



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLÓGICAS

CARRERA DE BIOLOGÍA

Modalidad Artículo Académico

**“ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA Y ANTIFUNGICIDA DE EXTRACTOS DE
ALGAS MARINAS COMO INDICADOR PARA SINTETIZAR COMPUESTOS
BIOACTIVOS DE INTERES TERAPEUTICO: UNA REVISION SISTEMATICA”**

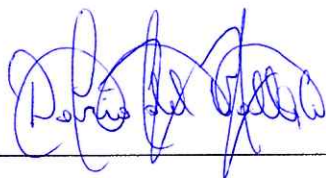
Autor:

Ponce Quiroz Geovanny Michele



Dra. Dolores Muñoz Verduga, Ph.D.

Presidenta del tribunal de Titulación



Blgo. Darío Del Valle Calderón, Mg.

Miembro Tribunal de Titulación



Blgo. Luis Zambrano Santana, Mg.

Miembro Tribunal de Titulación

Declaración de autoría

Yo, Ponce Quiroz Geovanny Michele declaro que he concluido la realización del trabajo de titulación bajo la modalidad de Artículo Académico previo a la obtención del título de Biólogo, con el tema: "ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA Y ANTIFUNGICIDA DE EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS COMO INDICADOR PARA SINTETIZAR COMPUESTOS BIOACTIVOS DE INTERES TERAPEUTICO: UNA REVISION SISTEMATICA"

Se ha revisado la versión final del manuscrito y apruébanos su presentación para su publicación. Me encuentro en el derecho de asegurar que este trabajo es original, y no ha sido publicado previamente.

Firma:



Ponce Quiroz Geovanny Michele

C.I: 1315255461

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

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de 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 **Ponce Quiroz Geovanny Michele**, legalmente matriculado en la carrera de Biología, período académico 2024-2025, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto o núcleo problémico es **"ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA Y ANTIFUNGICIDA DE EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS COMO INDICADOR PARA SINTETIZAR COMPUESTOS BIOACTIVOS DE INTERES TERAPEUTICO: UNA REVISION SISTEMATICA."**

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 del mismo, 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, 18 de diciembre de 2024

Lo certifico,



Blgo. Eduardo Xavier Pico Lozano, PhD.

Docente Tutor

Área: Procesamiento de Productos pesqueros

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.



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías

Carrera de Biología

Trabajo de Titulación de Tercer Nivel

Modalidad: Artículo académico

**“ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA Y ANTIFUNGICIDA DE EXTRACTOS DE ALGAS
MARINAS COMO INDICADOR PARA SINTETIZAR COMPUESTOS BIOACTIVOS
DE INTERES TERAPEUTICO: UNA REVISION SISTEMATICA”**

“Antibacterial And Antifungicidal Activity of Seaweed Extracts As An Indicator To Synthesize
Bioactive Compounds Of Therapeutic Interest: A Systematic Review”

Autor

Ponce Quiroz Geovanny Michele

Tutor:

Blgo. Eduardo Xavier Pico Lozano, PhD.

Periodo 2024 - 2

Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de algas marinas como indicador para sintetizar compuestos bioactivos de interés terapéutico.

Ponce Quiroz Geovanny ¹, Blgo. Pico Lozano Xavier, PhD ¹

¹Carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Ciudadela Universitaria vía San

Mateo, Manta, Manabí, Ecuador.

Correo: miki.ponce01@gmail.com, eduardo.pico@uleam.edu.ec

Resumen

El objetivo de esta revisión es evaluar la actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de algas marinas y explorar su potencial como fuente para la síntesis de compuestos bioactivos con aplicaciones terapéuticas. Se analiza la eficacia de diferentes especies de algas marinas *Sargassum muticum*, *Ulva lactuca*, *Laminaria digitata* y *Fucus vesiculosus* contra una amplia gama de microorganismos patógenos *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans* y *Aspergillus niger*. Se identificó que los extractos de *Sargassum muticum* (polifenoles y flavonoides) fueron efectivo contra *Staphylococcus aureus*, los extractos de *Ulva lactuca* (terpenoides y polifenoles) fueron efectivos contra *Escherichia coli* y los hongos *Candida albicans* y *Aspergillus niger*, y los solventes orgánicos que se utilizaron en la cromatografía (acetona, etanol, metanol, cloroformo) fueron los mas efectivos para poder obtener los compuestos bioactivos.

Palabras claves: Extractos de algas marinas, actividad antibacteriana, actividad antifúngica, compuestos bioactivos, aplicaciones terapéuticas.

Abstract

The objective of this review is to evaluate the antibacterial and antifungal activity of seaweed extracts and to explore their potential as a source for the synthesis of bioactive compounds with therapeutic applications. The efficacy of different species of seaweed *Sargassum muticum*, *Ulva lactuca*, *Laminaria digitata* and *Fucus vesiculosus* against a wide range of pathogenic microorganisms *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans* and *Aspergillus niger* is analyzed. It was identified that *Sargassum muticum* extracts (polyphenols and flavonoids) were effective against *Staphylococcus aureus*, *Ulva lactuca* extracts (terpenoids and polyphenols) were effective against *Escherichia coli* and the fungi *Candida albicans* and *Aspergillus niger*, and the organic solvents that were used in the chromatography (acetone, ethanol, methanol, chloroform) were the most effective to obtain the bioactive compounds.

Key words: Seaweed extracts, antibacterial activity, antifungal activity, bioactive compounds, therapeutic applications.

INTRODUCCIÓN

Las infecciones bacterianas y fúngicas representan una amenaza creciente para la salud pública (Ríos et al., 2009), exacerbada por la rápida propagación de cepas resistentes a los tratamientos convencionales (Villarreal Gómez et al., 2010). El uso excesivo de antibióticos que se hizo de manera generalizada, en todo el mundo, puede haber exacerbado la propagación «silenciosa» de la resistencia a los antimicrobianos (RAM), se ha visto que el 8% de los pacientes hospitalizados por lo general padecen de coinfecciones bacterianas que requieren antibióticos, a tres de cada cuatro, en torno al 75% de los pacientes, se les administra antibióticos “por si acaso” resulten de ayuda. El uso de antibióticos osciló entre el 33% de los pacientes de la Región del Pacífico Occidental y el 83% de los pacientes de la Región de las Américas. (OMS, 2024). La resistencia a los antibióticos y antimicóticos está aumentando en todo el mundo a niveles peligrosos, día tras día están apareciendo y propagándose en todo el planeta nuevos mecanismos de resistencia que ponen en peligro nuestra capacidad para tratar las enfermedades infecciosas comunes. Un creciente número de infecciones, como la neumonía, la tuberculosis, la septicemia, la gonorrea o las enfermedades de transmisión alimentaria, son cada vez más difíciles y a veces imposibles de tratar, si no se toman medidas urgentes, el mundo está abocado a una era en la que muchas infecciones comunes y lesiones menores volverán a ser potencialmente mortales. (OMS, 2020). Es por eso de suma importancia encontrar alternativas para poder detener este gran problema, encaminándonos hacia otro tipo de tratamientos que no se basen en el consumo de medicamentos.

Este desafío ha impulsado la búsqueda de nuevas fuentes de compuestos antimicrobianos (Nuñez O. et al., 1972), y las algas marinas han emergido como una alternativa prometedora (Almeida Moreira et al., 2021) debido a su rica diversidad de metabolitos secundarios (Jaramillo Ordoñez, 2020).

Los extractos de diversas especies de algas marinas, tales como *Sargassum muticum*, *Ulva lactuca*, *Laminaria digitata* y *Fucus vesiculosus*, muestran una significativa actividad antibacteriana y antifúngica, que serían una buena y nueva alternativa, en la actualidad.

Esta investigación tiene el objetivo de identificar los compuestos responsables de estos efectos y discutir su potencial para el desarrollo de nuevos agentes terapéuticos. La relevancia de esta revisión radica en la creciente necesidad de nuevos tratamientos para

infecciones que han desarrollado resistencia a los antibióticos y antifúngicos convencionales, y que cada día son más peligrosas para el bienestar del ser humano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se incluyeron estudios que investigaron la actividad antibacteriana y/o antifúngica de extractos de algas marinas, utilizando métodos *in vitro* o *in vivo*, y que reportaron datos cuantitativos. Se excluyeron estudios que no especificaron los métodos de extracción o que no identificaron los compuestos bioactivos responsables de la actividad observada.

Las bases de datos consultadas fueron PubMed, Scopus, y Web of Science, seleccionadas por su amplio alcance en literatura científica y biomédica. La búsqueda se limitó a estudios publicados entre el año 2000 y 2023 para asegurar la relevancia y actualidad de la información.

