ser autorizadas por la Autoridad Acuícola Sanitaria.
6. De darse modificaciones en el sistema de depuración este debe ser previamente autorizados por la Autoridad Acuícola.

Para la recepción de los moluscos bivalvos los centros de depuración deben contar con (Fernández et al., 2022):

- a) Procedimientos de buenas prácticas acuícolas, manipulación e higiene alimentaria para prevenir la contaminación cruzada entre los diferentes lotes de moluscos.
- b) Un sistema de trazabilidad que facilite la información de cada lote o batch, sometido al proceso de depuración, manteniendo un registro y al alcance de la Autoridad Sanitaria.
- c) Establecer manuales, procedimientos o instructivos que detallen los requisitos de los organismos, las instalaciones y el proceso de depuración con sus etapas.

Además, para el proceso de depuración establece criterios que aseguren la calidad e inocuidad de los moluscos bivalvos:

1. Revisión previa de los moluscos bivalvos para separar los muertos o con daño en sus valvas.
2. Los moluscos deberán ser lavados con agua limpia para remover partículas de arena, lodo, fango u otro elemento.
3. Los sistemas de depuración no deberán ser llenados hasta que todos los moluscos sean ubicados dentro del sistema.
4. El agua deberá ser tratada por medios físicos y/o químicos.
5. Los recipientes usados deberán ser señalados y el flujo debe mantener una relación con el número de moluscos presente en el sistema de

depuración.

6. En la depuración los moluscos bivalvos deben estar en agua que reduzca los niveles de microorganismos.
7. Durante la depuración se debe evitar la suspensión del material expulsado y sedimentado.
8. De presentarse desove se debe suspender el proceso de depuración.
9. La depuración finalizara cuando los niveles de microorganismos lleguen a niveles permisibles.
10. Previo al inicio y al finalizar un proceso de depuración se debe limpiar el sistema entre lotes.
11. Los lotes de moluscos bivalvos deben proceder de la misma área de producción o de diferentes áreas pero que tengan igual categorización.
12. No se debe mezclar los lotes depurados.

Normativa Oficial Mexicana NOM-242-SSAI-2009

En México, la producción y comercialización de moluscos bivalvos están reguladas por la Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSAI-2009, cuyo objetivo es garantizar la inocuidad de los productos de la pesca destinados al consumo humano. Esta norma establece las especificaciones sanitarias y métodos de prueba aplicables a moluscos bivalvos frescos, refrigerados y congelados, incluyendo especies de importancia comercial como *Anadara tuberculosa*, conocida comúnmente como pata de mula (Secretaría de Salud, 2010).

El carácter filtrador de los moluscos bivalvos representa un riesgo sanitario, ya que pueden acumular microorganismos patógenos (como bacterias, virus o parásitos) y sustancias tóxicas presentes en el agua de cultivo o cosecha. Por esta razón, la NOM-242-SSAI-2009 establece requisitos obligatorios para el control sanitario de todas las

etapas de la cadena productiva: desde la extracción en bancos naturales o cultivados, pasando por el transporte y almacenamiento, hasta la depuración, el procesamiento, el envasado y la comercialización. En caso necesario, se establece el proceso de depuración, mediante el cual los moluscos se mantienen en agua de mar limpia controlada para permitir la eliminación natural de contaminantes microbianos acumulados en sus tejidos (Secretaría de Salud, 2010).

Asimismo, la NOM-242-SSA1-2009 especifica límites organolépticos en relación al pH del tejido y del líquido intervalvar, microbiológicos, y define los métodos de muestreo y análisis que deben emplearse para verificar el cumplimiento de estos criterios. Las empresas productoras, procesadoras y comercializadoras están obligadas a someterse a inspección sanitaria oficial, mantener registros de trazabilidad y cumplir con los procedimientos definidos para asegurar la calidad sanitaria del producto final destinado al consumo humano (Secretaría de Salud, 2010).

En el caso específico de *Anadara tuberculosa* o pata de mula, su recolección y comercialización deben sujetarse a los mismos estándares que otras especies de moluscos bivalvos, lo cual incluye la exigencia de bancos certificados, control de transporte en condiciones adecuadas de temperatura e higiene, y eventualmente procesos de depuración para garantizar la eliminación de microorganismos patógenos (Secretaría de Salud, 2010).

Por otro lado, las distintas normativas relacionadas con la depuración tienen los mismos objetivos, como:

- Uso de agua de mar limpia (desinfectada si la fuente no es adecuada).
- Diseño y construcción del sistema de depuración.
- Funcionamiento eficiente del sistema.
- Verificación del desempeño en la eliminación de indicadores bacterianos.

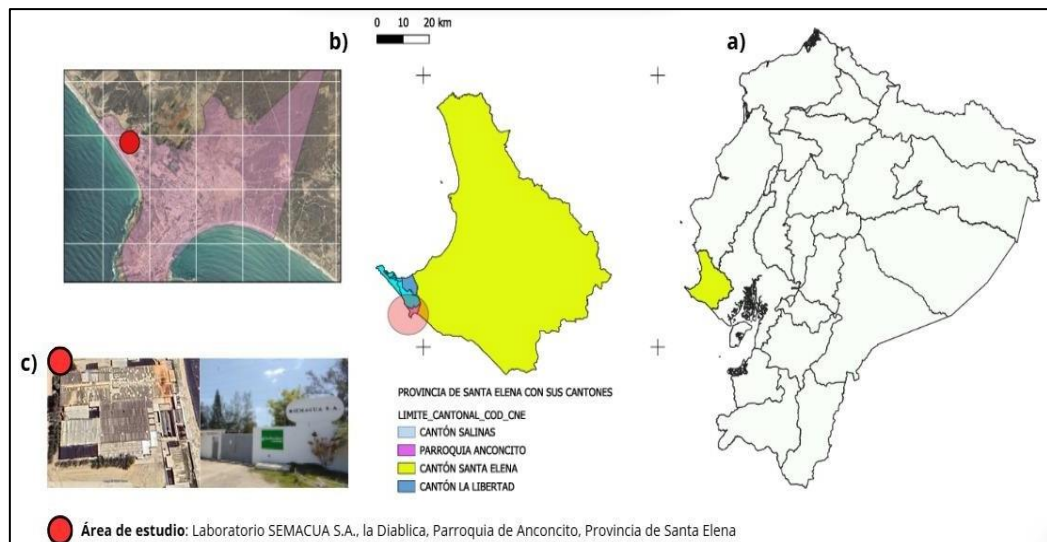
- Control de calidad.
- Comprobación del producto final.

6. METODOLOGÍA

6.1 Área de estudio

El sistema de depuración se realizó bajo condiciones controladas en el laboratorio de SEMACUA (Figura 3) ubicado en la vía Punta Carnero, Parroquia Anconcito, Cantón Salinas, Provincia de Santa Elena con las siguientes coordenadas - 2.311554 S, - 80.895298 W

Figura 3. Mapa de ubicación del laboratorio SEMACUA S.A.



Fuente: QGis y Google Earth, 2025; (modificado por Bermúdez, 2025)

6.2 Enfoque y tipo de estudio

El presente estudio se direccionó en la creación de un sistema de depuración experimental de moluscos bivalvos (*Anadara tuberculosa* y *Leukoma asperrima*) que funcione a través de desinfección física (filtros de polipropileno y luz ultravioleta) y corroborar su eficiencia tomando en cuenta criterios

cualitativos y cuantitativos, evaluando concentraciones bacterianas a través del tiempo de exposición en cada uno de los tratamientos y características organolépticas

Para el presente trabajo se pretendió crear un sistema de depuración artesanal, económico y eficaz , donde se probaron tres métodos de purificación, por lo cual en el tratamiento 1 se utilizaron filtros de polipropileno, mientras que en el tratamiento 2 se aplicó luz ultravioleta en el sistema y por último el tratamiento 3 que consideró una combinación entre el tratamiento 1 y 2; del mismo modo para contrastar la eficiencia del sistema se contó con un grupo control el cual no fue sometido a los procesos antes mencionados; en cada uno de los tratamientos se monitorearon parámetros fisicoquímicos del agua y se evaluó la carga bacteriana del medio acuático y del tejido de los organismos aleatoriamente seleccionados, así como los caracteres organolépticos de los individuos; además se obtuvo el índice de condición y el porcentaje de supervivencia poblacional por tratamiento, estas variables en conjunto permitió determinar el rendimiento del sistema de depurado de organismos bivalvos creado. El estudio se desarrolló en un sistema de depuración basado en recirculación de agua, el cual será monitoreado cada 18 horas durante un período de 120 horas por ciclo de tratamiento. La metodología incluye la implementación de análisis fisicoquímicos, organolépticos y microbiológicos para evaluar la influencia de los diferentes tratamientos sobre la calidad de los organismos bivalvos.

6.3 Fase de campo

Obtención de la muestra

Para este estudio se emplearon dos especies de moluscos y, 300 conchas prietas (*A. tuberculosa*) y 300 almejas (*L. asperrima*) comercializadas por pescadores artesanales del Puerto El Morro, Guayas respectivamente, este sitio está caracterizado por tener extensión de manglar, una vez adquiridas, se almacenaron en una hielera para mantener la frescura y transportadas a las instalaciones del laboratorio SEMACUA de Santa Elena para su posterior análisis.

Identificación de especies

La respectiva identificación taxonómica se realizó utilizando como guía las publicaciones de Narváez et al. (2019): Moluscos presentes en la Isla del Amor, Provincia del Oro: Identificación de moluscos en zonas de playas y manglar y el Catálogo de Bivalvos Marinos del Ecuador (Mora, 1990).

Manejo de las muestras

Siguiendo la metodología de Dután & Sierra (2022), las muestras se almacenaron dentro de fundas herméticas de marca ziploc medianas, estas se rotularon con la finalidad de llevar un orden específico entre especies y por cada día donde se obtuvieron las muestras, estas se almacenaron en una hielera con el objetivo de mantener la frescura y evitar procesos de descomposición o desintegración del contenido interno. Una vez en el laboratorio acondicionado se procedió a realizar la respectiva toma de datos biométricos (peso y talla) establecida por Mendoza & Alvitres (2013).

Diseño experimental

El diseño experimental estuvo conformado por un grupo control y tres tratamientos aplicados de manera secuencial (Depuración con filtros, con UV y combinada) por especie (Tabla 1). El control y los tratamientos se distribuyeron en un cronograma de cuatro semanas, siendo una semana para cada especie, bajo la misma distribución, parámetros fisicoquímicos y análisis. Además, el área fue desinfectada con sus respectivos materiales antes de cada fase experimental.

Cada tratamiento tuvo una duración de 120 horas (5 días), tiempo en el cual se realizaron monitoreos; en los tratamientos, los organismos fueron colocados en 6 gavetas, a razón de 25 organismos por cada una y a su vez estas dentro de 2 tanques (3 gavetas por tanque) de 350L que constituyen las réplicas del mismo, permitiendo una capacidad total del sistema de 150 moluscos por ciclo de depuración (75 por tanque) (Tabla 1). Estas gavetas estarán dispuestas de tres en tres en cada tanque, sin apilamiento, con una altura de 30 cm por encima del fondo del tanque, evitando contacto con los sedimentos acumulados, como heces, restos de materia orgánica, y microorganismos liberados por los moluscos durante el proceso (Lee et al., 2010). Esto es fundamental para prevenir la recontaminación de los organismos al filtrar agua en contacto con esta capa de residuos.

El proceso al que fueron sometidos los organismos incluyó alimentación, dado que la depuración duró de 24 horas, se les administró un coctel de microalgas a base de *Isochrysis* y *Dunaliella*, en una densidad de 1 litro por tanque, repartido de la siguiente manera: 500 ml en horas de la mañana y 500 ml en la noche.

Tabla 1. Distribución de organismos dentro de la estructura experimental.

Aspecto	Grupo control	T1	T2	T3
Tratamiento	Sin tratamiento	Filtro	Luz UV	Filtro + Luz UV
N° de réplicas	2	2	2	2
N° de organismos por réplicas	75	75	75	75
N° de gavetas por réplicas	3	3	3	3
N° de organismos por gaveta	25	25	25	25
Duración de tratamiento (horas)	120	120	120	120

Fuente: Bermúdez, 2025

6.4 Fase de depuración

1. **Depuración externa:** Se realizará al momento de recibir los moluscos, eliminando organismos asociados y restos de materia orgánica adheridos a las valvas.
2. **Depuración interna:** Una vez cargado el sistema y colocados los moluscos en las gavetas, se llenará el tanque hasta 250 L con agua filtrada, manteniendo la temperatura ambiente.

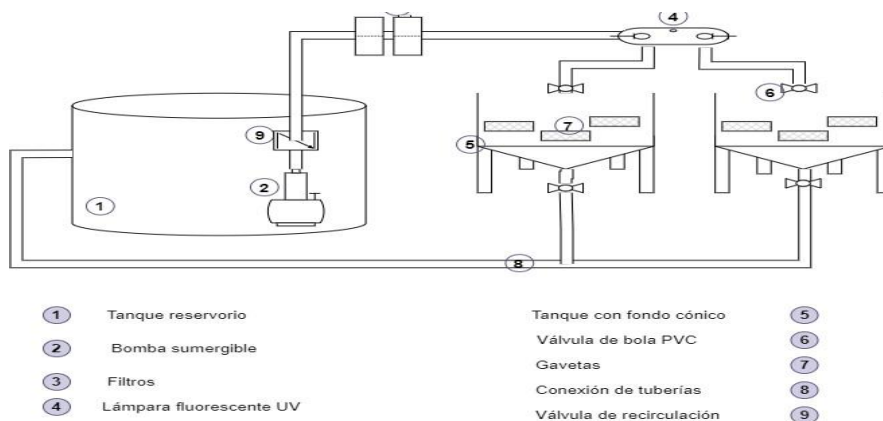
Al tiempo cero y cada 18 horas del proceso, se llevó a cabo análisis cualitativos y cuantitativos en organismos seleccionados al azar para evaluar la eficacia del sistema de depuración. Los organismos seleccionados al azar se analizaron cada 18 horas por cada tratamiento y simultáneamente servirán como referencia para comparar con los resultados entre las muestras depuradas.

Posterior al ciclo de depuración de cada especie, el sistema fue sometido a una limpieza y desinfección, el período de reposo para la reutilización del sistema fue de una semana

Diseño del sistema

El sistema de depuración estuvo compuesto por un tanque de polietileno de alta densidad con capacidad de 1 tonelada, 2 tanques de 350L (llenado de 300L para evitar rebose) seis gavetas perforadas de material HDPE (polietileno de alta densidad) (Moreno & Noblecilla, 2021), dos filtros de polipropileno para la eliminación de partículas suspendidas, una lámpara de luz ultravioleta (UV) para la inactivación de microorganismos, tuberías de PVC de 1 pulgada, válvulas de bola PVC y una bomba sumergible TRUPER de plástico Agua Limpia de 1 HP que estará ubicada a un tanque auxiliar con agua previamente filtrada, que permitirá la recirculación constante del agua (Figura 4).

Figura 4. Diseño experimental de Sistema de depuración para *A. tuberculosa* y *L. asperima*



Fuente: Bermúdez, 2025

Cálculo de capacidad de carga del sistema de depuración

Para determinar la capacidad de carga primero se va a calcular el área del tanque mediante la siguiente fórmula:

$$A = \pi x r^2$$

Donde:

A = área del círculo

r = longitud del radio del círculo

Dado que no existen valores estandarizados de carga para *Anadara tuberculosa* y *Leukoma asperima* en sistemas de depuración a pequeña escala, se tomarán como referencia las cargas máximas estipuladas por Lee (2010) para sistemas de diseño estándar de mejillones *Mytilus edulis* (90 kg) para *Anadara tuberculosa* y berberechos *Cerastoderma edule* (30 kg) para *Leukoma asperima*, adaptándolas a una escala experimental de 550-600 litros, las cuales cuentan con una talla de comercialización de 5cm y 3,5cm respectivamente.

El número de individuos a depurar se determinó mediante la fórmula sugerida por Moreno & Noblecilla (2021):

$$N_{\Gamma} = \frac{Lg(m)}{Tc(m)}$$

$$N_{\Gamma} = \frac{Ag(m)}{Tc(m)}$$

$$N_t = N_1 \times N_2$$

$$N_{sistema} = N_t \times N_{gavetas}$$

$$M_{total} = M_{Tc} \times N_{sistema}$$

Donde:

N_1 = Número de individuos en el contorno largo de la gaveta

N_2 = Número de individuos en el contorno ancho de la gaveta

T_c = Talla de comercialización (m)

L_g = Largo de la gaveta

A_g = Ancho de la gaveta

N_t = Número total de individuos por gaveta en una sola capa

$N_{sistema}$ = Número de conchas o almejas del sistema

$N_{gavetas}$ = Número de gavetas del sistema

M_{total} = Masa total del sistema (kg)

M_{Tc} = Masa de la talla de comercialización (kg)

Estos datos sirven para verificar el soporte de carga del tanque y la selección de las gavetas. Se calculó el número total de individuos del sistema con carga llena en sus seis gavetas: $N_{sistema} = N_t \times N_{gavetas}$ y con este resultado se obtuvo la masa total del sistema dada por la siguiente ecuación:

$$M_{total} = \text{Peso de individuo} \times \text{Número de individuos.}$$

Caudal ajustado

Debido a las características de la bomba sumergible, el caudal proporcionado era superior al necesario, por lo tanto, se realizó un ajuste mediante el método de estrangulamiento de válvula, es decir, se redujo el caudal instalando una válvula bola reguladora en la línea de salida. Asimismo, siguiendo las recomendaciones de Moreno & Noblecilla (2021) se realizó un ajuste manual mediante bypass para recircular el exceso de agua de regreso al tanque.

Se utilizó la fórmula establecida por Moreno & Noblecilla (2021):

$$Q_{real} = Q_{real} \times f$$

Donde:

f = factor de ajuste (válvula reguladora)

$$f = \frac{Q_{ajustado}}{Q_{bomba}}$$

Cálculo para volumen de agua de circulación en filtros

Para proceder con este cálculo se inició a partir del caudal de operación, el cual fue 8L/min, teniendo en cuenta que el volumen a trabajar fue de 300 litros. Para hallar el tiempo que llevó en vaciarse, número de recirculaciones y la cantidad de veces que el fluido atravesó los filtros durante el período de 72 horas se utilizó las siguientes expresiones establecidas por Moreno & Noblecilla (2021):

$$Q_{sistema} = \frac{V_{sistema}}{t_{vaciado}}$$

Donde:

Q_{sistema} = caudal del sistema (8L/min)

V_{sistema} = volumen del sistema (m^3/s)

t_{sistema} = tiempo necesario para vaciado de tanque (s)

$$\text{Número de recirculaciones} = \frac{t_{\text{minutos}}}{t_{\text{vaciado}}}$$

$$\text{Capacidad del filtro} = \text{Número llenado} \times \text{Volumen sistema}$$

6.5 Fase de laboratorio

Datos biométricos

Los moluscos fueron medidos de manera individual con un Vernier calibrador digital electrónico con un rango de medición de 0-4mm” / 0-100mm el cual permitió medir con precisión la longitud total (LT), la altura de la valva (L) y el ancho de la valva (A) como observamos en la Figura 5. También se determinó el peso total (PT) y el peso del tejido húmedo (TH) de cada organismo con una balanza de precisión de 0.1g.

Figura 5. Datos biométricos de los organismos



Fuente: Bermúdez, 2025

Protocolo de manejo

Se registrarán los detalles de los moluscos bivalvos recibidos, las horas de inicio y finalización de la depuración, se registrará la temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH, nitritos y amonio utilizando un oxigenómetro, refractómetro, pHmetro y un kit de parámetros API Máster.

