

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ciencias de la Vida**

Desarrollo de sistemas de cultivo de algas verdes *Ulva* spp. en manglares ecuatorianos

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

### **BIÓLOGAS**

Presentado por:

Freire Tamayo Carla Victoria

Y

Quimí Villón Gisella Carolina

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

## DEDICATORIA

A mis padres, Jorge y Flora, que siempre han sido fuente de ánimo e inspiración para seguir adelante, no estaría donde estoy sin su soporte.

A todos los profesores en toda mi vida académica, demasiados para nombrarlos aquí, que con su pasión inspiraron en mí y muchos otros estudiantes el amor a aprender. Son y serán siempre recordados en mi desarrollo profesional.

A toda mi familia y amigos, por darme el soporte emocional para seguir adelante un paso a la vez.

Carla Freire

## DEDICATORIA

A Dios, por sostenerme todos los días de mi vida.

A mis amados padres, Germán y Piedad, que lo han dado todo para que yo sea una profesional.

A mis hermanos, que con su ejemplo trazaron un camino por el cuál gustosamente seguí.

Y a todos los que fueron parte de mi formación; profesores, compañeros, amigos y miembros de los clubes AU y CDS, por brindarme sus conocimientos y permitirme crecer junto a ellos.

Gisella Quimi

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron este proyecto posible. A nuestro tutor, el PhD. Félix Morales, a la MSC. Carol Sangolquí y al biólogo Franklin Jara. Gracias, además, a nuestros compañeros de carrera que dieron su apoyo con las salidas de campo y el procesamiento de las muestras.

Un agradecimiento especial a los pescadores de la comunidad de “El Morro”, que hicieron un esfuerzo por apoyarnos en todas nuestras salidas al sitio.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Carla Freire y Gisella Quimi damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---

**Carla Freire Tamayo**



---

**Gisella Quimi Villón**

## EVALUADORES

.....  
**Diego Gallardo Polit**

PROFESOR DE LA MATERIA



.....  
**Félix E. Morales Ramos, PhD.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El uso de las macroalgas ha sido estudiado en todo el mundo. Pueden ser utilizadas como alimento, remediador ambiental, biocombustible, medicamento, entre otros. Las costas ecuatorianas poseen alrededor de 167 especies de macroalgas, sin embargo, su potencial no ha sido explotado, debido al desconocimiento de los beneficios que proveen las macroalgas y de la falta de herramientas para su cultivo y recolección. El objetivo de este estudio es desarrollar sistemas que colecten biomasa de algas verdes en el manglar ecuatoriano. El desarrollo del cultivo de macroalgas en Ecuador aprovechará un abundante recurso no utilizado y significará un ingreso para comunidades pesqueras locales. Se construyeron 2 sistemas de cultivo a partir de cuerda y tubos PVC, 1 de red y 1 de líneas, midiendo 1.5 x 3 m cada uno. Estos fueron instalados en el Refugio de Vida Silvestre “El Morro”, suspendidos por cañas de 6 metros enterradas en la orilla del manglar. Las cosechas fueron programadas cada 21 días, midiéndose la biomasa húmeda y seca obtenida por sistema, para el cálculo de su productividad. Los resultados de la primera cosecha identificaron a la especie *Ulva intestinalis* y mostraron que el sistema de red fue el más productivo con 0.98 g/m<sup>2</sup>/d de biomasa seca, comparado con el de líneas con productividad de 0.22 g/m<sup>2</sup>/d. Sin embargo, su tiempo de cosecha es 4 veces mayor. Concluyendo que el sistema de red resulta más eficiente en la producción de biomasa. Los colectores resultaron ser una herramienta, práctica, económica y efectiva para la adhesión y crecimiento de las algas, en zonas de buena iluminación y bajo contenido de sólidos totales disueltos.

**Palabras clave:** Cultivo de macroalgas, productividad, *Ulva*, manglares ecuatorianos, acuicultura sostenible.

## ABSTRACT

The uses of macroalgae had been studied worldwide. It is used as food, remediator, fuel, fertilizer, medicine, and others. Ecuador's coasts have around 167 macroalgae species but its biomass remains mostly unused due to ignorance of seaweed's benefits and the lack of resources for its farming. This study aims to develop systems that grow green macroalgae in mangrove shores. The development of macroalgae farming in Ecuador would take advantage of an abundant but unused resource and provide an income source to local fishing communities. We built 2 farming systems, 1 net-like and 1 line-like, out of rope and PVC pipes, measuring 1.5 x 3 meters long. Systems were then placed in "El Morro" wildlife refuge, suspended by 6 m canes buried in the mangrove shore. Harvesting was done every 21 days, after which the wet and dry biomass was measured to calculate each systems' productivity. Our results for the first harvest identified the green algae *Ulva intestinalis* and showed that the net-like system was the most efficient with a productivity of 0.98 g/m<sup>2</sup>/d, compared to the line-like with a productivity of 0.22 g/m<sup>2</sup>/d, although it takes 4 times more to harvest. Concluding that net system is more efficient in biomass production. Systems resulted a practical, economic, and effective tool for algae adherence and growing, in well illuminated and low total dissolved solids zones.

**Keywords:** Seaweed farming, productivity, *Ulva*, Ecuadorian mangroves, sustainable aquaculture.



## ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	6
RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General del proyecto multidisciplinario.....	3
1.3.2 Objetivos Generales por Carrera.....	3
1.3.3 Objetivos Específicos de la carrera de Biología.....	4
1.4 Marco teórico.....	4
CAPÍTULO 2.....	9
2. Metodología.....	9
2.1 Proceso del proyecto multidisciplinario.....	9
2.2 Selección del lugar de cultivo.....	9
2.3 Selección de los sistemas a implementar.....	10
2.4 Construcción de los sistemas.....	12
2.5 Colocación de los sistemas.....	13

2.6	Proceso productivo .....	14
2.6.1	Cosecha.....	14
2.6.2	Secado y determinación del peso seco obtenido.....	15
2.6.3	Cálculo de productividad de los sistemas .....	15
2.7	Identificación macroalgal.....	15
2.8	Determinación del sistema más eficiente.....	15
CAPÍTULO 3.....		17
3.	Resultados Y Análisis .....	17
3.1	Primera cosecha .....	17
3.2	Segunda Cosecha.....	19
3.3	Identificación .....	21
3.4	Análisis de costos .....	22
3.4.1	Análisis de viabilidad del proyecto multidisciplinario .....	22
3.4.2	Análisis de costos: Producción de macroalgas (de carrera) .....	25
CAPÍTULO 4.....		26
4.	Conclusiones Y Recomendaciones .....	26
	Conclusiones .....	26
	Recomendaciones .....	26
BIBLIOGRAFÍA.....		28
APENDICES .....		32

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ONU	Organización de las Naciones Unidas
ODS	Objetivos de desarrollo sostenible
DIPSIMAR	Desarrollo e Implementación Piloto de Sistemas de Maricultura que generen incentivos a la conservación del Manglar
INOCAR	Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada
INP	Instituto Nacional de Pesca

## SIMBOLOGÍA

Ppm	Partes por millón
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
ORP	Potencial Óxido Reducción
m	Metro
g	Gramo
Km	Kilómetro
MPY	Milésimas de pulgadas por año
RMB	Remimbi chino (Moneda)
USD	Dólares americanos
Spp.	Especie(s)
Ppt	Partes por trillón

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ciclo de vida para <i>Ulva</i> spp -----	5
Figura 2.1 Vista frontal y lateral del sistema 1 -----	10
Figura 2.2 Vista frontal y lateral del sistema 2 -----	11
Figura 2.3 Vista frontal y lateral del sistema 3 -----	12
Figura 2.4 Construcción de los sistemas -----	12
Figura 2.5 Instalación de los sistemas sobre el manglar -----	14
Figura 3.1 Cosecha de algas en el sistema de red -----	17
Figura 3.2 Lavado de algas verdes <i>Ulva</i> spp -----	17
Figura 3.3 Biomasa húmeda obtenida del sistema de red -----	18
Figura 3.4 Comparación de los pesos húmedos y secos de la primera cosecha -----	18
Figura 3.5 Sistemas luego del segundo ciclo de cultivo -----	20
Figura 3.6 Vista en el microscopio del alga <i>Ulva intestinalis</i> -----	21
Figura 3.7 Vista de las células superficiales del alga <i>Ulva intestinalis</i> -----	21