La estrategia de búsqueda incluyó términos como "seaweed extracts", "antibacterial activity", "antifungal activity", "bioactive compounds", "therapeutic applications", y combinaciones de estos términos con nombres específicos de especies de algas marinas conocidas por su actividad biológica. Se realizaron búsquedas manuales adicionales en las listas de referencias de los estudios seleccionados para identificar estudios adicionales que no fueron capturados en la búsqueda inicial.

Se evaluaron los títulos y resúmenes de los estudios identificados para determinar su relevancia. Los estudios que cumplieron con los criterios de inclusión se evaluaron en texto completo para confirmar su elegibilidad.

Los datos extraídos incluyeron información sobre la especie de alga, el método de extracción utilizado (ej. extracción con solventes, extracción supercrítica), los microorganismos objetivo, la concentración de extracto utilizada, los métodos de evaluación de la actividad antimicrobiana (ej. ensayo de difusión en agar, MIC), y los compuestos bioactivos identificados.

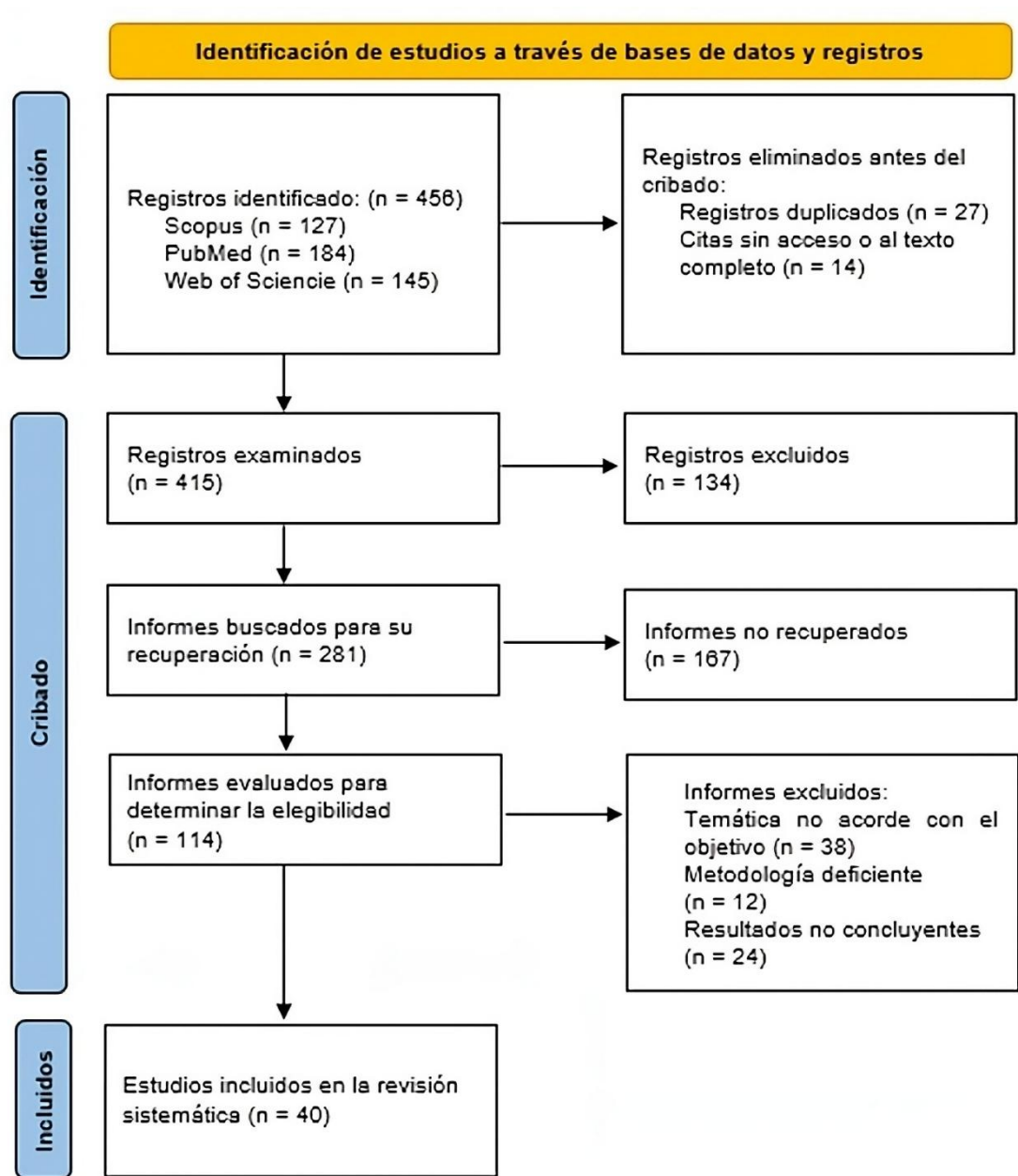
Se utilizó la herramienta Cochrane para evaluar el riesgo de sesgo en los estudios incluidos. Los criterios evaluados incluyeron la aleatorización, el cegamiento de los evaluadores de resultados, la integridad de los datos, y el reporte selectivo de los resultados.

La síntesis de datos se realizó de manera cualitativa y cuantitativa, cuando fue posible. Se agruparon los resultados de estudios que utilizaron métodos comparables, y se realizó

un metaanálisis utilizando modelos de efectos aleatorios para combinar los resultados y calcular medidas globales de efecto.

RESULTADOS

La búsqueda inicial identificó 456 estudios potencialmente relevantes. Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, 40 estudios fueron seleccionados para la revisión. El diagrama de flujo PRISMA proporciona un desglose detallado del proceso de selección, incluyendo el número de estudios excluidos en cada etapa y las razones para su exclusión.



Fuente: (Haddaway et al., 2022)

AUTOR/ES	OBJETIVO DE LA INVESTIGACION	QUE EXTRAJERON, COMO LO HICIERON O IMAGEN EN CASO DE HABER
(Almeida et al., 2021)	Evaluar la potencialidad terapéutica de la galactana sulfatada extraída de <i>Penicillus capitatus</i> mediante la determinación de su actividad bioactiva, enfocándose principalmente en propiedades anticoagulantes como indicadores de posibles aplicaciones antibacterianas y antifúngicas.	Extrajeron polisacáridos sulfatados (galactanas sulfatadas) del alga verde <i>Penicillus capitatus</i> . Se realizó un proceso de extracción y fraccionamiento químico mediante técnicas de purificación de polisacáridos. Posteriormente, se realizaron a cabo ensayos in vitro para determinar propiedades bioactivas relacionadas con su capacidad anticoagulante, con potencial extrapolación hacia actividades antimicrobianas.
(Bermejo, 2018)	Investigar el potencial de las microalgas como fuente de compuestos bioactivos de interés comercial, enfocándose en sus propiedades antibacterianas y antifúngicas, así como su potencial terapéutico para la síntesis de productos bioactivos.	Extrajeron compuestos bioactivos provenientes de diversas especies de microalgas. Proceso de extracción: Aunque este trabajo tiene un enfoque de revisión, detalla los métodos típicos utilizados para la extracción de compuestos bioactivos a partir de microalgas, incluyendo: Ruptura celular: Por ultrasonido, homogeneización a alta presión o métodos mecánicos para liberar los metabolitos intracelulares. Extracción con disolventes: Uso de solventes polares (como metanol o etanol) y apolares (como hexano) dependiendo del tipo de compuesto. Extracción asistida por tecnologías avanzadas: Incluyendo extracción con fluidos supercríticos (SFE) y extracción asistida por microondas o ultrasonido para mejorar el rendimiento y preservar las propiedades bioactivas. Purificación: Mediante cromatografía líquida o técnicas de separación en función del compuesto bioactivo deseado. Cómo lo hicieron: Se utilizaron métodos de cultivo y extracción de microalgas, seguidos de la identificación y análisis de los compuestos bioactivos. Se realizaron ensayos para evaluar la actividad antibacteriana y antifúngica de los extractos obtenidos, con el fin de identificar su aplicabilidad en la síntesis de productos de interés terapéutico.
(Coste, 2018)	Evaluar el alga verde <i>Ulva</i> como una fuente potencial para la alimentación funcional en acuicultura, centrando la investigación en el desarrollo de procesos biotecnológicos para determinar la bioactividad del polisacárido sulfatado ulvan, con énfasis en sus propiedades antibacterianas y antifúngicas.	Extrajeron polisacárido sulfatado <i>ulvan</i> de <i>Ulva</i> (alga verde). Se llevaron a cabo procesos biotecnológicos para extraer y purificar el polisacárido sulfatado ulvan. Posteriormente, se evaluó su bioactividad mediante ensayos para determinar sus propiedades antibacterianas y antifúngicas, con el fin de evaluar su aplicabilidad como aditivo funcional en la acuicultura y en posibles aplicaciones terapéuticas.
(Silva et al., 2013)	Investigar las macroalgas marinas del Atlántico tropical con bioactividad contra	El estudio se centró en la extracción de metabolitos secundarios bioactivos con propiedades antimicrobianas. Entre los