➤ Variables fisicoquímicas

Las conchas prietas y almejas se analizaron bajo los mismos parámetros, y se llevó el monitoreo diario de estos parámetros cada 18 horas durante cada ciclo de depuración que durará 120 horas por réplica (Lee et al., 2010).

De acuerdo con Cáceres & Vásquez (2014), el tiempo de depuración depende de la efectividad en la eliminación contaminantes, y debería adaptarse a los parámetros físico – químicos según la especie a depurar, es decir condiciones óptimas que permitan la filtración normal de los moluscos bivalvos. Dentro de los parámetros físico – químicos la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, nitritos y amonio (Tabla 2), son los principales factores de control que se deben mantener dentro de los rangos estipulados para las especies a depurar y así evaluar la efectividad del sistema de depuración (Dután & Sierra, 2022).

Tabla 2. Parámetros a evaluar durante la depuración.

Parámetros para evaluar	Rango	Autor/es
Temperatura	26 a 30 °C	(Cruz, 2014; Romero & Andrés, 2021)
Salinidad	19 a 23 ups 19 a 35 ups	(Oesa, 2017; Romero & Andrés, 2021) (Lee et al., 2010)
Oxígeno disuelto	niveles mínimos de oxígeno de 50%	(Lee et al., 2010)
pH	no inferior a 6,5	(Dután & Sierra, 2022)
Alcalinidad	100 a 180 mg/L	(Boyd, 1998)
Nitritos	0,00 mg/L	(Jensen, 2003)
Amonio	0,00 mg/L	(Mann & Ryther, 2017)

➤ **Variables biológicas**

Los estudios realizados para determinar la concentración de microorganismos presentes en los moluscos bivalvos, se realizaron cada 18 horas desde el inicio de cada tratamiento de depuración, lo que permitió corroborar el correcto funcionamiento del sistema (Lee et al., 2010). Las variables biológicas tomadas en cuenta en este trabajo investigativo fueron: Evaluación Organoléptica, Análisis microbiológicos, Índice de Condición, y Porcentaje de Supervivencia (Dután & Sierra, 2022).

Evaluación Organoléptica

Se escogieron 5 organismos de cada especie para evaluarlos según los parámetros sugeridos por Cabello et, al. de la tabla 3 que incluye parámetros como el estado de las valvas, líquido intervalvar, olor y estado del músculo, los cuales son evaluados en una escala de 0 a 3 para determinar la frescura y calidad del producto. Los moluscos con puntajes promedio menores a 3 son considerados aptos para el consumo.

Tabla 3. Parámetros de frescura para moluscos bivalvos en estudio.

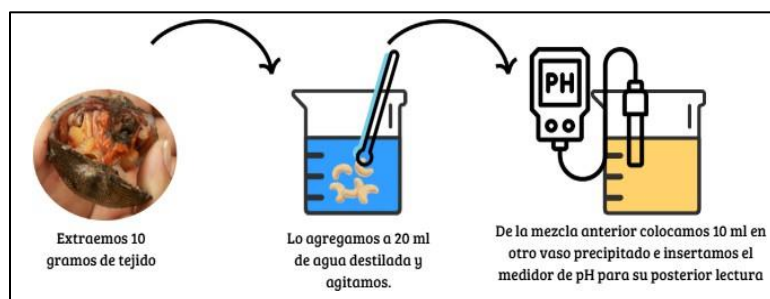
CARACTERÍSTICAS	ESCALAS							
	0		1		2		3	
	A. <i>tuberculosa</i>	L. <i>asperrima</i>	A. <i>tuberculosa</i>	L. <i>asperrima</i>	A. <i>tuberculosa</i>	L. <i>asperrima</i>	A. <i>tuberculosa</i>	L. <i>asperrima</i>
Valvas	Cerradas, de estar abiertas deben cerrarse al contacto o al golpearlas.		Semiabiertas, no cierran al contacto.		Abiertas con algo de flexibilidad.		Abiertas y con tendencia a separarse al manipularlas.	
			Fácil abertura de valvas.					
	Enteras		Huecos					
Color externo de valvas	Negro vivo	Blanco tiza a grisáceo con manchas café	Negro opaco	-	Opaco	-	Verde	Café
Líquido intervalvar	Brillante y sin olor	Cristalino y sin olor	Opaco y viscoso		Poco líquido viscoso y con olor		Sin líquido	
	Color negro	Ligeramente blanquecino						
Olor	Característico, fresco		A mar		Ligeramente ácido		Francamente ácido y nauseabundo	
Músculos y órganos	Húmedo		Húmedo		Semihúmedo		Seco	
	Adherido a las valvas y de aspecto esponjoso				Se sueltan fácilmente de las valvas		Desprendido	
	Color brillante		Adherido a las valvas		Se tornan chocolatosas	Se tornan amarillentas	Pérdida de colores característicos	
	Consistencia firme		Se mantiene el color					
Gónadas	Adheridas a valvas y firmes		Adheridas a valvas y firmes		Poco firmes		No firmes y separadas de las paredes de las conchas	

Fuente: (Cabello, et al., 2004; Prado, et al., 2021); (Modificado por Bermúdez, 2025)

Determinación del pH del tejido de las conchas prietas y almejas

Para verificar que durante el proceso de depuración, las conchas prietas y almejas no experimenten cambios en sus procesos metabólicos e indiquen un cambio en el pH, lo que podría afectar su salud y la calidad del producto final, se homogeneizaron 10gr de tejido en 20ml de agua destilada estéril utilizando un agitador; el valor del pH del homogeneizado se determinó con un medidor de pH digital calibrado para ambas muestras tratadas y no tratadas como se describió anteriormente, posterior a esto, se procedió a colocar 10ml de muestra homogeneizada en un vaso precipitado de 100ml y se insertó el medidor de pH en la muestra, se dejó reposar alrededor de 30 segundos para su posterior lectura, así como se puede observar en la Figura 6 (Emoghene et al., 2021).

Figura 6. Medición de pH de tejido en muestras



Fuente: Bermúdez 2025

Análisis microbiológicos

Se realizaron pruebas microbiológicas a todos los tratamientos, cada 18 horas desde que inicia la depuración para cada especie. Para este proceso se procedió a limpiar los organismos de cualquier suciedad con solución de hipoclorito (20mg/L), se enjuagaron con agua destilada estéril, continuando con

el proceso de descascarar con un cuchillo esterilizado.

➤ **Muestras para análisis**

Se obtuvieron muestras de los organismos de ambos tanques seleccionados aleatoriamente, una vez recolectadas se llevaron a realizar los análisis en el Laboratorio de genética.

Medios de cultivo utilizados

➤ **Agar TCBS (Tiosulfato Citrato de Sales Biliares)**

Para la detección selectiva de bacterias del género *Vibrio*, se utilizó el medio TCBS (Tiosulfato Citrato Sales Biliares Sacarosa Agar), siguiendo los protocolos establecidos por el Bacteriological Analytical Manual (U.S. Food and Drug Administration (FDA), 2001) y Pavone (2020). Se preparó una solución utilizando 80 mL de agua destilada previamente esterilizada en autoclave, a la cual se le añadieron 7,12 g de agar TCBS, ajustando la concentración de cloruro de sodio al 0,5 % (p/v), acorde con la salinidad del medio de cultivo. La mezcla se calentó en un agitador magnético con calentador IKA C-MAG HS hasta alcanzar el punto de ebullición y se mantuvo hirviendo entre 1 y 2 minutos para asegurar la completa disolución y homogeneización del medio. Posteriormente, se dejó enfriar hasta una temperatura aproximada de 45 °C (Figura 7). Bajo condiciones estériles, dentro de una campana de flujo laminar, se distribuyeron 20 mL del medio en cada placa Petri estéril, obteniendo un total de ocho placas por punto de muestreo, de las cuales cuatro correspondieron al Tanque 1 y cuatro al Tanque 2, repitiéndose este esquema en cada intervalo horario de análisis.

Figura 7. Preparación de agar selectivo de Vibrios TCBS



Fuente: Bermúdez, 2025

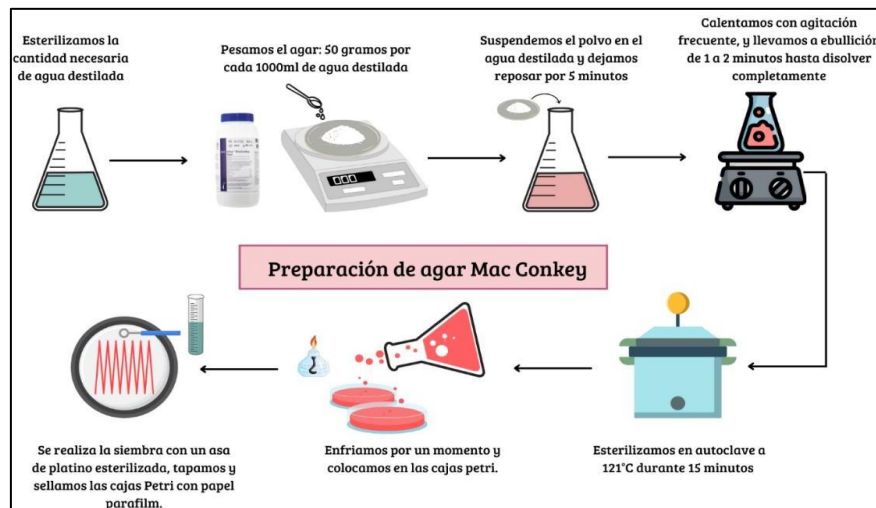
El medio TCBS permitió la identificación de colonias de *Vibrio* spp. por su coloración amarilla distintiva, facilitando el recuento bacteriano dentro del rango aceptado de 30 a 300 colonias por placa (Pavone, 2020), como parte del monitoreo microbiológico de los sistemas experimentales en estudio.

Agar Mac Conkey

La preparación del agar MacConkey se la realizó bajo las pautas de Atlas (2004), donde se disolvieron 4 gramos del medio en 80 mL de agua destilada, calentando con agitación hasta ebullición. La mezcla fue esterilizada en autoclave a 121 °C durante 15 minutos, enfriada a 45–50 °C y vertida en placas Petri estériles, a razón de 20 mL por placa (Figura 8). Se utilizaron ocho placas Petri por cada punto de análisis: cuatro correspondientes al Tanque 1 y cuatro al Tanque 2,

garantizando la representatividad del ensayo.

Figura 8. Preparación de agar MacConkey



Fuente: Bermúdez, 2025

Siembra de muestra

➤ *Vibrios spp.*

La obtención de muestras de *Vibrio spp.* se basó en la técnica utilizada por Asanza, et al., 2024 que consistió en la extracción de al menos 0.5 mL de muestra y su posterior siembra mediante diluciones seriadas en una relación de 1/1000. Para la siembra, se aplicó la técnica de aislamiento por banco de 3 diluciones sucesivas: 1/10, 1/100, y 1/1000. Inicialmente, se obtuvo una muestra de 1000 μ L, de la cual se realizaron diluciones sucesivas utilizando 900 μ L de solución salina estéril al 2%, agitando con un Vórtex para reducir la carga bacteriana.

➤ ***Escherichia coli***

Para el análisis microbiológico de las muestras, se tomó 1 gramo de tejido por muestra, el cual fue macerado y suspendido directamente en 9 mL de solución salina estéril (0,85% NaCl), respetando la proporción 1:10 establecida para análisis microbiológicos cuantitativos (ISO, 2004). En *E. coli*, mediante siembra en agar Mac Conkey no se realizó preenriquecimiento previo, dado que se buscó detectar directamente la presencia de bacterias viables en el momento de la toma de muestra. Posteriormente, se colocaron 1000 µL de cada dilución en su respectiva caja Petri con medio MacConkey. La siembra se realizó utilizando la técnica de extensión en superficie, mediante movimientos en zigzag con un asa de vidrio tipo Drygalski, previamente esterilizada al calor. Esta técnica permite distribuir uniformemente la muestra sobre el medio sin dañarlo (Atlas, 2004).

Las placas fueron incubadas en posición invertida en una incubadora MEMMER Model INE-53L, a 37 °C durante 24 horas, condiciones óptimas para la detección de *E. coli* (FDA, 2001).

Identificación de colonias

➤ **Agar TCBS**

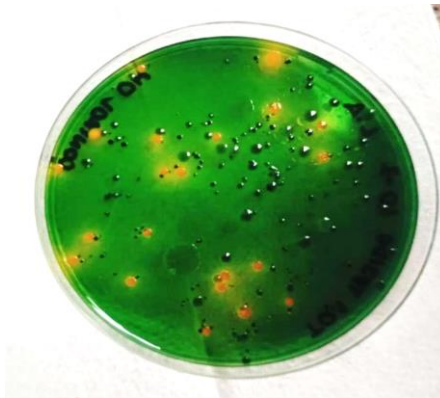
El agar TCBS (Thiosulfate Citrato Bile Salt), es un medio de cultivo selectivo empleado en el aislamiento, identificación y diferenciación de especies de bacterias pertenecientes al género *Vibrio* (Tabla 4), especialmente *Vibrio cholerae* y *Vibrio parahaemolyticus* (Figura 9) gracias a su pH de 8,6 y 0,5% de NaCl posee la capacidad de inhibir el crecimiento de bacterias acompañantes como Enterobacteriaceae, Pseudomonas y bacterias grampositivas (BioSer, 2025).

Tabla 4. Características presentes en colonias sembradas en agar TCBS

Microorganismo	Apariencia típica de la colonia
<i>Vibrio cholera</i>	Amarillo
<i>Vibrio fluviales</i>	Amarillo
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Verde azulado
<i>Vibrio vulnificus</i>	Amarillo verdoso

Fuente: (TM MEDIA, 2018)

Figura 9. Colonias de Vibrios presentes en Agar TCBS



Fuente: Bermúdez, 2025

➤ **Agar MacConkey**

Este agar es un medio selectivo para aislar y diferenciar bacterias gramnegativas especialmente las pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae (Tabla 5). El aislamiento en este medio, permite identificar bacterias que fermentan la lactosa (colonias rosas) (Figura 10) o las que no fermentan (colonias incoloras). Es recomendado para la identificación de E. coli (Libre texts Biology, 2025).

Tabla 5. Características de colonias que crecen en el agar MacConkey

Microorganismo	Reacción, característica
<i>Escherichia coli</i>	Buen crecimiento, no mucoide, redonda, precipitado opaco con sales biliares- colonias de color rojo rosa
<i>Salmonella enteritidis</i>	Buen crecimiento, incolora, transparente o ámbar. Agar amarillo alrededor de la colonia
<i>Shigella dysenteriae</i>	Buen crecimiento, incolora a rosa pálido, traslúcida, colonias incoloras

Fuente: (CONDALAB, 2021)

Figura 10. Colonias de *E. Coli* presentes en agar MacConkey, se presentan en color rosa o fucsia intenso.



Fuente: Bermúdez, 2025

Conteo UFC

El número de UFC por gramo de muestra se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{UFC}{ml} = \frac{\text{Número de colonias} \times \text{factor de dilución}}{\text{Volumen de la muestra}}$$

6.6 Índice de Condición y Supervivencia de *Anadara tuberculosa* y *Leukoma asperrima*

Se determinó el índice de condición (IC) y el porcentaje de supervivencia acumulada (%S) para cada especie antes y después de la depuración.

El índice de condición (IC) determinó si las condiciones ambientales, como la calidad del agua, temperatura o salinidad, favorecieron el crecimiento y bienestar o si las condiciones del sistema afectan negativamente al organismo; este relaciona el peso del tejido del organismo con su peso total. El IC será calculado utilizando la fórmula descrita por Lucas & Beninger (1985):

$$IC = \frac{PH (g)}{PT(g)} \times 100$$

Dónde:

IC= Índice de condición

PH= Peso del tejido húmedo

PT= Peso total de la concha

El porcentaje de supervivencia acumulada (%S) para ambas especies se calculó utilizando la ecuación descrita por Flores Vergara (2006):

$$\%S = \frac{N_t}{N_0} \times 100$$

Dónde:

S = Supervivencia (%)

N_0 = Número de especies al inicio del experimento

N_t = Número de especies al tiempo t

6.7 Análisis de resultados

El análisis de datos se realizó iniciando por la prueba de normalidad mediante Anderson-Darling, efectuada en el software estadístico MINITAB. Esta prueba permitió verificar si los datos siguen una distribución normal, este paso resulta fundamental antes de aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas. Debido a que los resultados indicaron que los datos obtenidos en este trabajo no siguen una tendencia normal, se prosiguió a aplicar estadísticos no paramétricos como el test de Kruskal-Wallis utilizando el programa STATGRAPHICS Centurion XVI.I, con la finalidad de comparar medianas entre grupos, posterior a la prueba de Kruskal-Wallis, que permitió identificar diferencias globales entre los tratamientos aplicados, se procedió a realizar la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF) la cual permitió identificar específicamente entre qué pares de tratamientos existieron diferencias significativas, proporcionando un análisis más detallado sobre la eficacia de cada tratamiento.

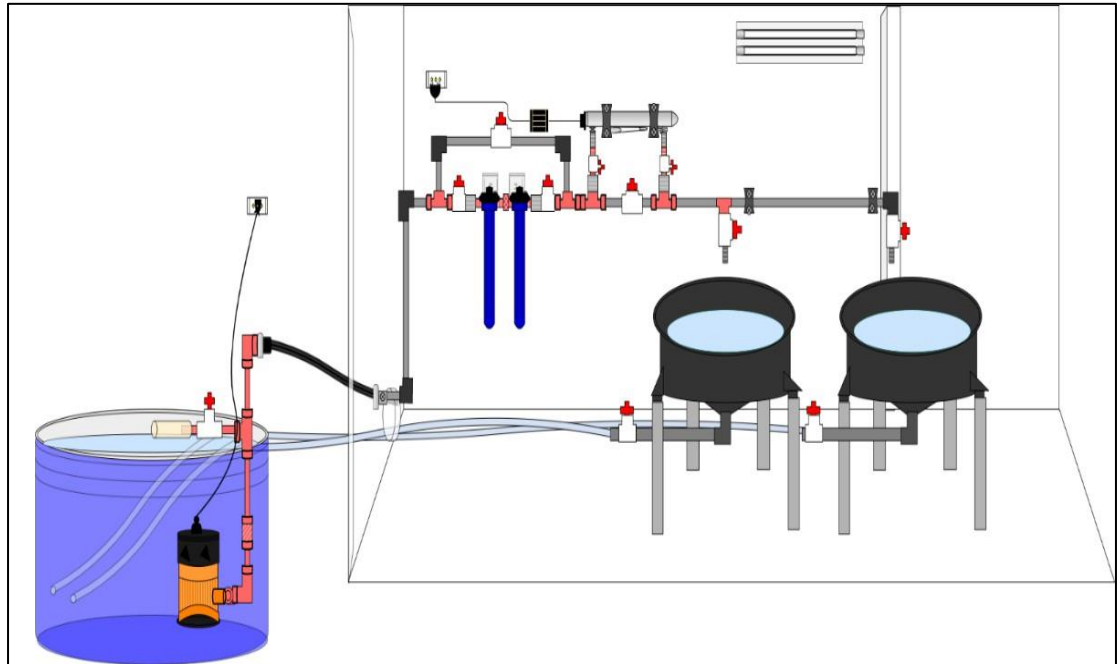
Además, se utilizará un análisis de comparación para determinar la concentración bacteriana existente en relación al tiempo de depuración y la eliminación de microorganismos

7 RESULTADOS

Diseño del sistema

El sistema de depuración fue diseñado a base de dos tanques de polietileno de alta densidad con capacidad de 350 (L) los cuales se llenaron hasta 300L para evitar el que rebosen, estos estuvieron conectados entre sí mediante tuberías de PVC de 1 pulgada y válvulas de bola PVC con la finalidad de facilitar la recirculación del agua y a su vez conectados a un tanque reservorio de 1 tonelada con flujo semi abierto para permitir la entrada constante de agua filtrada y purificada en los tanques a través de una bomba sumergible TRUPER de plástico de 1 HP. Dentro de cada tanque se ubicaron 3 gavetas perforadas de material HDPE con una capacidad de 20 L colocadas a una distancia de 30 cm del fondo para evitar el contacto de los organismos con el agua contaminada de desechos provenientes de resto de alimento y excreciones, se instaló asimismo un filtro de piola en cada tanque para la eliminación de partículas suspendidas. Además, también se añadió luz ultravioleta al realizar el tratamiento depurador utilizando este medio de desinfección (Figura 11 y 12).