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Composición química de macroalgas húmedas de la costa ecuatoriana, incluida una especie de Ulva spp.....</i>	4
Tabla 2	<i>Resultados de la primera cosecha para los dos sistemas empleados.....</i>	18
Tabla 3	<i>Cifras detalladas de los gastos necesarios para una inversión inicial y el modelo de negocio a 1 año.....</i>	23
Tabla 4	<i>Cifras del modelo de negocios a 1 año.....</i>	23
Tabla 5	<i>Cifras del Playback en el análisis de flujo de caja.....</i>	24
Tabla 6	<i>Costos estimados del proceso productivo de Ulva con el sistema de red.....</i>	25

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Las macroalgas son un recurso proveído por los ecosistemas marinos y sus relacionados, el cual es altamente versátil. Entre sus usos podemos nombrar: materia prima para la elaboración de compuestos fertilizantes y para la elaboración de balanceado para la acuicultura, ganadería o para mascotas por su alto valor nutricional (D'Armas et al., 2019a), materia prima para biocombustibles, gelificantes, fines medicinales, entre otros (McHugh, 2003). Las macroalgas tienen compuestos bioestimulantes que pueden ser usados para la generación de fertilizantes. A partir de las macroalgas *Ulva* spp. se pueden obtener los siguientes bioproductos: clorofila (Martins et al., 2021), péptidos bioactivos (Cian et al., 2018), carotenoides (Eismann et al., 2020), hidrocoloides (McHugh, 2003), entre otros. En la industria alimenticia, actualmente las macroalgas son utilizadas como agentes espesantes, gelificantes y emulsionantes, y gracias a su alto contenido en vitaminas y minerales suelen ser incorporadas en alimentos y bebidas para aumentar sus beneficios nutricionales.

La diversidad de macroalgas en el Ecuador está representada por cuatro phylum: Rhodophyta (92 spp.), Chlorophyta (50 spp.), Ochrophyta (24 spp.), Charophyta (1 sp.) El país tiene 167 especies de macroalgas distribuidas a lo largo de la Costa Ecuatoriana (Cuvi Fajardo & Cornejo Sotomayor, 2021). El género de algas *Ulva* spp., también conocidas como lechugas de mar, son parte de las Chlorophytas (algas verdes). Estas poseen alto impacto para la economía, como fuente nutricional para animales y seres humanos (Fort et al., 2021), como bioindicador de la contaminación del agua y remediador (biofiltro) de efluentes acuícolas (Zhang et al., 2019), entre otros.

## **1.1 Descripción del problema**

El cultivo de macroalgas con diferentes propósitos ha sido ampliamente desarrollado en el continente asiático, siendo China el mayor productor de macroalgas. En 2003 se estimó que se producían alrededor de 8 mil millones de toneladas de algas húmedas, siendo un mercado valorado en alrededor de 6 mil millones de dólares (McHugh, 2003). Sin embargo, la biomasa algal con fines comerciales es poco explotada fuera de Asia a pesar de ser de fácil producción y de bajo mantenimiento, debido a la falta de mercado del producto en muchos países (Bolton et al., 2009), al costo muy barato de macroalgas secas importadas desde Asia (desde 0.30 USD por Kg de peso seco (GREEN WORLD IMPORT EXPORT CO., 2022)), y a falta de equipos como desecadores necesarios para obtener el peso seco del alga que se comercializa. No obstante, Ecuador tiene 2237 km de margen costero (Corrales, 2000) y alrededor de 160000 hectáreas de manglar (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2021), que tienen potencial de ser aprovechados para el cultivo de especies macroalgales.

De acuerdo con la Balanza Comercial del Banco Central del Ecuador, en la primera mitad de 2022 Ecuador invirtió \$666.8 millones de dólares en materia prima para la agricultura (Banco Central del Ecuador, 2022). Se espera que el uso de compuestos fertilizantes obtenidos de macroalgas abarate algunos costos de estas importaciones, siendo reemplazados por un producto local fácil de producir y económico.

## **1.2 Justificación del problema**

El diseño de un sistema productor de algas eficiente permitirá el aprovechamiento de un recurso en nuestras costas que, actualmente, ha sido poco o nada utilizado. El desarrollo de un método de cultivo eficaz para las macroalgas permitirá el abaratamiento en costos para empresas relevantes para la economía nacional, como la agricultura, acuicultura o la industria alimentaria. Así, el desarrollo de un



método de cultivo en campo accesible y efectivo abrirá las puertas a un nuevo sector económico, pudiendo ser adaptado por la industria. También podría significar un ingreso extra para comunidades pesqueras locales, impulsando su economía, encontrándosele un uso a un producto abundante que previamente era visto como desecho.

La implementación de un sistema colector de algas efectivo ayudará al cumplimiento de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) dictados por la ONU: Trabajo decente y crecimiento económico (ODS n°8), ciudades y comunidades sostenibles (ODS n°11), y producción y consumo responsables (ODS n°12) (Naciones Unidas, 2018).

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General del proyecto multidisciplinario**

Generar bio-productos a partir de algas cosechadas en la zona costera ecuatoriana, mediante procesos y técnicas analíticas, diseñando marcas y productos, motivando a productores y consumidores y evaluando la posibilidad de comercialización en el mercado, para lograr un impacto positivo a la economía nacional y a comunidades pesqueras locales.

#### **1.3.2 Objetivos Generales por Carrera**

- Evaluar diversos sistemas de producción de macroalgas, mediante la implementación de estos, para la determinación del más eficiente (Biología).
- Evaluar la composición Química de extractos obtenidos de 2 especies de macroalgas mediante técnicas cromatográficas y electroforéticas para el diseño de bioproductos (Ingeniería Química).
- Realizar un análisis de sensibilidad de las variables más sensibles del modelo de negocio (Economía)
- Elaborar el Modelo de negocio del bio-producto a partir de las algas cultivadas para el sector agrícola (Administración de empresas).

- Diseñar la(s) marca(s) de los bio-productos, el diseño gráfico del(los) packaging y el manual de usuario para manejo de publicidad en medios (Diseño gráfico y Producción Audiovisual).

### 1.3.3 Objetivos Específicos de la carrera de Biología

- Construir potenciales sistemas de recolección de macroalga del género *Ulva* para su colocación en ecosistemas estuarinos.
- Validar la efectividad de los sistemas elegidos durante dos ciclos de cultivo, mediante la comparación de la biomasa obtenida por cada uno.
- Determinar la productividad de los sistemas evaluados para la selección del sistema de recolección más eficiente.

## 1.4 Marco teórico

### 1.4.1. Caracterización de *Ulva* spp.

Su distribución es amplia, va desde la costa oceánica hasta las aguas dulces en todo el mundo (Ergun et al., 2009). Es considerada rica en nutrientes, aminoácidos esenciales, pigmentos y minerales (Aguilera-Morales et al. 2005). Véase tabla 1.

