



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN
Modalidad Artículo Académico

Tema

Protocolo de adaptabilidad y cultivo del alga *Padina pavonica* (Linnaeus, 1960) bajo un sistema controlado, Manta-Ecuador.

Autores

Diego Valdemar Mendoza Rodríguez

Melany Lizbeth Ganchoso Pincay

Periodo 2025 – 1

Tutor: Biol. Luber Javier Quijije López, Mg

Declaración de autoría

En el presente documento, nosotros, **Mendoza Rodriguez Diego Valdemar y Ganchoso Pincay Melany Lizbeth**, declaramos que hemos contribuido a la realización del trabajo de titulación bajo la modalidad de Artículo Académico, como requisito previo para la obtención del título de Biólogo, con el tema: **Protocolo de adaptabilidad y cultivo del alga *Padina pavonica* (Linnaeus, 1960) bajo un sistema controlado, Manta-Ecuador.**

Hemos revisado y aprobado la versión final del manuscrito, autorizando su presentación para publicación. Asimismo, garantizamos que este trabajo es original, no ha sido publicado previamente y no se encuentra en proceso de evaluación para su publicación en ningún otro lugar.

Además, declaramos no tener conflictos de interés en relación con este trabajo.

Firmas:

Mendoza Rodriguez Diego Valdemar

C.I. 1315555423

Ganchoso Pincay Melany Lizbeth

C.I. 2350985780

	NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	CERTIFICADO DE TUTOR(A).	REVISIÓN: 1
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías de la carrera de Biología de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

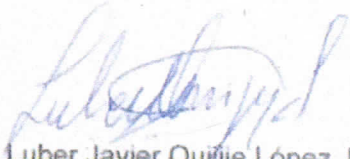
Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Mendoza Rodriguez Diego Valdemar**, legalmente matriculado en la carrera de Biología, período académico 2025-2026, cumpliendo el total de **384** horas, cuyo tema del proyecto es "**Protocolo de adaptabilidad y cultivo del alga Padina pavonica (Linnaeus, 1960) bajo un sistema controlado, Manta-Ecuador**".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

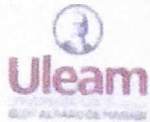
Manta, 06 de agosto de 2025.

Lo certifico,


 Biol. Luber Javier Quijje López, Mg
 Docente Tutor
 Área: Oceanografía

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

	NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	CERTIFICADO DE TUTOR(A).	REVISIÓN: 1
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad Ciencias de la Vida y Tecnología de la carrera de Biología de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

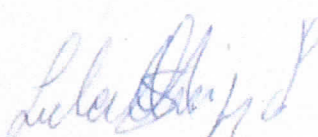
Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Ganchoso Pincay Melany Lizbeth**, legalmente matriculada en la carrera de Biología, período académico 2025-2026, cumpliendo el total de **384** horas, cuyo tema del proyecto es **"Protocolo de adaptabilidad y cultivo del alga Padina pavonica (Linnaeus, 1960) bajo un sistema controlado, Manta-Ecuador"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 06 de agosto de 2025.

Lo certifico,


 Biol. Luber Javier Quijije López, Mg.
 Docente Tutor
 Área: Oceanografía

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

Protocolo de adaptabilidad y cultivo del alga *Padina pavonica* (Linnaeus, 1960) bajo un sistema controlado, Manta-Ecuador.

Mendoza-Rodriguez Diego¹, Ganchoso-Pincay Melany¹

¹ Carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Correo institucional: e1315555423@live.uleam.edu.ec¹

RESUMEN

Ante el potencial biotecnológico de *Padina pavonica* y la escasez de protocolos de cultivo en Ecuador (0.03% producción regional), este estudio aborda la necesidad de desarrollar sistemas controlados para su aprovechamiento sostenible en acuicultura tropical. El presente trabajo evalúa un protocolo de cultivo de *Padina pavonica* en Manta-Ecuador, midiendo: crecimiento de biomasa bajo diferentes nutrientes (Nitrato de Sodio 1%, Liquid Reef), dinámica de parámetros abióticos (temperatura, salinidad, pH, luz), y eficiencia de fijación a sustratos calcáreos. Se establecieron ocho unidades experimentales (acuarios de 15 L) durante seis semanas con muestras de la playa de Barbasquillo, usando valvas de *Anadara tuberculosa* como sustrato con fijación de nylon monofilamento. La biomasa y variables ambientales se monitorearon semanalmente, analizándose mediante ANOVA y regresión lineal múltiple utilizando el software IBM SPSS versión 25. Los tratamientos nutricionales no mostraron diferencias significativas en biomasa versus control ($p > 0.05$). El pH explicó el 49% de la variabilidad del crecimiento ($R^2 = 0.49$; $p < 0.05$). La fijación registró 0% de desprendimientos. Los parámetros abióticos se mantuvieron en rangos óptimos: temperatura $25.1^{\circ}\text{C} \pm 0.35$, salinidad $30.9 \text{ UPS} \pm 0.15$, pH 8.14 ± 0.02 , luminosidad $73.01 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \pm 5.63$. Se concluye que *Padina pavonica* exhibe resiliencia fisiológica en sistemas controlados con suplementación nutricional, con pH como variable determinante. La metodología de fijación con valvas es eficiente. No obstante, la especie es vulnerable a estrés térmico ($>32^{\circ}\text{C}$) y acidificación abrupta, requiriendo control riguroso de condiciones.

Palabras clave: Biomasa, sustrato calcáreo, parámetros abióticos, acuicultura.

ABSTRACT

Facing the biotechnological potential of *Padina pavonica* and the scarcity of cultivation protocols in Ecuador (0.03% regional production), this study addresses the need to develop controlled systems for its sustainable utilization in tropical aquaculture. The present work evaluates a cultivation protocol for *Padina pavonica* in Manta-Ecuador, measuring biomass growth under different nutrients (Sodium Nitrate 1%, Liquid Reef), dynamics of abiotic parameters (temperature, salinity, pH, light), and attachment efficiency to calcareous substrates. Eight experimental units (15 L aquaria) were established during six weeks with samples from Barbasquillo beach, using *Anadara tuberculosa* shells as substrate with monofilament nylon attachment. Biomass and environmental variables were monitored weekly, being analyzed through ANOVA and multiple linear regression using the software IBM SPSS version 25. The nutritional treatments showed no significant differences in biomass versus the control ($p > 0.05$). pH explained 49% of growth variability ($R^2 = 0.49$; $p < 0.05$). Attachment registered 0% detachment. Abiotic parameters remained within optimal ranges: temperature $25.1^{\circ}\text{C} \pm 0.35$, salinity $30.9 \text{ PSU} \pm 0.15$, pH 8.14 ± 0.02 , luminosity $73.01 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \pm 5.63$. It is concluded that *Padina pavonica* exhibits physiological resilience in controlled systems with nutritional supplementation, with pH as a determinant variable. The shell-based attachment methodology is efficient. Nevertheless, the species is vulnerable to thermal stress ($>32^{\circ}\text{C}$) and abrupt acidification, requiring rigorous control of conditions.

Keywords: Biomass, calcareous substrate, abiotic parameters, aquaculture.

