



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

CULTIVO DE MACROALGA *GRACILARIA FORTISSIMA* PARA LA
EXTRACCIÓN DEL AGAR

BARZALLO RUIZ FABIAN ALEXANDER
INGENIERO ACUÍCULTOR

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

CULTIVO DE MACROALGA *GRACILARIA FORTISSIMA* PARA
LA EXTRACCIÓN DEL AGAR

BARZALLO RUIZ FABIAN ALEXANDER
INGENIERO ACUÍCULTOR

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

EXAMEN COMPLEXIVO

CULTIVO DE MACROALGA *GRACILARIA FORTISSIMA* PARA LA EXTRACCIÓN
DEL AGAR

BARZALLO RUIZ FABIAN ALEXANDER
INGENIERO ACUÍCULTOR

RIVERA INTRIAGO LEONOR MARGARITA

MACHALA, 29 DE AGOSTO DE 2022

MACHALA
29 de agosto de 2022

CULTIVO DE MACROALGAS GRACILARIA FORTÍSSIMA PARA LA EXTRACCIÓN DE AGAR

por Fabian Barzallo

Fecha de entrega: 11-ago-2022 05:56p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1881508770

Nombre del archivo: MACROALGAS_GRACILARIA_FORT_SSIMA_PARA_LA_EXTRACCI_N_DE_AGAR.docx
(1.06M)

Total de palabras: 2415

Total de caracteres: 13765

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, BARZALLO RUIZ FABIAN ALEXANDER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Cultivo de Macroalga <i>Gracilaria fortissima</i> para la extracción del Agar, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 29 de agosto de 2022



BARZALLO RUIZ FABIAN ALEXANDER
0706555372

RESUMEN

En los últimos 20 años, la tasa de crecimiento del empleo de las macroalgas ha aumentado considerablemente, convirtiéndolas así en una potencial materia prima con varias aplicaciones industriales, en especial los alimenticios, se trata de un grupo grande y diverso de protistas multicelulares que comúnmente se localizan en distintas regiones marítimas del mundo, dependiendo del tipo de pigmento que poseen; siendo la Rhodophyta,, la *Gracilaria Fortissima* las mayormente utilizadas en la extracción del agar, gracias a la gran diversidad de compuestos bioactivos (antioxidantes, ácidos grasos poliinsaturados, polifenoles, vitaminas, carotenoides y minerales), macronutrientes (tales como carbohidratos, grasas y proteínas) y oligoelementos (entre los que destacan manganeso, hierro, cobalto, selenio, zinc y níquel) que poseen; además, todos estos compuestos pueden verse incrementados como respuesta adaptativa a condiciones ambientales extremas, tales como la salinidad, la radiación, la temperatura; de la misma manera, se ha confirmado que los exudados presentan actividad antimicrobiana inhibiendo así aquellos patógenos microbianos que puedan perjudicar su desarrollo. El objetivo de estudio el cultivo de macroalgas *Gracilaria Fortissima* para la extracción de agar siendo éste un derivado de origen vegetal, un agente gelatificante natural, utilizado por sus grandes propiedades y beneficios que aportan a la salud del ser humano.

PALABRAS CLAVE: Macroalgas, *Gracilaria fortissima*, Extracción, agar.

ABSTRACT

In the last 20 years, the rate of growth in the use of macroalgae has increased considerably, making them a potential raw material with various industrial applications, especially in the food industry. They are a large and diverse group of multicellular protists that are commonly found in different marine regions of the world, depending on the type of pigment they possess; being the Rhodophyta, *Gracilaria fortissima* the most widely used in the extraction of agar, thanks to the great diversity of bioactive compounds (antioxidants, polyunsaturated fatty acids, polyphenols, vitamins, carotenoids and minerals), macronutrients (such as carbohydrates, fats and proteins) and trace elements (among which manganese, iron, cobalt, selenium, zinc and nickel) that they possess; In addition, all these compounds can be increased as an adaptive response to extreme environmental conditions, such as salinity, radiation, temperature; in the same way, it has been confirmed that the exudates present antimicrobial activity, thus inhibiting those microbial pathogens that can harm their development. The objective of the study is the cultivation of *Gracilaria Fortissima* macroalgae for the extraction of agar, this being a derivative of vegetable origin, a natural gelatifying agent, used for its great properties and benefits for human health.