Figura 11. Esquema del diseño del sistema depurador que se instaló



Fuente: Bermúdez, 2025

Figura 12. Instalación del sistema de depuración



Asimismo, cabe mencionar que el caudal inicial al que estuvieron sometidos los tanques fue de 208L/min, por lo que al constatar que la velocidad no era la adecuada, se realizó un ajuste del mismo mediante la aplicación de la fórmula de caudal para llegar a la velocidad óptima para el cultivo, lo cual se realizó mediante la instalación de una válvula de bola para reducir el caudal a 8L/min. En la tabla 6 presentada a continuación se detallan las características y funcionamiento del sistema de depuración:

Tabla 6. Datos característicos del Sistema de Depuración.

Parámetro	Resultado
Tiempo de llenado por tanque (300 L)	37.5 minutos
Tiempo de vaciado por tanque (300 L)	37.5 minutos
Recirculaciones por ciclo (72 h)	115 recirculaciones
Recirculaciones por hora	1.6 recirculaciones
Volumen total en 2 tanques	600 L
Organismos por tanque	75 organismos
Organismos por ciclo (2 tanques)	150 organismos
Organismos por especie (4 ciclos)	600 organismos
Masa total por tanque	9 kg
Masa total por ciclo (2 tanques)	18 kg
Masa total por especie (4 ciclos)	72 kg
Caudal ajustado	8L/m (480L/h)
Diámetro de tubería	18,4mm

En el presente trabajo se evaluó la efectividad de un sistema de depuración utilizando 3 métodos y un control (T0= control, T1= filtro, T2= UV,

T3= filtro + UV), a partir de análisis físico – químicos, microbiológicos y organolépticos, valorando la presencia de unidades formadoras de colonias (UFC) en dos medios selectivos de cultivo agar TCBS para identificación de Vibrios y agar MacConkey para identificación de *E. coli* (Figura 13 y 14).

Figura 13. UFC pertenecientes al género *Vibrio* aisladas en medio agar TCBS en la hora 0, tratamiento 0. A) *Leukoma asperrima* B) *Anadara tuberculosa*

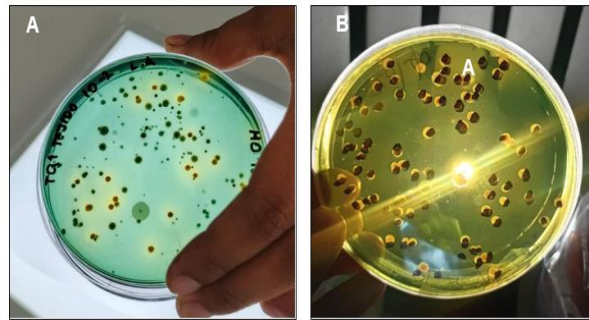
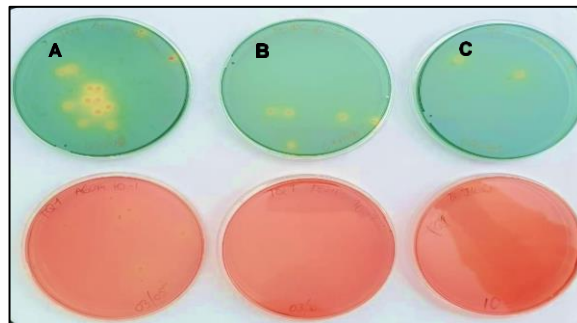


Figura 14. UFC presentes en agar TCBS (verde) y agar MacConkey (rosa) aisladas en los 3 tratamientos, hora 18 en la especie *L. asperrima*. A) Filtro, B) UV, C) Filtro/UV



Variables físico-químicas

Dentro del marco de análisis de variables físico – químicas, al establecerse parámetros controlados dentro de la etapa de depuración tanto en *A. tuberculosa* como *L. aspérrima*, se midieron salinidad, pH, oxígeno disuelto, saturación, amonio, nitrito y alcalinidad del agua dentro del sistema, los cuales fueron tomados cada 18 horas, durante el período de cada tratamiento. En las figuras 15 y 16, se puede constatar la estabilidad de los parámetros en donde la salinidad se mantuvo en un rango entre 33 y 36,7 ppm, el pH fue constante manteniéndose neutro (7), el oxígeno disuelto en rangos de 5-6,2, asimismo la saturación de oxígeno se encontró de manera contante en rangos óptimos de 92-94%, la presencia de amonio fue mínima presentando valores entre 0.25 y 1, no se registró presencia de nitritos y la alcalinidad presentó valores entre 127 y 139.

Figura 15. Parámetros físico - químicos registrados por hora en los tratamientos de *A. tuberculosa*

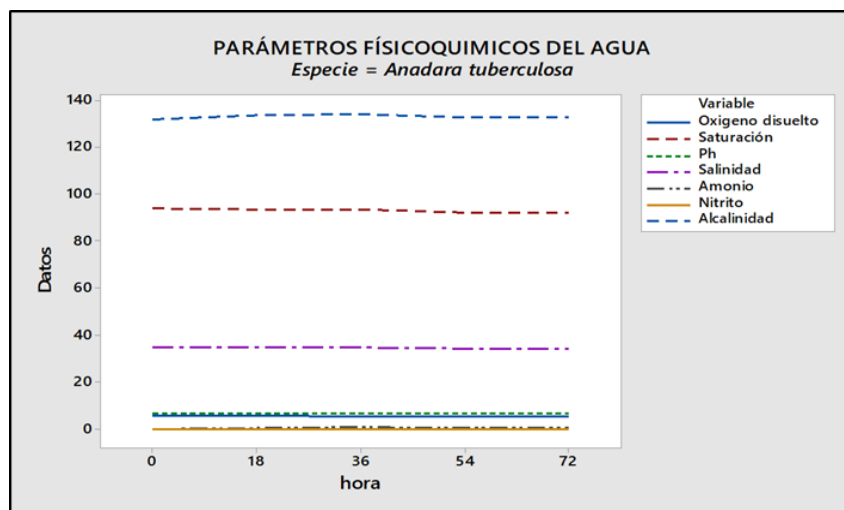
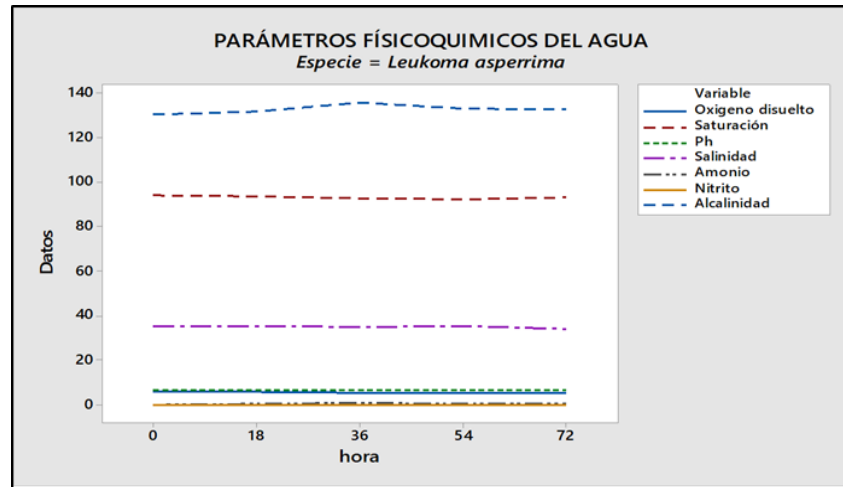


Figura 16. Parámetros físico - químicos presentados por hora en los tratamientos de *L. asperima*.



Al realizar el análisis detallado de datos paramétricos registrados entre los distintos tratamientos de las especies evaluadas, se puede observar que existe una tendencia de comportamiento similar entre los mismos, determinando así, que no existe diferencias significativas ($p > \alpha$) entre los datos de las variables fisicoquímicas analizadas por cada tratamiento en ambas especies estudiadas (figura 17 y 18).

Figura 17. Parámetros físico- químicos del agua por tratamiento para la especie *A. tuberculosa*

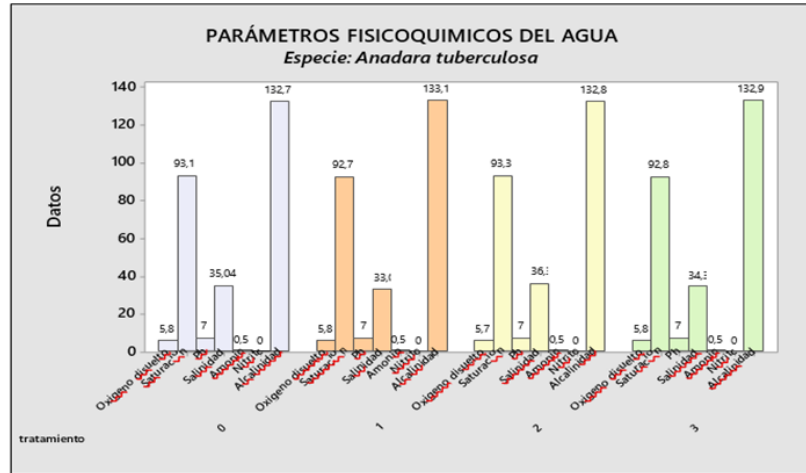
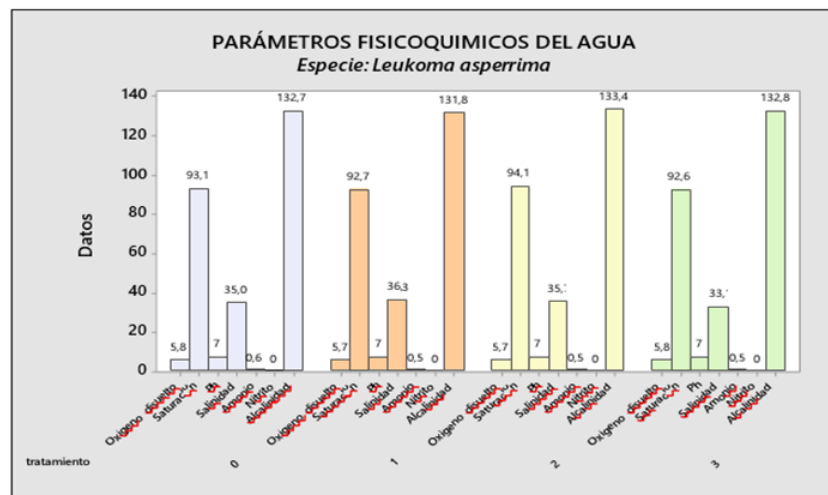


Figura 18. Parámetros físico - químicos del agua registrados por tratamiento en la especie *L. asperirma*

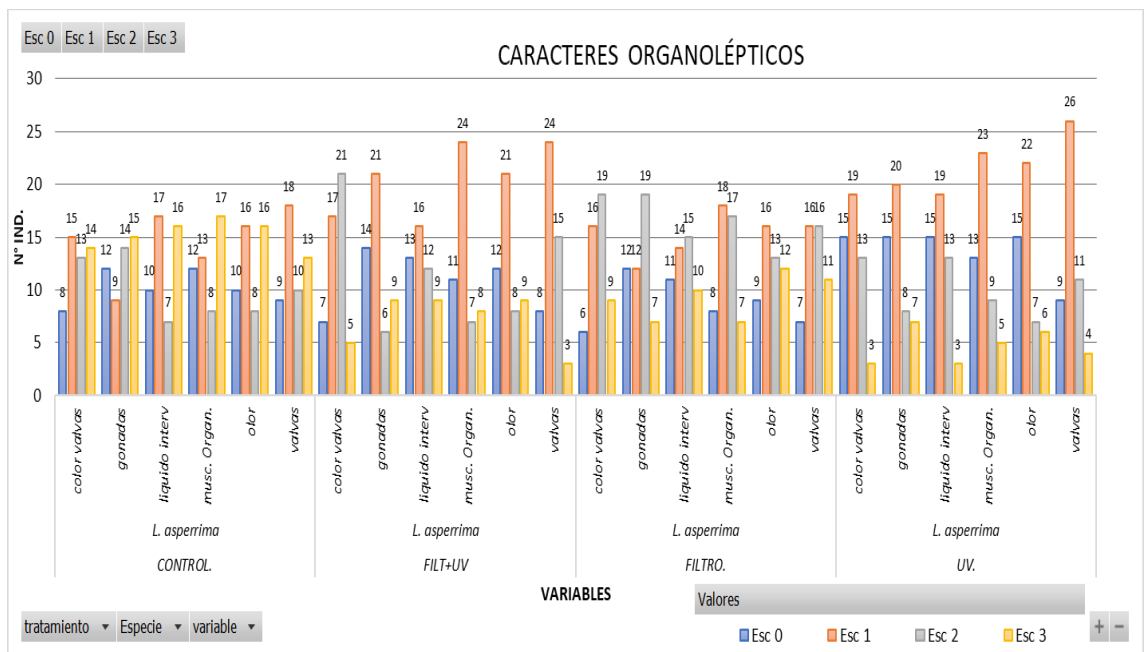


Evaluación organoléptica

Los datos provenientes de las evaluaciones organolépticas se

determinaron mediante escalas numeradas de 0 a 3 (siendo 0 el nivel más óptimo y 3 el nivel menos favorable). En la figura 19 se muestran los caracteres organolépticos de *Leukoma asperima*, en donde se evidencia que el tratamiento 3 presenta más individuos en escala 0 y 1 (82 esc. 0 y 129 esc. 1), siendo los organismos con mejor calidad en torno a sus características, seguido del tratamiento 1 con 65 de los individuos analizados en escala 0 y 1, 2, 3 en escala 1, en cuanto a las diferentes variables analizadas.

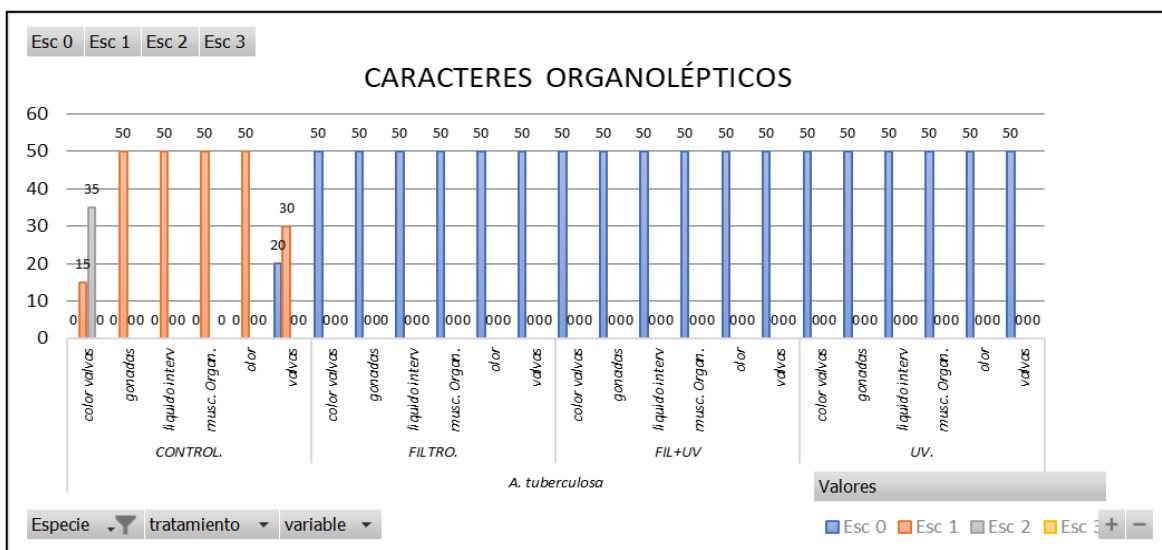
Figura 19. Evaluación organoléptica de *Leukoma asperima*



De la misma manera, al evaluar los niveles organolépticos establecidos para la especie *Anadara tuberculosa* se logra evidenciar el buen estado de los organismos

en los tratamientos 1, 2 y 3, donde el 100% de las variables de los organismos evaluados se encontraban en escala 0, mientras que, en el control, la mayor cantidad de individuos se encontraron en escala 1, tal cual se puede observar en la figura 20.

Figura 20. Evaluación organoléptica *Anadara tuberculosa*



Comparación entre tratamientos respecto a la evaluación organoléptica

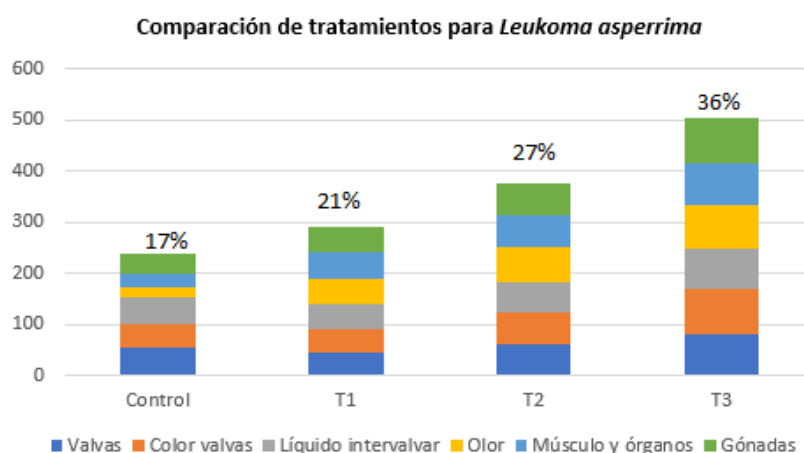
Por otro lado, la Figura 21 muestra la comparación de los tratamientos aplicados a *Leukoma asperima* en función de la evaluación organoléptica, considerando seis parámetros sensoriales: valvas, color de las valvas, líquido intervalvar, olor, músculo y órganos, y gónadas. Estos aspectos permiten valorar la calidad visual y olfativa del molusco después de la depuración, siendo cada uno representado en barras apiladas por tratamiento.

Cabe recalcar que el tratamiento T3 obtuvo el mayor porcentaje de mejora organoléptica con un 36%, superando significativamente al grupo control, que registró apenas un 17%. Este resultado sugiere que T3 favoreció la recuperación o

mantenimiento de mejores condiciones organolépticas, lo que podría estar relacionado que el filtro + el UV al trabajar juntos se logra obtener mejor resultados.

Por otro lado, el tratamiento T2 también mostró una mejora notable (27%), lo que indica que, aunque su efectividad fue menor en comparación con T3, aún representó una mejora significativa respecto al control. T1, por su parte, presentó un aumento menor con un 21%. Al observar los colores de las barras apiladas, se evidencia que las diferencias más marcadas entre los tratamientos se encuentran principalmente en las variables de olor, músculo y órganos y gónadas, las mismas que son consideradas importantes para la aceptación del producto por parte del consumidor. Este resultado es consistente con lo reportado en la literatura, donde se indica que el olor y la textura del tejido blando son indicadores críticos de frescura y calidad (Arakawa et al., 2020).