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura de algas se ha expandido rápidamente debido a la creciente demanda de algas comestibles, nutraceuticos, productos farmacéuticos, antimicrobianos y otros compuestos con usos biotecnológicos (Cottier-Cook et al., 2016; Shannon & Abu-Ghannam, 2019). Las algas contribuyen a la adaptación al cambio climático al amortiguar la energía de las olas, a elevar el pH y suministrar oxígeno al agua, reduciendo los efectos de la acidificación y la desoxigenación de los océanos (Duarte et al., 2017; Fernández et al., 2019). Para producir algas, se requieren áreas con suficientes nutrientes y luz, así como salinidad y temperaturas que no limiten su crecimiento (Pereira, 2016), lo que ha impulsado el desarrollo de sistemas cerrados como estanques o lagunas, en donde el agua se retiene bajo agitación para mantener las algas suspendidas y expuestas a la luz (Hafting et al., 2012; Currie, 2018). La principal ventaja de estos sistemas es el monitoreo y la oportunidad de ajuste en tiempo real de las condiciones (Hafting et al., 2015).

A nivel mundial, las macroalgas constituyen el segundo sector de mayor producción acuícola, con 36,5 millones de toneladas (FAO, 2024). La mayor parte de esta producción se concentra en el Japón, Indonesia, la República de Corea, la República Democrática Popular de Corea y Filipinas, que en conjunto representan más del 99 % del total global (Nayar & Botel, 2014), mientras que, en América Latina, Chile es el principal productor, siendo responsable del 95% de la producción (14.846 toneladas). Le siguen Brasil, México, Ecuador y Perú (Ferdouse et al., 2018). En el Ecuador, aunque no hay una tradición de consumo de macroalgas, ha surgido un mayor interés por cultivar especies, orientadas a la producción de biofertilizantes y carragenina. En los últimos cinco años, se han desarrollado proyectos orientados al uso de *K. alvarezii* y de especies nativas como *Acanthophora spicifera*, *Ulva lactuca* y *Gelidium sp.* como quimio tratamientos naturales para moluscos y camarones (Guillén et al., 2022, 2024). El más significativo fue registrado por Montúfar-Romero et al. (2023) donde corroboró una alta productividad en la región, con un crecimiento diario promedio de 15,2 % durante la fase de crecimiento exponencial de la macroalga. Estos resultados subrayan el potencial del Ecuador para la producción de biomasa de macroalgas y consolidan esta actividad como una alternativa económicamente viable dentro del sector acuícola local (Marquez, 2025).

Las algas son una excelente fuente de proteínas, grasas, hidratos de carbono, vitaminas (Martínez-Hernández et al., 2018) y tienen un alto valor energético (Kirpenko et al., 2017). Entre ellas se encuentran las vitaminas liposolubles e hidrosolubles A, D, E, K, C, B1, B2, B9, B12 y minerales esenciales como calcio, hierro, yodo, magnesio, fósforo, potasio, zinc, cobre, manganeso, selenio y

flúor (Mišurcová, 2011; Qin, 2018). Han demostrado ser una fuente viable de biomasa nutritiva que podría resolver muchos de los problemas de producción de alimentos (Díaz et al., 2023). Además, compuestos bioactivos como fucoidanos y florotaninos, presentes en algas pardas, ofrecen potencial farmacéutico y cosmético (Ersoydan & Rustemeyer, 2024), mientras que, las tecnologías de conversión de carbono basadas en algas tienen el potencial de reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles (Anguselvi et al., 2019).

Entre las especies destacadas se encuentran *Padina pavonica* (Linnaeus, 1960), un alga parda de la familia Dictyotaceae, distribuida desde costas templadas cálidas hasta tropicales, en latitudes de $\pm 30^\circ$ a nivel mundial, y que crece principalmente en el mar Mediterráneo y el océano Atlántico (Ni-Ni-Win et al., 2011; Silberfeld et al., 2013). Existen estudios que resaltan el potencial multifuncional como la actividad antibacteriana contra *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Streptococcus pyogenes*, *Salmonella spp.* y *Klebsiella Pneumoniae* (Hamad et al., 2023), alta actividad antioxidante (Şensu et al., 2023) y un perfil nutricional óptimo con carbohidratos (30,55%) y proteínas (6,02%) (El Maghraby & Fakhry, 2015). Adicionalmente, su extracto acuoso puede ejercer efectos beneficiosos sobre la respuesta al estrés salino en plantas de *Arabidopsis* (Drira et al., 2021).

A pesar de su relevancia, los protocolos de cultivo controlado de *P. pavonica* en América Latina son escasos, especialmente en Ecuador, donde la producción de algas marinas representa solo el 0,03% a nivel regional (Ferdouse et al., 2018). Por ello, este estudio tiene como objetivo diseñar un protocolo de cultivo de *Padina pavonica* bajo condiciones controladas en Manta, Ecuador, contribuyendo al desarrollo de estrategias sostenibles para la acuicultura regional y permitiendo que en el futuro se pueda ampliar el conocimiento del potencial biotecnológico que pueda presentar la especie.

2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

Las muestras de *Padina pavonica* se recolectaron durante la bajamar en la zona intermareal rocosa de la playa de Barbasquillo, ubicada en la provincia de Manabí, Manta-Ecuador (Fig. 1).

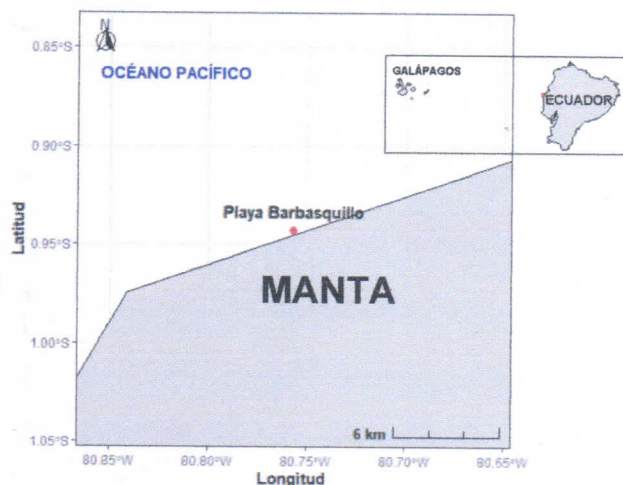


Fig. 1. Mapa del área de extracción de muestras de *Padina pavonica* en Barbasquillo, Manta-Ecuador.

2.2 Fase de campo

Se seleccionaron ejemplares de algas sin signos de deterioro, cada organismo fue cuidadosamente desprendida del sustrato rocoso mediante tracción manual en la base del rizoide, evitando así daños a las mismas. Los especímenes se colocaron en bolsas plásticas herméticas ziploc conteniendo 500 ml de agua de mar del sitio de recolección, estas bolsas se almacenaron en una hielera portátil durante un período máximo de dos horas.

2.3 Fase de laboratorio

Antes de iniciar el cultivo, todas las muestras fueron sometidas a un protocolo de desinfección donde se utilizó hipoclorito de sodio rebajado al 1% y agua de mar filtrada. Este proceso consistió en una inmersión durante 60 segundos en una solución de hipoclorito de sodio, seguida de un enjuague exhaustivo con agua de mar. El cultivo constó de ocho unidades independientes, utilizando acuarios de vidrio de 15 litros de capacidad y cada una con aireación constante. Cada recipiente fue sometido a un proceso de limpieza y desinfección previo que consistió en un lavado manual con solución

detergente, enjuague, luego se usaba hipoclorito de sodio durante 30 minutos y finalmente, se culminaba eliminando los residuos con abundante agua.