KEY WORDS: Macroalgae, *Gracilaria fortissima*, Extraction, agar.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. DESARROLLO.....	10
2.1 Las macroalgas marinas	10
2.2 Clasificación de las algas	11
2.2.1. Algas pardas (Phaeophyceae - Heterokontophyta).....	11
2.2.2. Algas rojas (Rhodophyta)	11
2.2.3. Algas verdes (Chlorophyta).....	12
2.3 Forma de cultivo de las macroalgas	12
2.4 Beneficios de las macroalgas	13
2.5 Gracilaria.....	13
2.6 <i>Gracilaria fortissima</i>	14
2.7 Agar.....	14
2.7.1 Estructura química del agar	16
2.7.2 Forma de obtención del agar.....	17
2.7.2.1. Filtrado a presión	18
3. CONCLUSIÓN	20
4. BIBLIOGRAFÍA	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Efectos de tratamientos previos en el rendimiento del agar a partir de Gracilaria fortísima	18
Tabla 2: Características físicas del agar	18

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Filamentos de agar.....	15
Ilustración 2: Valor nutricional del agar	16
Ilustración 3: Estructura química del agar	17

1. INTRODUCCIÓN

El género *Gracilaria fortísima* Dawson es un importante recurso biológico marino ya que son fuente a nivel del mundo alrededor de 80% en la producción de agar, además la especie *gracilaria* es muy utilizada en la medicina tradicional y en la dieta humana en algunas partes del mundo, este género debe ser considerado y aumentar significativamente en la acuicultura ya que se han encontrado prometedores resultados en sus beneficios como antimicrobianos, citotóxicos, antioxidantes, antinociceptivo, antiulceroso, antidiarreico, así también tenemos informes dentro de los inflamatorios, anticetilcolinesterásico, antipelipidémicas, de acuerdo a lo anotado tiene un alto potencial como fuente de compuesto y extractos de vato valor para diversas aplicaciones, sin embargo solo se explota comercialmente el agar; un mejor aprovechamiento de la biomasa proveniente del cultivo comercial puede ser una alternativa para el aprovechamiento de los demás componentes bioactivos, así como también se debe impulsar mayores estudios sobre la composición química y el aislamiento bioactivo en el género. (Mantri & Sambhwani, 2021)

El agar a diferencia de la gelatina que es de origen animal, es un derivado de las algas marinas, un gel muy firme y rígido, apropiado para hacer falso bastante (hasta los 85°C) sin que se funda, se puede moldear dando una textura termo-irreversible, brillante y resistente al calor por lo que es apropiada para hacer gelatinas calientes, gracias a su gran histéresis térmica, que significa la diferencia entre el punto de fusión del gel (más de 85°C) y el de su solidificación (40°C), se deben usar líquidos con pH menor a 2 (tomate, limón), su uso es diferente a la gelatina animal que debe ser hidratar primero con agua fría y luego fundida, el agar-agar simplemente se disuelve en el líquido y se levanta la temperatura a más de 90°C hasta que rompa el hervor y se espera un par de minutos. (Celi, 2019)

En su mayor parte la materia prima en la industria alimenticia, son los aditivos químicos, tales como, acidificantes, conservantes, antioxidantes, colorantes, entre los cuales son relevantes los gelificante o espesantes, su uso en la industria alimenticia se incrementa constantemente debido al desafío de presentar al consumidor alternativas más económicas, los gelificantes comúnmente empleados en la industria alimentaria son: pectina, carboximetilcelulosa (CMC), goma xantana, goma arábica y agar; el agar es extraído de las algas marina de la clase Rhodophyceae, de los géneros Gelidium,

Pterocladia, Gelidiella y Gracilaria; la especie *Gracilaria Fortíssima* es una buena alternativa como materia prima para la producción de agar, el cual es ampliamente aceptado en la industria alimentaria debido a su capacidad para formar geles termorreversibles, su uso se debe a sus propiedades específicas tales como: alto poder gelificante, resistencia al tratamiento térmico, en la industria alimentaria, se emplea en las áreas como la panadería, confitería, carne, pescado y productos avícolas, productos lácteos, helados, mantequilla de maní y bebidas. (Quintero & Martínez, 2020)