Figura 21. Comparación de tratamientos para *Leukoma asperima*

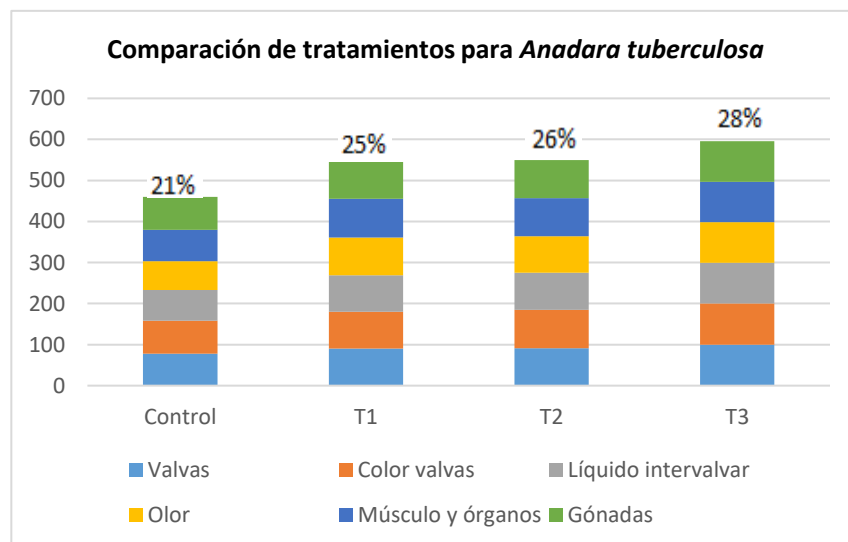


Por lo consiguiente, en la Figura 22 se aprecia la comparación de tratamientos frente al control en la especie *Anadara tuberculosa* que todos los tratamientos obtuvieron una

mejora organoléptica frente al grupo control, que obtuvo un 21% del porcentaje total. En particular, el tratamiento T3 alcanzó el mayor valor con un 28%, seguido de T2 con un 26% y T1 con un 25%. Esta tendencia creciente indica que, a medida que se ajustó el tratamiento, hubo una mejora progresiva en las características sensoriales del molusco.

El tratamiento T3 resultó el más eficiente, evidenciando una mejora de 7 puntos porcentuales respecto al control lo que podría estar relacionado con una mejor eliminación de microorganismos o impurezas no deseadas durante la depuración, lo que se manifiesta en un líquido intervalvar brillante, mejor olor, y tejidos más limpios, atributos claves para la aceptación del producto en el mercado. Aunque las diferencias entre los tratamientos son relativamente cercanas, es importante señalar que incluso pequeñas mejoras pueden ser relevantes desde el punto de vista comercial, sobre todo en productos destinados al consumo directo. El hecho de que los tres tratamientos hayan superado al control confirma que la depuración tuvo un efecto positivo, aunque T3 fue el que proporcionó mejores resultados.

Figura 22. Comparación de tratamientos para *Anadara tuberculosa*



pH del tejido

El pH del tejido blando en estos organismos permitió evaluar la frescura y la calidad del organismo, además de reflejar indirectamente el estado fisiológico y microbiológico del animal durante el proceso de depuración. En el caso de *Anadara tuberculosa*, el comportamiento del pH fue relativamente estable a lo largo del tiempo experimental, oscilando entre valores de 6.0 y 7.0. Este intervalo se considera aceptable, ya que valores muy ácidos pueden indicar deterioro o actividad bacteriana excesiva. Por consiguiente, los resultados obtenidos en *Anadara tuberculosa* sugieren una condición fisiológica favorable, que no solo evidencia la eficacia del tratamiento de depuración, sino también una adecuada estabilidad biológica durante todo el proceso.

En contraste, *Leukoma asperima* mostró un patrón diferente y más marcado en la evolución del pH del tejido. Al inicio del experimento (hora 0), el control y los tres tratamientos analizados (Control, T1, T2 y T3) presentaron un pH uniforme de 6.0, reflejando un estado inicial comparable al de *Anadara tuberculosa*. Sin embargo, conforme avanzó el tiempo, se observó un descenso progresivo y sostenido en el pH de los tejidos en el Control (0) y en T1. A las 18 horas, los valores ya habían descendido a un rango de 5.8–5.9 en los tratamientos 0 y 1, mientras que el tratamiento 2 y el tratamiento 3 lograron mantenerse estables en 6.0.

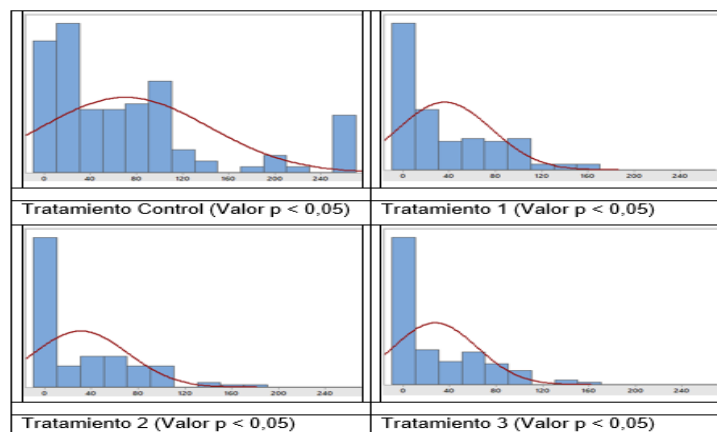
Para la hora 36, las variaciones fueron más notorias: el pH descendió hasta rangos de 5.5–5.7 en los tratamientos 0 y 1, mientras que el tratamiento 2 y el tratamiento 3 se mantuvieron sin cambios en 6.0. Esta tendencia descendente continuó con mayor intensidad hacia las 54 y 72 horas: en el Control se alcanzaron mínimos de 5.0–5.2 a la hora final, y en el tratamiento 1 también se registró un descenso claro (5.2–5.4). El tratamiento 2 mostró una reducción más moderada (5.3–5.5), mientras que el tratamiento 3 se mantuvo con valores relativamente más altos (5.6–5.8) incluso a las 72 horas.

De manera consistente con esta evolución del pH, el análisis organoléptico realizado en *Leukoma asperrima* confirmó la presencia de deterioro sensorial progresivo en la especie, lo que evidencia la relación entre la acidificación progresiva y el deterioro organoléptico. Mientras que el Control mostró una acentuada caída del pH acompañada de características sensoriales desfavorables, los tratamientos aplicados lograron analizar este deterioro en mayor o menor medida, destacándose el tratamiento 3 por mantener valores de pH más estables hacia el final del experimento.

Microbiología

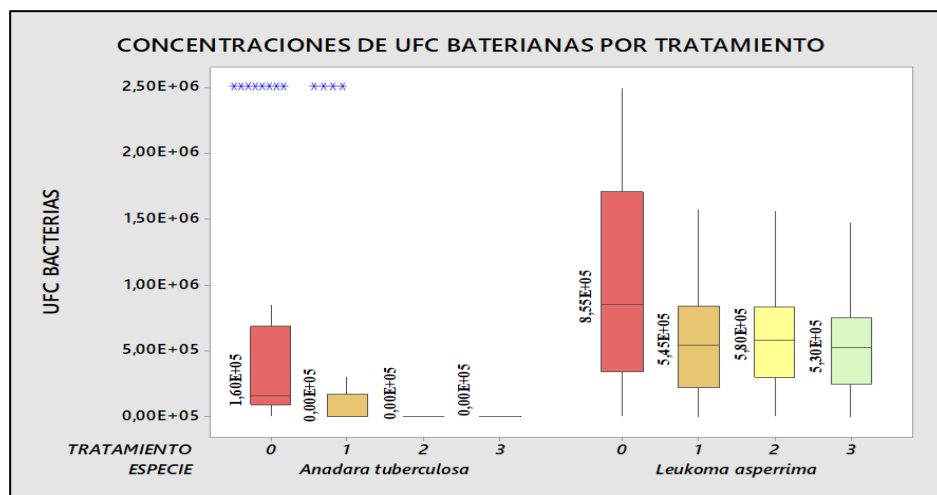
A continuación, mediante el software estadístico MINITAB versión 18.1, se realizó la prueba de normalidad de Anderson-Darling, la cual determinó que los datos provenientes de los análisis bacterianos realizados en todos los tratamientos no presentaron normalidad en su ajuste, tal cual se observa en la Figura 23, por lo que se aplicó estadística no paramétrica mediante la prueba de Kruskal Wallis.

Figura 23. Prueba de normalidad Anderson-Darling de concentración bacteriana aplicada a los tratamientos



El trabajo evaluativo se realizó durante 4 semanas dado que se aplicó un tratamiento semanal, ocupando 150 organismos por tratamiento y 600 organismos en total por experimento, contabilizándose al final un total de 1.95E+08 UFC, tomando en cuenta los análisis microbiológicos realizados a 10 organismos por tratamiento y al agua de cultivo cada 18 horas. Posteriormente, al realizar la comparación de medianas, se observa que, el tratamiento control de ambas especies presenta mayor concentración de UFC, mientras que el tratamiento 3 presenta la menor cantidad de UFC de bacterias contadas en agar (figura 24), y al aplicar la prueba de Kruskal Wallis se evidencia diferencia estadísticamente significativa existente entre tratamientos por especie puesto que el valor-P es menor que el nivel de significancia de 0.05.

Figura 24. Concentración de UFC de bacterias por especie y tratamiento

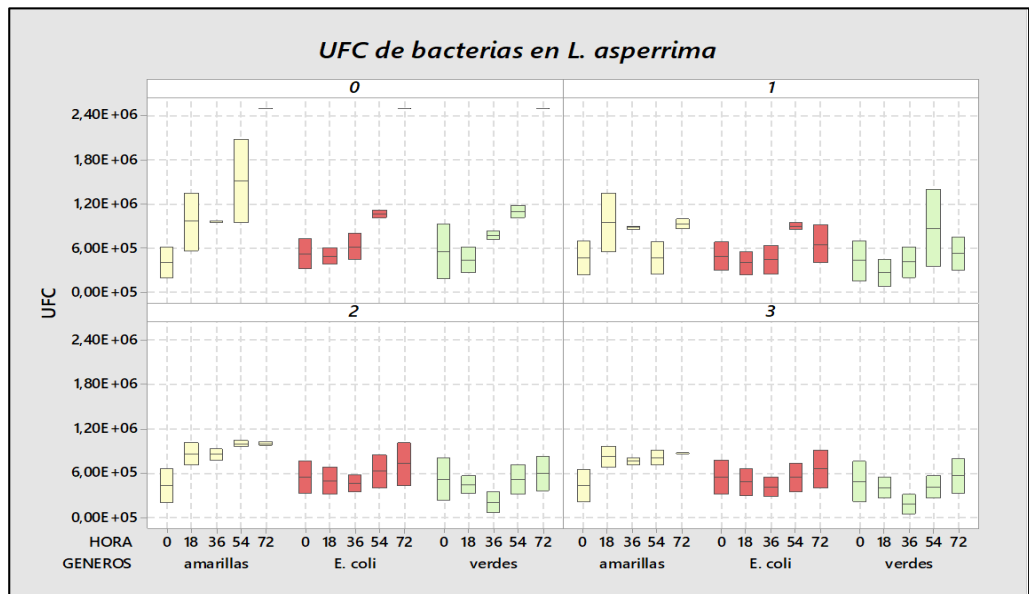


- Nota: para el presente estudio se consideraron placas incontables los valores $\geq 2.50E+05$ representados por el símbolo *

Se identificaron 3 tipos de colonias bacterianas (*Vibrio cholerae* - amarillas, *Vibrio parahaemolyticus* -verdes y *E. coli*- fucsias - -), las cuales al

realizar un conteo en placas de agar y realizar un análisis de la mediana de los datos (no paramétricos) se puede apreciar en la figura 25 que en la especie *L. asperrima*, en el tratamiento control (T=0) las concentraciones de UFC presentan una tendencia creciente hasta volverse incontables de acuerdo a su abundancia en la caja de siembra ($\geq 2.50E+06$); sin embargo, las colonias verdes y de *E. coli* en los tratamientos 1, 2 y 3 se puede evidenciar una reducción no significativa ($p>\alpha$) entre las 18 y las 36 horas, mientras que en las colonias amarillas no se evidencia disminución en los conteos de UFC. Del mismo modo a través de la prueba de Kruskal-Wallis, se evidencia que los datos no presentan diferencias significativas ($p>\alpha$) entre las medianas de las UFC de los diferentes tipos de bacterias por cada uno de los tratamientos.

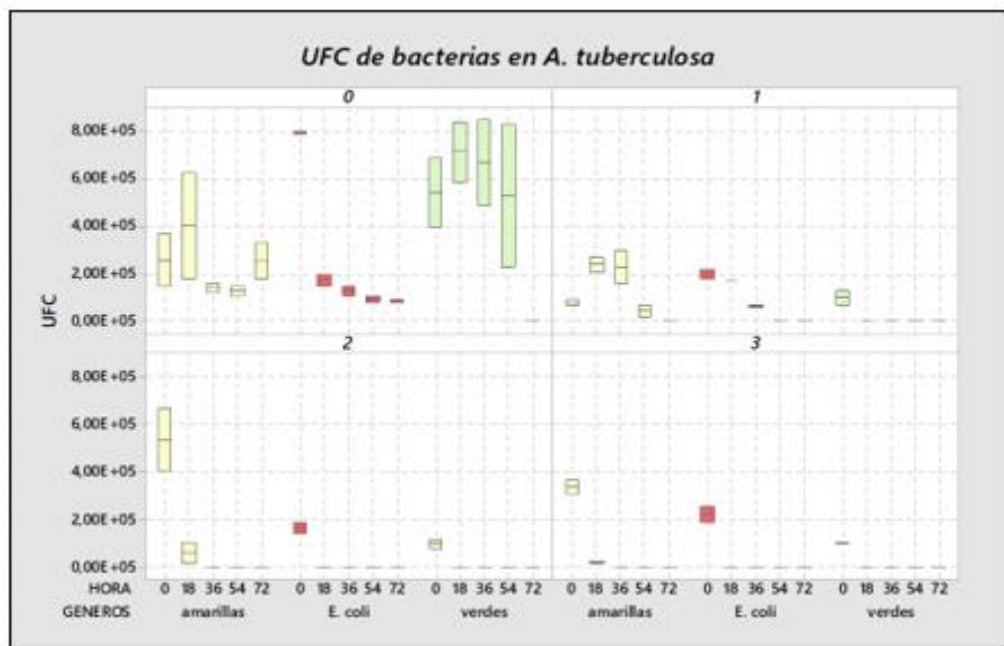
Figura 25. Concentración de UFC de bacterias identificadas en *L. asperrima* por tratamiento



Del mismo modo se analizaron las muestras de la especie *A. tuberculosa*, en las cuales se puede evidenciar de general presentan menor concentración de

UFC de bacterias en contraste con las muestras sembradas de *L. asperima*; de la misma manera se puede evidenciar que en todos los tratamientos efectuados las concentraciones bacterianas descendieron al mínimo, encontrándose entre las 54 y 72 horas nula presencia de UFC sobre las placas sembradas, sin presentar diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los datos de UFC por hora de análisis ($p > \alpha$) en cada una de los tipos de colonias evaluados, tal cual se puede observar en la figura 26 mostrada a continuación.

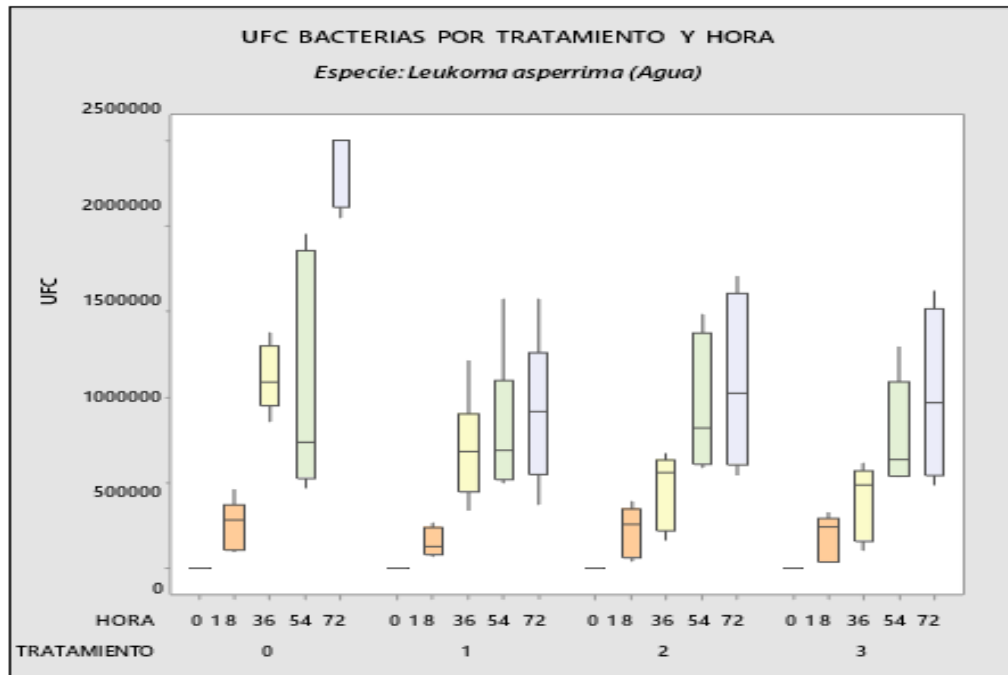
Figura 26. Concentración de UFC de bacterias identificadas en *A. tuberculosa* por tratamiento



Posteriormente, se analizó por separado el conteo de UFC presentes en muestras de agua y tejido tanto por tratamiento como por especie y evaluando las medianas correspondientes a los valores de concentración de UFC en las muestras de agua correspondientes a la especie *Leukoma asperima*, se evidencia la pureza del agua al momento de introducir los individuos al ensayo, dado que

en los cuatro tratamientos a la hora “0” no se contabilizaron UFC en las placas sembradas, sin embargo, a las 18 horas estas van aumentando (contaminación horizontal) y ascendiendo gradualmente conforme pasa el tiempo, sin evidenciarse un efecto de los tratamientos en las concentraciones bacterianas del medio acuático de *L. asperima* (figura 27). Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se determina que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de los datos evaluados ($p < \alpha$) con un 95% de confianza.