	<i>Vibrio</i> virulentos y resistentes a antibióticos, evaluando su potencial como fuentes de compuestos bioactivos con actividad antibacteriana y antifúngica.	compuestos identificados en los extractos se incluyen: • Polifenoles • Terpenos • Ácidos grasos bioactivos • Pigmentos fotosintéticos (clorofilas, carotenoides). Se extrajeron compuestos bioactivos de varias especies de macroalgas y se evaluó su actividad antimicrobiana en cultivos de <i>Vibrio</i> resistentes a antibióticos. Los extractos fueron probados en ensayos para determinar su capacidad para inhibir el crecimiento bacteriano, con implicaciones para su uso en el desarrollo de compuestos terapéuticos con propiedades antibacterianas y antifúngicas.
(Díaz, 2003)	Explorar la biodiversidad de algas e invertebrados marinos como fuentes de nuevas sustancias bioactivas, con un enfoque en su potencial aplicación como compuestos antibacterianos y antifúngicos de interés terapéutico.	Terpenos y sesquiterpenos: Compuestos con potencial antimicrobiano y antifúngico. Fenoles y flavonoides: Con actividades antioxidantes y antimicrobianas. Ácidos grasos poliinsaturados: Reconocidos por sus propiedades antiinflamatorias y antimicrobianas. Pigmentos como carotenoides y ficobilinas: Evaluados por su potencial antioxidante y protectores celulares. Recolección y secado: Se recolectaron muestras de algas e invertebrados marinos en áreas específicas del Atlántico. Las muestras fueron lavadas con agua de mar, secadas y trituradas. Extracción inicial: Se utiliza un sistema de extracción con Fraccionamiento: Los extractos crudos fueron sometidos a técnicas cromatográficas, como cromatografía en columna y de capa delgada, para separar los diferentes compuestos. Identificación de compuestos: Los metabolitos fueron caracterizados mediante métodos espectroscópicos avanzados, como RMN (Resonancia Magnética Nuclear) y espectrometría de masas, para determinar su estructura química y bioactividad. Cómo lo hicieron: Se realizaron extracciones de algas e invertebrados marinos para identificar y caracterizar los compuestos bioactivos presentes. Posteriormente, se evaluaron sus propiedades antibacterianas y antifúngicas a través de ensayos microbiológicos, con el fin de determinar su potencial terapéutico en el tratamiento de infecciones.

(Durán et al., 1999)	Identificar compuestos bioactivos naturales de algas e invertebrados marinos de la zona litoral de Cádiz, evaluando su potencial actividad antibacteriana y antifúngica para aplicaciones terapéuticas.	Terpenos y diterpenos halogenados: Compuestos con propiedades antimicrobianas y citotóxicas. Ácidos grasos bioactivos: Evaluados por su potencial antiinflamatorio. Fenoles marinos: Con propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Alcaloides: Sustancias con actividad antifúngica y citotóxica. Sulfatados de polisacáridos: Extraídos de algas pardas con actividad inmunomoduladora y antimicrobiana. Extracción inicial: Se emplearon solventes orgánicos (metanol, diclorometano y éter de petróleo) para obtener extractos crudos ricos en compuestos bioactivos. Fraccionamiento y purificación: Los extractos se fraccionaron mediante cromatografía líquida y de gases, permitiendo separar y concentrar las fracciones bioactivas. Caracterización de compuestos: Las sustancias aisladas fueron analizadas usando espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) Cómo lo hicieron: Se realizaron extracciones de diversas especies de algas e invertebrados marinos. Los extractos fueron analizados para determinar su actividad antimicrobiana, con pruebas enfocadas en la capacidad antibacteriana y antifúngica, sugiriendo su uso potencial en la síntesis de productos bioactivos de interés terapéutico.
(Febles et al., 1994)	Evaluar la actividad microbiana de diferentes especies de algas marinas (<i>Chlorophyta</i> , <i>Phaeophyta</i> , y <i>Rhodophyta</i>) recolectadas en la isla de Tenerife, con un enfoque en su potencial antibacteriano y antifúngico.	Qué extrajeron: Extractos de algas marinas de las clases <i>Chlorophyta</i>, <i>Phaeophyta</i> y <i>Rhodophyta</i>. Cómo lo hicieron: Se recolectaron algas de distintas especies y se prepararon extractos para realizar ensayos microbiológicos. Estos ensayos consistieron en pruebas de actividad antibacteriana y antifúngica mediante la evaluación de su capacidad para inhibir el crecimiento de diversos microorganismos patógenos.
(Frikha et al., 2011)	Analizar la composición química y las actividades biológicas de algas marinas recolectadas en Túnez, con énfasis en su potencial antibacteriano y antifúngico, para su aplicación en la medicina y el desarrollo de compuestos bioactivos.	El estudio evaluó tres tipos principales de macroalgas marinas recolectadas en las costas de Túnez: Algas pardas (<i>Phaeophyceae</i>): Polisacáridos sulfatados (fucoidano y alginato): Identificados por su actividad antioxidante y potencial antimicrobiano. Fenoles marinos: Reconocidos por su capacidad antioxidante. Algas rojas (<i>Rhodophyceae</i>): Caragenanos: Polisacáridos con propiedades antivirales y antiinflamatorias. Pigmentos como ficobiliproteínas: Con actividad antioxidante y capacidad de inhibir

		radicales libres. Algas verdes (<i>Chlorophyceae</i>): Clorofilas y carotenoides: Evaluados por sus propiedades antioxidantes y fotoprotectoras. Proteínas bioactivas: Con actividad antimicrobiana y potencial inmunomodulador. Cómo lo hicieron: Se realizaron extracciones de algas marinas mediante métodos convencionales, y los extractos obtenidos fueron sometidos a análisis químicos para identificar sus componentes. Se evaluaron las actividades antibacterianas y antifúngicas mediante ensayos microbiológicos para determinar el potencial terapéutico de los compuestos presentes.
(García et al., 2020)	Evaluar las actividades beneficiosas para la salud de los extractos de algas comestibles de las costas chilenas, con énfasis en su potencial antioxidante, antidiabético, antiinflamatorio y antimicrobiano, incluyendo sus propiedades antibacterianas y antifúngicas.	Polisacáridos sulfatados: Principalmente responsables de actividades antiinflamatorias y antimicrobianas. Compuestos fenólicos: Incluyen polifenoles y flavonoides con propiedades antioxidantes y protectores frente al estrés oxidativo. Carotenoides: Con actividad antioxidante y beneficios potenciales para la salud metabólica. Pigmentos bioactivos: Ficobiliproteínas con propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. Minerales esenciales: Yodo, zinc y otros Cómo lo hicieron: Se utilizaron ensayos microbiológicos para evaluar la actividad antimicrobiana, incluyendo su potencial antibacteriano y antifúngico, con el fin de explorar su uso en la salud y en la prevención de enfermedades. Métodos de extracción: Preparación inicial: Las algas recolectadas fueron lavadas y secadas a bajas temperaturas para preservar su integridad química. Extracción con solventes: Se utilizaron solventes polares como metanol y etanol para obtener compuestos fenólicos y carotenoides. La extracción acuosa se empleó para polisacáridos sulfatados y minerales. Técnicas específicas: Extracción enzimática: Para liberar componentes como los polisacáridos de las estructuras celulares. Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC): Para identificar y cuantificar compuestos específicos. Espectrofotometría: Para evaluar la capacidad antioxidante y otras propiedades bioactivas.
(Gómez et al., 2016)	Revisar y analizar los compuestos bioactivos presentes en las algas marinas, con énfasis en su potencial terapéutico, incluyendo sus propiedades	Polisacáridos sulfatados: Fucoidanos, carragenanos y alginatos con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticoagulantes. Compuestos fenólicos: Flavonoides y ácidos fenólicos con alta capacidad antioxidante y