2. DESARROLLO

2.1 Las macroalgas marinas

La acuicultura basada en el cultivo de macroalgas se ha convertido en una actividad importante en el mundo debido a las propiedades físico-químicas que estas poseen lo que las hacen tan apreciadas. (Saavedra et al., 2018). Conocidas también como algas marinas, son recursos renovables del océano y comprenden más de 10.000 especies a nivel del mundo, son organismos morfológicamente y funcionalmente diversos, las algas marinas han surgido en las últimas cinco décadas como una gran fuente de metabolitos activos utilizados en campos tan diferentes como la farmacia, la cosmética, la agricultura, la bioenergía, convirtiéndose en una alternativa que evita el uso excesivo de agroquímicos produciendo además alimentos orgánicos reduciendo así la degradación del ecosistema (López-Padrón et al., 2020); se han informado 3000 compuestos para macroalgas, lo que revela la complejidad de estos organismos, se cree que esto se debe principalmente a dos factores: la características evolutivas únicas y la vida en un entorno hostil, las algas marinas suelen habitar en entornos bastante duros, están expuestas a muchos factores de estrés biótico y abiótico, como la herbívora, las enfermedades, la competencia, el agotamiento de los nutrientes y, en la zona intermareal, la desecación, la salinidad, la temperatura y la irradiación que cambian rápidamente, las estrategias de defensa están contribuyendo a su diversidad estructural-química. (Belghit, 2017)

Las algas marinas constituyen un valioso recurso para el desarrollo de productos alimenticios, por su valor nutricional, alta concentración de proteínas, vitaminas, minerales y fibra dietética, ácidos grasos, moléculas bioactivas con actividad antioxidante, inflamatorias, anticancerígenas y antidiabéticas, antivirales, antihipertensivos, antitumorales entre otros (Pereira, 2020); además poseen propiedades tecnológicas, por ello su incorporación en alimentos procesados, especialmente productos cárnicos como salchichas, hamburguesas, emulsiones cárnicas y otras, resultando beneficioso para la tecnología y lo sensorial. (Quitral & Jofré, 2019)

Las algas son recurso relevante en la nutrición humana sobre todo en países asiáticos, cuentan con propiedades nutricionales y funcionales destacables, las algas rojas se destaca su alto contenido de proteínas de las demás algas, son fuente de la principal materia prima para la producción de agar, un agente gelificante utilizado en la industria de alimentos,

entre otras; denotan importancia económica, adicionalmente, se encontraron otros compuestos dentro del alga que pueden ser aprovechados como lo son las ficobiliproteínas que pueden ser agregadas como colorantes en la industria de alimentos, dando opción a la producción de dos productos veganos. (Morales, 2022). Estas algas suelen ser recolectadas por pescadores dedicados a la pesca artesanal por lo que la demanda que han tenido se ha convertido en una presión sobre el ecosistema causando escasez, por lo que revela la necesidad de crear sistemas de cultivo para garantizar sostenibilidad manteniendo las praderas naturales en buen estado. (Arbaiza, Gil-Kodaka, Arakaki, & Alveal, 2019). (Castañeda et al., 2018).

Según la FAO, para el 2016 se alcanzaron los 30,8 millones de toneladas de producción mundial de macroalgas de las cuales 373 mil ton fueron producidas en Latinoamérica. (Alemañ, Robledo, & Hayashi, 2019).

2.2 Clasificación de las algas

2.2.1. Algas pardas (Phaeophyceae - Heterokontophyta)

Las algas pardas se originaron mediante un linaje filogenéticamente distante de las algas rojas y verdes, se desarrollaron a partir de un evento de endosimbiosis secundaria que involucra un eucariota no fotosintético y un alga roja unicelular, por lo tanto, las algas pardas tienen varias características morfológicas y metabólicas diferentes. (Belghit, 2017)

En las algas pardas predominan las xantófilas, específicamente fucoxantinas, que les otorgan el color característico, el contenido de proteínas en las algas varía de 10 a 40% b.s. (base seca) y cambia según la estacionalidad y especie de alga, el índice de saturación es mayor, alcanzando valores de 203, además son fuente de vitaminas tales como A, B1, B12, C, D y E, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y ácido fólico, además de minerales como Ca, P, K^{8,14}. (Quitral & Jofré, 2019). Estas algas son usadas como mejoradoras de los suelos, potenciadores del metabolismo, estimulantes biológicos o como biofertilizantes en diferentes cultivos. (Perez-Madruga, Lopez-Padron, & Reyes-Guerrero, 2020).

2.2.2. Algas rojas (Rhodophyta)

Las algas rojas se originaron a partir de una endosimbiosis primaria de una cianobacteria fotosintética procariótica con un huésped protista eucariótico no fotosintético. (Belghit, 2017).

En las algas rojas, pigmentos ficoeritrina y ficocianina enmascaran otros pigmentos como clorofila y beta-caroteno, el contenido de proteínas en las algas varía de 10 a 40% b.s. (base seca) y cambia según la estacionalidad y especie de alga, siendo las algas rojas las de mayor contenido proteico, el contenido de materia grasa en las algas varía de 1 a 6 g/100g b. s.8, contienen ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPI) como EPA y DHA. El índice de insaturación se ha encontrado un mayor rango, de 91,3 hasta 286. Kumari y determinaron EPA y DHA en diferentes algas, encontrando las concentraciones mayores de EPA en algas rojas, alcanzando una concentración de 37,0%. (Quitral & Jofré, 2019).