**Tabla 1** Composición química de macroalgas más comunes del Ecuador.

Parameter	<i>A. spicifera</i>	<i>C. clavulatum</i>	<i>H. spinella</i>	<i>K. alvarezii</i>	<i>P. pavonica</i>	<i>S. schroederi</i>	<i>U. lactuca</i>
Water <sup>*</sup>	90.74	91.89	90.89	95.97	91.57	91.60	92.31
Moisture <sup>**</sup>	18.84 ± 0.13 <sup>a</sup>	23.54 ± 0.22 <sup>b</sup>	18.61 ± 0.11 <sup>a</sup>	22.77 ± 0.15 <sup>c</sup>	20.47 ± 0.26 <sup>d</sup>	12.84 ± 0.18 <sup>e</sup>	20.67 ± 0.27 <sup>d</sup>
Ash <sup>**</sup>	28.38 ± 0.39 <sup>a</sup>	36.69 ± 0.22 <sup>b</sup>	33.07 ± 0.12 <sup>c</sup>	27.49 ± 0.15 <sup>d</sup>	24.85 ± 0.26 <sup>e</sup>	34.58 ± 0.20 <sup>f</sup>	26.99 ± 0.26 <sup>d</sup>
Fat <sup>**</sup>	0.55 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.75 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.44 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.57 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.83 ± 0.01 <sup>d</sup>	3.07 ± 0.02 <sup>e</sup>	0.33 ± 0.01 <sup>f</sup>
Protein <sup>**</sup>	5.07 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.78 ± 0.02 <sup>b</sup>	8.02 ± 0.01 <sup>c</sup>	4.86 ± 0.01 <sup>d</sup>	5.53 ± 0.01 <sup>e</sup>	5.21 ± 0.02 <sup>f</sup>	5.54 ± 0.02 <sup>e</sup>
Fiber <sup>**</sup>	2.42 ± 0.24 <sup>a</sup>	2.02 ± 0.11 <sup>b</sup>	4.41 ± 0.19 <sup>c</sup>	3.18 ± 0.11 <sup>d</sup>	4.94 ± 0.16 <sup>e</sup>	4.28 ± 0.20 <sup>c</sup>	0.96 ± 0.03 <sup>f</sup>
Carbohydrate <sup>***</sup>	44.76 ± 0.01 <sup>a</sup>	32.24 ± 0.12 <sup>b</sup>	34.46 ± 0.18 <sup>c</sup>	41.15 ± 0.11 <sup>d</sup>	43.39 ± 0.16 <sup>e</sup>	40.04 ± 0.21 <sup>f</sup>	45.52 ± 0.04 <sup>g</sup>
Energy <sup>***</sup> (kcal kg <sup>-1</sup> )	2 041.65 ± 0.66	1 547.26 ± 2.99	1 828.19 ± 5.94	1 890.42 ± 2.84	2 030.61 ± 4.91	2 085.26 ± 6.32	2 071.45 ± 0.15

Nota. Composición química de macroalgas húmedas de la costa ecuatoriana, incluida una especie de *Ulva* spp. Autor: D'Armas et al. (2019)

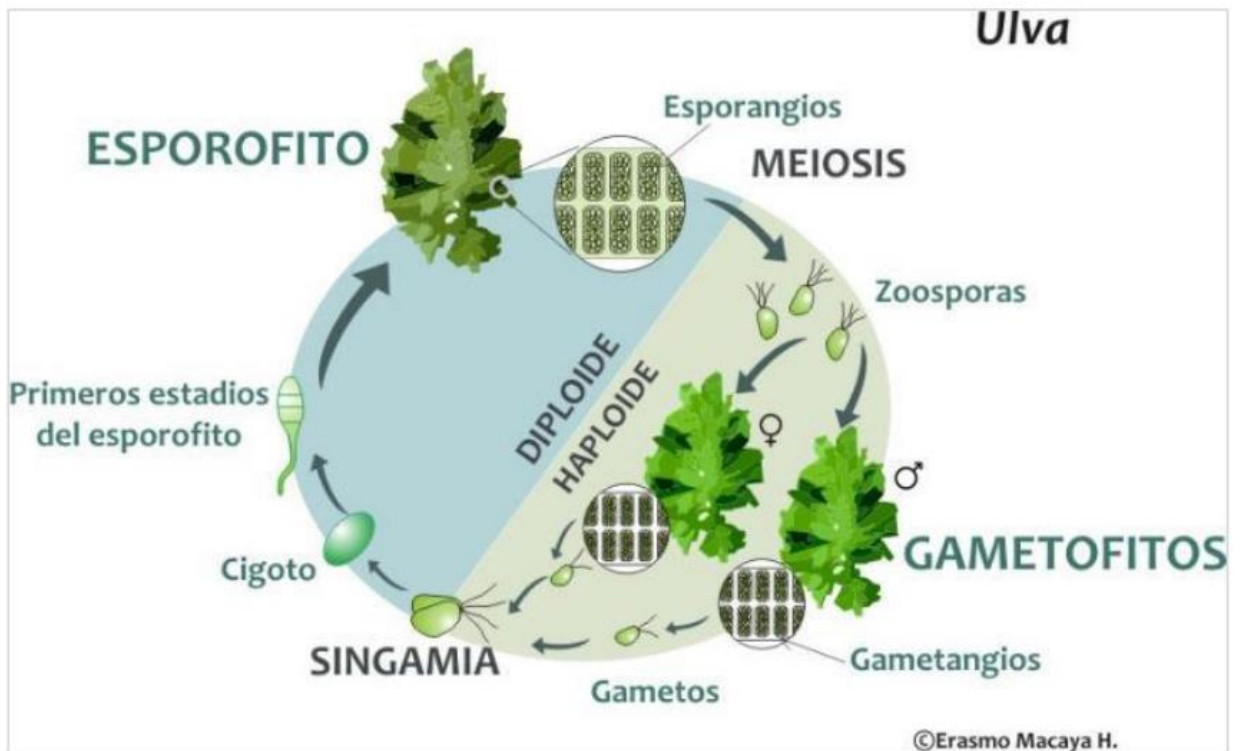
Si existen condiciones óptimas de luz, temperatura y nutrientes, *U. intestinalis* puede prosperar en ambientes tanto salados (35 ppm) como salobres (salinidad de 5 a 30 ppm), puesto que se ha comprobado que su abundancia depende del nitrógeno disponible en su ambiente, más que por la salinidad (Kamer & Fong, 2001), (Alström-Rapaport et al., 2010).

#### **1.4.1 Ciclo de vida de *Ulva***

Esta especie de alga es exitosa puesto que tiene diversas estrategias reproductivas, pudiendo ser por esporas, cigotes o gametos no fusionados. Presenta dos etapas de vida, el gametofito que da origen a gametos biflagelados sexuales y el esporofito productor de zoosporas tetraflageladas asexuales. Estos últimos tienen la capacidad de reproducirse en largos periodos de tiempo y se encuentran adaptados a rangos más amplios de temperatura y salinidad en comparación con los gametofitos (Cordi et al. 2001).

Alström y colaboradores describieron la reproducción de *Ulva* spp. de la siguiente manera: los haploides femeninos y masculinos se unen para formar los gametos haploides biflagelados, estos forman cigotos que, posteriormente, se desarrollarán en esporofitos diploides (ver figura 1.1). En el esporofito ocurre la meiosis, donde se generan las esporas cuadriflageladas haploides que luego se convertirán en individuos haploides femeninos y masculinos (2010).

#### **Figura 1.1**



**Nota:** Ciclo de vida para *Ulva* spp. Autor: Erasmo Macaya (2021)

### 1.4.3. Tolerancia de *Ulva* spp. al estrés hídrico

El éxito de las especies de *Ulva* radica en su alta tolerancia a diferentes condiciones ambientales, entre estas el estrés hídrico. En mares y estuarios, el alga es afectada por las olas y mareas, moviéndose entre distintos niveles de presencia de luz. Se encontró que *U. prolifera* tiene una fuerte plasticidad fotosintética, por lo que puede desenvolverse tanto en la superficie del agua como en diferentes grados de inmersión. El alga puede adaptarse fisiológicamente redistribuyendo su gasto energético y realizando cambios en los componentes de sus pigmentos (Zhao et al., 2016). En adición, se ha demostrado que el uso de extractos de macroalgas de *Ulva* spp. como bioestimulante aumenta la tolerancia al estrés hídrico en cultivos agrícolas (Mansori et al., 2016), (Li et al., 2020).

