

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y RECURSOS NATURALES



**AJUSTE DE PROTOCOLO PARA LA EXTRACCIÓN Y DETERMINACIÓN DE
COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES DE ALGAS PARDAS**

Tesis, Carrera de Biología Marina

Por: María José Barrientos Barcena

Director: Dr. Nelso P. Navarro
Codirectora: Dra. María Soledad Astorga

AJUSTE DE PROTOCOLO PARA LA EXTRACCIÓN Y DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES DE ALGAS PARDAS

Por: María José Barrientos Barcena

Sr. Gustavo Poblete Olmos
Decano Facultad de Ciencias

Dr. Nelso Navarro

Director Departamento de Ciencias y Recursos Naturales

Dra. Valeria Latorre
Jefe de Carrera

Comisión Evaluadora:

Dr. Nelso Navarro Martínez (UMAG)
Director de Tesis

Dra. María Soledad Astorga (UMAG)

Codirectora de Tesis

Dr. Manuel Lorenzo (UMAG)
Evaluador 1

Dra. Bibiana Jara (UMAG)
Evaluadora 2

**Tesis entregada como requerimiento para obtener el Título de Biólogo Marino
en la Universidad de Magallanes**

Punta Arenas, Chile

Septiembre, 2025

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y RECURSOS NATURALES

**Ajuste de Protocolo para la Extracción y Determinación de Compuestos
Fenólicos totales de Algas Pardas**

Tesis entregada como requerimiento para obtener el Título de Biólogo Marino
en la Universidad de Magallanes

María José Barrientos Barcena

Punta Arenas, Chile
Septiembre, 2025

“Si una persona es perseverante, aunque sea dura de entendimiento, se hará inteligente; y aunque sea débil se transformará en fuerte”.

Leonardo Da Vinci

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar agradeciéndome a mi misma por la perseverancia y paciencia que dediqué en cada etapa universitaria y en este proyecto. Este proyecto no habría sido posible sin mi esfuerzo, mi determinación y aprendizaje para seguir adelante, incluso en los momentos difíciles a través del desarrollo de este proyecto.

Agradezco profundamente a la Universidad de Magallanes, por brindarme las herramientas necesarias, las oportunidades, recursos y un entorno académico enriquecedor que fomentó mi crecimiento personal y profesional.

Mis más sinceros agradecimientos a los profesores y académicos, especialmente a mi director Nelso Navarro y co directora María Soledad Astorga, por su guía, apoyo y confianza. Sus enseñanzas, paciencia y consejos fueron fundamentales y enriquecedores no solo en este trabajo, sino también como profesional y persona.

A mi pareja, Óscar Carvajal, gracias por tu amor incondicional, paciencia y compañía en esta etapa universitaria, gracias por presentarte en los momentos más difíciles con tus palabras de ánimo y tu apoyo incondicional, lograron que cada obstáculo pareciera más llevadero y cada logro más significativo.

A mi familia, por ser un pilar fundamental y mi fuerza. Gracias por su amor incondicional, su confianza y enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación, Agradezco cada palabra de apoyo, cada abrazo y cada gesto de cariño que me acompañaron en este camino.

A mis mascotas, Loki y Drako, quienes con sus locuras, ternura y alegría hicieron más livianas las horas de estudio. Disfrutando los pequeños momentos de calidez y compañía.

Finalmente, agradezco a mis amigas, Esperanza, Karen, Yazmín, Gabriela, Catalina y Gabriela por estar presentes, por las risas, consejos y palabras de aliento que hicieron de este proceso una experiencia más alegre. Mención honorífica a la espe por estar desde años a mi lado y aún estar presente en esta etapa que finaliza.