Como sustrato para la fijación de las algas se emplearon valvas de *Anadara tuberculosa*, previamente limpias y autoclavadas, cada concha fue pesada individualmente utilizando una balanza analítica con precisión de ± 0.01 g. La fijación de las muestras se realizó mediante hilo de nylon (monofilamento) para pesca de 0.5 mm de diámetro, asegurando una sujeción firme pero no restrictiva que permitiera el crecimiento natural del alga. El sistema de cultivo se mantuvo bajo condiciones controladas durante un período total de seis semanas (fase de clivaje), la fase inicial de cuarentena duró siete días, durante los cuales se realizaron mediciones diarias de los parámetros abióticos como: temperatura, salinidad y pH utilizando un multiparámetro previamente calibrado con soluciones buffer estándar. También se midió la luminosidad utilizando un smartphone POCO X4 Pro 5G equipado con un procesador Snapdragon 695 5G (6 nm), 6 GB de RAM, 256 GB de almacenamiento interno, sistema operativo Android 11 con MIUI 13 para POCO, y sensor de luz ambiental mediante el uso de la aplicación Phyphox. Cabe señalar que este método, si bien accesible, carece de la precisión espectral y calibración de un medidor cuántico de radiación (PAR meter), los datos obtenidos se consideran, por tanto, valores de referencia para comparación interna y no mediciones absolutas de PAR.

El manejo hidrológico incluyó cambios parciales de agua (50% del volumen) cada tres días y cambios totales semanales. Para mantener la salinidad en el rango óptimo (30-32 UPS), se realizaron ajustes diarios mediante la adición de agua potable, calculada en función de las pérdidas por evaporación. La limpieza del sistema se completó con sifonéo diario de los fondos utilizando malla de 300 μ m para retener partículas en suspensión.

El diseño experimental fue un diseño completamente aleatorizado, teniendo un control (sin nutrientes), tratamiento 1 con 3,5 ml de nitrato de sodio al 1% (nutriente A), tratamiento 2 con 0,5 ml de Liquid Reef (nutriente B) y el tratamiento 3 con ambos nutrientes y mismas dosis (A+B) cada uno con su respectiva réplica (**Fig. 2**), dichos nutrientes fueron aplicados una vez por semana durante todo el cultivo. El proceso de investigación completo abarcó un período de tres meses y catorce días. Los resultados aquí reportados corresponden principalmente de la última interacción metodológica la cual tuvo una duración de seis semanas. Tanto el control como los tratamientos fueron precedidas y seguidas por mediciones de pH para evaluar posibles fluctuaciones en la acidez del medio. El seguimiento del crecimiento algal se realizó mediante mediciones semanales de biomasa (peso

fresco) utilizando una balanza analítica, al mismo tiempo, se documentó el estado fisiológico de las muestras mediante fotografías. Por último, en la sexta semana se implementó un protocolo adicional de desinfección y se recolectaron muestras de agua para análisis microbiológico mediante microscopía óptica.

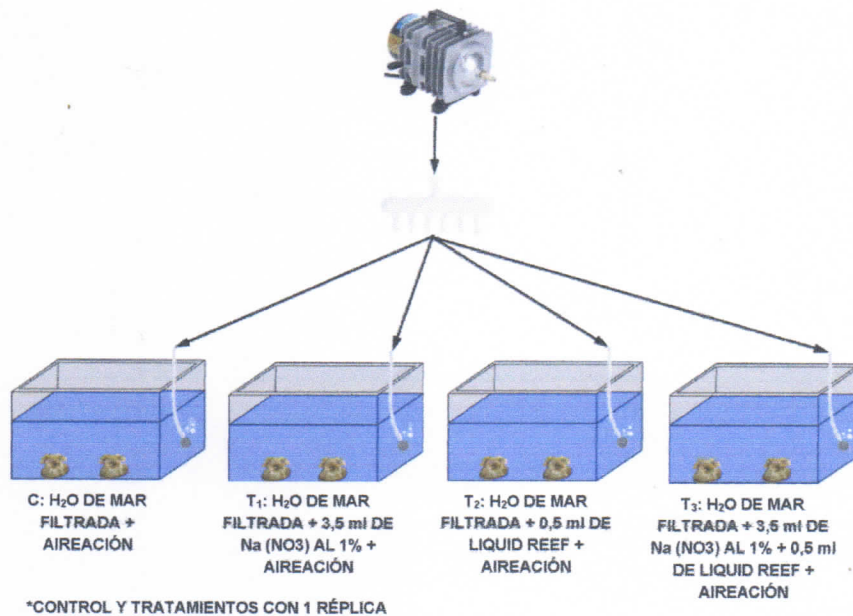


Fig. 2. Diseño experimental para el cultivo de *Padina pavonica* bajo condiciones controladas.

2.4 Análisis de datos

El análisis estadístico se realizó utilizando el software IBM SPSS Versión 25. La variable dependiente fue el peso (biomasa) de las algas, la variable independiente fue el tipo de tratamiento (Control, T1, T2 y T3) y las variables intervinientes (covariables) fueron: salinidad, pH, temperatura y luminosidad. La normalidad de todas las variables (incluyendo el peso de las algas, salinidad, pH, temperatura y luminosidad) fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, confirmándose una distribución normal en todos los casos ($p > 0.05$). Asimismo, se verificó la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene, que también cumplió este supuesto ($p > 0.05$).

Para evaluar diferencias en el peso (biomasa) de las algas entre los tratamientos, se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), esto se fundamenta en la razón que el diseño de la investigación es preexperimental donde no se controlan todas las variables sujetas a prueba, y además, se realizan este tipo de trabajo para encontrar las potencialidades y debilidades del experimento y poder mejorar estos criterios en las siguientes experiencias científicas. Este análisis

no mostró diferencias significativas entre los grupos ($p > 0.05$). Adicionalmente, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple entre el peso de las algas y las variables abióticas (salinidad, pH, temperatura y luminosidad). El modelo global resultó estadísticamente significativo ($p < 0.05$), identificándose al pH como el único predictor significativo del peso ($p < 0.05$).

3. RESULTADOS

3.1 Evolución del peso húmedo en el cultivo de la biomasa de *Padina pavonica*.

El análisis estadístico preliminar confirmó que los datos de peso húmedo cumplieron con los supuestos de normalidad ($p > 0.05$) de Shapiro-Wilk (**Tabla 1**) y homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$) de Levene (**Tabla 2**), validando los análisis paramétricos posteriores. El monitoreo semanal del peso húmedo reveló una tendencia creciente en la biomasa de *Padina pavonica* en todos los tratamientos con relación al Control a lo largo del período experimental (**Fig. 3 y 4**). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencias estadísticamente significativas en la biomasa final entre el Control y los tratamientos con nutrientes (**Tabla 3**), lo que sugiere que las concentraciones de Nitrato de Sodio al 1% y Liquid Reef utilizadas no estimularon un crecimiento neto bajo las condiciones ensayadas. Sin embargo, se detectaron variaciones individuales en la tasa de pérdida de biomasa, posiblemente asociadas a diferencias en la respuesta fisiológica de cada muestra.

Tabla 1. Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para las variables evaluadas en el cultivo de *Padina pavonica*.

Resultados de normalidad (Shapiro-Wilk) y estadísticos descriptivos							
Variable	Media	Desviación Estándar	Mediana	Mínimo	Máximo	Estadístico W	Valor p
Peso	12.964	5.314	12.530	4.32	21.94	0.942	0.184
pH	8.140	0.024	8.140	8.10	8.18	0.948	0.250
Salinidad	30.858	0.150	30.900	30.50	31.10	0.924	0.070
Temperatura	25.058	0.350	25.050	24.40	25.60	0.952	0.301
Luminosidad	73.014	5.633	73.385	63.51	80.64	0.921	0.062

Tabla 2. Resultados de la prueba de Levene para homogeneidad de varianzas en los datos del cultivo de *Padina pavonica*.