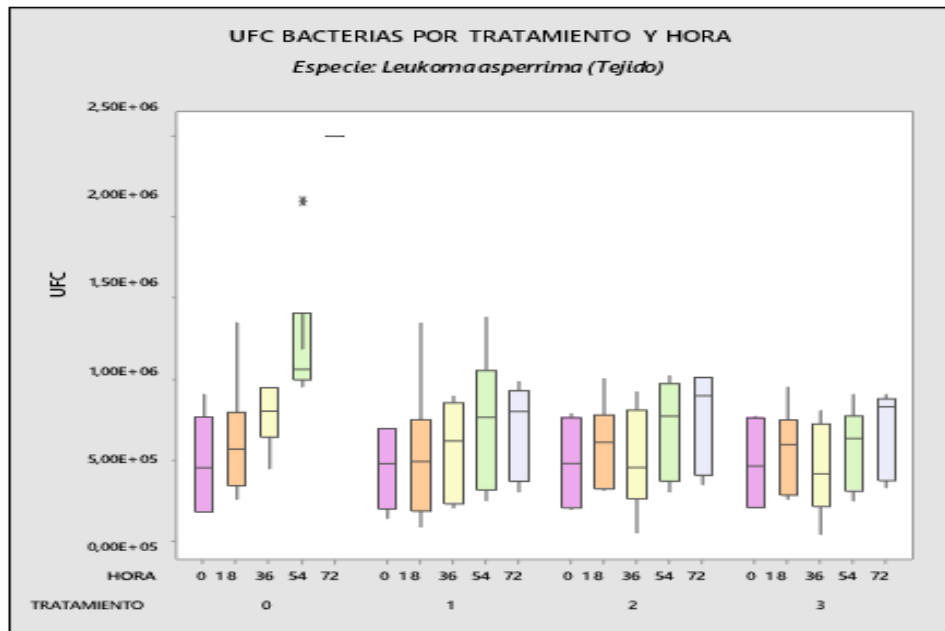
Figura 27. Medianas correspondientes a concentración de UFC de bacterias localizadas en muestras de agua en la especie *Leukoma asperima*



En cuanto al análisis de las muestras de tejido de *L. asperima*, se evidencia en la figura 28 que a las 72 horas ninguno de los tratamientos redujo las concentraciones de UFC, cuyos conteos en los tratamientos 1, 2 y 3 no presentan igualdad estadística determinada a través de la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis ($p > \alpha$) y únicamente el tratamiento control presenta una

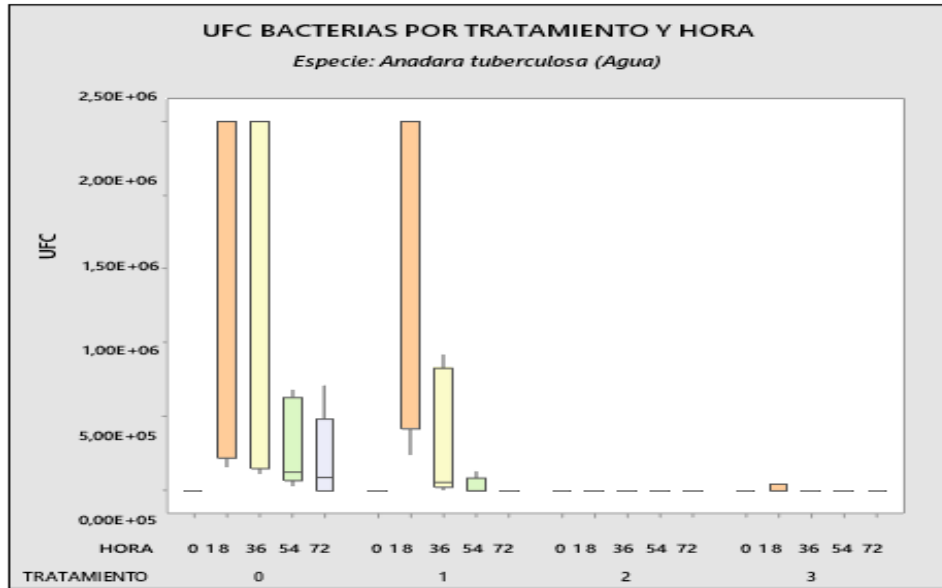
diferencia significativa estadísticamente ($p < \alpha$).

Figura 28. Medianas correspondientes a concentración de UFC de bacterias localizadas en muestras de tejido en la especie *Leukoma asperima*



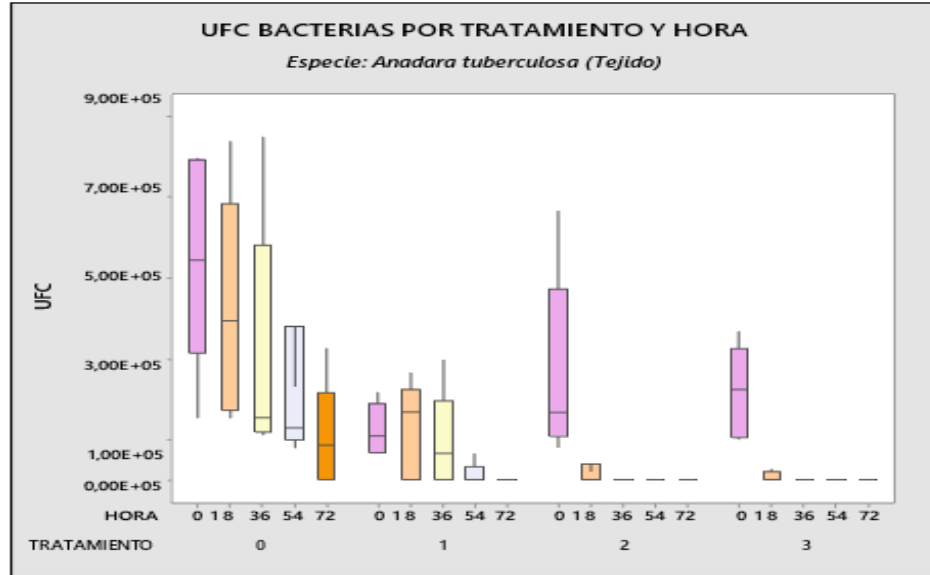
Continuando se presenta en la figura 29 el análisis del agua de purificación de *A. tuberculosa* donde se puede apreciar la calidad de la misma, en cuanto que a las 0 horas estas no presentan UFC, aumentando una vez introducidos los organismos por contaminación horizontal, sin embargo se aprecia como esta va disminuyendo conforme transcurren las horas; además se puede evidenciar que entre los datos pertenecientes al medio acuático de la especie *Anadara tuberculosa* no existen diferencias estadísticamente significativas los tratamientos 2 y 3 de las muestras, al presentar un valor p mayor a 0.05; mientras que en los tratamientos 0 y 1 en análisis de muestras de agua se estableció con un 95% de nivel de confianza que existe diferencia estadísticamente significativa al obtener un valor p menor al nivel de significancia ($\alpha=0.05$).

Figura 29. Medianas correspondientes a concentración de UFC de bacterias localizadas en muestras de agua en la especie *Anadara tuberculosa*



En cuanto al análisis microbiológico de los tejidos pertenecientes a la especie *A. tuberculosa* (Figura 30), se puede evidenciar que los 3 tratamientos empleados disminuyeron las concentraciones bacterianas a las 72 horas, mas, sin embargo, los tratamientos 2 y 3 fueron los más eficientes en relación al tiempo de exposición y eliminación de bacterias, dado que a las 36 horas había eliminado el 100% de las UFC en los animales expuestos al tratamiento. Del mismo modo que en el análisis anterior se ejecutó la prueba de Kruskal-Wallis, quien determinó la presencia de por lo menos una mediana diferente entre la concentración de UFC bacterianas por tratamiento entre horas de exposición.

Figura 30. Medianas correspondientes a concentración de UFC de bacterias localizadas en muestras de tejido en la especie *Anadara tuberculosa*



Posterior al análisis de Kruskal Wallis, se aplicó una la prueba post hoc comparaciones dos a dos, Dwass Steel Critchlow Fligner (DSCF) para identificar en que tratamiento hubo diferencias significativas (Tabla 7), el análisis dio un valor de $x^2 = 27.0$ con 3 grados de libertad y un valor $p < 0.001$, lo que confirma diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 7. Análisis de prueba post hoc Dwass Steel Critchlow Fligner (DSCF)

Kruskall-Wallis			
	X^2	gl	p
Reducción (%)	27.0	3	<.001

Como observamos en la Tabla 8 y Figura 31 la prueba DSCF mostró que todas las comparaciones entre T0, T1, T2 y T3 fueron significativas ($p = 0.004$), excepto la comparación entre T2 y T3, que no presentó diferencia significativa ($p = 0.328$). Los valores W obtenidos reflejan la magnitud de la diferencia entre los tratamientos.

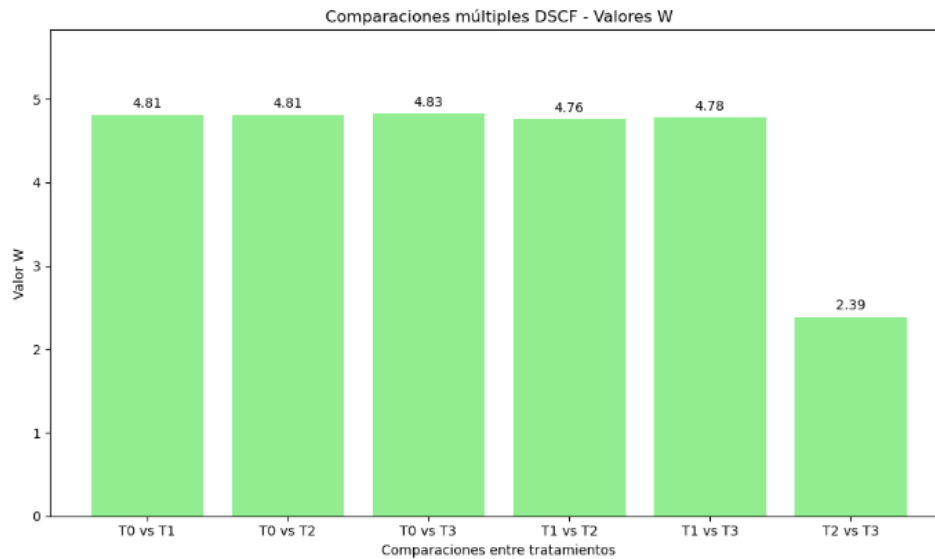
Las comparaciones T0 vs T1, T0 vs T2, T0 vs T3, T1 vs T2 y T1 vs T3 presentaron valores W entre 4.76 y 4.83, indicando diferencias fuertes y consistentes. En cambio, la comparación T2 vs T3 tuvo un valor W de 2.39, lo que sugiere que estos tratamientos tuvieron un efecto similar sobre la reducción bacteriana.

Tabla 8. Comparaciones entre T0, T1, T2 y T3

Comparaciones entre parejas – Reducción (%)

		W	p
T0	T1	4.81	0.004
T0	T2	4.81	0.004
T0	T3	4.83	0.004
T1	T2	4.76	0.004
T1	T3	4.78	0.004
T2	T3	2.39	0.328

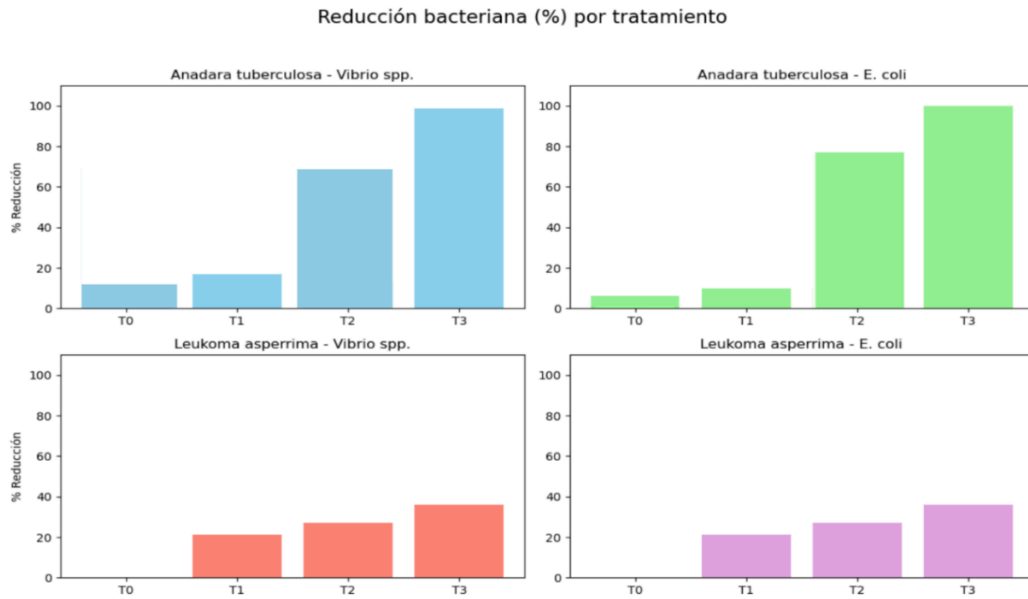
Figura 31. Comparaciones entre T0, T1, T2 y T3 con su respectivo valor p



También se observaron diferencias notables en la eficacia según la especie y los microorganismos, para *Anadara tuberculosa*, en el caso de *Vibrio spp.*, el tratamiento control (T0) presentó una reducción baja del 13%, mientras que T1 y T2 lograron reducciones del 17% y 69%, respectivamente; sin embargo, el tratamiento T3 sobresalió con una reducción casi total del 99%. Por otro lado, *Escherichia coli*, T0 solo alcanzó una reducción del 10%, T1 llegó al 12%, y T2 mostró un 80%, pero T3 destacó nuevamente al lograr la eliminación completa 100% (Figura 32).

Por su parte, *Leukoma asperrima* mostró resultados moderados, porque en *Vibrio spp.*, no se registró reducción en el control (T0), mientras que los tratamientos T1, T2 y T3 obtuvieron reducciones progresivas del 21%, 27% y 36%, respectivamente. Para *Escherichia coli*, se evidenció un patrón similar, con T3 logrando la mayor reducción, aunque sin alcanzar niveles óptimos.

Figura 32. Reducción bacteriana (%) por tratamiento y bacteria



Variables bajo criterios óptimos de Normativas

Durante el proceso experimental, los parámetros físico-químicos del sistema de depuración se mantuvieron dentro de rangos estables, como se evidencia en la tabla 10 correspondiente. Esto constituye un indicador claro de que se logró un ambiente controlado y adecuado para la depuración de los organismos en estudio. Al comparar estos resultados con los valores de referencia establecidos por las normativas vigentes de Ecuador (INEN 2729:2013) y México (NOM-242-SSA1-2009), se observó lo siguiente:

➤ **Salinidad (33–36,7 ppt):**

Los niveles registrados se ubicaron en un rango considerado adecuado para sistemas que emplean agua de mar natural. La norma ecuatoriana establece un rango de 33 a 36ppt, sí exige el uso de agua marina limpia, condición que se cumplió. Por su parte, la norma mexicana también requiere agua de mar apta y, en la práctica, se manejan rangos entre 30 y 36 ppt. Por lo tanto, la salinidad observada es compatible con ambos marcos normativos, sin representar un riesgo para la fisiología ni la capacidad filtradora de *Anadara tuberculosa*.

➤ **pH (7):**

El pH se mantuvo neutro y estable, dentro del intervalo aceptado por ambas normativas. La INEN 2729:2013 y la NOM-242-SSA1-2009 coinciden en aceptar rangos entre 6,5 y 8,5, lo cual asegura la homeostasis del molusco y previene el estrés fisiológico. Esta estabilidad en el pH es fundamental para mantener un ambiente interno adecuado durante la depuración.

➤ **Oxígeno disuelto (5–6,2 mg/L) y saturación (92–94 %):**

Estos parámetros cumplen plenamente con los requisitos técnicos de ambas normas. Tanto la normativa ecuatoriana como la mexicana establecen un mínimo de 5 mg/L de oxígeno disuelto en el agua de depuración, y recomiendan niveles de saturación superiores al 80 %. Los resultados obtenidos no solo cumplen, sino que superan dichos umbrales, asegurando una adecuada oxigenación para los procesos metabólicos del bivalvo, así como una depuración microbiana eficaz. Además, estos niveles ayudan a reducir el riesgo de estrés o mortalidad.

➤ **Amonio (0,25–1 mg/L):**

En cuanto al amonio, ambas normativas coinciden en no establecer un valor máximo cuantitativo, pero indican que su presencia debe ser mínima y no representar un riesgo para la salud de los organismos. En este caso, los valores observados se mantuvieron dentro de márgenes bajos y no tóxicos, lo que refleja una buena calidad del agua y el funcionamiento eficiente del sistema de recirculación.

➤ **Nitritos (0,00 mg/L):**

La ausencia total de nitritos observada durante el experimento es un resultado altamente positivo. Tanto la INEN 2729:2013 (INEN, 2013) como la NOM-242-SSA1-2009 (Secretaría de Salud, 2010) consideran que los nitritos deben estar ausentes, ya que su presencia puede provocar estrés en los moluscos y comprometer la eficacia del sistema. Este resultado demuestra que el filtro operó correctamente y que la carga orgánica en el sistema fue manejada de manera eficaz.

➤ **Alcalinidad (127–139 mg/L):**

Aunque este parámetro no se encuentra regulado directamente en ninguna de las dos normativas, su importancia técnica es reconocida ampliamente. La alcalinidad ayuda a estabilizar el pH y amortiguar variaciones bruscas en la química del agua. Los valores registrados son adecuados para sistemas marinos y favorecen un entorno químicamente estable durante la depuración.

Tabla 9. Comparación de parámetros fisicoquímicos entre normativas y resultados

Parámetro	Resultado (T2/T3)	Ecuador (INEN 2729:2013)	México (NOM-242-SSA1-2009)	Análisis comparativo
Salinidad (ppt)	33–36,7	Debe ser agua marina natural, sin contaminantes 33-36ppt	Se emplea agua de mar limpia; valores entre 30–36 ppt comunes	Cumple con ambos marcos normativos. La salinidad observada es adecuada para la depuración de <i>Anadara tuberculosa</i> .
pH	≈ 7	Rango aceptable: 6,5–8,5	Recomendado: 6,5–8,5	Valor neutro, óptimo para el metabolismo del molusco. Dentro del rango permitido por ambas normativas.
Oxígeno disuelto (mg/L)	5–6,2 (saturación 92–94 %)	≥5 mg/L	≥5 mg/L; saturación ideal >80 %	Cumple con ambos requisitos. Favorece actividad fisiológica y eficacia del proceso de depuración.
Amonio (mg/L)	0,25–1	No se fija umbral; debe ser bajo y no tóxico	Debe mantenerse bajo; niveles altos indican contaminación	Los valores bajos observados son aceptables. No representan toxicidad ni riesgo para el sistema.
Nitritos (mg/L)	0,00	No deben detectarse en sistemas estables	Ausencia requerida	Ausencia total de nitritos refleja buena calidad del agua y eficiencia del biofiltro.
Saturación de oxígeno (%)	92–94 %	No especifica valor, pero exige oxigenación adecuada	Ideal >80 %	Valor excelente, alineado con las buenas prácticas técnicas reconocidas.
Alcalinidad (mg/L)	127–139	No regulada explícitamente	No establecida, pero valorada como estabilizador de pH	Valores adecuados para amortiguar variaciones de pH, estabilizando el sistema.

La evaluación sensorial de *Anadara tuberculosa*, permitió establecer un análisis comparativo entre las normativas ecuatoriana INEN 2729:2013 y mexicana NOM-242-SSA1-2009, en función de parámetros organolépticos clave y, especialmente, del pH del tejido, como indicador de frescura y estabilidad post-depuración, así como observamos en la Tabla 11.

En primer lugar, en cuanto a la condición de las valvas, se observó que todos los organismos presentaban caparazones íntegros, bien cerrados y sin fracturas, lo cual es un signo evidente de viabilidad biológica, entonces ambas normativas exigen que los moluscos permanezcan cerrados y sin daños visibles, ya que esta condición garantiza que están vivos y que no han sufrido alteraciones físicas durante la cosecha o transporte.

Por otro lado, el color externo de las valvas fue natural, sin manchas, lo cual cumple con lo estipulado en ambas regulaciones, donde se especifica que las conchas deben presentar una pigmentación típica de la especie. Esto no solo es un criterio estético, sino también un indicador de ausencia de enfermedades o contaminación superficial.

Respecto al líquido intervalvar, su presencia transparente y sin olor fétido refuerza la evidencia de buena calidad. Ambos marcos normativos establecen que este líquido debe estar presente y libre de señales de putrefacción. En este caso, su aspecto confirmó que los moluscos no habían iniciado procesos de descomposición interna.

En relación con el olor general del molusco, se percibió un aroma fresco y marino, sin indicios de rancidez ni acidez. Este parámetro es crucial, pues la aparición de olores anómalos está directamente asociada a la proliferación bacteriana. En concordancia con ello, tanto Ecuador como México prohíben la comercialización de moluscos con olores desagradables, lo cual también se cumplió satisfactoriamente en esta evaluación.

En cuanto a la textura del tejido blando, se detectó una consistencia firme y húmeda, sin flacidez ni viscosidad. Esta característica coincide con la exigencia de ambas normas, que señalan que el tejido debe ser elástico, firme y no pegajoso. Una textura alterada podría evidenciar procesos avanzados de descomposición, lo cual no fue el caso. El estado del músculo aductor y los órganos internos también fue bien condicionado. Se mantuvieron íntegros, sin rupturas ni coloraciones anómalas, lo cual demuestra una manipulación adecuada y condiciones sanitarias aceptables durante todo el proceso. Según lo estipulado en las normativas, los órganos deben conservar su morfología y tonalidad propia de la especie, sin mostrar necrosis ni signos de degradación.