2.2.3. Algas verdes (Chlorophyta)

Las algas verdes se originaron a partir de una endosimbiosis primaria de una cianobacteria fotosintética procariótica con un huésped protista eucariótico no fotosintético. (Belghit, 2017)

Las algas verdes deben su coloración a la presencia mayoritaria de clorofila a y b, beta-caroteno (pigmento amarillo) y diversas xantófilas (pigmentos amarillo o pardo), el índice de insaturación en algas verdes (chlorophyta) es de 70,9 a 142, en algas pardas (phaeophyta) es mucho mayor, alcanzando valores de 203, mientras que en algas rojas (rhodophyta) se ha encontrado un mayor rango, de 91,3 hasta 286. Kumari y cols.16 determinaron EPA y DHA en diferentes algas, encontrando las concentraciones mayores de EPA en algas rojas, alcanzando una concentración de 37,0% del total de ácidos grasos en el alga Grateloupia indica, mientras que en las algas verdes se encontraron las mayores concentraciones de DHA, como el alga Ulva fasciata por ejemplo, con una concentración de 6,05% sobre ácidos grasos totales. El consumo de EPA y DHA se relaciona con diversos beneficios para la salud y disminución de riesgo de enfermedades cardiovasculares. (Quitral & Jofré, 2019)

2.3 Forma de cultivo de las macroalgas

Dentro del área y variedad de aguas costeras, cercanas a la costa, con sus ambientes que varían desde playones y extensos fondos de arena hasta zonas rocosas y con corales, así como una variedad de islas e islotes, es relativamente fácil encontrar algas creciendo a veces en grandes cantidades, otras apenas cubriendo levemente las rocas, por eso, es importante conocer las algas así como el entorno, recorrer las aguas y fondos en busca de

las especies de algas que se desean, en un proceso de prospección; existen dos formas de proveerse de algas: una es la recolección natural otra es el cultivo (que depende de haber encontrado las especies correctas y tener suficientes propágulos), ambos métodos tienen sus ventajas y limitaciones, aunque, como se ha venido enfatizando, el cultivo es lo único que garantiza sostenibilidad y crecimiento. (Espinosa, Acosta, & Ardisson, 2022)

2.4 Beneficios de las macroalgas

Algunos metabolitos que se encuentran en las macroalgas tienen efectos beneficiosos para la salud, como antiinflamatorios (sulfolípidos y fucoïdanos), antimicrobianos (ácidos grasos y compuestos fenólicos), antimutagénicos (polisacáridos sulfatados, sulfolípidos y polifenoles), antidiabéticos (polifenoles) y propiedades anticancerígenas (polisacáridos y sulfolípidos solubles en agua), las algas marinas se pueden utilizar como recurso para aplicaciones de alimentos y piensos: según la especie, las macroalgas marinas contienen diversas cantidades de proteínas, fibra dietética, ácidos grasos poliinsaturados, una variedad de minerales y vitaminas, en la última década, el perfil de metabolitos de las algas se centró en la identificación de lípidos, sus derivados, además de metabolitos secundarios seleccionados involucrados en reacciones de defensa, como el aminoácido similar a la micos porina. ácidos, isoflavonas y compuestos halogenados, sin embargo, faltan estudios amplios de metabolómica comparativa a gran escala para las macroalgas marinas donde se disponga de abundante información consolidada sobre metabolitos. (Belghit, 2017)

Las algas marinas consideradas una fuente biotecnológica natural y atractiva de nuevos antibióticos, la actividad antimicrobiana de sus compuestos es una base prometedora para diseñar productos farmacéuticos innovadores, pueden convertirse en una alternativa seria a los agentes antimicrobianos tradicionales como en un complemento sinérgico eficaz de la terapia con antibióticos, la bioactividad de los productos naturales de origen marino es significativamente mayor que la de los compuestos de origen terrestre, los productos derivados de las algas pueden ayudar, no solo en el diagnóstico, sino también en la producción de kits de pruebas serológicas. En particular, kits de prueba que aplican métodos de inmunoensayo. (Martín, Ledesma, & Viera, 2022)

2.5 Gracilaria

En el comercio el término algas Gracilaria se reemplaza este nombre por el de Gelidium, es muy cotizada por su calidad agarosa, el ciclo de vida trifásico brinda la posibilidad de

un cultivo élite utilizando el tetrasporofito y el gametofito femenino, sus rasgos de crecimiento eran distintos; mientras que los de supervivencia (antioxidante, composición próxima y pigmentos) fueron prominentes en los gametofitos femeninos. Ambos los más bajos $3,42 \pm 0,38\%$ día⁻¹(gametofitos femeninos) y las tasas de crecimiento más altas de $5.17 \pm 0.21\%$ día⁻¹ (terasporofitos) fueron en enero con un crecimiento 33% más alto en este último. (Sambhwani & Modi, 2020).