	antibacterianas y antifúngicas.	actividad antimicrobiana. Lípidos bioactivos: Ácidos grasos poliinsaturados como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA). Proteínas y péptidos bioactivos: Con propiedades antihipertensivas y actividad inmunomoduladora. Carotenoides: Fucoxantina, luteína y zeaxantina con actividad antioxidante y anticancerígena potencial. Cómo lo hicieron: La investigación es una revisión que discute los compuestos bioactivos presentes en las algas marinas, resaltando su potencial terapéutico. Aunque no se centró en un estudio experimental específico, se exploran los diferentes compuestos presentes en las algas marinas y sus aplicaciones en la medicina, especialmente su actividad antimicrobiana, que incluye propiedades antibacterianas y antifúngicas.
(González, 2017)	Evaluar la toxicidad individual y en mezcla de productos farmacéuticos sobre microalgas, con un enfoque en el rol del calcio intracelular libre (Ca ²⁺) en la respuesta de las microalgas, lo que podría tener implicaciones para la comprensión de la bioactividad de los compuestos derivados de algas marinas, incluyendo sus propiedades antimicrobianas.	La investigación no se centró en la extracción de compuestos bioactivos de algas, sino en la evaluación de la toxicidad de productos farmacéuticos sobre microalgas. Cómo lo hicieron: Se expusieron microalgas a diferentes productos farmacéuticos para evaluar sus efectos tóxicos. El estudio se centró en la medición de los niveles de calcio intracelular libre (Ca²⁺), lo que permitió evaluar el impacto de los productos en las células de las microalgas, un aspecto que podría ser relevante en el desarrollo de compuestos bioactivos a partir de algas marinas.
(Gutiérrez, 2012)	Estudiar los metabolitos secundarios de <i>Rhodophyta</i> y <i>Phaeophyta</i> (algas rojas y pardas), con un enfoque en identificar compuestos bioactivos con propiedades terapéuticas, incluyendo actividades antibacterianas y antifúngicas.	Qué extrajeron: Metabolitos secundarios de algas rojas (<i>Rhodophyta</i>) y pardas (<i>Phaeophyta</i>). Polifenoles: Propiedades: Tienen efectos antioxidantes, antiinflamatorios y antitumorales. Los polifenoles son conocidos por su capacidad para neutralizar los radicales libres, protegiendo las células del daño oxidativo. Carotenoides: Ejemplos: Fucoxantina (de algas pardas), astaxantina (de algunas algas rojas). Propiedades: Los carotenoides son compuestos con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y protectoras de la piel. También tienen potencial anticancerígeno y protegen la salud ocular. Ácidos grasos poliinsaturados (Omega-3): Propiedades: Los ácidos grasos de tipo Omega-3 presentes en las algas tienen efectos antiinflamatorios y cardioprotectores, reduciendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Pigmentos como ficocianina: Propiedades: La ficocianina, un pigmento azul presente en las algas rojas, tiene propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, y se utiliza en aplicaciones terapéuticas. Compuestos sulfatados: Propiedades: Se encontraron polisacáridos

		sulfatados en ambas algas, que tienen propiedades anticoagulantes, inmunomoduladoras y antiinflamatorias. Cómo lo hicieron: Métodos de extracción: El estudio detalla diversos métodos de extracción utilizados para obtener estos metabolitos secundarios de las algas marinas: Extracción con disolventes orgánicos: Se emplean disolventes como etanol, metanol y cloroformo para extraer compuestos lipofílicos como carotenoides y ácidos grasos. Extracción acuosa: Para la obtención de polisacáridos sulfatados, se utilizan extracciones acuosas a temperaturas controladas, favoreciendo la liberación de compuestos hidrofílicos. Hidrolización enzimática: Este método es utilizado para obtener proteínas bioactivas, especialmente en algas pardas, donde se libera la fucoxantina y otros componentes. Técnicas de ultrasonido y microondas: Se emplean para mejorar la eficiencia de la extracción de compuestos antioxidantes, como los polifenoles, al aumentar la tasa de penetración de los solventes.
(Hurtado et al., 2020)	Revisar las aplicaciones industriales del alginato, un polisacárido derivado de algas marinas, y explorar sus propiedades bioactivas, incluidas sus posibles aplicaciones terapéuticas, como su actividad antimicrobiana.	Qué extrajeron: Alginato, un polisacárido extraído de algas marinas, principalmente de algas pardas. Cómo lo hicieron: Aunque esta investigación es una revisión centrada en el alginato y sus aplicaciones industriales, también se mencionan sus propiedades bioactivas. No se realizó una extracción experimental directa en este estudio, pero se discutieron métodos comunes de extracción del alginato y su potencial en la industria farmacéutica y alimentaria, destacando sus posibles propiedades antimicrobianas y antifúngicas. El artículo menciona varios procesos comunes para la extracción de alginato de las algas pardas: Extracción alcalina: Este proceso implica el uso de soluciones alcalinas (como NaOH o KOH) para disolver el polisacárido alginato de las paredes celulares de las algas. Posteriormente, el alginato se precipita mediante ácido (generalmente ácido acético o ácido clorhídrico), lo que permite la recuperación del alginato en forma sólida. Extracción con ácidos: También se puede extraer alginato mediante la utilización de ácidos (como el ácido clorhídrico) para separar los compuestos del tejido vegetal de las algas, lo que facilita la purificación y concentración del alginato. Métodos de optimización (técnicas modernas): Se mencionan técnicas avanzadas como extracción por ultrasonido y extracción con microondas, que aumentan la eficiencia y reducen los tiempos de procesamiento al usar energía acústica o térmica para romper las células

(Jaramillo, 2020)	Evaluar la actividad antifúngica y antibacteriana in vitro del extracto etanólico de <i>Usnea laevis</i> frente a <i>Candida albicans</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .	Qué extrajeron: Extracto etanólico de <i>Usnea laevis</i> , una especie de líquenes. Cómo lo hicieron: Se extrajo <i>Usnea laevis</i> mediante un solvente etanólico, y luego se evaluó la actividad antimicrobiana de los extractos obtenidos. Se realizaron ensayos in vitro contra las bacterias <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , así como contra el hongo <i>Candida albicans</i> , para determinar el potencial antibacteriano y antifúngico del extracto.
(Jos Gallego, 2003)	Desarrollar una estrategia integrada de ensayos in vitro para la evaluación del riesgo ecotóxico de sustancias y la caracterización de residuos, que podría aplicarse a la evaluación de los efectos de extractos de algas marinas y otros compuestos bioactivos en organismos vivos.	No se centró específicamente en extractos de algas marinas, sino en el desarrollo de ensayos in vitro para evaluar el riesgo ecotóxico de diversas sustancias. Cómo lo hicieron: Se desarrollaron ensayos in vitro aplicados a la evaluación ecotóxica, enfocados en la caracterización de residuos y la toxicidad de diversas sustancias. La metodología empleada en este estudio podría ser útil para la evaluación de la actividad biológica de compuestos extraídos de algas marinas, incluido su impacto antimicrobiano
(López, 2016)	Investigar los mecanismos moleculares involucrados en la inhibición del crecimiento y desarrollo de hongos y plantas por el quitosano, un biopolímero que podría tener aplicaciones en la actividad antifúngica de extractos de algas marinas.	El estudio se centra en el quitosano, un biopolímero derivado de la quitina. Cómo lo hicieron: El quitosano se extrae principalmente de la quitina, un polisacárido presente en el exoesqueleto de los artrópodos y en las paredes celulares de algunos hongos. El proceso de extracción del quitosano se lleva a cabo en dos etapas principales: Desacetilación de la quitina: La quitina se extrae generalmente de los exoesqueletos de crustáceos, como los camarones o cangrejos. En este paso, la quitina se somete a un tratamiento alcalino (generalmente con hidróxido de sodio o NaOH) para eliminar los grupos acetilo y transformarla en quitosano. La desacetilación convierte la quitina en quitosano, lo que le confiere mayor solubilidad en soluciones ácidas y mejora sus propiedades bioactivas. Purificación y secado: Después de la desacetilación, el quitosano se purifica mediante el lavado con agua destilada y luego se seca para obtener el producto final en forma de polvo o hojuelas, que puede ser utilizado en diversas aplicaciones industriales y terapéuticas.
(Molina Márquez, 2023)	Desarrollar nuevas herramientas para la ingeniería genética de microalgas, enfocándose en la reprogramación de la vía biosintética de carotenoides en la microalga <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> , lo que podría contribuir a la producción de compuestos bioactivos con propiedades terapéuticas.	La investigación se centra en la modificación genética de <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> para alterar la biosíntesis de carotenoides, compuestos que tienen propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Cómo lo hicieron: Se utilizaron herramientas de ingeniería genética para reprogramar la vía biosintética de carotenoides en <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> , con el fin de mejorar la producción de carotenoides con potencial terapéutico, incluida su actividad antimicrobiana y antifúngica.
		Qué extrajeron: Extractos de <i>Oedogonium</i>