Resultados de la prueba de Levene para homogeneidad de varianzas				
Variable	F (Levene)	gl1	gl2	Valor p
Peso	0.991	3	20	0.417
pH	0.756	3	20	0.532
Salinidad	0.227	3	20	0.877
Temperatura	0.537	3	20	0.663
Luminosidad	0.150	3	20	0.929

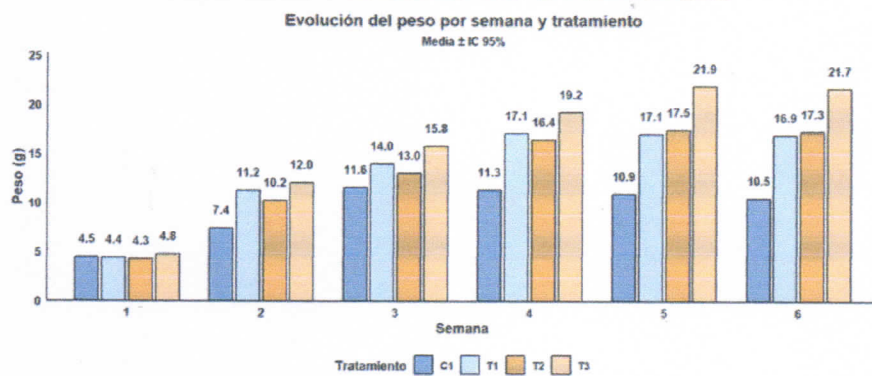
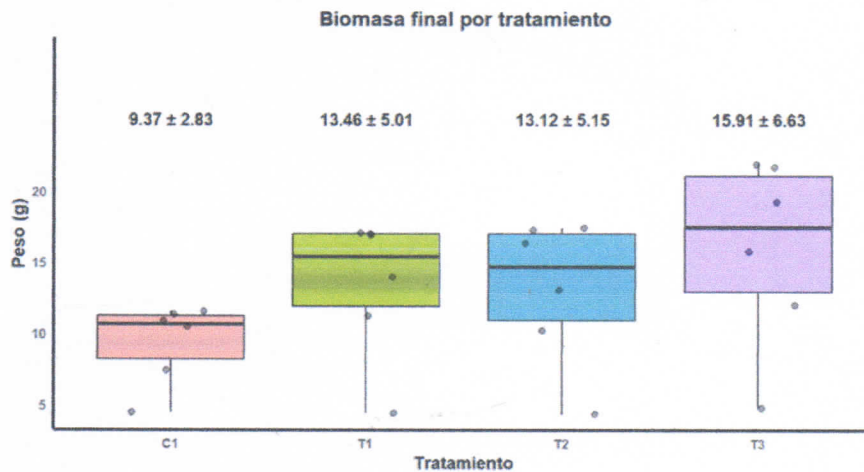
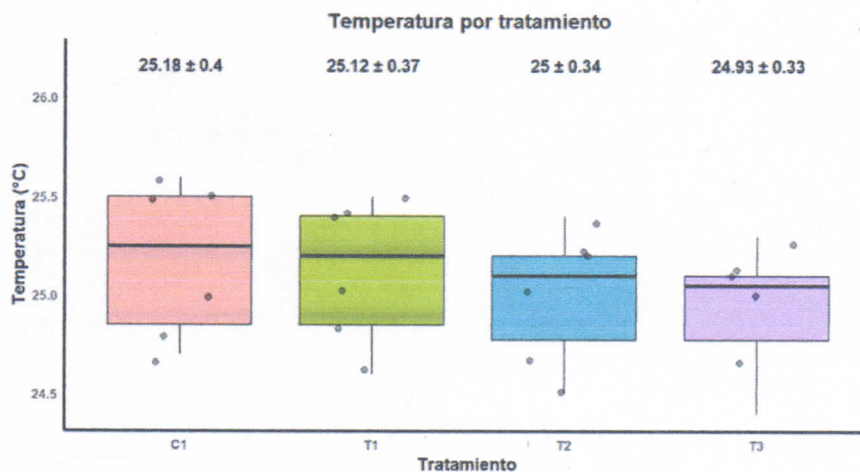

Fig. 3. Cambios semanales en la biomasa de los tratamientos durante el cultivo de *Padina pavonica*.

Fig. 4. Distribución del peso total (g) de *Padina pavonica* bajo diferentes condiciones experimentales.

Tabla 3. Evaluación de efectos del tratamiento sobre la biomasa de *Padina pavonica* mediante análisis de varianza (ANOVA).

Resultados de ANOVA (Peso ~ Tratamiento)					
Variable dependiente	F	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Grados de libertad	Valor p
Peso	1.692	131.451	43.817	3	0.201

5.2 Registro de parámetros abióticos durante el cultivo de *Padina pavonica*

Los parámetros abióticos se mantuvieron dentro de rangos controlados durante todo el experimento. La temperatura promedio del agua fue de 25.1 ± 0.35 °C, con mínimas fluctuaciones diarias (**Fig. 5**). La salinidad se reguló mediante ajustes diarios añadiendo agua potable, manteniéndose en 30.9 ± 0.15 UPS (**Fig. 6**). El pH presentó valores estables de 8.14 ± 0.02 en escala NBS, sin alteraciones bruscas asociadas a los protocolos de manejo (**Fig. 7**). La luminosidad promedio fue de 73.01 ± 5.63 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, con variaciones naturales asociadas al ciclo diurno (**Fig. 8**). Estos resultados confirman que las condiciones ambientales se mantuvieron dentro de los rangos óptimos en los que *Padina pavonica* puede tolerar.


Fig. 5. Variación de la temperatura total (°C) registrada durante el cultivo de *Padina pavonica*.

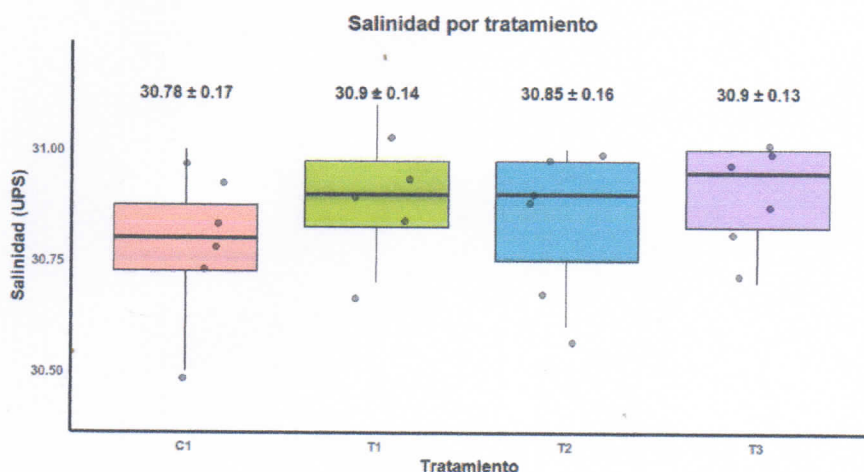


Fig. 6. Comportamiento de la salinidad total (UPS) a lo largo del cultivo de *Padina pavonica*.

