

**UNIVERSIDAD DEL MAR**

***campus Puerto Ángel***



**Desarrollo de un método de extracción secuencial para el  
aprovechamiento integral de *Macrocystis pyrifera***

TESIS

Que para obtener el Título Profesional de

**Licenciada en Biología Marina**

Presenta

**Mariana López Pacheco**

Director de tesis

**M. en. C. Yoloxochitl Elizabeth Rodríguez Montesinos**

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2022.

## Resumen

En México *Macrosistys pyrifera* es una de las especies más abundantes en la costa occidental de la Península de Baja California y de las más importantes de la división Ochrophyta, debido a su alto contenido en polisacáridos y metabolitos secundarios. El objetivo del presente trabajo fue realizar una extracción secuencial para la obtención de varios productos a partir de un solo recurso algal. Se caracterizaron las propiedades de cada extracto (etanólico, fucoidano, alginato de sodio), también se realizó la comparación del rendimiento y calidad del alginato de sodio extraído secuencialmente contra el alginato extraído directamente. Además, se comparó el rendimiento de los extractos de acuerdo con dos tamaños de partícula. Las algas secas y molidas se tamizaron a un tamaño de partícula de 0.841 y 0.595 mm, posteriormente se realizó la extracción secuencial en la que se obtuvieron los extractos etanólico y fucoidano; así como el alginato de sodio, y por último se extrajo alginato de sodio por medio de una extracción directa. El rendimiento de los extractos obtenidos con diferente tamaño de partícula de alga, no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Para la caracterización de los extractos, primero se extrajo el etanólico; se le realizó un perfil fitoquímico y se observó la presencia de triterpenos insaturados, esteroides o triterpenos saturados, flavonoides, antraquinonas, antronas, saponinas, esteroides insaturados y alcaloides en cuanto a las cumarinas, fenoles y taninos no estuvieron presentes en el alga. Para el fucoidano se determinó el contenido de ácidos urónicos y azúcares totales, se comparó la concentración de acuerdo con el tamaño de partícula, pero no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). El rendimiento del alginato de sodio extraído con los dos tipos de extracciones: a) de manera secuencial y b) directa (alga que no paso por ningún proceso previo), fue significativamente diferente ( $p < 0.05$ ); esto es, fue de 6-8% mayor cuando se extrajo de manera directa. La viscosidad del alginato de sodio fue mayor y significativamente diferente ( $p < 0.05$ ) cuando el alginato fue extraído de manera directa; en cambio la fuerza de gel fue significativamente mayor ( $p < 0.05$ ); cuando el alginato fue extraído de manera secuencial. Por otra parte, el color fue más claro cuando el alginato se extrajo de manera directa; el pH presentó valores de 6.6 a 7.5 para todos los tratamientos.

**Palabras clave:** Algas, alginato, fucoidano, metabolitos secundarios y rendimiento.

## **Dedicatoria**

“Que nadie te diga que no puedes...”

Carlos Rivera

## **Agradecimientos**

Agradezco al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional, por permitirme utilizar sus instalaciones y en especial al Laboratorio de Química de Algas Marinas por facilitarme sus instalaciones para la parte experimental del presente trabajo.

A mi casa de estudios La Universidad del Mar, por mi formación como Bióloga Marina, por permitirme conocer y aprender de esta hermosa Carrera, por los valores aprendidos, el respeto, dedicación, disciplina y el amor hacia la vida.

A mis Profesores:

A mi Directora de Tesis la M. en C. Yoloxochitl Elizabeth Rodríguez Montesinos, por la confianza que me brindó desde el principio para la realización del presente trabajo, por su apoyo, paciencia, consejos y correcciones para poder culminar con esta parte de mi carrera académica. A mi codirector el Dr. Eustacio Ramírez Fuentes que de igual manera confió en mí para la realización del presente trabajo, gracias por su paciencia, sus aportaciones, consejos y por su apoyo que me brindó durante todo este tiempo. A mis revisores el Dr. Rolando Cardeña López, la Dra. Ma. Nieves Trujillo Tapia y la M. en C. Minerva e Isis Camacho Sánchez, por su tiempo y el apoyo que mostraron hacia mi persona, así como la disponibilidad para revisar y corregir este trabajo. Y a todas las personas que estuvieron involucradas en mi gusto por las macroalgas y enseñarme lo maravilloso de estos pequeños y a la vez grandes seres vivos (Dr. Edgar Rosas Alquicira, Dr. Gustavo Hernández Carmona y Dr. Mauricio Muñoz Ochoa). Les agradezco a todos por ser parte de este proyecto y enseñarme lo valioso y maravilloso de la vida marina, por sus valiosas observaciones para mi trabajo y por su disponibilidad para compartir sus conocimientos.