(Negrete Redondo, 2006)	Evaluar la actividad antibacteriana in vitro de <i>Oedogonium capillare</i> contra bacterias patógenas de peces, lo que puede proporcionar información relevante sobre la actividad antibacteriana de algas marinas en el contexto de compuestos bioactivos.	<i>capillare</i>, una especie de alga verde. Compuestos fenólicos: Propiedades bioactivas: Los compuestos fenólicos tienen propiedades antioxidantes, antibacterianas y antifúngicas, lo que puede explicar su actividad contra las bacterias patógenas mencionadas. La presencia de estos compuestos en las algas ha sido relacionada con su capacidad para inhibir la proliferación bacteriana. Cómo lo hicieron: Método de extracción: El estudio no proporciona detalles sobre un proceso específico de extracción, pero generalmente, la extracción de compuestos bioactivos de algas como <i>Oedogonium capillare</i> se realiza mediante los siguientes pasos: Recolección y preparación de las algas: Las algas se recolectan de su hábitat natural y se limpian para eliminar impurezas. Luego se seca o se utilizan frescas, dependiendo del procedimiento de extracción elegido. Extracción con disolventes orgánicos: Para obtener los compuestos fenólicos y terpenos, las algas se pueden extraer mediante disolventes orgánicos como el etanol, metanol o acetona. Estos disolventes ayudan a disolver los compuestos bioactivos presentes en la célula vegetal. Los polisacáridos, por otro lado, generalmente se extraen utilizando soluciones acuosas. Filtración y concentración: Después de la extracción, el extracto se filtra para eliminar el material insoluble. Posteriormente, se puede concentrar por evaporación o liofilización para obtener el extracto en forma de polvo o líquido concentrado. Pruebas de actividad antibacteriana: El extracto obtenido se somete a pruebas in vitro para evaluar su capacidad para inhibir el crecimiento de las bacterias patógenas en medios de cultivo, utilizando técnicas como el método de difusión en agar o el ensayo de micro dilución.
(Ríos et al., 2009)	Evaluar la actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de algas marinas venezolanas, con el fin de explorar su potencial como fuente de compuestos bioactivos de interés terapéutico.	Qué extrajeron: Extractos de diversas especies de algas marinas venezolanas. Compuestos fenólicos: Los compuestos fenólicos, que son conocidos por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas, fueron identificados como una de las clases de compuestos bioactivos responsables de la actividad observada contra bacterias y hongos. Polisacáridos: También se extrajeron polisacáridos de las algas marinas. Estos carbohidratos tienen propiedades inmunomoduladoras y, en este caso, demostraron actividad antimicrobiana. Los polisacáridos pueden ayudar a inhibir el crecimiento de bacterias y hongos. Flavonoides: Los flavonoides, que tienen una notable actividad antimicrobiana y antiinflamatoria, también fueron identificados en los extractos. Estos compuestos podrían ser responsables de una parte de la acción terapéutica.

		observada. Alcaloide: En algunas de las algas estudiadas, se encontraron alcaloides, que son conocidos por sus propiedades antimicrobianas. Estos compuestos pueden interferir con las funciones celulares de los patógenos. Cómo lo hicieron: Método de extracción: El proceso de extracción de los compuestos bioactivos de las algas marinas venezolanas se realizó a través de los siguientes pasos: Recolección y preparación de las algas: Se recolectaron diferentes especies de algas marinas de la costa venezolana. Estas algas fueron cuidadosamente seleccionadas por su potencial bioactivo. Extracción con disolventes orgánicos: Para obtener los compuestos bioactivos, se utilizó un disolvente orgánico, específicamente etanol. Este disolvente es eficaz para extraer una amplia gama de compuestos bioactivos, como compuestos fenólicos, flavonoides y alcaloides, presentes en las algas. Maceración: Las algas fueron sometidas a maceración con etanol, lo que permitió que los compuestos bioactivos se disolvieran en el disolvente. Este proceso se realizó durante un período determinado para maximizar la extracción. Filtración y concentración: Después de la maceración, el extracto se filtra para eliminar el material sólido y luego se concentra por evaporación del disolvente, obteniendo extractos más concentrados de los compuestos bioactivos. Evaluación de la actividad antimicrobiana: La actividad antibacteriana y antifúngica de los extractos se evaluó utilizando métodos de difusión en agar y pruebas de inhibición del crecimiento. Estas pruebas permitieron observar las zonas de inhibición en la placa de cultivo, lo que indicó la eficacia de los extractos contra diferentes bacterias y hongos.
(Rodríguez, 2023)	Investigar nuevas fuentes terapéuticas de origen natural para combatir el género <i>Acanthamoeba</i>, un protozoo patógeno relacionado con infecciones oculares y otras enfermedades, lo que incluye explorar compuestos bioactivos derivados de algas marinas con actividad antimicrobiana.	Qué extrajeron: Alcaloides: También se identificaron alcaloides, que son compuestos naturales con una notable actividad antimicrobiana. Los alcaloides son conocidos por su capacidad para interferir con los procesos biológicos de los patógenos, y en este caso, mostraron efectividad frente a <i>Acanthamoeba</i>. Lípidos: Se extrajeron lípidos de diversas especies de algas marinas, los cuales tienen propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias. Estos lípidos mostraron eficacia en la reducción de la actividad del protozoo. Polisacáridos: Los polisacáridos de origen marino, particularmente aquellos extraídos de algas rojas y pardas, también demostraron tener propiedades inmunomoduladoras y antimicrobianas que ayudaron a reducir la infección causada por <i>Acanthamoeba</i>. Aceites esenciales: Se investigaron aceites

		esenciales de plantas y algas con propiedades antimicrobianas. Estos aceites contienen compuestos volátiles que fueron efectivos contra los protozoos y mostraron promesa como alternativa terapéutica. Métodos de extracción: El proceso de extracción de las sustancias bioactivas de origen natural se realizó utilizando los siguientes métodos: Extracción por maceración: Para obtener los compuestos fenólicos y alcaloides, se utilizó maceración con disolventes orgánicos como etanol y metanol. Estos disolventes permitieron la extracción de los compuestos bioactivos presentes en las plantas y algas marinas. Extracción por Soxhlet: Se empleó el método de extracción Soxhlet para obtener polisacáridos y lípidos de las algas. Este proceso permitió una extracción eficiente y concentrada de estos compuestos de interés terapéutico. Destilación al vapor: Para obtener los aceites esenciales, se utilizó el proceso de destilación al vapor, un método efectivo para separar compuestos volátiles presentes en las plantas y algas. Evaluación de la actividad antimicrobiana: La actividad antimicrobiana contra <i>Acanthamoeba</i> se evaluó mediante pruebas de método de dilución en caldo y pruebas de inhibición en cultivos. Estas pruebas permitieron determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI) de los extractos y aceites esenciales frente a <i>Acanthamoeba</i>.
(Salamanca, 2005)	Evaluar el uso de algas como indicadores de contaminación, específicamente en la evaluación de la calidad del agua y su relación con compuestos bioactivos que puedan tener actividad antimicrobiana o antifúngica.	Qué extrajeron: Pigmentos carotenoides: Carotenoides como β-caroteno y astaxantina se mencionan por su capacidad antioxidante y como indicadores de estrés en las algas debido a la contaminación. Estos pigmentos también tienen aplicaciones en la industria alimentaria y farmacéutica debido a sus propiedades antioxidantes. Polisacáridos sulfatados: Se extrajeron polisacáridos sulfatados de algunas especies de algas rojas y pardas, que tienen actividad antimicrobiana, antiviral y antioxidante. Estos compuestos se destacan por su capacidad para absorber metales pesados y contaminantes del agua, lo que hace que las algas sean útiles para monitorear la contaminación. Fenoles: Los compuestos fenólicos extraídos de las algas tienen propiedades antioxidantes y se mencionan como responsables de la defensa natural de las algas contra los contaminantes marinos. Flavonoides: Se han identificado flavonoides con propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. Estos compuestos también pueden actuar como protectores contra los efectos tóxicos de la contaminación acuática. Métodos de extracción: En este estudio, se detallan los métodos utilizados para obtener estos