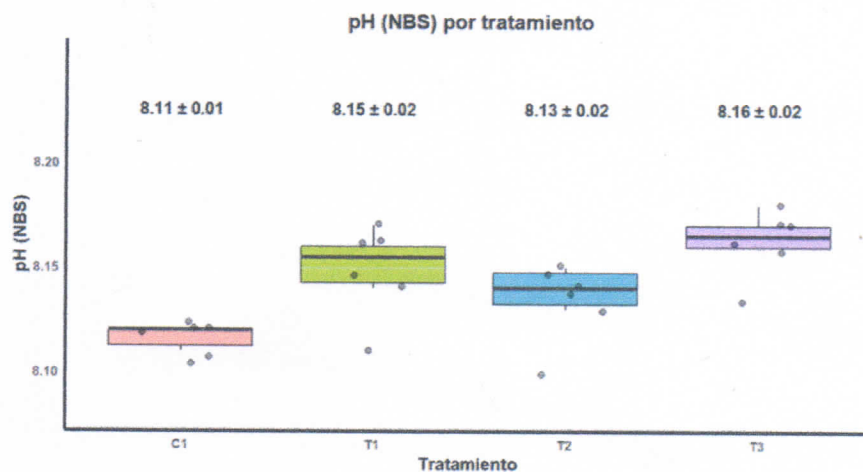


Fig. 7. Cambios en el pH total (NBS) registrados durante el cultivo de *Padina pavonica*.

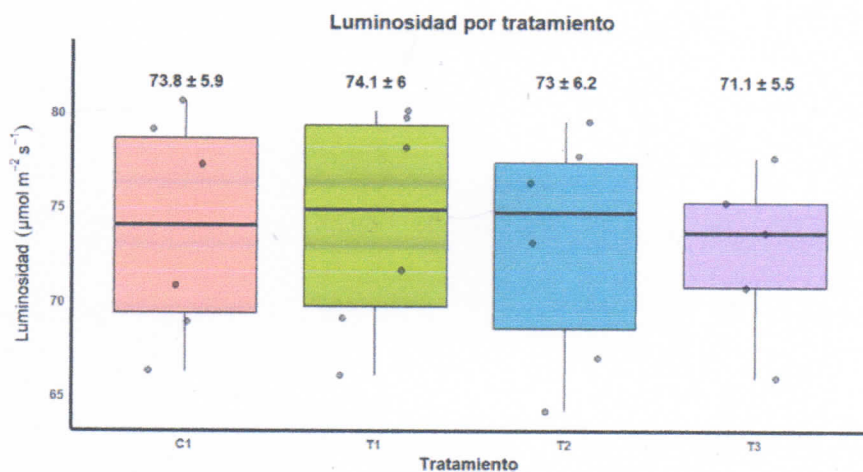


Fig. 8. Tendencia de la luminosidad total ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) medida en el cultivo de *Padina pavonica*.

5.3 Relación entre la aplicación de nutrientes y el desarrollo de biomasa en los tratamientos

La adición de Nitrato de Sodio al 1% y Liquid Reef no indujo un aumento significativo en la biomasa algal en comparación con el Control (Tabla 3). Sin embargo, el análisis de regresión lineal múltiple reveló que el pH fue el predictor más significativo de la variación en el peso húmedo, explicando aproximadamente el 49% de la variabilidad observada (R^2 ajustado = 0.487) (Tabla 4; Fig. 9). Las demás variables (salinidad, temperatura y luminosidad) no mostraron una correlación significativa con el crecimiento. Estos resultados sugieren que, aunque los nutrientes aplicados no promovieron un aumento en la biomasa, el pH desempeñó un papel crítico en la estabilidad fisiológica de *Padina pavonica*.

Tabla 4. Vinculación entre la biomasa final de *Padina pavonica* y las condiciones ambientales mediante regresión lineal múltiple.

Resultados de Regresión Lineal Múltiple (Peso ~ Predictores)						
Variable predictora	Coficiente	Error estándar	t	L. Inferior (95%)	L. Superior (95%)	Valor p
Intercepto	-1,199.820	368.500	-3.256	-1,971.100	-428.540	0.004
pH	181.552	41.142	4.413	95.440	267.663	< 0.001
Salinidad	-5.222	6.753	-0.773	-19.356	8.913	0.449
Temperatura	-5.571	9.177	-0.607	-24.779	13.636	0.551
Luminosidad	0.489	0.551	0.887	-0.665	1.643	0.386

$R = 0.759$, $R^2 = 0.576$, R^2 ajustado = 0.487, $F = 6.5$, $EEE = 3.807$

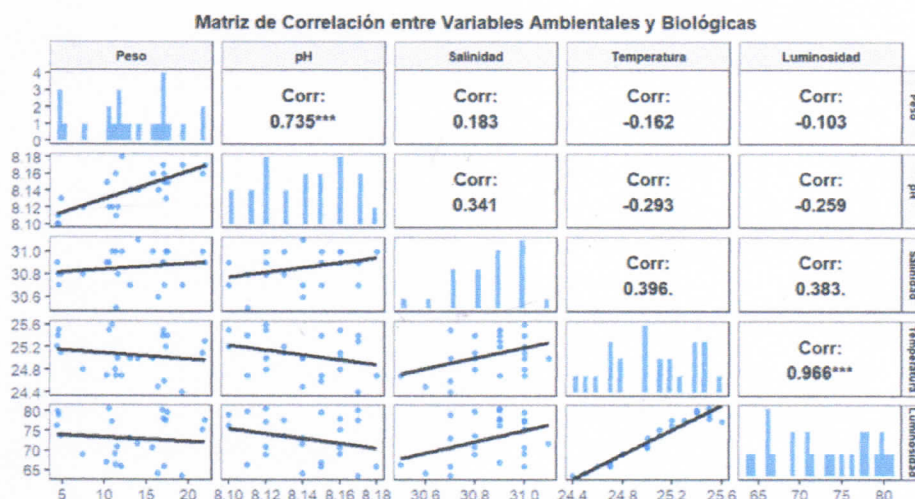


Fig. 9. Correlaciones entre variables ambientales y la biomasa final del cultivo de *Padina pavonica*.

5.4 Evaluación de la fijación de *Padina pavonica* al sustrato de valvas de *Anadara tuberculosa*

La fijación de *Padina pavonica* a las valvas de *Anadara tuberculosa* mediante hilo de nylon monofilamento (0.5 mm) demostró ser altamente efectiva, logrando una adhesión firme y estable desde las primeras semanas (**Fig. 10**). No se registraron desprendimientos durante las manipulaciones rutinarias, incluyendo cambios de agua, mediciones y traslados. Esta fijación se mantuvo intacta, sin signos de degradación o estrés mecánico evidente. Este método permitió una sujeción no restrictiva, facilitando el crecimiento natural del alga sin comprometer la estructura del organismo.



Fig. 10. Fijación exitosa de rizoides de *Padina pavonica* a valva de *Anadara tuberculosa* como sustrato.

5.5 Ensayos preliminares y ajustes metodológicos

El desarrollo de la metodología final requirió una serie de ajustes basados en observaciones empíricas. Inicialmente, la exposición directa a la luz solar provocó un incremento crítico en la temperatura del agua (32-35 °C), induciendo estrés térmico y decoloración en las algas (**Fig. 11a**). Posteriormente, la aplicación de dosis elevadas de Metalosate (rico en P y K) combinado con Liquid Reef causó una acidificación drástica y la lisis del tejido algal en 48 horas. (**Fig. 11b**). Estos hallazgos llevaron a la implementación de un protocolo de control más estricto, incluyendo mediciones diarias de salinidad, cambios parciales de agua cada tres días y sifonéo con malla de 300 µm para retener partículas en suspensión. Adicionalmente, se redujo el período de cuarentena a siete días y se optimizó la concentración de nutrientes, utilizando Nitrato de Sodio al 1% y dosis reducidas de Liquid Reef. A pesar de estas mejoras, el análisis microbiológico final reveló la presencia de copépodos y bacterias, lo que sugiere la necesidad de implementar desinfecciones más frecuentes en futuros ensayos.