### 1.4.4. Cultivo de macroalgas en Ecuador y el resto del mundo

El cultivo de algas se encuentra desarrollado principalmente en países asiáticos ya que forma gran parte de la dieta de sus habitantes. En el occidente, Chile es uno de los países

que ha apostado por este tipo de acuicultura, en el cual predomina el sistema de cultivo suspendido. Este consiste en mantener fijas mediante flotadores, un determinado número de líneas a una altura dada. El sistema está sujeto a un sistema de anclaje hecho comúnmente de concreto para evitar su desplazamiento durante los cambios de marea (Saavedra et. al, 2019).

En el Ecuador, el cultivo de macroalgas ha ido en aumento en los últimos años debido a las iniciativas estatales con el fin de favorecer a las comunidades costeras. Una de estas fue dada por el Instituto Nacional de Pesca (INP) a través del proyecto “Cultivo de macroalga marina (*Kappaphycus alvarezii*)” en la provincia de Santa Elena. El INP optó por el sistema de “Long line Flotantes de PVC”, que consiste en 30 módulos unidos por tubos PVC cerrados a los extremos con la finalidad de servir de flotadores, cada módulo se encuentra formado por cabos de polipropileno en donde se atan líneas de nylon para colocar las semillas (Sepulveda, 2014).

El cultivo del género *Ulva* en manglares de nuestro país aún no se ha desarrollado a gran escala. No obstante, el proyecto denominado “Desarrollo e Implementación Piloto de Sistemas de Maricultura que generen incentivos para la conservación del manglar” (DIPSIMAR) busca la implementación de cultivos sostenibles de especies nativas de moluscos y macroalgas. En el 2020, inició la implementación de sistemas de cultivo de algas *Ulva* en manglares de zonas costeras del país. En sus sistemas predominan materiales como cabos, tubos PVC y cañas guaduas. Estos forman un sistema similar al “Long line Flotantes de PVC” descrito anteriormente (DIPSIMAR, 2021).

#### **1.4.5. Compuestos comercializables del género *Ulva* spp.**

A lo largo de la historia, las algas han sido utilizadas para la obtención de diferentes compuestos, entre ellos el omega 3 y 6, aminoácidos, ácidos grasos, polisacáridos sulfatados, proteínas, carotenos, clorofilas, entre otros. Actualmente las macroalgas se usan como agentes espesantes, estabilizantes, emulsionantes y gelificantes en la industria alimenticia, además por ser una fuente rica en vitaminas y minerales, es

utilizada como ingrediente para aumentar los beneficios funcionales de alimentos y bebidas, por lo que se estima que en el 2030 el comercio mundial de algas marinas ascienda a 12100 millones de dólares según el informe de Grand View Research, Inc (2022).

En cuanto al género *Ulva*, especies como *U. Lactuca* y *U. compressa* han sido recomendadas por profesionales de la dietética debido a su alto contenido de fibra soluble (Lahaye, 1995). Gracias a su rico contenido en vitaminas y minerales, *Ulva* puede ser usada en productos cosméticos y de limpieza, tales como; cremas, jabones, lociones, tónicos para el tratamiento de obesidad y celulitis (San Martín, 1996). En la industria farmacéutica los productos nutracéuticos se están apoderando del mercado, en el que *U. Lactuca* destaca por sus propiedades antiinflamatorias (Faulkner, 2002), y se ha logrado extraer componentes antivirales de *U. fasciata* (Romanos et al., 2002). Por último, los carotenoides presentes en las algas del género *Ulva* son beneficiosos para la salud humana, por ejemplo, los  $\beta$  carotenos ayudan al metabolismo intermediario al actuar sobre el hígado (Kumar & Zi-rong, 2004).

#### **1.4.4. Impacto negativo de *Ulva*: mareas verdes**

La proliferación de *Ulva* spp. genera perjuicios en la economía y en otras especies marinas, pudiendo ocasionar mareas verdes y bioincrustación que afecta la actividad de empresas acuícolas y pesqueras (Areco et al., 2021). Zhang y colaboradores (2019) reportaron el caso del Mar Amarillo, en China, en el cual se reportó proliferación macroalgal en 2008 originado por la especie *Ulva prolifera*, causando pérdidas al país de aproximadamente 1.3 billones de RMBs (185,000,000 USD). La alta proliferación de algunas especies de algas sigue siendo un problema para los cuerpos de aguas en la actualidad. Los autores sugieren que se incentive la cosecha de esta alga por parte de pescadores locales como mecanismo de control de la población macroalgal

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Proceso del proyecto multidisciplinario

Para el cumplimiento del objetivo general del proyecto, se obtuvieron algas cultivadas en costas ecuatorianas. Para esto se utilizó el sistema colector desarrollado por la carrera de Biología, sistema que se explicará más adelante. Con la biomasa recolectada se realizó la obtención de compuestos bioactivos de las algas por la carrera de Ingeniería Química, y se determinaron las características químicas de los compuestos y su forma de almacenarlos para su adecuada preservación y uso. Posteriormente se reportaron todos los costos incurridos durante el proceso, así como las cantidades de producto obtenidas, a las carreras de Economía y Administración para la construcción del modelo de negocio y el análisis de su factibilidad. Por último, se entregó la información del producto y el material audiovisual obtenido durante todo el proceso de producción de los bioproductos, para el diseño de la marca, el producto final y el manual de usuario que será entregado para servicio de la comunidad. Esto realizado por la carrera de Diseño de Productos.

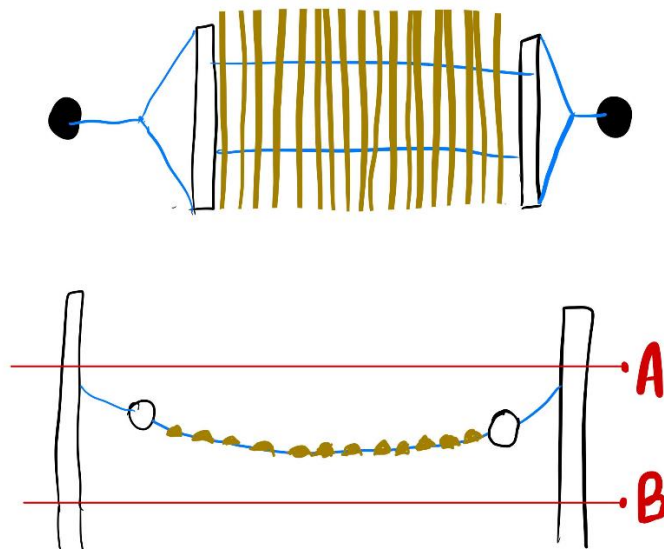
### 2.2 Selección del lugar de cultivo

Los sistemas fueron anclados en el sedimento del manglar de la zona de la Ayalán, Guayas (Coordenadas: 2°36'24"S 80°17'12"O). El lugar tiene un sedimento suave, útil para el anclaje de las cañas que soportan los sistemas, y está a 3 Km del puerto principal del Refugio de Vida Silvestre Manglares Puerto Morro, lugar de actividad de comunidades pesqueras, beneficiarios del proyecto.

### 2.3 Selección de los sistemas a implementar

Se prefirió para este estudio el uso de un sistema suspendido, el cual se mantiene a una misma altura a pesar de las fluctuaciones de la marea. Esto debido a la capacidad de eliminar algas diferentes a *Ulva* durante el periodo de desecación intermareal, aprovechando la tolerancia de este género al estrés hídrico (Zhao et al., 2016). Observando el trabajo del proyecto DIPSIMAR se evidenciaron buenos resultados con el sistema de cultivo basado en cañas (Figura 2.1). Sin embargo, el sistema es poco duradero, debido a que las cañas con el paso del tiempo se humedecen, doblan o quiebran, causando que el sistema deba cambiarse cada 3 meses, aproximadamente. Dentro de los sistemas previamente colocados existían cuerdas plásticas y tubos de PVC, en los que se observó la adherencia de macroalgas, lo que nos llevó a probar los sistemas 2 y 3 (Figura 2.2. y 2.3), teniendo en cuenta los sistemas productivos en Asia, y la mayor durabilidad que tendrían estos sistemas productivos, de ser efectivos.