A mi Familia:

Gracias a ti papá por enseñarme con tu ejemplo, que para lograr lo que se desea en este mundo se requiere, decisión y empeño, además fuerza, coraje, disciplina, amor para cristalizar una meta, que en nuestro diccionario no está la palabra rendirse. A ti mamá que siempre estuviste conmigo, cuando necesitaba palabras que me dieran fuerza para seguir adelante, a ti que sin esperar ningún beneficio no me dejaste desfallecer, sino al contrario supiste ayudarme con las palabras que necesitaba escuchar. Gracias padres por haber depositado su confianza en mí, por esta herencia más valiosa que pude haber recibido: Mi carrera profesional. A ti hermani por ser mi apoyo en todo momento, te admiro y te quiero mucho.

Por supuesto a toda mi familia y especialmente a mis cuatro abuelitos que ahora son mis angelitos, gracias por sus consejos, por su preocupación y apoyo incondicional, por todos esos momentos que me ayudaron a crecer como persona, por creer en mí y tener fe, ustedes son mi fuerza.

A mis amigos:

Ustedes fueron parte de esta carrera universitaria, a las “Rami-suma” (Jessi y Yes) que estuvieron en todo momento, gracias por escucharme y darme consejos. A mis amigos de la casa “Blanca y Asociados” (Angie, Alma, Dianita, Miri, Edgar y Hugo) gracias por hacer más amena y divertida mi estancia en esa casa, por todas las aventuras que pasamos juntos, a los de la “Plebada” (Crista, Lenninger, Pedrito y Chucho) que me permitieron conocerlos en los últimos semestres, por todas las salidas, desayunos y comidas que hacíamos juntos; a Isra, Oswaldo y Wally por enseñarme a salir de fiesta y no dejarme sola. Shunni gracias por tu apoyo incondicional, por escucharme cuando más lo necesitaba, a mi confidente y gran apoyo Fer (Pher), gracias por ayudarme y por alentarme a seguir adelante, por estar en todo momento conmigo y por último pero no menos

importante al Dr. Mario Torres, ya que sin su ayuda profesional no hubiera podido culminar mi tesis; gracias a su apoyo y consejos.

Gracias profesores, familia y amigos por ser parte de esta gran aventura y por enseñarme a crecer como persona. ¡Gracias!.

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	VII
Índice de Figuras .....	X
Índice de Tablas .....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	12
2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Generalidades de las macroalgas.....	13
2.1.1. <i>Macrocystis pyrifera</i> .....	14
2.1.2. Distribución de <i>Macrocystis pyrifera</i> .....	16
2.1.3. Importancia económica de <i>Macrocystis pyrifera</i> .....	17
2.2. Metabolitos secundarios .....	18
2.2.1. Usos y aplicaciones .....	20
2.3. Fucoidano .....	21
2.3.1. Usos y aplicaciones .....	22
2.4. Alginato.....	22
2.4.1. Propiedades del alginato .....	23
2.4.2. Usos y aplicaciones .....	24
2.5. Extracción secuencial.....	25
3. ANTECEDENTES .....	26
3.1. Aprovechamiento integral del recurso algal a partir de una extracción secuencial .....	26
3.2. Rendimiento de los extractos de acuerdo con el tamaño de partícula del alga .....	27
4. JUSTIFICACIÓN .....	29
5. HIPÓTESIS .....	31
6. OBJETIVOS.....	31
6.1. General.....	31
6.2. Específicos .....	31
7. MATERIAL Y MÉTODOS.....	32
7.1. Obtención de la materia prima .....	32
7.2. Trabajo de laboratorio.....	32
7.3. Obtención del extracto etanólico .....	33
7.3.1. Perfil fitoquímico del extracto etanólico.....	34

7.4.	Extracción del fucoidano .....	35
7.4.1.	Caracterización parcial del fucoidano .....	36
7.4.1.1.	Contenido de ácidos urónicos .....	36
7.4.1.2.	Contenido de azúcares totales .....	37
7.5.	Extracción secuencial del alginato de sodio .....	38
7.6.	Extracción directa del alginato de sodio .....	39
7.7.	Control de calidad del alginato de sodio .....	40
7.7.1.	Determinación de la viscosidad .....	40
7.7.2.	Fuerza del gel .....	41
7.7.3.	Determinación del color y pH .....	41
7.8.	Análisis de datos .....	41
8.	RESULTADOS .....	43
8.1.	Evaluación del rendimiento de los extractos: etanólico, fucoidano y alginato de sodio de acuerdo a la extracción secuencial y tamaño de partícula .....	43
8.2.	Perfil fitoquímico del extracto etanólico .....	43
8.3.	Contenido de ácidos urónicos y azúcares totales del fucoidano .....	44
8.4.	Rendimiento del alginato de sodio con/sin pretratamiento de formaldehído y con/sin extracción secuencial .....	44
8.5.	Control de calidad del alginato de sodio con/sin pretratamiento con formaldehído .....	46
8.6.	Control de calidad del alginato de sodio con/sin extracción secuencial .....	47
9.	DISCUSIÓN .....	49
9.1.	Evaluación de rendimiento del extracto etanólico, fucoidano y alginato de sodio de acuerdo con el tamaño de partícula algal .....	49
9.2.	Rendimiento del extracto etanólico .....	50
9.2.1.	Perfil fitoquímico .....	51
9.3.	Evaluación del rendimiento del extracto acuoso: fucoidano .....	53
9.3.1.	Evaluación del contenido de ácidos urónicos y azúcares totales en el fucoidano .....	54
9.4.	Evaluación del rendimiento del alginato de sodio .....	56
9.5.	Evaluación del rendimiento del alginato de sodio de acuerdo con el tipo de pretratamiento y extracción .....	56
9.6.	Control de calidad del alginato de sodio de acuerdo con el tipo de pretratamiento y extracción .....	58
9.6.1.	Viscosidad .....	59