Fig. 11a. Estrés térmico en *Padina pavonica* por exposición solar directa.



Fig. 11b. Efecto negativo de la aplicación excesiva de Metalosate en *Padina pavonica* a las 48 horas post-aplicación.

4. DISCUSIÓN.

El monitoreo semanal del peso húmedo reveló una tendencia creciente en la biomasa de *Padina pavonica* en todos los tratamientos con nutrientes en comparación con el control a lo largo del período experimental; sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la biomasa final entre el control y los tratamientos. Este resultado concuerda con lo registrado por Young et al. (2009), quienes evidenciaron que, la adición de nitrato no siempre se tradujo en un aumento significativo de la biomasa, especialmente cuando las algas ya tenían reservas internas de nitrógeno. No obstante, el estudio presentado por Fried et al. (2003) demuestra que tanto los nitratos como los fosfatos tienen un efecto positivo e independiente en el crecimiento de algas, lo que sugiere que la ausencia de significancia estadística en este caso podría contribuirse a otros factores. En este contexto, Bürger et al. (2017), indica que la capacidad de *P. pavonica* de crecer en condiciones oligotróficas indica que esta especie puede tener mecanismos eficientes para utilizar nutrientes limitados, lo cual podría explicar su resiliencia.

Los parámetros abióticos se mantuvieron dentro de rangos controlados durante todo el experimento con una temperatura promedio de 25.1 ± 0.35 °C, con mínimas fluctuaciones diarias, una salinidad de 30.9 ± 0.15 UPS y un pH estable de 8.14 ± 0.002 ; estas condiciones son semejantes a las observadas por Cerrato et al. (2023) en el hábitat natural de *P. pavonica* en el Mediterráneo occidental, donde en verano se registran temperaturas que oscilaban los 25 °C, salinidad de 37.4 ppt y un pH alcalino de 8.1. A pesar de ello, Čagalj et al. (2021) identificó que la salinidad fue ligeramente inferior para ambientes naturales como el Adriático 37.4 ppt, posiblemente debido al protocolo de regulación mediante la adición de agua dulce. Por otro lado, la temperatura controlada (25.1 °C) refleja condiciones óptimas para *P. pavonica* como señala Ansari & Ghanem. (2019) en

este rango alcanza su máxima acumulación de lípidos y carbohidratos, lo que sugiere un mecanismo de almacenamiento energético para tolerar el estrés. La estabilidad observada en los parámetros de temperatura y pH resulta relevante considerando que la tolerancia a la temperatura de las algas marinas puede depender de la adaptación genética y de su aclimatación fenotípica a las fluctuaciones de temperatura (Kuebler et al., 1991); además, estudios previos mostraron una aparente sensibilidad de *P. pavonica* a los cambios agudos de pH, así como resiliencia, ya que el alga recuperó la calcificación inicial una vez que cesaron los pulsos intensos de pH (Gil-Díaz et al., 2014). Finalmente, las variaciones naturales de la luminosidad $73.01 \pm 5.63 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, asociadas al ciclo diurno, replican un factor ambiental clave en su entorno natural.

Los resultados muestran que la adición de Nitrato de Sodio al 1% y Liquid Reef no indujo un aumento significativo en la biomasa algal en comparación con el Control. Sin embargo, el análisis de regresión lineal múltiple reveló que el pH fue el predictor más significativo de la variación en el peso húmedo, explicando aproximadamente el 49% de la variabilidad observada. Estudios como el de Okazaki et al. (1986) demuestra que el papel determinante del pH podría vincularse a procesos fisiológicos claves del alga, dado que la calcificación de la fronda asciende a aproximadamente el 11% de contenido en peso seco, y es ligeramente inferior en las áreas viejas y nuevas del talo, alcanzando su punto máximo en la parte media. Esta fracción mineral depende estrechamente de la química del carbonato, un pH bajo reduce la sobresaturación de aragonito y, en consecuencia, la deposición calcárea, disminuyendo el peso total del talo. En este sentido, Benita et al. (2018) reportaron que los niveles de saturación de aragonito en el agua son más bajos que los de calcita de magnesio lo que significa que se requiere menos Ca^{2+} para precipitar aragonito que para precipitar calcita, explicando así la sensibilidad de *P. pavonica* a cambios en el pH. Estos hallazgos confirman que el pH es un factor clave en la biomasa.

La fijación de *Padina pavonica* a las valvas de *Anadara tuberculosa* mediante hilo de nylon monofilamento (0.5 mm) demostró ser altamente efectiva, logrando una adhesión firme y estable desde las primeras semanas. Este método favorece el desarrollo de estructuras clave para la supervivencia y propagación del alga, como lo señalan Sáez et al. (2008), la formación de discos de fijación secundarios también desempeña un papel importante como estrategia de propagación vegetativa, ya que tienen la capacidad de persistir, una vez aislados del talo original, y generar frondas en crecimiento que pueden desarrollarse independientemente de la rama madre. A pesar de eso, la elección del material es crucial. En contraste con resultados obtenidos con nylon

monofilamento, estudios previos como el de Zapata-Rojas et al. (2020) donde se determinó que el uso de cabo de propileno no permite el desarrollo de discos de fijación secundaria, por lo que no se recomienda para su uso en cultivo de *C. chamissoi*. Por ende, el nylon monofilamento no solo asegura la sujeción inicial, sino que además facilita procesos biológicos esenciales para la reproducción asexual, a diferencia de materiales como el propileno que inhiben este mecanismo.

La exposición directa a la luz solar provocó un estrés y un incremento crítico en la temperatura del agua (32-35 °C) evidenciado por la decoloración. Este rango supera considerablemente los límites térmicos superiores registrados para especies como *C. compressa* y *P. pavonica*, que se sitúan en 30-32 °C en condiciones naturales en Cataluña y Mallorca (Bennett et al., 2022); pese a ello, es relevante notar que *Padina* spp. presenta una amplia distribución térmica (-1,8 a 31 °C) paralela a su amplio nicho térmico (Bennett et al., 2022). Asimismo, la posterior aplicación de dosis de elevadas de Metalosate (rico en P y K) combinado con Liquid Reef causó una acidificación drástica y la lisis del tejido algal en 48 horas. Sin embargo, estudios indican que *Padina* exhibe resiliencia bajo cambios agudos de pH, como las fluctuaciones diurnas del pH, que va de 7,5 a 9,0 observados en la costa, e incluso no parece tener problemas para crecer en condiciones ácidas a pesar de la descalcificación inducida por el bajo pH (Benita et al., 2018).

El hallazgo de copépodos y bacterias refuerza la necesidad de optimizar los protocolos de desinfección. La presencia bacteriana es particularmente preocupante, ya que, como indican Nedashkovskaia et al. (2002), muchas bacterias asociadas a macroalgas poseen enzimas capaces de degradar polisacáridos valiosos, pudiendo afectar la integridad del cultivo. Además, la coexistencia de copépodos y bacterias no es trivial. Gorokhova et al. (2021) demuestran una relación simbiótica donde los copépodos albergan bacterias especializadas en degradar toxinas, lo que sugiere que su presencia conjunta podría indicar un ecosistema microbiano complejo y resiliente. Por lo tanto, su eliminación requiere de desinfecciones más frecuentes y exhaustivas para evitar pérdidas del producto y garantizar la estabilidad del sistema en ensayos futuros.