		compuestos bioactivos: Extracción por maceración: Se utilizó la maceración con disolventes orgánicos como metanol, etanol y agua caliente para extraer polisacáridos sulfatados y fenoles de las algas. Este proceso es eficaz para obtener compuestos solubles en estos solventes. Extracción con disolventes orgánicos: Para la extracción de carotenoides y flavonoides, se utilizó un proceso de extracción con acetona o mezcla de acetona y metanol, que permite obtener los pigmentos y compuestos fenólicos presentes en las algas. Método Soxhlet: Se empleó el método Soxhlet para obtener compuestos más lipofílicos, como ciertos flavonoides y carotenoides, de algas marinas. Filtración y purificación: Después de la extracción, los compuestos se filtraron y purificaron mediante técnicas cromatográficas, como la cromatografía en columna o HPLC (cromatografía líquida de alta resolución), para aislar los compuestos activos de interés.
(Hernández, 2023)	Evaluar la actividad y los mecanismos de acción de productos de origen natural y sintético frente a <i>kinetoplástidos</i> (parásitos causantes de enfermedades como la leishmaniasis y la tripanosomiasis), explorando su potencial como nuevas alternativas terapéuticas, incluyendo la evaluación de compuestos bioactivos derivados de algas marinas.	Qué extrajerón: Extractos de productos naturales, incluyendo algas marinas, que podrían tener actividad contra <i>kinetoplástidos</i>. Cómo lo hicieron: Métodos de extracción: Extracción con disolventes orgánicos: Se utilizó una técnica de extracción con etanol, metanol o acetona para obtener los alcaloides y flavonoides de las plantas y algas marinas. Este proceso implica la disolución de los compuestos bioactivos en el disolvente, seguido de la concentración mediante evaporación. Extracción por maceración: La maceración en disolventes orgánicos fue una técnica común para obtener terpenos y compuestos fenólicos de las plantas marinas. En este proceso, las plantas se remojan en el disolvente durante un período prolongado a temperatura ambiente. Extracción con Soxhlet: La extracción Soxhlet fue empleada para obtener compuestos bioactivos de las algas marinas, especialmente aquellos compuestos más lipofílicos como terpenos. Cromatografía: Una vez extraídos los compuestos, se utilizó la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y cromatografía en columna para purificar y aislar los compuestos bioactivos, lo que permitió una evaluación más precisa de su actividad frente a los <i>kinetoplástidos</i>.
		Qué extrajerón:

(Sánchez Martínez, 2023)	Estudiar la actividad de compuestos bioactivos derivados de plantas, algas y subproductos agroalimentarios frente a la enfermedad de Alzheimer, con el fin de identificar nuevas alternativas terapéuticas basadas en productos naturales.	Flavonoides: Los flavonoides fueron extraídos principalmente de plantas y algas marinas. Se mencionan como compuestos con potentes propiedades antioxidantes y neuroprotectoras, capaces de modular las vías de señalización celulares y reducir el estrés oxidativo, uno de los mecanismos clave en el Alzheimer. Polifenoles: Los polifenoles fueron extraídos de las algas y subproductos agroalimentarios. Se destacan por su actividad antioxidante y antiinflamatoria, contribuyendo a la reducción de la neuroinflamación en enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer. Ácidos grasos Omega-3: Se identificaron ácidos grasos Omega-3, particularmente ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), extraídos de algas marinas y subproductos de pescado. Estos ácidos grasos son esenciales para la salud neuronal y tienen un efecto positivo en la reducción de la progresión de la enfermedad de Alzheimer. Saponinas: Se extrajeron saponinas de algas marinas y plantas. Las saponinas han mostrado efectos neuroprotectores y antiinflamatorios, contribuyendo a la mejora de la función cognitiva y la protección contra el daño neuronal inducido por Alzheimer. Alcaloides: En algunos casos, alcaloides presentes en plantas también fueron extraídos y evaluados. Estos compuestos son conocidos por sus propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, que pueden ser beneficiosas en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. Métodos de extracción: Extracción con disolventes orgánicos (Metanol, Etanol, Acetona): Se utilizaron disolventes orgánicos como metanol, etanol y acetona para extraer compuestos como flavonoides, polifenoles y saponinas de las plantas y algas marinas. Estos compuestos fueron disueltos en los disolventes y luego concentrados, permitiendo su posterior evaluación biológica. Extracción por maceración: La maceración fue uno de los métodos más comunes para extraer los compuestos bioactivos de las plantas y algas marinas. En este proceso, se dejaron remojar las plantas y algas en un disolvente orgánico a temperatura ambiente para obtener los compuestos solubles en el disolvente. Extracción con Soxhlet: Para los compuestos más lipofílicos, como los ácidos grasos Omega-3, se utilizó la técnica de extracción Soxhlet. Esta técnica permite obtener los compuestos mediante la repetida condensación del disolvente y su paso por las muestras de algas o subproductos. Cromatografía: Una vez extraídos los compuestos, se utilizó cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y cromatografía en columna para purificar y aislar los compuestos de interés. Estos métodos permitieron separar los
---------------------------------	---	--

		bioactivos y determinar su identidad y concentración.
(Santiago, 2022)	Explorar la biodiversidad de la región de Huelva, con énfasis en el uso de bioindicadores y biomarcadores, como algas marinas, para evaluar la calidad ambiental y su potencial para la síntesis de compuestos bioactivos.	Sustancias bioactivas extraídas: El texto se refiere a investigaciones sobre las propiedades bioactivas de las algas marinas, aunque no se detalla un proceso específico de extracción. Sin embargo, se destacan algunas de las sustancias bioactivas identificadas en diversas especies de algas marinas: Antioxidantes: Las algas marinas son una rica fuente de compuestos antioxidantes, que ayudan a reducir el estrés oxidativo en organismos marinos y terrestres, con posibles aplicaciones en medicina preventiva. Compuestos antimicrobianos: Se mencionan compuestos antimicrobianos presentes en las algas, los cuales son útiles en el desarrollo de antibióticos y antifúngicos naturales. Ácidos grasos: En diversas algas marinas se encuentran ácidos grasos esenciales como los omega-3, con efectos beneficiosos para la salud cardiovascular y neuronal. Procesos de extracción: Aunque el libro no detalla procedimientos experimentales de extracción en profundidad, se mencionan las siguientes técnicas comunes utilizadas en estudios de compuestos bioactivos de algas: Extracción con solventes orgánicos: En muchos estudios sobre algas marinas, se utilizan solventes orgánicos como metanol y etanol para obtener compuestos bioactivos solubles, como polifenoles y flavonoides. Extracción con agua: Algunos estudios emplean agua caliente o agua a temperatura ambiente para extraer compuestos hidrosolubles que incluyen antioxidantes y polisacáridos, como algina. Cromatografía: Para purificar y analizar los extractos obtenidos, se utiliza cromatografía líquida (HPLC) y cromatografía en columna, métodos que permiten aislar compuestos activos para su posterior estudio.
(Urbina-Salazar, 2019)	Estudiar la producción de quitinasas a partir de subproductos de la industria alimentaria, con el fin de evaluar su aplicabilidad en el tratamiento de hongos comestibles y crustáceos, y explorar su posible uso para la síntesis de compuestos bioactivos con propiedades terapéuticas.	Extractos obtenidos y proceso de extracción: Compuesto bioactivo extraído: Quitinasas, enzimas que descomponen la quitina, un polisacárido presente en el exoesqueleto de los crustáceos y hongos. Proceso de extracción: Subproductos de la industria alimentaria fueron utilizados como materia prima para la producción de quitinasas, lo que sugiere una extracción enzimática utilizando métodos biotecnológicos como la fermentación microbiana. El estudio aplica estos subproductos de manera eficiente, lo cual no solo tiene aplicaciones terapéuticas en la descomposición de la quitina, sino también industriales, especialmente en la mejora de procesos biotecnológicos en la industria alimentaria y farmacéutica.
		Extractos obtenidos y proceso de extracción:

(Villarreal Gómez, 2010)	Evaluar la actividad anticancerígena y antibacteriana de macroalgas y las bacterias asociadas a su superficie, con el objetivo de identificar posibles compuestos bioactivos para aplicaciones terapéuticas.	Compuestos bioactivos extraídos: Extractos de macroalgas marinas, aunque el estudio no especifica con detalle todos los compuestos, se sabe que las algas marinas son fuente de una gran variedad de compuestos bioactivos como polifenoles, carotenoides, polisacáridos (como el alginato), lipídicos y fitoquímicos, los cuales son responsables de sus propiedades antibacterianas y anticancerígenas. Proceso de extracción: El proceso de extracción no se detalla exhaustivamente en este estudio, pero en investigaciones similares, los extractos se obtienen generalmente utilizando solventes como etanol, metanol, o incluso agua, mediante técnicas como la maceración o la infusión, para garantizar la extracción de los compuestos bioactivos presentes en las algas.
--------------------------	---	--

Discusión

Las algas, podrían utilizarse como medicina complementaria, en forma de preparaciones farmacéuticas, gracias a sus compuestos bioactivos de estos organismos, el impacto en la salud humana puede ser beneficioso, abriendo nuevas perspectivas para el estudio de sus propiedades biológicas además de contribuir a los beneficios para la salud de los consumidores.