9.6.2.	Fuerza del gel .....	62
9.6.3.	Color.....	66
9.6.4.	pH .....	66
10.	CONCLUSIONES .....	68
11.	RECOMENDACIONES.....	69
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
13.	ANEXOS .....	83

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Morfología de <i>Macrocystis pyrifera</i> . .....	15
<b>Figura 2.</b> Mapa de la distribución de las diferentes especies de <i>Macrocystis</i> . .....	17
<b>Figura 3.</b> Estructura (general) química del fucoidano.....	21
<b>Figura 4.</b> Estructura química del alginato. ....	23
<b>Figura 5.</b> Proceso para obtener el extracto etanólico a partir de <i>Macrocystis pyrifera</i> ...33	
<b>Figura 6.</b> Proceso de extracción de fucoidano. ....	36
<b>Figura 7.</b> Proceso secuencial para obtener el alginato de sodio. ....	39
<b>Figura 8.</b> Proceso directo para obtener el alginato de sodio. ....	40
<b>Figura 9.</b> Curva de calibración del ácido galacturónico .....	83
<b>Figura 10.</b> Curva de calibración de la glucosa .....	83

## Índice de Tablas

<b>Tabla I.</b> Características que identifican a cada división algal: Clorophyta, Ochrophyta y Rhodophyta. ....	14
<b>Tabla II.</b> Valores del rendimiento, viscosidad y fuerza de gel de alginatos obtenidos de diferentes organismos de <i>Macrocystis pyrifera</i> . ....	24
<b>Tabla III.</b> Reveladores utilizados para describir el perfil fitoquímico del extracto etanólico obtenido del alga parda <i>Macrocystis pyrifera</i> . ....	34
<b>Tabla IV.</b> Rendimientos del extracto etanólico, fucoidano y alginato de sodio de acuerdo con los tamaños de partícula. ....	43
<b>Tabla V.</b> Perfil fitoquímico del extracto etanólico de <i>Macrocystis pyrifera</i> . ....	44
<b>Tabla VI.</b> Rendimientos del alginato de sodio de acuerdo con el tratamiento y extracción aplicada. ....	45
<b>Tabla VII.</b> Determinación del control de calidad del alginato de sodio obtenido con/sin uso del formaldehído. ....	47
<b>Tabla VIII.</b> Determinación del control de calidad del alginato de sodio obtenido de la extracción secuencial y directa. ....	48
<b>Tabla IX.</b> Valores del rendimiento, viscosidad y fuerza de gel del alginato de sodio obtenidos de distintas especies de algas. ....	64

## 1. INTRODUCCIÓN

Las algas marinas poseen una gran riqueza y diversidad de compuestos bioactivos de interés industrial y/o biotecnológico (Blunt *et al.* 2009, Smit 2004). En los últimos años estos productos, como los ficocoloides (fucoidano y alginato) y sus derivados han atraído la atención de la comunidad científica como fuente natural y novedosa de compuestos con potencial uso en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética, textil, agrícola, entre otras (Loannou y Roussis 2009, Andrade *et al.* 2013). Por lo que el interés en la utilización de macroalgas se ha ido incrementando.

*Macrocystis pyrifera* es un alga parda, considerada como una de las especies más importante dentro de la división Ochrophyta; su importancia radica en su valor ecológico y actividad biológica, ya que posee metabolitos secundarios y ficocoloides como el fucoidano y el alginato; Por lo tanto, esta especie es ideal para la extracción de compuestos bioactivos y de ficocoloides de importancia comercial.

Por otra parte, es importante que el recurso algal pueda ser aprovechado de manera integral y racional, minimizando la generación de residuos algales y a la vez obteniendo más producto y una forma de lograrlo es realizando una extracción secuencial del recurso de interés para obtener más producción sin generar pérdida de este.

Por lo anterior, en el presente trabajo se evaluó el rendimiento del extracto etanólico, fucoidano y alginato de sodio, producto de una extracción secuencial de *Macrocystis pyrifera*, también se evaluó el rendimiento de los extractos a partir de dos diferentes tamaños de partícula (0.841 y 0.595 mm) y por último se hizo una comparación del rendimiento y calidad del alginato de sodio extraído de manera secuencial contra el alginato extraído de manera directa.