5. CONCLUSIONES.

La tendencia creciente sin significancia estadística en *Padina pavonica* evidencia mecanismos compensatorios, como reservas internas de nitrógeno o alta eficiencia en el uso de nutrientes, que amortiguan el impacto de limitaciones externas. Además, en condiciones ambientales estables, esta

especie demuestra una notable adaptativa y respuestas estacionales, sustentando su plasticidad fisiológica frente a variaciones ambientales controladas.

Los factores abióticos particularmente el pH emerge como indicador principal de la variación en biomasa, corroborando su rol clave en adaptaciones fisiológicas del alga; contrariamente a lo esperado, los tratamientos no incrementaron la biomasa, sugiriendo que los parámetros ambientales superan en impacto a la disponibilidad de nutrientes.

Respecto a su propagación, la fijación sobre las valvas de *Anadara tuberculosa* mediante nylon monofilamento (0.5 mm) resultó óptima, proporcionando adhesión firme que permite el desarrollo de discos de fijación secundarios esenciales para el cultivo. Sin embargo, esta resiliencia reportada no es adaptable a condiciones de estrés extremo y simultáneo fuera de su nicho ecológico; específicamente, el estrés térmico que supera su límite térmico crítico, resultando en daño tisular severo y evidenciando la vulnerabilidad de la especie ante perturbaciones abruptas. Adicionalmente, la contaminación por copépodos y bacterias recalca la necesidad imperiosa de reforzar los protocolos de desinfección. La interacción entre el estrés ambiental y los patógenos puede ser devastadora, por lo que el manejo debe minimizar estos factores multifactoriales para asegurar la viabilidad del cultivo.

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos a nuestras familias por su invaluable apoyo durante este proceso. También extendemos nuestro agradecimiento a Pedro Santander por su apoyo logístico en la recolección del agua, así como al Ing. Jean Pierre Macías Looor empresario que nos facilitó el acceso al agua de mar filtrada durante el tiempo que se mantuvo activo el presente estudio.

LITERATURA CITADA.

- Anguselvi, V., Ebhin Masto, R., Mukherjee, A., & Kumar Singh, P. (2019). CO2 Capture for Industries by Algae. En Y. Keung Wong (Ed.), *Algae*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81800>
- Ansari, A. A., & Ghanem, S. M. (2019). Growth attributes and biochemical composition of *Padina pavonica* (L.) from the Red Sea, in response to seasonal alterations of Tabuk, Saudi Arabia. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 45(2), 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.05.001>

- Benita, M., Dubinsky, Z., & Iluz, D. (2018). Padina pavonica: Morphology and Calcification Functions and Mechanism. *American Journal of Plant Sciences*, 09(06), 1156-1168. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.96087>
- Bennett, S., Vaquer-Sunyer, R., Jordá, G., Forteza, M., Roca, G., & Marbà, N. (2022). Thermal Performance of Seaweeds and Seagrasses Across a Regional Climate Gradient. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.733315>
- Bürger, K., Clifford, E. L., & Schagerl, M. (2017). Morphological changes with depth in the calcareous brown alga Padina pavonica. *Botanica Marina*, 60(2), 171-180. <https://doi.org/10.1515/bot-2016-0069>
- Čagalj, M., Skroza, D., Tabanelli, G., Özogul, F., & Šimat, V. (2021). Maximizing the Antioxidant Capacity of Padina pavonica by Choosing the Right Drying and Extraction Methods. *Processes*, 9(4), 587. <https://doi.org/10.3390/pr9040587>
- Cerrato, M., Mir-Rosselló, P., Ferriol, P., Gil, L., Monserrat-Mesquida, M., Tejada, S., Pinya, S., & Sureda, A. (2023). Oxidative Stress Response in the Seaweed Padina pavonica Associated with the Invasive Halimeda incrassata and Penicillus capitatus. *Water*, 15(3), 557. <https://doi.org/10.3390/w15030557>
- Cottier-Cook, E. J., Nagabhatla, N., Badis, Y., Campbell, M. L., Chopin, T., Fang, J., He, P., Hewitt, C. L., Kim, G. H., Huo, Y., Jiang, Z., Li, X., Liu, F., Liu, H., Liu, Y., Lu, Q., Luo, Q., Mao, Y., Msuya, E., ... Gachon, C. M. M. (2016). Safeguarding the future of the global seaweed aquaculture industry. *United Nations University*.
- Currie, M. E. (2018). The growing sustainable seaweed industry: A comparison of Australian state governance directing current and future seaweed cultivation. *Independent Study Project (ISP)*.
- Diaz, C. J., Douglas, K. J., Kang, K., Kolarik, A. L., Malinovski, R., Torres-Tijji, Y., Molino, J. V., Badary, A., & Mayfield, S. P. (2023). Developing algae as a sustainable food source. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1029841. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1029841>
- Dira, M., Ben Mohamed, J., Ben Hlima, H., Hentati, F., Michaud, P., Abdelkafi, S., & Fendri, I. (2021). Improvement of Arabidopsis thaliana salt tolerance using a polysaccharidic extract from the brown algae Padina pavonica. *Algal Research*, 56, 102324. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102324>

- Duarte, C. M., Wu, J., Xiao, X., Bruhn, A., & Krause-Jensen, D. (2017). Can Seaweed Farming Play a Role in Climate Change Mitigation and Adaptation? *Frontiers in Marine Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00100>
- El Maghraby, D. M., & Fakhry, E. M. (2015). Lipid content and fatty acid composition of Mediterranean macro-algae as dynamic factors for biodiesel production. *Oceanologia*, 57(1), 86-92. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2014.08.001>
- Ersoydan, S., & Rustemeyer, T. (2024). Investigating the Anti-Inflammatory Activity of Various Brown Algae Species. *Marine Drugs*, 22(10), 457. <https://doi.org/10.3390/md22100457>
- FAO. (2024). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
- Ferdouse, F., Holdt, S. L., Smith, R., Murúa, P., & Yang, Z. (2018). *The global status of seaweed production, trade and utilization* (Vol. 124). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fernández, P. A., Leal, P. P., & Henríquez, L. A. (2019). Co-culture in marine farms: Macroalgae can act as chemical refuge for shell-forming molluscs under an ocean acidification scenario. *Phycologia*, 58(5), 542-551. <https://doi.org/10.1080/00318884.2019.1628576>
- Fried, S., Mackie, B., & Nothwehr, E. (2003). Nitrate and phosphate levels positively affect the growth of algae species found in Perry Pond. *Tillers*, 4, 21-24.
- Gil-Díaz, T., Haroun, R., Tuya, F., Betancor, S., & Viera-Rodríguez, M. A. (2014). Effects of Ocean Acidification on the Brown Alga *Padina pavonica*: Decalcification Due to Acute and Chronic Events. *PLoS ONE*, 9(9), e108630. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108630>
- Gorokhova, E., El-Shehawy, R., Lehtiniemi, M., & Garbaras, A. (2021). How Copepods Can Eat Toxins Without Getting Sick: Gut Bacteria Help Zooplankton to Feed in Cyanobacteria Blooms. *Frontiers in Microbiology*, 11, 589816. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.589816>
- Guillén, P. O., Motti, P., Mangelinckx, S., De Clerck, O., Bossier, P., & Van Den Hende, S. (2022). Valorization of the chemical diversity of the tropical red seaweeds *Acanthophora* and *Kappaphycus* and their applications in aquaculture: A review. *Frontiers in Marine Science*, 9, 957290. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.957290>
- Guillén, P. O., Rodríguez-Pesantes, D., Motti, P., Llor, A., Zheng, X., Wigby, J. N., Sonnenholzner, S., Mangelinckx, S., Bossier, P., & Van Den Hende, S. (2024). Characterized extracts of the tropical red seaweed *Acanthophora spicifera* protect *Ostrea edulis* larvae against *Vibrio coralliilyticus*. *Aquaculture*, 580, 740282. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740282>