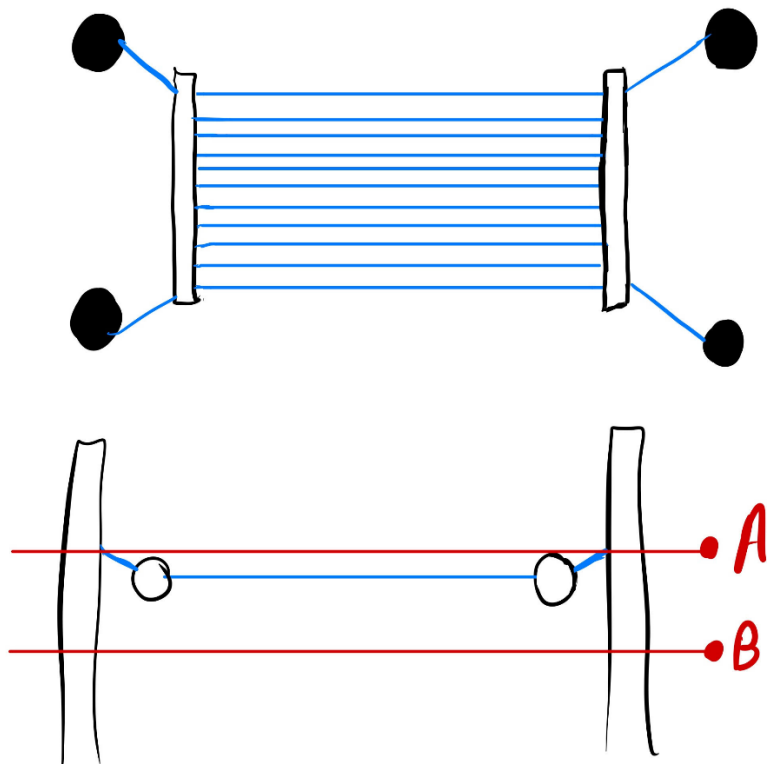
Figura 2.1





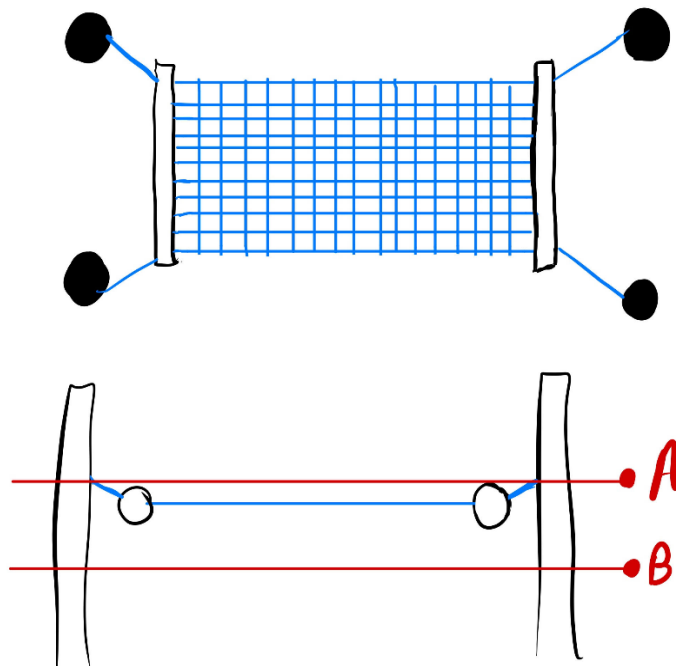
*Nota.* Vista frontal y lateral del sistema 1. El color negro representa los puntos de anclaje y tubos PVC, color azul cuerda, color mostaza filamento de cañas. Siendo el punto A el nivel del agua a pleamar y B el nivel del agua en bajamar (aproximación). Fuente: Autoría propia.

**Figura 2.2**



*Nota.* Vista frontal y lateral del sistema 2. El color negro representa los puntos de anclaje y tubos PVC y color azul la cuerda. Siendo punto A el nivel del agua en pleamar y B el nivel del agua en bajamar (aproximación). Fuente: Autoría propia.

**Figura 2.3**



*Nota. Vista frontal y lateral del sistema 3. El color negro representa los puntos de anclaje y tubos PVC y color azul la cuerda. Siendo punto A el nivel del agua a pleamar y B el nivel del agua a bajamar (aproximación). Fuente: Autoría propia.*

#### **2.4 Construcción de los sistemas**

Se realizaron hoyos de 1cm de grosor a lo largo del tubo PVC, con 8 cm de separación entre ellos. La longitud de los sistemas es de aproximadamente 1.5 x 3 m, tomando en cuenta que los métodos industriales que se encontró en la bibliografía detallan sistemas de 3x5 m (McHugh, 2003). Se acordó que los sistemas a probar tuvieran la mitad de área que los anterioresque el tamañ y, cuando se determine el sistema más efectivo, cambiar a un sistema de tamaño industrial.

**Figura 2.4**



*Nota.* Construcción de los sistemas. Izquierda. Elaboración de hoyos por donde pasará cada cuerda. Derecha. Colocación y amarre de las cuerdas. Fuente: Autoría propia.

## 2.5 Colocación de los sistemas

Para suspender a los 2 prototipos se enterraron en el sedimento 6 cañas de 6 m para formar 2 rectángulos consecutivos. Las cañas poseen una separación 6 metros de manera horizontal y 4 metros de manera vertical. Los sistemas fueron amarrados sobre las cañas, uno en cada rectángulo, colocados a aproximadamente 1 metro de altura del sedimento y a aproximadamente 10 metros de distancia de la línea de manglar, ver figura 2.5. Además

, se colocó un sistema suspendido lleno de algas previamente fabricado por el proyecto DIPSIMAR a aproximadamente 5 metros de los sistemas, con el fin de propagar las algas y que la inoculación en la cuerda plástica sea más rápida. Todo esto se realizó en marea baja, por lo que se seleccionó un día y hora óptimos de acuerdo con la tabla de mareas del INOCAR (INOCAR, 2022).

**Figura 2.5**



*Nota.* Instalación de los sistemas sobre el manglar. Pescadores de la zona del Morro colocando el sistema de red. Fuente: Autoría propia.

## **2.6 Proceso productivo**

Luego de colocar los sistemas, se debe esperar 21 días hasta que las algas se desarrollen. Puesto que el sistema es nuevo, se requirió más tiempo para la colonización y adherencia de las macroalgas a la estructura. El proceso se realizó por 2 ciclos de cultivo, para permitir la homogenización y colonización de las algas.

### **2.6.1 Cosecha**

Se tomó el tiempo que duró la cosecha para comparar los tiempos de los sistemas a evaluar, y durante la cosecha se recogió manualmente las algas de cada sistema, se las lavó para remover el exceso de sedimento y se exprimió de forma homogénea para eliminar el exceso de agua. Posteriormente se tomó el peso húmedo de cada muestra.

### **2.6.2 Secado y determinación del peso seco obtenido**

Para la obtención de la biomasa seca, se requirió la remoción completa del agua de las macroalgas, considerando que están compuestas por poco más del 90% de agua (D'Armas et al., 2019b). Para esto se realizó: secado al aire, dispersando el alga por una superficie plana en sombra, por alrededor de 72 horas. Posteriormente se llevó el alga semiseca a la estufa por 60°C a 72 horas o hasta eliminar la humedad por completo. Luego de esto se realiza el pesado para determinar la biomasa seca obtenida. Todo este proceso se realiza por separado, por sistema.