RESUMEN

Los compuestos fenólicos presentes en muchos organismos vegetales son productos naturales de gran relevancia debido a sus propiedades y actividad biológica. Muchas de esas propiedades están siendo consideradas en la formulación de productos farmacológicos y alimentarios. En algas pardas, estos compuestos varían ampliamente y son indispensables cumpliendo funciones de antiherbivoría y antiestrés. En algas pardas de la región de Magallanes no existe una línea base para determinar la concentración de estos compuestos, por lo que este estudio busca crear un método analítico para encontrar la forma más efectiva de obtener el máximo rendimiento de compuestos fenólicos totales. La extracción de compuestos fenólicos totales en muestras (liofilizadas, congeladas a -80°C y secas a temperatura ambiente) de *Macrocystis pyrifera* se realizó utilizando dos concentraciones de metanol (20% y 25%). La determinación se llevó a cabo utilizando el método de Folin-Ciocalteu. El uso de metanol al 25% fue la mejor alternativa para alcanzar un mayor rendimiento de compuestos fenólicos en la especie *Macrocystis pyrifera*. Entre los tipos de preservación de la muestra, aquellas liofilizadas fueron las que presentaron mayor rendimiento de compuestos fenólicos ($7,25 \pm 1,9$ mg/g) que las congeladas a -80°C ($4,39 \pm 1,4$ mg/g) y que las secas a temperatura ambiente ($0,51 \pm 0,6$ mg/g). Se sugiere continuar explorando tipos de solventes no tóxicos, como las mezclas de etanol y agua, así como las comparaciones estacionales, entre distintas especies, etc., con el fin de obtener una línea base que permita comparar estos compuestos de importancia para la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Palabras clave: Compuestos fenólicos, Folin – Ciocalteu, producto natural, algas pardas, Magallanes.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	6
Marco Teórico	6
Compuestos Fenólicos en algas pardas_.....	9
Algas de altas latitudes y su concentración de compuestos fenólicos	11
Determinación de compuestos fenólicos en algas_.....	12
HIPÓTESIS	14
OBJETIVOS	15
Objetivo específico 1	15
Objetivo específico 2	15
Objetivo específico 3	15
MATERIALES Y MÉTODOS	16
Colecta del Material Algal	16
Determinación de compuestos fenólicos totales	17
Reactivos, estándares y disolventes	17
Procedimiento	18
Análisis de datos	21
RESULTADOS	23
Concentración de fenoles totales	23
DISCUSIÓN	24
Uso de distinta concentración de Metanol para extracción de compuestos fenólicos	26
CONCLUSIÓN	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
ANEXOS	33

Anexo 1. Concentración de compuestos fenólicos totales (mg de ácido gálico/ gramo de alga seca) en muestras liofilizadas, congeladas, y secadas a temperatura ambiente.....	33
Anexo 2. ANOVA factorial para la concentración de compuestos fenólicos considerando el tipo de muestra (seca, congelada y liofilizada), concentración de metanol usada para la extracción (20% versus 25%) y la interacción entre los dos factores	34
Anexo 3. Valores p del análisis estadístico factorial comparando las medias de todos los tratamientos (tipo de muestra * tipo de extracción)	38

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Tabla 1. Principales pigmentos en algas rojas, verdes y pardas	6
Figura 1. Principales vías de producción de productos naturales en algas marinas. Obtenido de Maschek & Baker (2008).....	8
Figura 2. Fotografía de frondas y estipes de <i>Macrocystis pyrifera</i> , especie considerada en este estudio. Fotografía obtenida de Jofre et al. (2021)	16
Tabla 2. Masa (en gramos) de cada tipo de muestra de <i>Macrocystis pyrifera</i> usada para extraer compuestos fenólicos en 20% y 25% de metanol	19
Figura 3. Curva de calibración para determinar la concentración de compuestos fenólicos totales, en extracciones con MeOH al 25%	18
Figura 4. Curva de calibración para determinar la concentración de compuestos fenólicos totales, en extracciones con MeOH al 20%.....	20
Figura 5. Tubos tipo Falcon de 15 ml usados para la determinación de la reacción con Folin-Ciocalteu	20
Figura 6. Miligramos de compuestos fenólicos (expresados en mg de ácido gálico) por cada 100 gramos de alga seca en muestras de <i>Macrocystis pyrifera</i> liofilizadas, congeladas y secas a temperatura ambiente. *Las barras representan la desviación estándar (n= 3 réplicas).....	22
Fig. 7. Muestras que demuestran el rendimiento por parte de las concentraciones de metanol (20% y 25%), además los tipos de conservación.	23