Los estudios incluidos abarcaron una amplia gama de especies de algas marinas, con un enfoque particular en las algas marrones (*Phaeophyceae*) (San Nicolás Hernández, 2023), verdes (*Chlorophyta*), y rojas (*Rhodophyta*) (Díaz Marrero, 2003). Los métodos de extracción variaron, incluyendo la extracción con solventes orgánicos como el etanol, metanol y acetona, así como la extracción acuosa y la extracción supercrítica con CO₂ (Santiago (ed.), 2022). Los estudios se centraron en una variedad de microorganismos patógenos, incluyendo bacterias grampositivas como *Staphylococcus aureus* (Febles Acosta et al., 1994), bacterias gramnegativas como *Escherichia coli* (Rodríguez Dulce M., 1983), y hongos patógenos como *Candida albicans* y *Aspergillus niger* (Oceanografía, 1999).

Los resultados mostraron que los extractos de algas marinas exhiben una actividad antimicrobiana significativa (Febles Acosta et al., 1994), con variaciones en la eficacia según la especie de alga, el método de extracción, y el tipo de microorganismo (Frikha et al., 2011). Por ejemplo, los extractos de *Sargassum muticum* (López González, 2021) demostraron una potente actividad inhibidora contra *Staphylococcus aureus*, con un efecto dependiente de la dosis (Al Mahrouqi, 2023). De manera similar, los extractos de *Ulva lactuca* inhibieron el crecimiento de *Escherichia coli* y *Candida albicans* (Coste, 2018), estas destacan la capacidad de estos extractos para actuar contra patógenos tanto bacterianos como fúngicos (Gómez Pérez, Mourelle, et al., 2016). Los compuestos bioactivos identificados incluyeron polifenoles, terpenoides, flavonoides, y alcaloides (Gutiérrez Cepeda, 2012), estos alcaloides los cuales son conocidos por su capacidad para alterar e interrumpir la permeabilidad de las membranas celulares de los microorganismos, alterando su función y provocando la muerte celular además de inhibir enzimas clave en su metabolismo como sería la formación de biofilms que es utilizado para adherirse a las superficies y protegerse de los agentes microbianos, volviéndolos más vulnerables, así como reducen el estrés oxidativo gracias a sus propiedades antioxidantes lo que va a interferir con su capacidad para proliferar (Jos Gallego, 2003).

Los metabolitos secundarios de las algas marinas han mostrado una notable actividad antibacteriana y antifúngica(Rodríguez Expósito, 2023), lo cual los convierte en candidatos prometedores para el desarrollo de nuevos compuestos terapéuticos(Urbina-Salazar, 2019).

La mayoría de los estudios incluidos presentaron un riesgo de sesgo bajo a moderado. Sin embargo, algunos estudios mostraron limitaciones en la aleatorización y en el cegamiento de los evaluadores, lo que podría haber influido en la estimación de los efectos. Los estudios con alto riesgo de sesgo fueron excluidos del metaanálisis para minimizar el impacto en los resultados globales.

La evidencia revisada en este artículo destaca el potencial de los extractos de algas marinas como fuentes de nuevos compuestos antimicrobianos (Hurtado et al., 2020). La actividad antibacteriana y antifúngica observada en los estudios seleccionados sugiere que las algas marinas contienen metabolitos secundarios con una amplia gama de mecanismos de acción (Navia, 1993), incluyendo la disrupción de la membrana celular, la inhibición de la síntesis de ADN y proteínas (Casas Arrojo, 2023), y la interferencia en la señalización celular de los patógenos (García Rodríguez, 2013). Estos mecanismos hacen que los compuestos derivados de algas sean especialmente prometedores en la lucha contra infecciones causadas por microorganismos resistentes a los tratamientos convencionales(Sánchez Martínez, 2023).

Los mecanismos de acción de estos metabolitos secundarios no solo son prometedores para el desarrollo de nuevos tratamientos (Cristina Silva et al., 2013), sino que también abren la puerta a la investigación de terapias combinadas (Cristina Silva et al., 2013). Por ejemplo, la combinación de estos compuestos con antibióticos o antifúngicos convencionales podría potenciar la efectividad del tratamiento y reducir las dosis necesarias (Cerón Hernández et al., 2015), disminuyendo así los efectos secundarios y el riesgo de resistencia.

A pesar de los resultados prometedores, existen varias limitaciones en la literatura actual. La mayoría de los estudios se realizaron *in vitro*, lo que limita la extrapolación de los resultados a un contexto clínico. Además, la heterogeneidad en los métodos de extracción y en los ensayos de actividad antimicrobiana complica la comparación directa entre estudios. Es necesario realizar estudios adicionales, especialmente ensayos *in vivo* y ensayos clínicos, para validar la eficacia y seguridad de los compuestos bioactivos identificados.

Los hallazgos de esta revisión subrayan la necesidad de continuar investigando el potencial terapéutico de los extractos de algas marinas. En particular, se recomienda investigar la síntesis y modificación de los compuestos bioactivos identificados para mejorar su eficacia y reducir

su toxicidad. Además, se sugiere explorar la combinación de estos compuestos con antibióticos y antifúngicos convencionales para evaluar su potencial sinérgico.

CONCLUSIÓN

En las pruebas realizadas contra *Staphylococcus aureus*, los extractos de *Sargassum muticum* destacaron por su alta efectividad, atribuida a la acción predominante de sus principios activos, los polifenoles y flavonoides, los cuales exhibieron el mayor efecto antibacteriano contra este agente grampositivo. En contraste, frente a la bacteria gramnegativa *Escherichia coli* y los hongos patógenos como *Candida albicans* y *Aspergillus niger*, los extractos de *Ulva lactuca*, ricos en terpenoides y polifenoles, demostraron ser los más efectivos, mostrando un notable efecto antifúngico y antimicrobiano contra estos agentes irritantes. Esto dependientemente del porcentaje que se le aplique al patógeno, entre mas cantidad de compuesto bioactivo, más efectivo será.

El proceso de extracción, que incluyó la cromatografía donde se utilizaron solventes orgánicos como acetona, etanol, metanol, cloroformo, para la obtención de los extractos, demostró ser efectivo para aislar los compuestos de interés, los cuales fueron evaluados mediante ensayos microbiológicos. Además, los resultados apuntan a la necesidad de continuar con investigaciones más profundas que permitan una identificación más precisa de los compuestos activos y una comprensión detallada de sus mecanismos de acción.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mi familia por el apoyo constante durante el desarrollo de mi formación académica. A mis padres por su amor incondicional y apoyo constante, a mis hermanas por confiar en mí y ser ese pilar en mi vida que me impulsa a seguir adelante, también, un enorme agradecimiento a mi abuelita que siempre ha estado presente para mí además con profunda estima y reconocimiento, extendiendo mi mas sincera gratitud a mi tutor el Blgo. Xavier Pico, su dedicación docente ha sido guía fundamental en la dirección y enriquecimiento de esta investigación, así mismo agradecerles a mis profesores los cuales me inculcaron aportaciones fundamentales para el desarrollo como profesional y finalmente, un agradecimiento especial a mi novia, quien ha sido mi compañera incondicional durante estos años, su paciencia, comprensión y apoyo constante han sido fundamentales en mi trayectoria personal y académica.