### **2.6.3 Cálculo de productividad de los sistemas**

Para calcular la productividad de cada sistema y por cosecha, se utilizó la siguiente fórmula (Klein & Davis, 2022):

$$\text{Productividad diaria: } \frac{\frac{\text{peso seco del alga (g)}}{\text{área del sistema (m}^2)}}{\text{duración del ciclo (días)}}$$

## **2.7 Identificación macroalgal**

La identificación se realizó con la ayuda del artículo de investigación “Nuevos registros de algas verdes marinas (*Ulvophyceae*) para Tabasco, México” en el cual describe morfológicamente y a nivel microscópico las especies de *Ulva* más comunes (Quiroz et al., 2017).

## **2.8 Determinación del sistema más eficiente**

La determinación de eficiencia se basó en la productividad promedio de los sistemas durante los ciclos analizados. Sin embargo, también se consideró el tiempo de vida de cada sistema, el tiempo de cosecha y los costos de fabricación, colocación y transporte.



# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Primera cosecha

A continuación, en las figuras 3.1, 3.2 y 3.3 se muestra gráficamente el proceso de cultivo detallado en la metodología.

**Figura 3.1**



*Nota.* Cosecha de algas en el sistema de red. Izquierda. Sistema de red colocado en el manglar. Derecha. Acercamiento a las algas durante la recolección. Fuente: Autoría propia.

**Figura 3.2**



*Nota.* Lavado de algas verdes *Ulva* spp. Fuente: Autoría propia.

**Figura 3.3**



*Nota.* Biomasa húmeda obtenida del sistema de red. Fuente. Autoría propia.

Los resultados de la biomasa algal y productividad diaria de los dos sistemas se muestran en la Tabla 2.

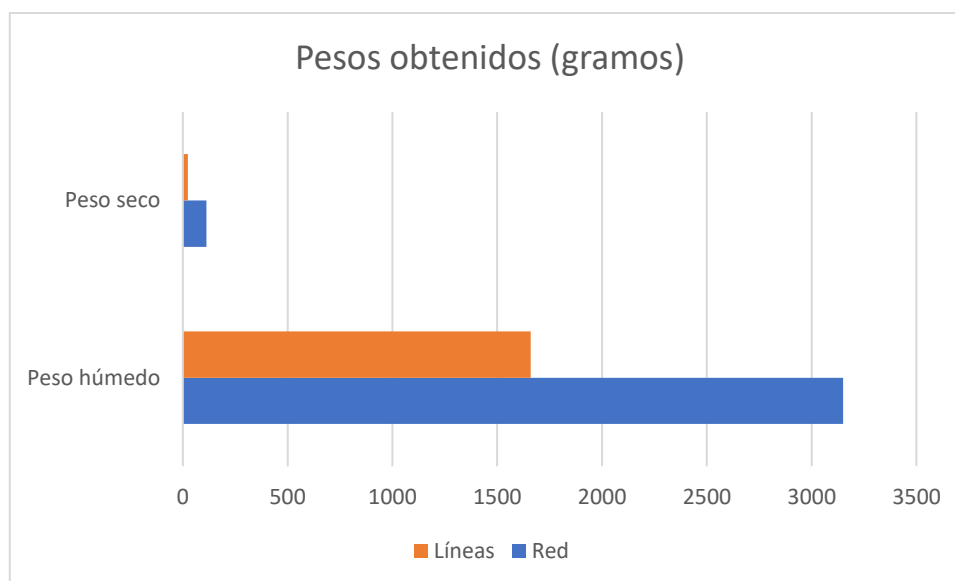
**Tabla 2** Resultados de la primera cosecha para los dos sistemas empleados

<b>Parámetro / sistema</b>	<b>Red</b>	<b>Líneas</b>
<i>Tiempo de cosecha (1 persona)</i>	12 minutos	3 minutos
<i>Peso húmedo</i>	3.15 Kg	1.66 Kg
<i>Peso seco</i>	113.2 g	23.8 g
<i>Productividad diaria</i>	0.98 g/m <sup>2</sup> /d	0.22 g/m <sup>2</sup> /d



### Figura 3.4

Comparación de los pesos húmedos y secos en gramos obtenidos durante la primera cosecha.



*Nota.* Comparación de los pesos húmedos y secos en gramos obtenidos durante la primera cosecha.

Como se evidencia en la Tabla 2 y la figura 3.4, el sistema de red fue el sistema que produjo más biomasa y mayor productividad diaria. Esto se puede explicar por la mayor área que ocupan las cuerdas en el sistema de red, significando mayor área de crecimiento algal.

A pesar de que el sistema de red contempla más costos de mano de obra y materiales para su elaboración, y su tiempo de cosecha es mayor, consideramos que es el más eficiente y apto para poder probarse a mayor escala.

### 3.2 Segunda Cosecha

En el segundo ciclo de cultivo (28 días posterior a la primera cosecha), se observó la poca adherencia y desarrollo del alga, ver figura 3.5. Por este motivo se decidió esperar

mitad del siguiente ciclo (15 días posteriores). Lamentablemente, luego de este periodo el sistema se encontró colonizado por invertebrados, gran cantidad de sedimento, y otras algas no deseadas.

**Figura 3.5**



*Nota.* Sistemas luego del segundo ciclo de cultivo. Se observa el sistema de red luego de 56 días de inoculación. Fuente: Autoría propia.

Se presume que estos últimos resultados podrían deberse principalmente a dos factores; al cambio de clima, y a la falta de monitoreo de los cultivos.

En primer lugar, la implementación de los sistemas se realizó en el mes de octubre, y la primera cosecha en el mes noviembre, periodo considerado época seca (verano). Según Rico y colaboradores, en su investigación mencionan que las algas del género *Ulva* tienen una alta productividad en la época seca y bajan considerablemente su biomasa en la época lluviosa, tal y como ocurrió en nuestro proyecto al llegar la época de lluvia coincidiendo con la segunda cosecha en el mes de diciembre y enero (2005). En segundo punto, luego de la primera cosecha, hubo dificultades para acceder al sitio de cultivo, por lo que no se precavió la adherencia de moluscos y algas invasoras a los sistemas.

Otro factor que puede haber contribuido a el fallo de colonización de los sistemas por parte de *Ulva intestinalis*, es la alta concentración de sólidos disueltos del agua del sitio

de cultivo. El sedimento suave, las lluvias y el alto movimiento del sedimento al estar cerca de muelles y comunidades puede haber causado un obstáculo entre las algas y el sol. Los sólidos disueltos del sitio durante las cosechas rondaban los 24 ppt (Véase apéndice A y B), mientras que en el sitio de cultivo utilizado por el proyecto DIPSIMAR posee una concentración de sólidos disueltos de 21 ppt, sitio donde el crecimiento algal se ha mantenido estable a lo largo de 1 año (DIPSIMAR, 2022).

### 3.3 Identificación

Se realizó un corte transversal del alga y se observó en el microscopio, se visualizan sus talos tubulares de tamaño irregular, característicos por poseer márgenes lisos, lobulados u ondulados, ver figura 3.6. Además, se observan las células superficiales dispuestas irregularmente, sin ningún patrón de acomodo y de distintas formas; ovaladas, rectangulares o cuadradas, tal como se muestra en la figura 3.7.

**Figura 3.6**



*Nota.* Vista en el microscopio del alga *Ulva intestinalis*. Fuente: Autoría propia.

**Figura 3.7**



*Nota. Vista de las células superficiales del Ulva intestinalis. Fuente: Autoría propia.*

Ante lo mencionado y previamente revisado en la literatura (Quiroz, 2017) se determinó que la especie de alga verde predominante en los sistemas es *Ulva intestinalis*.

### **3.4 Análisis de costos**

#### **3.4.1 Análisis de viabilidad del proyecto multidisciplinario**

En proyecto multidisciplinario el análisis de viabilidad de costos estuvo a cargo de los compañeros de las carreras de Administración de empresas y Economía, los cuales se basaron en la elaboración y comercialización de una bebida y un biofertilizante hecho a base de algas.