Del mismo modo, las gónadas se presentaron completas y bien definidas, con el color característico de la especie. La norma mexicana enfatiza que estos órganos deben conservarse sin alteraciones estructurales ni cromáticas, ya que son altamente sensibles a cambios en la calidad ambiental y sanitaria, por ende, el cumplimiento de este criterio respalda la frescura y salud reproductiva de los ejemplares evaluados.

Finalmente, un aspecto fundamental en este análisis fue la inclusión del pH del tejido blando, que representa un parámetro objetivo de frescura y estabilidad bioquímica. Al inicio del proceso de depuración, los ejemplares presentaban un pH de 6, el cual se elevó a 7 tras la depuración. Este cambio es altamente positivo, ya que un pH ácido (menor a 6) puede relacionarse con el inicio de procesos fermentativos o de descomposición. La NOM-242-SSA1-2009 establece que el pH aceptable debe estar en un rango de 6.0 a 8.5, mientras que la normativa ecuatoriana INEN 2729:2013 no define un valor específico, aunque por criterio técnico se considera que un pH cercano a la neutralidad (6.5–7.5) indica buena calidad; desde este punto de vista, el aumento del pH observado sugiere una mejora significativa en las condiciones internas del molusco, probablemente derivada de la depuración y la estabilización del metabolismo celular en un entorno libre de contaminantes.

Tabla 10. Comparación de caracteres organolépticos entre normativas y resultados

Parámetro	Resultado observado	Ecuador (INEN 2729:2013)	México (NOM-242-SSA1-2009)	Análisis comparativo
Valvas (estado externo)	Íntegras, cerradas y sin fisuras	Deben estar completas, limpias y cerradas	Deben permanecer cerradas, sin fracturas visibles	Se observó buena viabilidad de los organismos; resultado compatible con ambas normas.
Color externo de las valvas	Natural, sin alteraciones	Color característico de la especie; sin manchas ni decoloraciones	Color natural sin pigmentaciones extrañas	El color fue típico de la especie, sin alteraciones que indiquen deterioro.
Líquido intervalvar	Presente, transparente, sin olor extraño	Presencia esperada en moluscos vivos; sin malos olores	Debe estar presente y sin indicios de putrefacción	Su presencia normal y sin olores confirma que los moluscos están vivos y en buen estado.
Olor	Característico a mar, sin olores anómalos	No debe presentar olores desagradables o fétidos	Olor marino; ausencia de rancidez, acidez o putrefacción	Olor fresco, indicador de higiene, frescura y correcta depuración.
Textura (tejido blando)	Firme, húmeda, sin deshidratación	Firme, elástica, sin viscosidad	Firme, húmeda, no flácida ni viscosa	Se cumplió con los criterios de frescura sensorial. No se detectó descomposición.
Músculo aductor y órganos	Íntegros, con consistencia normal y sin rupturas	Deben mantenerse íntegros y sin signos de necrosis	Deben estar completos, sin daños ni coloraciones anormales	La integridad muscular y orgánica fue evidente, indicando buena manipulación y conservación.
Gónadas	Presentes, sin alteraciones, de color característico	Se espera que estén bien desarrolladas y sin rupturas visibles	Deben mostrar color y forma normales según la especie	Gónadas completas, sin evidencia de degeneración. Indicador positivo de calidad biológica.
pH del tejido	Inicial: 6, Final: 7	No se especifica; ideal cercano a neutral (6.5–7.5)	Debe estar entre 6.0 y 8.5	El aumento de pH de 6 a 7 indica mejora en la calidad y estabilidad del tejido tras la depuración; se cumple con el rango permitido por la norma mexicana.

Referente al análisis microbiológico en muestras de *Anadara tuberculosa* con el objetivo de evaluar la efectividad de distintos tratamientos de depuración sobre la carga bacteriana presente en los tejidos y en el medio acuático, se cuantificaron las unidades formadoras de colonias (UFC) en placas de agar, abarcando tres tipos bacterianos: *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae* y *Vibrio parahaemolyticus*.

Cabe mencionar que el conteo total acumulado de bacterias en el experimento alcanzó 1.95×10^8 UFC, valor que refleja la suma global de colonias formadas a lo largo de los diferentes tratamientos y tiempos de análisis en un total de 600 organismos. Este resultado, aunque elevado, no debe interpretarse como un valor puntual de concentración bacteriana en una muestra específica, sino como una medida general del comportamiento bacteriano durante el estudio. En cuanto a *E. coli*, los resultados indican una clara tendencia a la reducción de la carga bacteriana conforme avanzaron los tratamientos, especialmente en los tratamientos 2 y 3, que demostraron ser más efectivos en la eliminación de UFC bacterianas a partir de las 36 horas. Sin embargo, es fundamental resaltar que la cuantificación de *E. coli* no se realizó mediante el método del Número Más Probable (NMP), que es el estándar requerido por las normativas nacionales de Ecuador INEN 2927:2013 (INEN, 2013) y México NOM-242-SSA1-2009 (Secretaría de Salud, 2010). Esta limitación metodológica impide una comparación directa con los límites permitidos por dichas normas, así como la certificación formal de inocuidad (Tabla 12). No obstante, la reducción observada es un indicador positivo de la eficacia de los tratamientos aplicados.

Por otra parte, el análisis de *Vibrios* mostró ausencia total del microorganismo en todas las muestras, tanto en tejidos como en el agua de cultivo, durante todo el período evaluado. Esta ausencia cumple estrictamente con los requisitos sanitarios de ambas normativas y confirma la inocuidad del producto frente a este patógeno altamente peligroso.

Adicionalmente, el análisis estadístico mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas en la concentración de UFC bacterianas entre los tratamientos y a lo largo del tiempo, especialmente en los tratamientos más intensivos, lo que demuestra que la depuración aplicada logra un efecto positivo en la reducción de la carga microbiana.

Tabla 11. Comparación de análisis microbiológicos entre normativas y resultados

Microorganismo	Resultado post-depuración	Ecuador (INEN 2729:2013)	México (NOM-242-SSA1-2009)	Análisis comparativo
<i>E. coli</i>	Conteos realizados por agar (no método NMP), con UFC variables según tratamientos y tiempo, no normalidad. Concentraciones disminuyen con tratamiento, pero sin significancia estadística entre tipos bacterianos. Sin uso del método NMP exigido.	≤ 230 NMP/100 g (exige método NMP para validación)	≤ 230 NMP/100 g (obligatorio método NMP)	Los resultados muestran tendencias de disminución de <i>E. coli</i> mediante tratamientos, sin embargo, al no usar el método NMP, no es posible hacer una comparación directa ni certificación oficial según las normativas. Se recomienda en futuros estudios implementar el método NMP para robustecer la validación.
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia confirmada en muestras de tejido y agua a lo largo del experimento.	Debe estar ausente en 25 g	Debe estar ausente en 25 g	Cumple estrictamente con ambas normas, confirmando la inocuidad respecto a este patógeno.
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	No detectado o con valores bajos; no se observan diferencias significativas entre tratamientos.	Debe estar ausente en 25 g	Debe estar ausente en 25 g	La ausencia o bajas concentraciones indican condiciones sanitarias favorables; aunque no es un parámetro obligatorio en ambas normativas, es un resultado positivo para la calidad microbiológica del producto.

En cuanto a la evaluación organoléptica comparada a *Leukoma asperrima*, los datos indicaron que, aunque *Leukoma asperrima* presentó buenas características iniciales (color, olor, textura), ya a partir de las 36 horas se evidenciaron cambios

perceptibles en olor y textura, así como inicio de mortalidad. Estas variaciones sugieren un deterioro progresivo que afecta la calidad del producto a medida que avanza el tiempo de depuración. El conteo de *E. coli* en placas de agar mostró valores altos, mientras que *Vibrios* fueron detectados en altas concentraciones. A pesar de estos resultados desde el punto de vista sanitario, no existe regulación específica en México o Ecuador que defina límites permisibles, métodos de ensayo obligatorios o protocolos de depuración estandarizados para *Leukoma asperrima*. En consecuencia, tampoco en este apartado fue posible realizar una comparación formal con los marcos normativos vigentes.

Índice de Condición

En cuanto a la evaluación del Índice de Condición, para la especie de *A. tuberculosa* se presenta en un rango entre 18.5 y 22.5 % (Figura 33) y para *L. asperrima* se encontraban en un rango entre 17.5 y 27 % (Figura 34), determinándose diferencias estadísticamente significativas para las especies en mención, del mismo modo se evaluó diferencias entre las medianas de los cuatro tratamientos para cada una de las especies evaluadas, presentando igualdad estadística ($p > \alpha$) en los índices de la especie *Anadara tuberculosa*, mientras que en *Leukoma asperrima* se determinó la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < \alpha$), en especial entre el tratamiento 3 y los otros ensayos; en cuanto al análisis del % de IC por hora, se evidencia en las figuras a continuación que a las 72 horas de estar expuestos los organismos al tratamiento el índice alcanza su mejor porcentaje en los tratamientos aplicados a la especie *A. tuberculosa*; mientras que en *Leukoma asperrima*, los datos se presentan siguiendo una tendencia de picos y valles, lo cual puede estar relacionado a la poca efectividad de los tratamientos sobre esta especie. Del mismo modo se determinó que existe evidencia de la desigualdad de las medias analizadas según la prueba de Kruskal-Wallis ($p < \alpha$).

Figura 33. Índice de condición evaluado en la especie *Anadara tuberculosa*

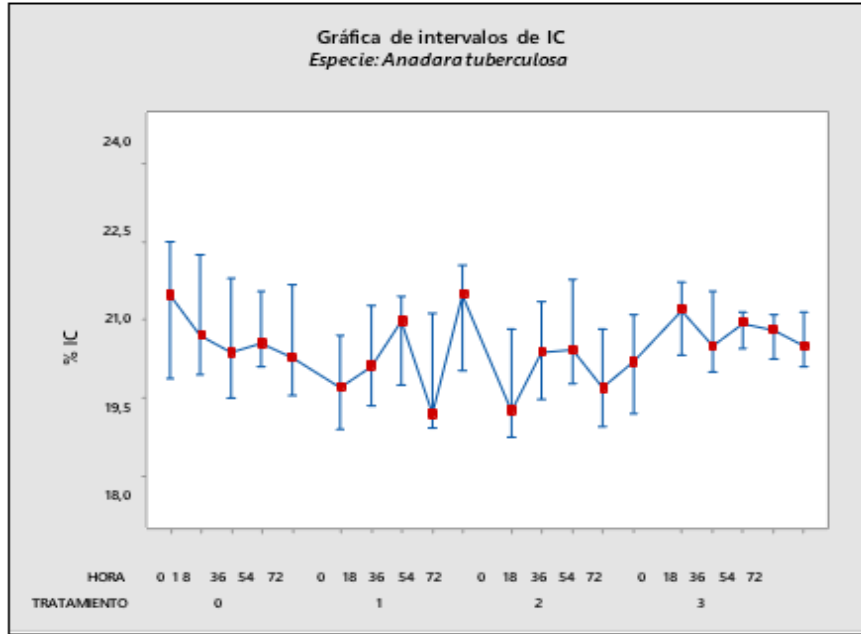
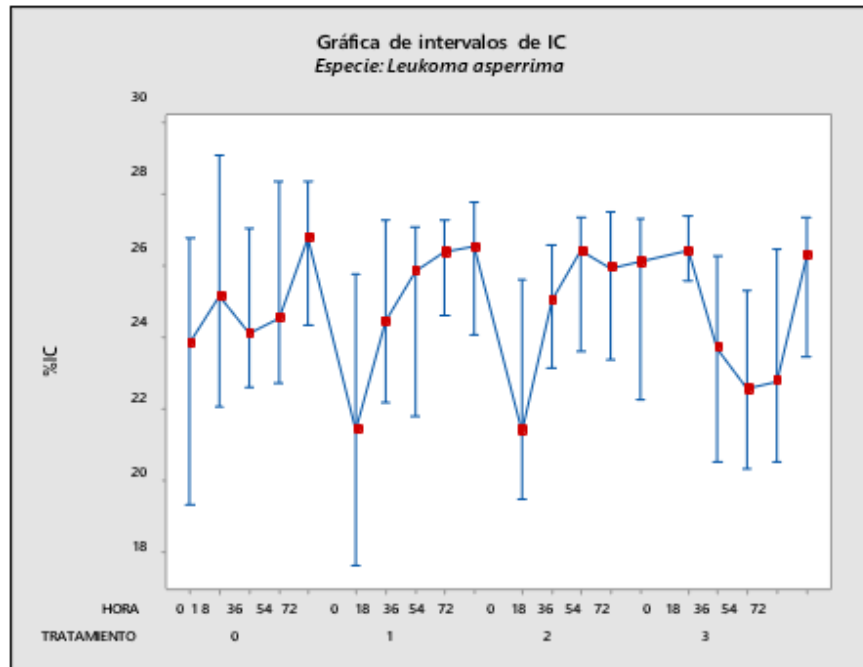


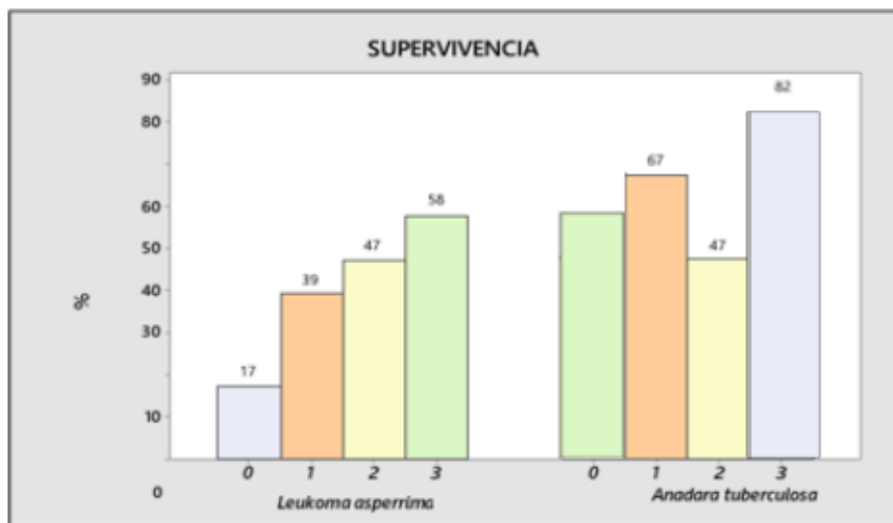
Figura 34. Índice de condición evaluado en la especie *Leukoma asperima*



% de Supervivencia

Por último, en la supervivencia de los individuos sometidos al ensayo, se tiene que la menor mortalidad se presentó en el tratamiento 3 de *Leukoma asperima*, presentando un 58% de individuos vivos al final del tratamiento, mientras que el tratamiento 3 de la especie *Anadara tuberculosa* presentó una supervivencia de 82% (Figura 35), complementando los resultados obtenidos que amparan al tratamiento tres como el más efectivo en la depuración de organismos bivalvos.

Figura 35. % de Supervivencia evaluado en la especie *Leukoma asperima* y *Anadara tuberculosa*



En cuanto al Índice de Condición, se observaron diferencias significativas entre especies y tratamientos: *Anadara tuberculosa* presentó valores de IC que oscilaron entre 18,5% y 22,5%, sin diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0.05$) lo que sugiere que, bajo las condiciones del ensayo, los tratamientos aplicados fueron positivos con respecto a la condición corporal de esta especie, mostrando un comportamiento relativamente estable y una buena tolerancia al sistema de depuración. Además, al analizar la evolución del IC a lo largo de las 72 horas, se aprecia una tendencia de mejora o mantenimiento, especialmente en los tratamientos aplicados, lo que indica que tuvo una buena adaptabilidad.

Por el contrario, *Leukoma asperrima* mostró valores de IC más amplios, entre 17,5% y 29%, con diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). Particularmente, el tratamiento 3 destacó por generar mejores valores de IC en comparación con los otros grupos. Sin embargo, un análisis más detallado por hora reveló una tendencia inestable con picos y valles a lo largo del tiempo, sugiriendo que *Leukoma asperrima* no logró mantener un equilibrio fisiológico consistente durante la depuración, lo que evidencia una menor adaptabilidad de la especie al sistema diseñado.

Referente al porcentaje de supervivencia acumulada (%S), los datos fueron igualmente reveladores. *Anadara tuberculosa* alcanzó una supervivencia del 82%, cifra que refleja una alta capacidad de tolerancia y adaptación al proceso de depuración, especialmente en el tratamiento 3, considerado el más efectivo. Este resultado respalda la idea de que el sistema presentó condiciones favorables para esta especie

En cambio, *Leukoma asperrima* presentó un porcentaje de supervivencia más bajo, 58%, incluso en el mejor tratamiento, esta diferencia notable en la supervivencia sugiere que los métodos de depuración aplicados no resultaron

igualmente efectivos para esta especie debido a que la menor supervivencia, sumada a la inestabilidad del IC

Considerando ambas variables en conjunto, se evidencia que el sistema de depuración diseñado cumple con condiciones óptimas principalmente para *Anadara tuberculosa*, al lograr mantener su condición corporal estable y asegurar una supervivencia elevada. En contraste, los mismos tratamientos resultaron menos adecuados para *Leukoma asperrima*, que mostró mayor variabilidad fisiológica y una tasa de supervivencia considerablemente menor.

8.DISCUSIÓN

El comercio de moluscos como la cocha prieta (*Anadara tuberculosa*) y la almeja blanca (*Leukoma asperima*) en el Ecuador es una de las actividades que mayor relevancia tiene a nivel costero, esto al ser considerado una fuente de empleo para las comunidades pesqueras que se dedican a la extracción de este recurso (Moreno J. , 2009).

Con el pasar del tiempo se han establecido normativas para que la comercialización de moluscos sea segura para los consumidores, en base a esto se han diseñado sistemas de depuración con la finalidad de que el producto ofrecido cumpla con las normas de salubridad e inocuidad que garantizan la calidad de los productos (Arispe & Tapia, 2007). Los sistemas mayormente empleados son a base de luz Uv y la implementación de filtros a los tanques de almacenamiento de moluscos con la finalidad de reducir la alta carga bacteriana que poseen estos organismos al desarrollarse en medios anóxicos (Wong et al., 1997).

Existen diversos tipos de diseños de sistemas de depuración, con resultados óptimos al finalizar el proceso de depurado, como es el caso de Andritsos et al, quienes en su estudio realizado en 2016, contaminaron moluscos con *E. coli* para evaluar la eficiencia de un sistema de depurado en base a luz uv, donde el conteo de UFC se redujo al pasar 42 horas en el medio, mientras que durante el presente ensayo se diseñó un sistema de depuración conformado por 3 tratamientos a razón de tratamiento 0 (control), tratamiento 1 (filtro), tratamiento 2 (Uv) y tratamiento 3 (filtro + Uv), donde al transcurrir

36 horas del proceso de depurado eliminó la totalidad de bacterias *E. coli* en la especie *A. tuberculosa*.

Asimismo, el estudio realizado Sorroza et al. (2018) probó la depuración de *A. tuberculosa* colocadas directo en el sustrato y de manera suspendida, donde sus resultados indican que, al ubicar a los organismos a cierto nivel de la base mejora el proceso de depuración, concordando con este estudio que el tiempo de depuración fue óptimo debido a que se evitó la recontaminación al colocar a los organismos suspendidos. También se puede afirmar que el sistema implementado a base de recirculación de agua y la alimentación con probióticos, ayuda de manera fundamental a mantener el sistema de cultivo en óptimas condiciones concordando con Llerena Almeida (2025), quien en su trabajo de depuración de *Anadara tuberculosa* realizado con RAS evidenció la eliminación de coliformes y una reducción significativa en cuanto a materia de vibrios.