- Hafting, J. T., Craigie, J. S., Stengel, D. B., Loureiro, R. R., Buschmann, A. H., Yarish, C., Edwards, M. D., & Critchley, A. T. (2015). Prospects and challenges for industrial production of seaweed bioactives. *Journal of Phycology*, 51(5), 821-837. <https://doi.org/10.1111/jpy.12326>
- Hafting, J. T., Critchley, A. T., Cornish, M. L., Hubley, S. A., & Archibald, A. F. (2012). On-land cultivation of functional seaweed products for human usage. *Journal of Applied Phycology*, 24(3), 385-392. <https://doi.org/10.1007/s10811-011-9720-1>
- Hamad, G. M., Samy, H., Mehany, T., Korma, S. A., Eskander, M., Tawfik, R. G., EL-Rokh, G. E. A., Mansour, A. M., Saleh, S. M., El Sharkawy, A., Abdelfttah, H. E. A., & Khalifa, E. (2023). Utilization of Algae Extracts as Natural Antibacterial and Antioxidants for Controlling Foodborne Bacteria in Meat Products. *Foods*, 12(17), 3281. <https://doi.org/10.3390/foods12173281>
- Kirpenko, N. I., Usenko, O. M., & Musiy, T. O. (2017). Content of Proteins, Carbohydrates, and Lipids in the Cells of Green Algae at Short-Term Temperature Fluctuations. *Hydrobiological Journal*, 53(1), 50-59.
- Kuebler, J. E., Davison, I. R., & Yarish, C. (1991). Photosynthetic adaptation to temperature in the red algae *Lomentaria baileyana* and *Lomentaria orcadensis*. *British Phycological Journal*, 26(1), 9-19. <https://doi.org/10.1080/00071619100650021>
- Marquez, A. (2025). Estado actual y perspectivas del cultivo de macroalgas en el Ecuador. En *Estado y perspectivas del cultivo de macroalgas en América Latina* (Lovatelli, A., Aguilar-Manjarrez, J., Murúa Andrade, P. y Farías Molina, A. (coords.)), pp. 221-230). FAO.
- Martínez-Hernández, G. B., Castillejo, N., Carrión-Monteaagudo, M. D. M., Artés, F., & Artés-Hernández, F. (2018). Nutritional and bioactive compounds of commercialized algae powders used as food supplements. *Food Science and Technology International*, 24(2), 172-182. <https://doi.org/10.1177/1082013217740000>
- Mišurcová, L. (2011). Chemical Composition of Seaweeds. En S. Kim (Ed.), *Handbook of Marine Macroalgae* (1.^a ed., pp. 171-192). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119977087.ch7>
- Montúfar-Romero, M., Rincones-León, R. E., Cáceres-Farias, L. B., Espinoza-Vera, M. M., Avendaño, U., Cruz-Jaime, T., Cubillos, L., Ruiz, W., Revelo, W., Lodeiros, C., Alfaro-Núñez, A., & Cáceres-Farias, L. (2023). Feasibility of aquaculture cultivation of elkhorn sea moss (*Kappaphycus alvarezii*) in a horizontal long line in the Tropical Eastern Pacific. *Scientific Reports*, 13(1), 14751. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41795-x>

- Nayar, S., & Botel, K. (2014). Current status of global cultivated seaweed production and markets. *World Aquaculture*, 45, 32-37.
- Nedashkovskaia, O. I., Ivanova, E. P., Bakunina, I. I., Svetashev, V. I., Zviagintseva, T. N., & Mikhailov, V. V. (2002). Characterization of marine bacteria *Pseudoalteromonas citrea* degrading fucoidan. *Mikrobiologichnyi Zhurnal (Kiev, Ukraine: 1993)*, 64(2), 3-10.
- Ni-Ni-Win, Hanyuda, T., Draisma, S. G. A., Furnari, G., Meinesz, A., & Kawai, H. (2011). *Padina ditristomatica* sp. Nov. And *Padina pavonicoides* sp. Nov. (Dictyotales, Phaeophyceae), two new species from the Mediterranean Sea based on morphological and molecular markers. *European Journal of Phycology*, 46(4), 327-341. <https://doi.org/10.1080/09670262.2011.614355>
- Okazaki, M., Pentecost, A., Tanaka, Y., & Miyata, M. (1986). A study of calcium carbonate deposition in the genus *Padina* (Phaeophyceae, Dictyotales). *British Phycological Journal*, 21(2), 217-224. <https://doi.org/10.1080/00071618600650251>
- Pereira, L. (2016). *Edible Seaweeds of the World*. CRC Press.
- Qin, Y. (2018). Applications of Bioactive Seaweed Substances in Functional Food Products. En *Bioactive Seaweeds for Food Applications* (pp. 111-134). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813312-5.00006-6>
- Sáez, F., Macchiavello, J., Fonck, E., & Bulboa, C. (2008). The role of the secondary attachment disc in the vegetative propagation of *Chondracanthus chamissoi* (Gigartinales; Rhodophyta). *Aquatic Botany*, 89(1), 63-65. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.01.004>
- Şensu, E., Ayar, E. N., Okudan, E. Ş., Özçelik, B., & Yüce-tepe, A. (2023). Characterization of Proteins Extracted from *Ulva* sp., *Padina* sp., and *Laurencia* sp. Macroalgae Using Green Technology: Effect of In Vitro Digestion on Antioxidant and ACE-I Inhibitory Activity. *ACS Omega*, 8(51), 48689-48703. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c05041>
- Shannon, E., & Abu-Ghannam, N. (2019). Seaweeds as nutraceuticals for health and nutrition. *Phycologia*, 58(5), 563-577. <https://doi.org/10.1080/00318884.2019.1640533>
- Silberfeld, T., Bittner, L., Fernández-García, C., Cruaud, C., Rousseau, F., De Reviers, B., Leliaert, F., Payri, C. E., & De Clerck, O. (2013). Species Diversity, Phylogeny and Large Scale Biogeographic Patterns of the Genus *Padina* (Phaeophyceae, Dictyotales). *Journal of Phycology*, 49(1), 130-142. <https://doi.org/10.1111/jpy.12027>

- Young, E. B., Berges, J. A., & Dring, M. J. (2009). Physiological responses of intertidal marine brown algae to nitrogen deprivation and resupply of nitrate and ammonium. *Physiologia Plantarum*, 135(4), 400-411. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01199.x>
- Zapata-Rojas, J. C., Gonzales Vargas, A. M., & Zevallos-Feria, S. A. (2020). Estudio comparativo para propagación vegetativa de *Chondracanthus chamissoi* "Yuyo" sobre tres tipos de sustrato en ambiente controlado y su viabilidad en la región Moquegua. *Enfoque UTE*, 11(4), 37-47. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v11n4.642>

- Young, E. B., Berges, J. A., & Dring, M. J. (2009). Physiological responses of intertidal marine brown algae to nitrogen deprivation and resupply of nitrate and ammonium. *Physiologia Plantarum*, 135(4), 400-411. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01199.x>
- Zapata-Rojas, J. C., Gonzales Vargas, A. M., & Zevallos-Feria, S. A. (2020). Estudio comparativo para propagación vegetativa de *Chondracanthus chamissoi* "Yuyo" sobre tres tipos de sustrato en ambiente controlado y su viabilidad en la región Moquegua. *Enfoque UTE*, 11(4), 37-47. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v11n4.642>