Referencias:

1. Al Mahrouqi, H. (2023). Comparative study of the optimal production of Spirulina (*Arthrospira platensis*) in Oman and its effect on growth and microbiota on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) (p. 1) [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Málaga]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=325000>
2. Almeida Moreira, T., Barros da Costa, B., Alves Celestino, R. C., Nogueira Faria, C., Lopes D. Dego Gianelli, J., Ramalho Cardoso dos Santos, G., Fernandes Glauser, B., Ribeiro Soares, A., de Souza Mourão, P. A., Rodrigues, C. R., & Paes Cinelli, L. (2021). Isolamento, fracionamento e atividade anticoagulante da galactana sulfatada extraída da alga verde *Penicillus capitatus*. *Ciencia rural*, 51(8), 19.
3. Bermejo Padilla, E. (2018). Microalgas: Fuente de compuestos de interés comercial [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Huelva]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=236586>
4. Carvajal-Millan, E., Miranda Arizmendi, V., Fimbre Olivarría, D., Miranda Baeza, A., Rascón Chu, A., Martínez Robinson, K., Lizardi Mendoza, J., & Campa Mada, A. (2023). MICROALGAS MARINAS: UNA FUENTE DE POLISACÁRIDOS CON PROPIEDADES BIOACTIVAS: MICROALGAS MARINAS Y SUS POLISACÁRIDOS BIOACTIVOS. *INVURNUS*, 18(1), 2.
5. Casas Arrojo, V. (2023). Estudio de los polisacáridos de algas con actividad antioxidante, inmunomoduladora y citotóxica sobre las líneas celulares tumorales humanas: Posible fuente de compuestos nutraceuticos (p. 1) [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Málaga]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=316374>
6. Cerón Hernández, V. A., Madera, C., & Peña Varón, M. (2015). Uso de Lagunas Algaes de Alta Tasa para tratamiento de aguas residuales. *Ingeniería y desarrollo: revista de la División de Ingeniería de la Universidad del Norte*, 33(1), 98–125.
7. Coste, O. (2018). Estudio del alga verde ulva para su uso en alimentación funcional en acuicultura: Desarrollo de procesos biotecnológicos para determinar la bioactividad del polisacárido sulfatado ulvan [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Cádiz]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=150030>
8. Cristina Silva, G., Albuquerque Costa, R., Oliveira Peixoto, J. R., Pessoa Nascimento, F. E., de Macedo Carneiro, P. B., & Silva dos Fernandes Vieira, R. H. (2013). Tropical Atlantic marine macroalgae with bioactivity against virulent and antibiotic resistant *Vibrio*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(1), 183–188.
9. Díaz Marrero, A. R. (2003). Biodiversidad de algas e invertebrados marinos como fuente de nuevas sustancias bioactivas [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de La Laguna]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=218141>
10. Doumeizel, V. (2023). La revolución de las algas: Los beneficios del mayor recurso natural del planeta. EDICIONES URANO.
11. Durán, R., Garrido, L., Ortega Agüera, M. J., Rueda, A., Salva Garcia, F. J., & Zubía, E. (1999). Bioactive natural compounds of algae and invertebrates from the littoral of Cadiz. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*, 15(1–4), 357–361.
12. Febles Acosta, C. I., Arias Rodríguez, M. de los Á., Gil Rodríguez, M. C., Hardisson de la Torre, A., & Sierra López, A. (1994). Estudio in vitro de la actividad microbiana de algas (*Chlorophyta*, *Pjaeophyta* y *Rhodophyta*) recolectadas en la isla de Tenerife. *Estudios Canarios: Anuario del Instituto de Estudios Canarios*, 39, 181–192.
13. Frikha, F., Kammoun, M., Hammami, N., Mchirgui, R. A., Belbahri, L., Gargouri, Y., Miled, N., & Ben Rebah, F. (2011). Chemical composition and some biological activities of marine algae collected in Tunisia. *Ciencias Marinas*, 37(2), 113–124.
14. García Rodríguez, D. (2013). Estrategias de preparación de muestra para el análisis de residuos de agentes quimioterápicos y pesticidas en el medio marino

- [[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidade de Santiago de Compostela].
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=121501>
15. García, V., Uribe, E., Vega-Gálvez, A., Delporte, C., Valenzuela-Barra, G., López, J., & Pasten, A. (2020). Health-promoting activities of edible seaweed extracts from Chilean coasts: Assessment of antioxidant, anti-diabetic, anti-inflammatory and antimicrobial potential. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(5), 792–800.
 16. Gómez Pérez, C. P., Mourelle, L., Legido Soto, J. L., & Fernández Rivera, C. (2016). Compuestos bioactivos de las algas marinas. *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 31(Extra 0 (S1)), 186–187.
 17. Gómez Pérez, C. P., Mourelle Mosqueira, M. L., Legido Soto, J. L., & Fernández Rivera, C. (2016). Actividades farmacológicas de algas marinas. *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 31(Extra 0 (S1)), 142–143.
 18. González Pleiter, M. (2017). Individual and mixture toxicity of pharmaceuticals towards microalgae. Role of intracellular free Ca^{2+} [[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidad Autónoma de Madrid]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=153055>
 19. Gutiérrez Cepeda, A. (2012). Estudio de metabolitos secundarios de rhodophytas y phaeophytas [[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidad de La Laguna]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=237748>
 20. Hurtado, A., Selgas, R., & Serrano Aroca, Á. (2020). El alginato y sus inmensas aplicaciones industriales. *Nereis: revista iberoamericana interdisciplinar de métodos, modelización y simulación*, 12, 137–149.
 21. Ibáñez, E., & Herrero, M. (2017). Las algas que comemos. Los Libros De La Catarata.
 22. Jaramillo Ordoñez, C. E. (2020). Actividad antifúngica y antibacteriana in vitro del extracto etanólico de *Usnea laevis* frente a *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*. *Revista Médica Herediana*, 31(3), 169–174.
 23. Jos Gallego, Á. M. (2003). Desarrollo de una estrategia integrada de ensayos in vitro aplicable a la evaluación del riesgo ecotóxico de sustancias y a la caracterización de residuos [[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidad de Sevilla]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=43905>
 24. López González, D. (2021). Estudio del modo de acción de los metabolitos secundarios trans-cinamaldehído y norharmano sobre el metabolismo vegetal (p. 1) [[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidade de Vigo]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=287002>
 25. López-Moya, F. (2016). Molecular mechanisms of growth and development inhibition in fungi and plants by chitosan [[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universitat d'Alacant / Universidad de Alicante]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=133970>
 26. Molina Márquez, A. (2023). New tools for Genetic Engineering of Microalgae: Reprogramming the carotenoid biosynthetic pathway in the Chlorophyte *Chlamydomonas reinhardtii* (p. 1) [[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidad de Huelva]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=327245>
 27. Navia, J. M. B. (1993). Estrategia de conservación y sostenibilidad en las islas San Andrés, Old Providence y Santa Catalina (Caribe occidental). Fundación para la Investigación y Protección del Medio Ambiente.
 28. Negrete Redondo, P., Figueroa, G., Romero Jarero, J., & López Simeón, R. (2006). Análisis in vitro de la actividad antibacteriana *Oedogonium capillare* contra bacterias patógenas de peces. *Veterinaria México*, 37(2), 209–221.
 29. Nuñez O., E., Arteaga Carvajal, M., & Castro, M. (1972). Investigación de actividad antibacteriana de extractos de algunas algas marinas colombianas (informe de los trabajos realizados). *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 2(1), 123–130.
 30. Oceanografía, I. E. de. (1999). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*. Instituto Español de Oceanografía.

31. Ríos, N., Medina, G., Jiménez, J., Yáñez, C., García, M. Y., Bernardo, M. L. D., & Gualtieri, M. (2009). Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de algas marinas venezolanas. *Revista peruana de biología*, 16(1), 97–100.
32. Rodríguez Dulce M., E. (1983). Estudio químico de sustancias bioactivas de origen marino [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de La Laguna]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=244652>
33. Rodríguez Expósito, R. L. (2023). Nuevas fuentes terapéuticas de origen natural frente al género *acanthamoeba*, (p. 1) [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de La Laguna]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=320456>
34. Salamanca, E. J. P. (2005). Algas como indicadores de contaminación. Universidad del Valle.
35. San Nicolás Hernández, D. (2023). Evaluación de la actividad y mecanismos de acción de nuevos productos de origen natural y sintético frente a kinetoplástidos (p. 1) [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de La Laguna]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=328175>
36. Sánchez Martínez, J. D. (2023). Estudio alimentómico de la actividad de compuestos bioactivos procedentes de plantas, algas y subproductos agroalimentarios frente a Alzheimer (p. 1) [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad Autónoma de Madrid]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=318973>
37. Santiago (ed.), R. T. (2022). *Biología de Huelva: Naturaleza, biodiversidad, bioindicadores y biomarcadores*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.
38. Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología*. Luz. 2B. Reverte.
39. Urbina-Salazar, A. del R. (2019). Producción de quitinasas a partir de subproductos de la industria alimentaria: Aplicación a los hongos comestibles y crustáceos [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Sevilla]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=235105>
40. Villarreal Gómez, L. J., Soria Mercado, I. E., Guerra-Rivas, G., & Ayala-Sánchez, N. E. (2010). Actividad anticancerígena y antibacteriana de macroalgas y bacterias asociadas a su superficie. *Revista de biología marina y oceanografía*, 45(2), 65–73.
41. Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 372, n160. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
42. Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2022). PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis Campbell Systematic Reviews, 18, e1230. <https://doi.org/10.1002/cl2.1230>