El sistema diseñado estuvo bajo condiciones controladas de parámetros físico – químicos como salinidad, pH, temperatura, amonio, nitritos, saturación y oxígeno disuelto, cuyos resultados indican que los parámetros se mantuvieron constantes durante los períodos de tratamiento concordando con el Codex Alimentarius donde se estipula que los parámetros físico – químicos del medio influyen de manera directa con el aumento o reducción de colonias bacterianas presentes en los organismos, asimismo Schneider et al. (2009) menciona que la estabilidad de los rangos óptimos en parámetros establecidos en los sistemas de depurado favorece en correcto funcionamiento del mismo.

Los resultados obtenidos a nivel general en cuanto a análisis microbiológicos realizados mediante conteo de UFC por tipo, denota una reducción de carga bacteriana en cuanto a *Vibrios* y *E. coli* en la especie *A.*

tuberculosa, concordando con los estudios realizados por Hidalgo Villon et al (2020), sin embargo, en la especie *L. asperrima* el conteo de UFC es alto en todos los tratamientos, lo que puede sugerir una contaminación del medio de manera indirecta ya que es una especie con alta capacidad filtradora pero de la misma manera adquiere mayor cantidad de bacterias del medio (Rojas-Jimenez et al., 2022).

Adicionalmente, la preferencia de sustrato y el comportamiento natural de *Leukoma asperrima* también influye en su respuesta al sistema. Esta especie habita comúnmente en fondos blandos, arenosos y blandos, y tiende a enterrarse como mecanismo de protección. Al ser expuesta a condiciones artificiales con flujo constante de agua, como ocurre en sistemas de recirculación, puede experimentar estrés fisiológico, lo que afecta su metabolismo y capacidad de adaptación (Ortíz, 2018). Este estrés podría aumentado debido a las turbulencias generadas en el sistema por el caudal, comprometiendo su estabilidad interna y reduciendo su capacidad de depuración efectiva.

9. CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema de depurado funcional, basado en un circuito cerrado de recirculación de agua marina, con la incorporación de filtros de polipropileno y una lámpara de luz ultravioleta (UV). El sistema permitió una recirculación promedio de 1.6 veces por hora, alcanzando 115 recirculaciones por ciclo de 72 horas, lo que garantizó una constante renovación del medio acuático. La estructura fue capaz de albergar hasta 150 organismos por ciclo, distribuidos en dos tanques de 300 L, con una masa total de 18 kg por ciclo. Este diseño cumplió con los parámetros técnicos establecidos por la normativa nacional (INEN 2729:2013) y la NOM-242-SSA1-2009 de México, asegurando condiciones óptimas para la depuración de moluscos bivalvos.
- Los resultados obtenidos evidencian que el sistema de depuración fue efectivo para *Anadara tuberculosa* en el tratamiento T3, donde se logró una reducción del 99% en *Vibrio spp.* y del 100% en *E. coli*; los parámetros físico-químicos se mantuvieron estables y se observó una mejora organoléptica del 28%, superior al 21% del grupo control, con características sensoriales favorables como olor fresco y tejidos firmes. Por otro lado, *Leukoma asperrima* mostró una respuesta limitada: la reducción bacteriana fue parcial, el pH del tejido descendió hasta 5.0 en el tratamiento control, y se evidenció una mayor inestabilidad fisiológica, reflejada en la variabilidad del índice de condición y la menor eficacia de los tratamientos.
- Al comparar la adaptabilidad de ambas especies en el sistema de depuración, los resultados fueron diferenciados porque *Anadara tuberculosa* presentó un

índice de condición estable, con valores entre 18.5% y 22.5%, sin diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica una buena tolerancia fisiológica al sistema y, además, su supervivencia acumulada alcanzó el 82%, incluso bajo el tratamiento (T3), lo que evidencia una alta adaptabilidad a las condiciones de depuración. A diferencia, *Leukoma asperrima* mostró un comportamiento más inestable, con un índice de condición variable entre 17.5% y 29%, y diferencias significativas entre tratamientos, lo que sugiere una mayor sensibilidad al ambiente bajo condiciones controladas. Asimismo, su supervivencia fue considerablemente menor, alcanzando solo el 58%, lo que refleja una menor resistencia al estrés generado por el sistema lo que confirma que la eficiencia del sistema está estrechamente relacionada con la especie tratada y su capacidad de adaptación fisiológica.

10. RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se puede recomendar que:

- Se recomienda diseñar un sistema específico para *Leukoma asperrima*, con menor turbulencia y tiempos de depuración menos prolongados, considerando su fisiología más sensible.
- Con respecto a los análisis microbiológicos para E. coli y cumplir con las normativas INEN y NOM, se sugiere utilizar el método del Número Más Probable (NMP) en futuros análisis microbiológicos, lo que permitirá validar oficialmente la inocuidad del producto.
- Capacitar a recolectores artesanales acerca del uso de sistemas de depuración a pequeña escala, especialmente en comunidades que dependen de la recolección de moluscos.
- Considerar la inclusión de microalgas adaptadas a cada especie o el uso de probióticos que favorezcan la salud intestinal de los moluscos durante la depuración.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Adrián, E., & Ruiz, P. (2020). *Diseño de un sistema de depuración para moluscos bivalvos con recirculación, a nivel de laboratorio*. ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.
- Alemán , S., Ordinola, E., & Montero, P. (2016). CONCHA NEGRA *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) Y CONCHA HUEQUERA *Anadara similis* (C. B. Adams, 1852) EN LOS MANGLARES DE TUMBES. JULIO 2016. *Instituto del Mar del Perú*, 46(2).
- Alvarez, R., Cobo, L., & Sonnenholzner, S. (2008). Estado actual de la acuicultura de moluscos bivalvos en Ecuador. *Cultivo y manejo de moluscos bivalvos en América Latina*, 129-133.
- Andritsos, N. D., Moschonas, G., Roukas, D., Ave, V. S., & Athens, G. (2016). Elimination of *Escherichia coli* from mussels during treatment in a shellfish depuration system. *Hydromedit. Conference*. https://www.researchgate.net/publication/309849366_Elimination_of_Escherichia_coli_from_mussels_during_treatment_in_a_shellfish_depuration_system
- APHA. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Association*. <https://doi.org/10.2105/SMWW>
- Archer, M. (2010). Sensory assessment scoresheets for fish and shellfish. Torry & QIM. *SEAFISH*.
- Arispe, I., & Tapia, M. S. (2007). Inocuidad y calidad: requisitos indispensables para la protección de la salud de los consumidores. *Agroalimentaria*, 12(24), 105-118. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199216580008>
- Asanza, Castillo, Calderòn, Loaiza, Acosta, & Zúñiga Moreno. (2024). Identificación de Bacterias Gram positivas en muestras de leche cruda, obtenida por ordeño manual. *Scielo*, 8(22), 69-83.
- Atlas. (2004). Handbook of Microbiological Media. En Atlas. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781420039726>

- Avdalov, N. (2000). Manual de control de calidad de los productos de la acuicultura. *FAO*, 17.
- Biolab*. (2025). <https://www.ddbiolab.com/product/0ZAGA-01-55?language=es>
- Bioser. (2025). Agar TCBS. Ficha Técnica.
- Cabello, M., Villarroel, R., Figuera, B., Ramos, M., Márquez, Y., & Vallerilla, M. (2004). Parámetros de frescura de moluscos. *Revista Científica, FCV-LUZ, XIV*(5), 457-466.
- Cáceres, & Vásquez. (2014). MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO PARA EL CULTIVO DE MOLUSCOS BIVALVOS. ORGANISMO INTERNACIONAL REGIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA OIRSA - ORGANIZACIÓN DEL SECTOR PESQUERO Y ACUÍCOLA DEL ISTMO CENTROAMERICANO OSPESCA.
- Cáceres, J., & Vásquez, R. (2014). *Manual de Buenas Prácticas de Manejo para el Cultivo de Moluscos Bivalvos* (Primera ed.). México: OIRSA - OSPESCA.
- Cárdenas, J., & García, J. (2020). Diseño de un sistema de depuración de moluscos bivalvos a escala comercial adaptado a las realidades de las principales zonas de producción de Concha Prieta en Ecuador'. *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción* .
- Castillo Beckmann, I. A., Muñoz Mawyin, K. E., & Morales, F. (2021). Diseño de un sistema de depuración de moluscos bivalvos, a escala comercial, adaptado a las realidades de las principales zonas de producción de concha prieta en Ecuador. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*.
- CENDEPESCA. (2007). Guía para la producción de *Anadara ssp*. <https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/2271029E1/materials/pdf/2007/200>
- Cevallos, M., & Mora, Y. (2021). Sistema de depuración de moluscos bivalvos con recirculación, a nivel de laboratorio: Evaluación y socialización. *Escuela Politécnica del Litoral*.
- Coen, & Bishop. (2015). The ecology, impacts, and management of oysters in estuarine and coastal ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 150, 1-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.10.027>

- Cruz, M. (2019). Moluscos bivalvos perforadores de rocas en la zona intermareal de la provincia de Esmeraldas-Ecuador, 2002-2005. *Revista Acta Oceanográfica del Pacífico. Instituto Oceanográfico de la Armada*, 1(1).
- De Hoyos, K., Guerra, K., & Vásquez, K. (2022). Evaluación microbiológica en tres zonas de producción de bivalvos de Panamá durante la estación seca del año 2021, mediante indicadores de contaminación fecal y tres especies de *Vibrios* sp. (*Doctoral dissertation, Tesis de Fin de Grado Universidad de Panamá. Panamá, Panamá.*). https://up-rid.up.ac.pa/7990/2/kristal_dehoyos.pdf
- Delgado, & García. (2010). Determinación de la composición y abundancia de almejas de los géneros *Protothaca* y *Chione* en una zona internmareal en el Río Chone. *Tesis de Licenciatura en Acuicultura*.
- Donovan, Gallacher, Andrews, Greenwood, Graham, Rusell, Roberts, & Lee. (1998). Modification of the standard UK method for the enumeration of *Escherichia coli* in live bivalve molluscs. . *Communicable Disease and Public Health*, 1, 188-196.
- Drake, S., Ángel, D., & Lee, J. (2007). An overview of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus*. *Reseñas completas sobre ciencia alimentaria y seguridad alimentaria*, 6(4), 120-144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00022.x>
- Dután, T., & Sierra, N. (2022). Beneficios de la depuración de moluscos bivalvos: Evaluación y Socialización. *Escuela Superior Politécnica del Litoral. ESPOL*.
- El-Gamal, M. (2011). The effect of depuration on heavy metals, petroleum, hydrocarbons, and microbial contamination levels in *Paphia undulata* (Bivalvia: Veneridae). *Anim. Sci*, 56(8), 345–354. <https://doi.org/10.17221/2395-CJAS>
- Emoghene, Efiuvwevwere, & Eruteya. (2021). Application of Hazard Analysis Critical Control Points on Harvested Mangrove Oysters (*Crassostrea gasar*) from Selected Sources in Rivers State. *South Asian Journal of Research in Microbiology*, 9(2), 1-10. <https://doi.org/10.9734/sajrm/2021/v9i230203>
- FAO. (2008). Fisheries Technical Paper. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

- FAO. (2018). ANTEPROYECTO DE CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA EL PESCADO Y LOS PRODUCTOS PESQUEROS. <https://www.fao.org/4/j1682s/j1682s08.htm>
- FDA. (2001). Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria. U.S. Food and Drug Administration. En *Bacteriological Analytical Manual (BAM)*. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam>
- Fernández, C., Ibáñez, R., Salord, I., Tomás, M., Torres, O., & Vendrell, J. (2022). *La seguridad alimentaria de los moluscos bivalvos vivos en Catalunya. Manual de soporte al autocontrol de la depuración* (Primera ed.). Barcelona: Agència Catalana de Seguretat Alimentària (ACSA).
- Fernández, C., Ibáñez, R., Salord i Osés, I., Tomás, M., Torres, O., & Vendrell, J. (2022). Guía de prácticas correctas de higiene para los centros de depuración de moluscos. *Generalitat de Catalunya*, 74. https://scientiasalut.gencat.cat/bitstream/handle/11351/7645/guia_practiques_correctes_higiene_centres_depuracio_moluscs_2022_cas.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Flores Vergara. (2006). Efecto combinado de la temperatura y la alimentación sobre el cultivo de semillas de ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Tesis de Doctorado. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE)*.
- Flores, L., Licandeo, R., Cubillos, L. A., & Mora, E. (2014). Intra-specific variability in life-history traits of *Anadara tuberculosa* (Mollusc: Bivalvia) in the mangrove ecosystem of the Southern coast of Ecuador. *Revista Biología Tropical*, 62(2), 473-482. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i2.8501>
- González Banchón, T., & Solano Vera, Y. (2019). Estudio de la biometría de *Anadara tuberculosa* (concha prieta) comercializada en el mercado. *Journal of business and entrepreneurial studies*, 3(1), 27-31.
- Gosling. (2003). Bivalve Mollusc: biology, ecology and culture. *Fishing News Books*.
- Gosling, E. (2008). Bivalve molluscs: biology, ecology and culture. *John Wiley & Sons*.
- Helm, Bourne, & Lovatelli. (2006). Bivalvos en criadero. Un manual práctico. *FAO*, 471(82).

- Hidalgo Villon, A. P., Arévalo Castro, O. R., & Carreño Rosario, H. N. (2020). Contaminación por Coliformes Totales y Escherichia Coli en Concha (Anadara Tuberculosa y Anadara Similis) en Jambelí, El Oro, Ecuador. *Universidad Espiritu Santo - UEES*(14), 1-11. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31095/investigatio.2020.14.1>
- INEN. (2013). Norma para los moluscos bivalvos crudos (INEN 2729: 2013, MOD). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 2-9.
- Instituto del Agua. (s/f). Desinfección UV de Aguas Residuales: La Tecnología Ecológica del Futuro para un Mundo Más Saludable. [https://institutodelagua.es/aguas-residuales/desinfeccion-uv-aguas-residuales/#:~:text=La%20desinfecci%C3%B3n%20UV%20en%20el%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20es%20importante%20porque%20elimina%20eficazmente%20los%20microorganismos](https://institutodelagua.es/aguas-residuales/desinfeccion-uv-aguas-residualesaguas-residuales/#:~:text=La%20desinfecci%C3%B3n%20UV%20en%20el%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20es%20importante%20porque%20elimina%20eficazmente%20los%20microorganismos)
- IPIAP. (2017). Investigación de los recursos biacuáticos y su ambiente. Unidad de los Recursos Bentónicos Demersales y Agua Dulce/Embalses. *Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca*, 2.
- Iriarte, M. (2014). Estudio sanitario de áreas de crecimiento y cosecha de moluscos bivalvos en Venezuela. . *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 74(181).
- ISO. (2004). Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs– Enumeration of b-glucuronidase Positive Escherichia coli– Part 3: Most Probable Number Technique Using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl-b-Dglucuronide Acid. *International Organization for Standardization*. <https://www.iso.org/standard/40235.html#:~:text=Abstract,such%20as%20chlorine%2Dcontaining%20products>.
- Iwamoto, Ayers, Mahon, & Swerdlow. (2010). Epidemiology of Seafood-Associated Infections in the United States. *Clinical microbiology Review*, 23(2), 399-411. <https://doi.org/10.1128/CMR.00059-09>
- Lee. (2009). Ussing Fish and Shellfish Quality Assessment Methods. *Seafish-Pez de mar*. <https://www.seafish.org/document/?id=C551CE18-93D1-41C1-AE82-82185632CD98>
- Lee, & Silk. (2013). Sources of variation of Escherichia coli concentrations in bivalve molluscs. *Journal of Water and Health*, 11(1), 78-83. <https://doi.org/https://doi.org/10.2166/wh.2012.114>

- Lee, R., Lovatelli, A., & Ababouch, L. (. (2010). Depuración de bivalvo : aspectos fundamentales y prácticos. *FAO Fisheries and Aquaculture.*, 1(2), 153. openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i0201s
- Lee, R., Lovatelli, A., & Ababouch, L. (. (2010). Depuración de bivalvo : aspectos fundamentales y prácticos. *FAO Fisheries and Aquaculture.*, 1(2), 5-9. openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i0201s
- Lewis, M., Rikard, S., & Arias, C. (Diciembre de 2010). Evaluation of a Flow-Through Depuration System to Eliminate the Human Pathogen *Vibrio Vulnificus* from Oysters. (2. S. Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Ed.) *Journal of Aquaculture Research & Development*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.1000103>
- Libre texts Biology.* (05 de 06 de 2025). MacConkey agar: https://bio.libretexts.org/Learning_Objects/Laboratory_Experiments/Microbiology_Labs/Microbiology_Labs_II/12%3A_Isolation_and_Identification_of_Enterobacteriaceae_and_Pseudomonas_Part_1/12.06%3A_Results_from_Testing_Procedures_Used_in_This_Lab/12.6.01%3A_
- Llerena Almeida, N. (2025). Desarrollo de un sistema de depuración bacteriana a baja escala para. *Universidad de Guayaquil*. <https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/79970>
- Loaiza, M. V., & Molina, D. E. (2021). Norma internacional HACCP para las buenas prácticas acuícolas en el proceso de cultivo de moluscos bivalvos (*crassostea gigas*), en el centro de valor agregado ASOPAR del Jobo, Guanacaste, Costa Rica. <http://hdl.handle.net/11056/22776>
- Lucas, & Beninger. (1985). The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*, 44(3), 187-200. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0044-8486\(85\)90243-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0044-8486(85)90243-1)
- Martinez, A., & Mayz, M. A. (2003). Estudio de la adición de conchas de mar con y sin agentes de acoplamiento al PP, PEAD ya la mezcla PP PEAD (80 20). *Universidad de Venezuela*.
- Martinez, A., López, A., Rodríguez, J., Ibarra, S., Mondragón, A., Miranda, J., & Lamas, A. (2020). Complementary methods to improve bivalve purification: a review. *Foods*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods9020129>

- Mendoza, & Alvitres. (2013). Crecimiento y supervivencia de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) a tres densidades. *Revista de Investigación Científica Manglar*, 12(1), 55-64.
- Mendoza, O. (2017). Respuesta fisiológica y molecular de *Anadara tuberculosa* (Arcoidea: Arcidae) al estrés de salinidad. *Revista de Biología Tropical*, 64(3), 1142-1152. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i3.29448>
- Michael, S. G.-K.-G.-L., Rocha, J., Martinez-Piernas, A. B., & Fatta-Kassinou. (2020). Investigating the impact of UV-C/H₂O₂ and sunlight/H₂O₂ on the removal of antibiotics, antibiotic resistance determinants and toxicity present in urban wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 388, 124383.
- Mora. (1990). Catálogo de Bivalvos Marinos del Ecuador. *Instituto Nacional de Pesca*, 10(1), 136.
- Mora, Moreno, & Jurado. (2010). La pesquería de la concha prieta (*Anadara tuberculosa* y *Anadara similis*) en el 2009: Indicadores pesqueros y condición reproductiva en la zona sur y norte de Ecuador. *Boletín Científico y Técnico*, 20(8), 35-49.
- Moreno, J. (2009). Comercialización de la concha prieta (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en los principales puertos de la costa ecuatoriana. *Boletín Científico y Técnico*, 20 (8), p.50-64.
- Moreno, M., & Noblecilla, D. (2021). Sistema de depuración de moluscos bivalvos con recirculación a nivel de evaluación y socialización. *Proyecto Integrador previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico. Escuela Superior Politécnica del Litoral*. www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53173
- MPCEIP. (2019). Propuesta Normativa Acuerdo Ministerial Categorización Depuración de moluscos bivalvos. *Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca*. https://www.produccion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2021/04/Propuesta-Normativa-AcuerdoMinisterial_Categorizacion_Depuracion-de-moluscos-bivalvos_12_04_2021.pdf
- Nappier, S. P., Graczyk, T. K., & Schwab, K. J. (2008). Bioaccumulation, retention, and depuration of enteric viruses by *Crassostrea virginica* and *Crassostrea ariakensis* oysters. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(22), 6825-6831. <https://doi.org/10.1128/AEM.01000-08>