La inversión inicial y el modelo de negocio de la bebida saludable se detalla a continuación:

**Tabla 3**

*Cifras detalladas de los gastos necesarios para una inversión inicial y el modelo de negocio a 1 año.*

<b>INVERSIÓN INICIAL</b>	
<b>Rubros de Inversión</b>	<b>Monto</b>
<b>Inversión equipos</b>	\$ 152.310,00
<b>Gastos de marketing</b>	\$ 22.800,00
<b>Gastos de Organización</b>	\$ 5.500,00
<b>Gastos legales</b>	\$ 4.200,00
<b>Capital de trabajo (para 2 meses)</b>	\$ 122.038,32
<b>TOTAL DE INVERSIÓN INICIAL</b>	<b>\$ 306.848,32</b>

*Nota.* Datos proporcionados por Rosero, C. Suárez, G (2022).

**Tabla 4**

*Cifras del modelo de negocios a 1 año.*

<b>INGRESOS</b>	<b>Año 1</b>
<b>Ingresos</b>	\$ 171.374,88
<b>Cantidad a producir</b>	97.929
<b>Precio</b>	\$ 1,75
<b>COSTOS DE PRODUCCION</b>	
<b>Costos Fijos</b>	\$ 30.776,08
<b>Costos variables</b>	\$ 47.840,07
<b>Total, de costo de producción</b>	<b>\$ 78.616,14</b>
<b>Utilidad antes de gastos operacionales</b>	<b>92.758,73</b>
<b>Total, de gastos administrativos</b>	<b>\$ 21.826,13</b>
<b>Total, de gastos de Ventas y publicidad</b>	<b>\$ 19.889,93</b>
<b>Total, de Gastos de despacho y distribución</b>	<b>\$ 27.413,45</b>
<b>TOTAL, DE GASTOS</b>	<b>\$ 73.897,65</b>
<b>UTILIDAD DEL EJERCICIO</b>	<b>\$ 11.222,35</b>

*Nota.* Datos proporcionados por Rosero, C. Suárez, G (2022).

**Tabla 5**

*Cifras del Payback en el análisis de flujo de caja.*

---

<b>PAYBACK</b>		
<b>PERIODO ULTRA NEGATIVO</b>		<b>1</b>
<b>ABS. ULT FC ACUM NEG.</b>		<b>\$ 53.132,15</b>
<b>FC NEG. PER</b>		<b>\$ 76.521,47</b>
<b>PRI</b>		<b>\$ 1,69</b>
<b>MESES</b>	0,694343038	8,33211645
<b>DIAS</b>	0,33211645	9,963493509

---

**1 año, 8 meses y 10 días**

---

El valor inicial para invertir sería de \$306.848,32 como bien se muestra en la tabla 3. En un año se esperaría un ingreso de \$171.374,88 vendiendo 97.929 unidades a \$1,75 con utilidades netas de \$ 11.222,35; ver tabla 4. La inversión inicial se recuperaría a cabo de 1 año, 8 meses y 10 días, haciendo a este proyecto totalmente viable a corto y largo plazo, ver tabla 5. Además, es importante tener en cuenta que la materia prima usada para la elaboración del producto es un recurso totalmente disponible y gratuito por lo que sus costos de producción bajan considerablemente.

### 3.4.2 Análisis de costos: Producción de macroalgas (de carrera)

**Tabla 6**

*Costos estimados del proceso productivo de Ulva intestinalis con el sistema de red.*

<b>RUBRO</b>	<b>COSTO (USD)</b>
<b>Elaboración</b>	40 por sistema
<b>Mano de obra</b>	20 por sistema
<b>Cañas (reducible si se amarran de forma adyacente)</b>	14 por sistema
<b>Contratación del bote (instalación)</b>	30 por bote
<b>Mano de obra (instalación)</b>	50
<b>Contratación del bote (cosecha)</b>	20 por bote
<b>Mano de obra (cosecha)</b>	20
<b>Implementos para secado (gasto único). Estufa, redes de secado, fundas, coladores.</b>	1520
<b>Total</b>	1694

Se considera los costos detallados en la Tabla 6, como un valor de referencia para el comienzo del cultivo de macroalgas en manglares, considerando que se elabora el sistema con materiales duraderos como lo son la cuerda de polipropileno y el PVC. Se estima una larga durabilidad, y no hay mantenimiento entre la instalación de los sistemas y la cosecha. Mientras mayor sea el área de cultivo, menos serán los costos por sistema.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

El proyecto multidisciplinario generó ideas de bioproductos a partir de *Ulva intestinalis*, evaluando su viabilidad económica y generando una marca con contenido audiovisual que ayude al desarrollo de esta idea y a la comunidad.

En cuanto al componente biológico, Se colocaron los prototipos a evaluar en ecosistemas estuarinos, y se validó su efectividad, concluyendo que el sistema de red resulta más eficiente en la producción de biomasa. En este proyecto probamos sistemas que no requieren recambio constante, al contrario de los sistemas hasta ahora implementados en la zona, que se basan en caña, la cual se humedece y deteriora con el tiempo y hace que surja la necesidad de un recambio del sistema completo cada 3 meses.

Se requieren más estudios para alcanzar una óptima productividad en sistemas de acuicultura de macroalgas. Todo esto contribuirá a la apertura de un nuevo mercado en Ecuador, generado nuevas fuentes de ingreso para los ciudadanos y, como beneficiarios del proyecto, a pescadores de comunidades locales.

### Recomendaciones

- El cultivo de algas marinas es un mercado que va en aumento en nuestro país, es evidente la necesidad del desarrollo de más herramientas viables que ayuden con el cultivo de macroalgas a gran escala.
- Se recomienda la instalación de los sistemas en zonas con alta iluminación y baja sedimentación y concentración de sólidos disueltos en el agua.
- Recomendamos el monitoreo constante de los sistemas (una vez por semana) para evitar adherencia de organismos indeseados, como herbívoros, invertebrados competidores o resto de algas que impidan el crecimiento del alga objetivo.



- En la cosecha se recomienda el uso de guantes de protección para evitar lesiones causadas por el roce de las algas.
- Luego de cada cosecha es necesario la limpieza del sistema, especialmente de las cuerdas de cultivo en caso de la existencia de algas no deseadas (como las pardas).
- Trabajos a futuro deberán analizar las condiciones óptimas de luz y salinidad requeridas para la prosperidad de cultivo de *Ulva intestinalis*, con el fin de contar con una guía para elegir sitios de cosecha adecuados.
- El polipropileno y PVC tienen una duración larga, aún indefinida para estos sistemas. Estudios futuros pueden analizar el tiempo de vida de los prototipos, considerando las condiciones del manglar, para determinar si es necesario la reconstrucción del sistema, y qué tan seguido se requiere.

# BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera-Morales, M. & Valdez, Casas & Carrillo, Silvia & González, Barbara & F.P., Perez-Gil (2005). Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source. *Journal of Food Composition and Analysis*. 18. 79-88. [10.1016/j.jfca.2003.12.012](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.12.012).
- Alström-Rapaport, C., Leskinen, E., & Pamilo, P. (2010). Seasonal variation in the mode of reproduction of *Ulva intestinalis* in a brackish water environment. *Aquatic Botany*, 93(4), 244–249. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2010.08.003>
- Banco Central del Ecuador. (2022). *Evolución de la Balanza Comercial por Productos Enero - Junio 2022*.
- Bolton, J. J., Robertson-Andersson, D. v., Shuuluka, D., & Kandjengo, L. (2009). Growing *Ulva* (Chlorophyta) in integrated systems as a commercial crop for abalone feed in South Africa: a SWOT analysis. *Journal of Applied Phycology*, 21(5), 575–583. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9385-6>
- Cian, R., Hernández-Chirlaque, C., Gámez-Belmonte, R., Drago, S., Sánchez de Medina, F., & Martínez-Augustin, O. (2018). Green Alga *Ulva* spp. Hydrolysates and Their Peptide Fractions Regulate Cytokine Production in Splenic Macrophages and Lymphocytes Involving the TLR4-NFκB/MAPK Pathways. *Marine Drugs*, 16(7), 235. <https://doi.org/10.3390/md16070235>
- Cordi B, Donkin ME, Peloquin J, Price DN, Depledge MH (2001). The influence of UV-B radiation on the reproductive cells of the intertidal macroalga, *Enteromorpha intestinalis*. *Aquat Toxicol* 56:1–11
- Corrales, L. (2000). *Bibliografía Comentada Cambios en la Cobertura Forestal*.
- Cuvi Fajardo, N., & Cornejo Sotomayor, X. (2021). Una revisión actualizada de las macroalgas marinas del Ecuador continental. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 14(2). <https://doi.org/10.53591/cna.v14i2.1307>
- D'Armas, H., Jaramillo, C., D'Armas, M., Echavarría, A., & Valverde, P. (2019a). Proximate composition of several green, brown and red seaweeds from the coast of Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 67(1). <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i1.33380>

- DIPSIMAR (ESPOL, 2022). Desarrollo e Implementación Piloto de Sistemas de Maricultura que generen incentivos a la conservación del Manglar [Documento inédito]. Centro de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), ESPOL.
- Eismann, A. I., Perpetuo Reis, R., Ferreira da Silva, A., & Negrão Cavalcanti, D. (2020). *Ulva* spp. carotenoids: Responses to environmental conditions. *Algal Research*, 48, 101916. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.101916>
- Ergün, S., Soyutürk, M., Güroy, B. *et al.* (2009) Influencia de la harina de *Ulva* en el crecimiento, la utilización del alimento y la composición corporal de juveniles de tilapia del Nilo ( *Oreochromis niloticus* ) en dos niveles de lípidos en la dieta.
- Faulkner, D.J. (2002). Marine natural products. *Nat. Prod Rep.*19, 1-48.
- Fort, A., Linderhof, C., Coca-Tagarro, I., Inaba, M., McHale, M., Cascella, K., Potin, P., Guiry, M. D., & Sulpice, R. (2021). A sequencing-free assay for foliose *Ulva* species identification, hybrid detection and bulk biomass characterisation. *Algal Research*, 55, 102280. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102280>
- Grand View Research, Inc (2022). Commercial Seaweed Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Brown, Red, Green), By Application (Human Consumption, Animal Feed, Agriculture), By Form (Leaf, Powdered, Flakes), By Region, And Segment Forecasts, 2022 – 2030
- GREEN WORLD IMPORT EXPORT CO. (2022). Alga marina *Ulva Lactuca*, alta calidad, en venta. <https://Spanish.Alibaba.Com/p-Detail/Seaweed-179588762.Html?Spm=a2700.Details.0.0.122e7787P3Fwgc>.
- INOCAR. (2022). *Tabla de mareas puertos del Ecuador*. Guayaquil.
- Kamer, K., & Fong, P. (2001). Nitrogen enrichment ameliorates the negative effects of reduced salinity on the green macroalga *Enteromorpha intestinalis*. *Marine Ecology Progress Series*, 218, 87–93. <https://doi.org/10.3354/meps218087>
- Klein, B., & Davis, R. (2022). *Algal Biomass Production via Open Pond Algae Farm Cultivation: 2021 State of Technology and Future Research*. <https://doi.org/10.2172/1862662>
- Kumar R.J. y Xu Zi-rong, (2004). Biomedical Compounds from Marine organisms. *Mar. Drugs*, 2 123-146

- Lahaye, M. (1995). Natural decoloration, composition and increase in dietary fibre content of and edible marine algae, *Ulva rigida* (Chlorophyta), grown under different nitrogen conditions. *J. Sci. Food. Agric.* (68):99-104.
- Li, F., Zuo, S., Chi, Y., Du, C., Shen, Z., Han, X., Wang, X., & Wang, P. (2020). Alleviation of Drought Stress in Wheat Using Exogenous *Ulva prolifera* Extract Produced by Enzymatic Hydrolysis. *Journal of Renewable Materials*, 8(11), 1519–1529. <https://doi.org/10.32604/jrm.2020.011453>
- Mansori, M., Chernane, H., Latique, S., Benaliat, A., Hsissou, D., & el Kaoua, M. (2016). Effect of seaweed extract (*Ulva rigida*) on the water deficit tolerance of *Salvia officinalis* L. *Journal of Applied Phycology*, 28(2), 1363–1370. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0671-9>
- Martins, M., Fernandes, A. P. M., Torres-Acosta, M. A., Collén, P. N., Abreu, M. H., & Ventura, S. P. M. (2021). Extraction of chlorophyll from wild and farmed *Ulva* spp. using aqueous solutions of ionic liquids. *Separation and Purification Technology*, 254, 117589. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117589>
- McHugh, D. J. (2003). A guide to the seaweed industry. *FAO Fisheries Technical Paper. No. 441.*, 441(Roma). <https://www.fao.org/3/y4765e/y4765e00.htm#Contents>
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. (2021). 2.900 hectáreas de manglar se suman al programa Socio Bosque. *Dirección de Comunicación*, 278.
- Naciones Unidas (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G. 2681-P/Rev).
- Quiroz-González, N., D. León-Álvarez y M. G. Rivas-Acuña. (2017). Nuevos registros de algas verdes marinas (Ulvophyceae) para Tabasco, México. *Acta Botanica Mexicana* 118: 121-138. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/abm118.2017.1204>
- Rico, A., Lanas, P., López-Gappa, J. (2005). *El potencial de colonización del género Ulva (Chlorophyta, Ulvales) en el puerto de Comodoro Rivadavia (Chubut, Argentina)*. *Ciencias Marinas*, Vol. 31, No. 4, 2005
- Romanos M, Andrada-Serpa MJ, dos S, Ribeiro A, Yoneshigue-Valentin Y, Costa SS. (2002). Wigg Inhibitory effect of extracts of Brazilian marine algae on human T-cell lymphotropic virus type 1 (HTLV-1)-induced syncytium formation in vitro. *Cancer Invest.*

- San Martín, J. (1996). La Thalassoterapia, aspectos y tendencias actuales. Memorias del Segundo Congreso Internacional de Turismo de Salud. 2da Jorn. Nac.Turismo, C. de La Habana, Cuba. 40 p.
- Sepulveda M (2014). Ficha Ambiental "Cultivo Experimental de Macro Algas Marinas como alternativa productiva y sostenible para los Pescadores Artesanales del Ecuador". Santa Elena, Ecuador.
- Zhang, C., Lu, J., Wu, J., & Luo, Y. (2019). Phycoremediation of coastal waters contaminated with bisphenol A by green tidal algae *Ulva prolifera*. *Science of The Total Environment*, 661, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.132>
- Zhao, X., Tang, X., Zhang, H., Qu, T., & Wang, Y. (2016). Photosynthetic adaptation strategy of *Ulva prolifera* floating on the sea surface to environmental changes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 107, 116–125. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.05.036>

# APENDICES

## APENDICE A

*Parámetros tomados en el sitio (Primera cosecha)*

<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>
<i>Temperatura</i>	25.10°C
<i>Salinidad</i>	31.87 PSU
<i>pH</i>	7.47
<i>Conductividad</i>	48.82 mS/cm
<i>Sólidos disueltos totales</i>	24.41 ppt
<i>Potencial Redox</i>	22.3 ORP

## APENDICE B

*Parámetros tomados en el sitio (Segunda cosecha)*

<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>
<i>Temperatura</i>	28.96 °C
<i>Salinidad</i>	29.61 PSU
<i>pH</i>	7.44
<i>Conductividad</i>	45.86 mS/cm
<i>Sólidos disueltos totales</i>	22.93 ppt
<i>Potencial Redox</i>	76.3 ORP