- Narváez, A., Piguave, X., & Moreno, M. (2019). Moluscos presentes en la Isla del Amor, Provincia de El Oro: Identificación de moluscos en zona de playas y manglar (Spanish Edition). *Acadèmica Española*. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29062/1/Tesis_de_Maestr%20c3%20
- OMS, F., & FAO, O. D. (2012). NORMA PARA LOS MOLUSCOS BIVALVOS VIVOS. *Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros*., Apéndice IX. www.fao.org/4/j1682s/j1682s09.htm#TopOfPage
- Ortíz, J. R. (2018). Diversidad y distribución de la comunidad de moluscos asociados al Humedal Las Islas Las Lisas-Barrona en el Pacífico sur oriental de Guatemala. *Ciencia, Tecnología Y Salud*, 7(1). <https://doi.org/10.36829/63CTS.v7i1.789>
- Panimboza Ortega, J. A. (2022). Parásitos en el interior de *Mytella guyanensis*, *Anadara tuberculosa* y *Leukoma asperima* vendidos en el mercado de La Libertad-Santa Elena, Ecuador, octubre–diciembre 2021. (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena). *Trabajo práctico previo a la obtención del título de Biólogo Marino*. repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8098
- Panta, Bermúdez, Mero, Arrieche, & Acosta. (2020). Reproductive Cycle of *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Bivalvia: Arcidae) in a Mangrove System of the Chone River Estuary, Ecuador. *Advances in Environmental Biology*, 14(2), 1-11.
- Pavone, D. (2020). Contando colonias en placas de agar. *TecnoVita*. <https://tecnovitaca.com/wp-content/uploads/2021/06/Colonias-agar.pdf>
- Pesca y Acuicultura. (2021). Guía para la evaluación sensorial para productos pesqueros y acuícolas (pescados, crustáceos y moluscos) en laboratorio. *Administración Organizacional y P`ublica*.
- Piguave, X. (2021). Análisis del contenido interno de moluscos bivalvos: Implementación de un sistema de depuración en el puerto El Morro en las especies comerciales. *Departamento de Vinculación con la sociedad*.
- Polo, D., Álvarez, C., Díez, J., Darriba, S., Longa, Á., & Romalde, J. (2014). Viral elimination during commercial seafood purification. *Food Control*, 43, 206-212. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.03.022>

- Polo, D., Feal, X., & Romalde, J. (2015). Mathematical model for viral clearance kinetics in seafood: a useful tool to estimate the risk to consumers. *Food Microbiology*, 49, 220-225. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.02.015>
- Potasman, I., Paz, A., & Odeh, M. (2002). Infectious outbreaks associated with bivalve shellfish consumption: a worldwide perspective. *Clinical Infectious Diseases*, 35(8), 921-928. <https://doi.org/10.1086/342330>
- Prado Carpio, E., Quiñonez Cabeza, M., Rentería Minuche, P., Martínez Soto, M., Rodríguez Monroy, C., & Olivo Garrido, M. (2021). Estándar de Calidad del Molusco Bivalvo Concha Prieta "Anadara tuberculosa" Quality Standard of the Concha Prieta "Anadara tuberculosa" Bivalve Mollusk. *Prospective and trends in technology and skills for sustainable social development. Leveraging emerging technologies to construct the future: Proceedings of the 19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.443>
- Prado, E., Martínez, M., Morris, A., Castro, C., Renteria, P., Coronel, j., & Rodríguez, C. (2019). Importancia de la producción de la concha prieta (Anadara tuberculosa) en las costas ecuatorianas. *REVISTA ESPAMCIENCIA*, 11(1), 33-46.
- Prado, E., Quiñonez, M., Renteria, P., Martinez, M., Rodriguez, C., & Olivo, M. d. (2021, July 19). Estándar de Calidad del Molusco Bivalvo Concha Prieta "Anadara tuberculosa". *19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*. <https://doi.org/19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology>
- PRADO-CARPIO, E. C., MARTÍNEZ-SOTO, M. E., RODRÍGUEZ-MONROY, C., QUIÑONEZ-CABEZA, M., & Olivo-Garrido, M. L. (2021). Biología, productividad y atributos comerciales del molusco bivalvo «concha prieta»(Anadara tuberculosa). *Revista Espacios*, 42(22), 2-15.
- Prado-Carpio, E., Martínez-Soto, M., Rodríguez-Monroy, C., Núñez-Guerrero, Y., Quiñonez-Cabeza, M., & Nazareno-Veliz, I. &.-C. (2020). Descripción de la cadena de producción del molusco bivalvo concha prieta "Anadara tuberculosa". *Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development. Buenos Aires: EasyChair Preprint*.

- Prado-Carpio, E., Quezada-Abad, C., Martínez-Soto, M., Rodríguez-Monroy, C., & Morris-Díaz. (2018). An Approximation to Agribusiness Development in the Value Chain of the Bivalve Mollusk« (*Anadara tuberculosa*) (Sowerby, 1833) (Arcidae)». . *Proceedings in Food System Dynamics*.
- Ramírez, Torres, & Gómez. (2020). Ciclo reproductivo de *Leukoma asperima* en la costa del Pacífico colombiano. *Journal of Shellfish research*, 39(1), 45-53.
- Ramos, R. J., Miotto, M., Squella, F. J., Cirolini, A., Ferreira, J. F., & Vieira, C. R. (2012). Depuration of Oysters (*Crassostrea gigas*) Contaminated with *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* with UV Light and Chlorinated Seawater. *Journal of Food Protection*, 75(8), 1501-1506. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-467>
- Registro Oficial órgano de la República del Ecuador. (2023). ACUERDO MINISTERIAL Nro. MAATE-2023-082. En C. E. Ministerio de Producción (Ed.), *Tercer Suplemento N°402*, (págs. 5-7). Ecuador.
- Rojas-Jimenez, K., Villalobos-Rojas, F., Gatgens-García, J., Rodríguez-Arias, M., Hernández-Montero, N., & Wehrtmann, I. S. (2022). Presence of microplastics in six bivalve species (Mollusca, Bivalvia) commercially exploited at the Pacific coast of Costa Rica, Central America. . *Marine Pollution Bulletin*, 183(114040). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114040>
- Santa Cruz, M. J., Martínez, C., & Varela, P. (2005). Principios básicos del análisis sensorial. Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos. 17-41.
- Schneider, K. R., Cevallos, J., & Rodrick, G. E. (2009). Molluscan shellfish depuration. *Shellfish safety and quality*, 509-541. <https://doi.org/10.1533/9781845695576.5.509>
- SeaFish. (2018). *Seafish Standard Design Purification Systems: Operating Manual for the Small Scale Shallow Tank Purification System*. Pyke and Deane Aquaculture Consultants. <https://doi.org/978-1-911073-27-7>
- Secretaría de Salud. (2010). NOM-242-SSA1-2009, Productos de la pesca. Moluscos bivalvos frescos, refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. *Diario Oficial de la Federación*. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4295/salud2a/salud2a.htm#:~:text=Productos%20y%20servicios->

,NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D242%2DSSA1%2D2009%2C%20Productos,que%20dice:%20Estados%20Unidos%20Mexican os.

- Silva, & Bonilla. (2014). Estructura de la población y distribución de *Anadara tuberculosa* Sowerby (1833) (Mollusca: Bivalvia) en los manglares de Golfito y Playa Blanca de Puerto Jiménez, Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 287-298.
- Sorroza, L., Velásquez, P., Santacruz, R., Echeverría, E., Yáñez, M., & Solano, G. (2018). Disminución/Reducción de la carga bacteriana en la concha negra *Anadara tuberculosa* para consumo humano. *Revista Espacios*, 39(45), 34. <https://revistaespacios.com/a18v39n45/18394534.html?utm>
- Strohmeier, Strand, & Aure. (2009). Seasonal variability in particle retention efficiency by the great scallop. *Aquaculture*, 298(3), 244-249. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.10.018>
- TM MEDIA. (2018). TM Media products Catalogue . <https://doi.org/https://es.slideshare.net/slideshow/tm-media-products-catalog-2018-titan-media/108226946>
- U.S. Food and Drug Administration (FDA). (2001). *Bacteriological Analytical Manual (BAM)* (Octava ed.). <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam>
- Vega Corrales , L., Marín Vindas, C., Pacheco Prieto, O., & Zúñiga Calero, G. (2013). Preliminary assessment of small scale bacterial depuration of *Crassostrea gigas* and *Anadara* spp., Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Revista Marina Costera*, 5, 107-117. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/revmar.5.7>
- Villón Navas, B. T. (2022). Determinación de concentraciones de cadmio y mercurio en concha prieta, *Anadara tuberculosa* Sowerby, 1833, agua y sedimento del refugio de vida silvestre manglares El Morro (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena).
- Wong, E., Antillón, F., Glenn, E., & González, M. I. (1997). Depuración microbiológica artesanal de la piangua, *Anadara tuberculosa* (Mollusca: Arcidae). *Revista de Biología Tropical*, 45(4), 1445-1452.

12. ANEXOS

Anexo 1. Sistema de depuración



Anexo 3. Instalación de carcazas con sus respectivos filtros



Anexo 2. Bomba de agua TRUPER con bypass



Anexo 4. Instalación de lámpara UV



Anexo 5. Peso de 1 gramo de tejido para posterior análisis microbiológico



Anexo 7. Peso de arena para maceración de tejido



Anexo 6. Observación de placa con colonias de Vibrios en agar TCBS



Anexo 9. Observación de placa con colonias de E. Coli en agar MacConkey



Anexo 8. Placas con crecimiento de bacterias



Anexo 11. Mortalidad de Anadara tuberculosa al final del T0



Anexo 10. Análisis de agua, amonio y nitrito por técnica de colorimetría con API Máster



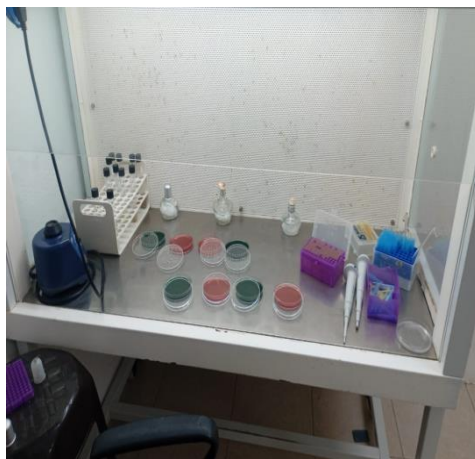
Anexo 13. Maceración te tejido



Anexo 12. Diluciones de tejido homogeneizadas en Vórtex



Anexo 15. Siembra de tejido y agua en la cabina de siembra



Anexo 14. Incubación de placas



Anexo 17. Área de microalgas



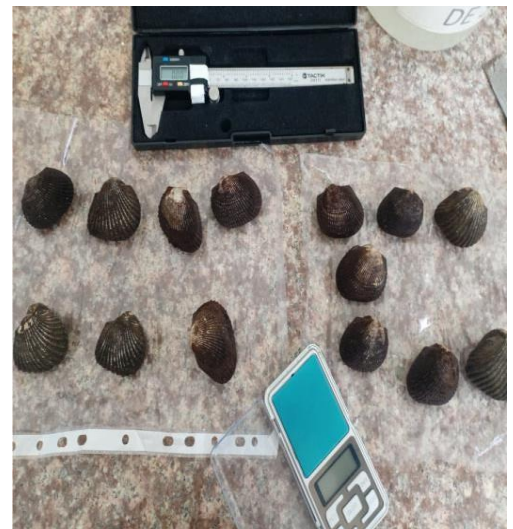
Anexo 16. Adaptación de base en las carcazas



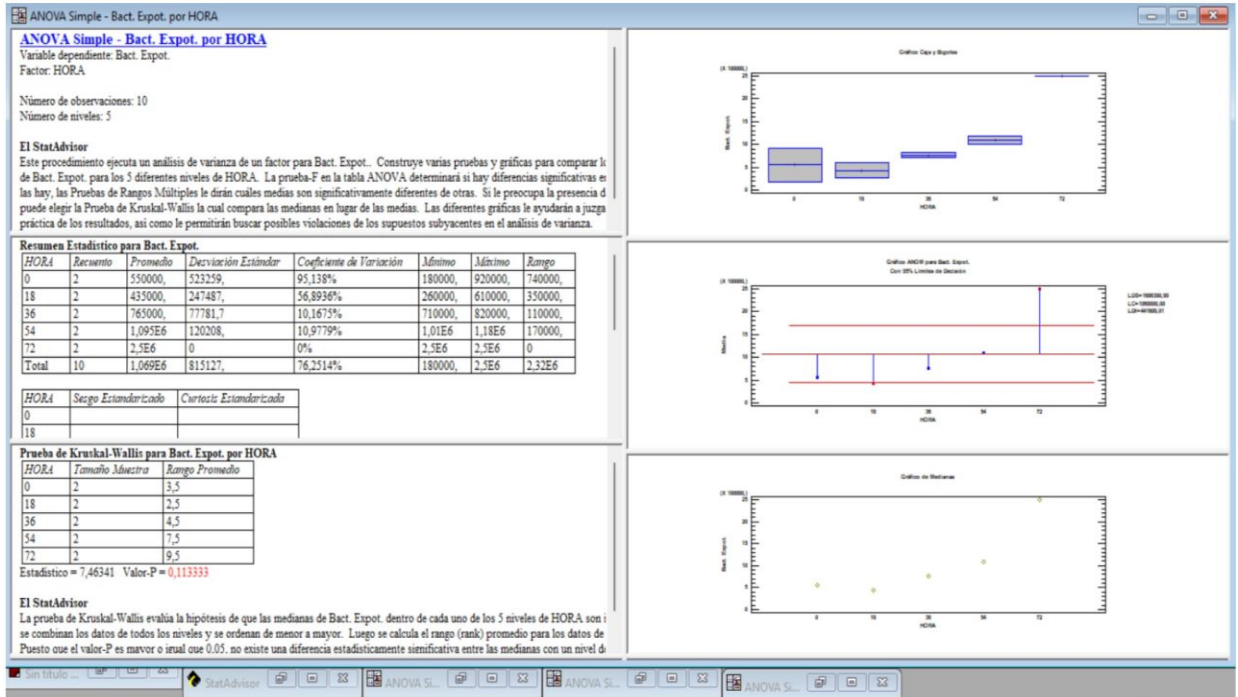
Anexo 19. Test para tomar el parámetro de alcalinidad



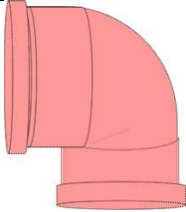
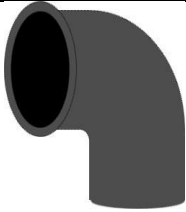
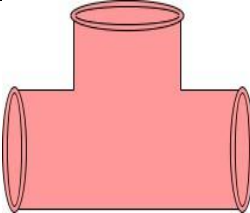
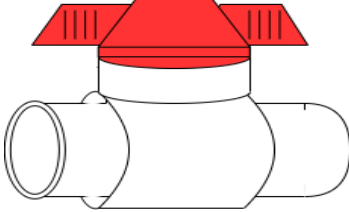
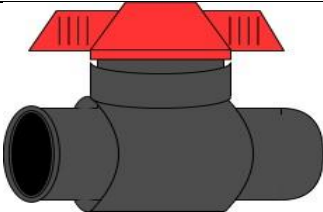
Anexo 18. Toma de datos biométricos de concha prieta

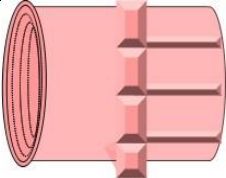

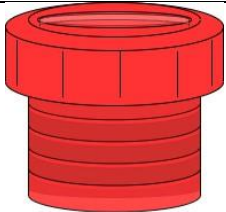
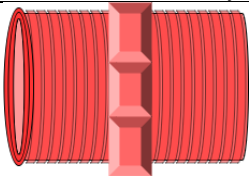
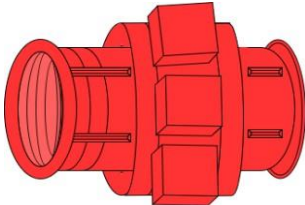
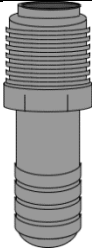


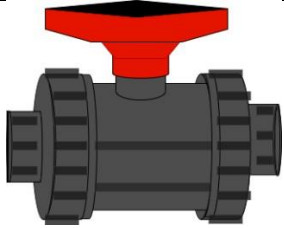


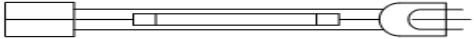

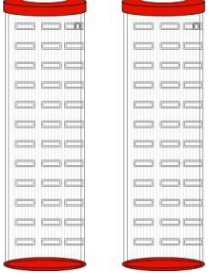
Anexo 20. Corrida de datos para obtener diferencias estadísticas de los datos.

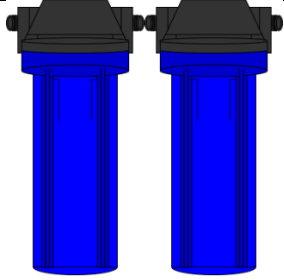




Anexo 21. Materiales utilizados en la instalación del sistema

Materiales empleados en el diseño del sistema		
Materiales	Cantidad	Uso
 Codo de 1" pegable 90°	5	Conexión angular para red hidráulica
 Codo estándar de 1" 90°	5	Complementarios para derivaciones del sistema
 Tee pegable de 1"	6	Uniones en forma de T para distribución del flujo
 Válvula de bola o esférica de 1"	6	Control de paso principal del sistema
 Válvula roscable de 1/2"	2	Control en líneas secundarias o derivaciones

 <p>Adaptador hembra de 1"</p>	4	Conexión entre válvulas y tuberías
 <p>Adaptador macho de 1"</p>	2	Complemento para conexión roscada
 <p>Bushin roscable de 1 "a ¾ y 1" a ½</p>	4	Reducción de medida
 <p>Neplo perdido de ¾</p>	4	Unión de tuberías o accesorios
 <p>Nudo universal de ¾ y 1" Polimex</p>	1	Unión de dos tuberías (carcazas)
 <p>Neplo a 1"</p>	1	Conexión de tuberías a diferentes tamaños

 <p>Válvula adicional de 1"</p>	1	Controlar flujo y presión del agua
 <p>Tubo de 1" pegable reforzado (32mm)</p>	1	Conducción principal del flujo de agua
   <p>Lámpara UV 12 GPM-55W, conexión 1/2</p>	1	Desinfección por ultravioleta
 <p>Filtros Hidromix plisado de polipropileno puro, 2 micras, 1000 l/h</p>	2	Filtro absoluto para eliminar partículas más pequeñas de sedimentos como arena, lodo, suciedad, etc.

 <p data-bbox="443 596 943 625">Carcaza standard 10x2,5 – conexión ½ 1500l/h</p>	<p data-bbox="1073 499 1094 529">2</p>	<p data-bbox="1211 478 1430 562">Contenedor para filtros</p>
 <p data-bbox="443 940 943 970">Bomba sumergible Trupper de 1 HP, 13000 l/h</p>	<p data-bbox="1073 852 1094 882">1</p>	<p data-bbox="1175 814 1474 898">Permite el bombeo y recirculación del agua</p>
 <p data-bbox="500 1171 886 1201">Manguera transparente para agua ¾</p>	<p data-bbox="1057 1115 1117 1144">15m</p>	<p data-bbox="1175 1098 1474 1182">Transporte de regreso del flujo</p>