Es un género que se distribuye muy ampliamente, incluyendo el Atlántico tropical y subtropical, el Caribe y el Pacífico, son las más usadas para la extracción de agar y son muy comestibles, se pueden consumir frescas en ensalada, deshidratadas como condimento, especialmente como ingrediente para espesar sopas, para preparar bebidas, sufren alta herbivoría por peces, moluscos y erizos, sus rendimientos son relativamente altos. (Blasco, 2017).

2.6 *Gracilaria fortissima*

La especie de alga marina *Gracilaria fortissima* Dawson, pertenece a la división Rodófitas, orden Gigartinales, familia Gracilariaceae, son plantas arbustivas de un pequeño disco basal, carnosas y de ramificación irregular, su color varía de rosado a rojo púrpura., los cistocarpos están distribuidos por todo el talo del alga e inmersos en él, de forma globosa y presentes durante casi todo el año. (Corella, 2017)

2.7 Agar

El agar es considerado como un polisacárido que posee propiedades gelificantes, es decir, puede esperarse sin modificar el olor, sabor y color. (Chinquiue, 2018). Es un derivado de origen vegetal, su nombre proviene de la palabra malaya que significa alga marina, es originaria de Japón, siendo el principal productor a nivel mundial de agar con más de 200 toneladas anuales junto con Corea; a esta gelatina se la obtiene a partir de diversas especies de algas rojas (división Rhodophyceae) de los siguientes géneros: *Gelidium*, *Gracilaria*, *Pterocleda*, *Ceramium*., es una mezcla de polisacáridos complejos (glúcidos o carbohidratos) principalmente agarosa, agarpectina, galactosa, ácido urónico: la pared celular de estas algas está diferenciada en una capa interna de celulosa y una externa amorfa de naturaleza péptica, rica en coloides gelificados las mismas que son sustancias indigeribles constituyéndose en fibra de tipo soluble. (Celi, 2019).

Se obtiene a partir de las algas rojas de la clase Rhodophyceae, siendo las más importantes la *Gelidium cartilagineum*, *Gracilaria*, considerada como uno de los agentes gelificantes más importantes, esta goma constituida de galactosa y anhídrido galactosa parcialmente esterificada con ácido sulfúrico, produce una gelificación perceptible en concentraciones tan bajas como 0.04%, no es soluble en agua fría, pero se disuelve completamente en agua caliente, y la gelificación se inicia a partir de 35 a 40°C. (Patiño, Acosta, & Ardisson, 2022).



Ilustración 1: Filamentos de agar

Fuente: (Celi, 2019)

El Valor nutricional de algas tiene más de mil años; y con mayor tradición, en este sentido, entre los países asiáticos que entre los occidentales, la obtención de productos nutricionales como como la *Spirulina*, *Chlorella*, *Dunaliella* y *Haematococcus* en varias docenas de sistemas de producción, de pequeña a mediana escala, en todo el mundo, las mismas que han sido reconocidas como GRAS (es decir, seguras para consumir) desde principios de los años 80 por la FDA de los EE.UU. (Martín, Ledesma, & Viera, 2022)

Entre los beneficios del agar extraído podemos mencionar, que se lo utiliza en la elaboración de cosmético para la piel, con sustancias de aplicación tópica para fines estéticos, provocando efectos biológicos beneficiosos para la piel. Son fuente de compuestos con actividad antioxidante, posee capacidad para inhibir la degradación oxidativa, son de gran interés en la actualidad por sus benéficas implicaciones para la salud humana. Su actividad antimicrobiana actúa como antibacteriana, considerada como un indicador la capacidad del alga marina para sintetizar compuestos bioactivos de interés terapéutico, los taninos presentes son responsables de actuar sobre bacterias patógenas y *Staphylococcus aureus* meticilina-resistentes; la actividad antimicrobiana se proyecta

también a la industria farmacéutica, puesto que los antibacterianos convencionales presentan efectos adversos considerables, además la eficiente actividad frente a *Pseudomona aeruginosa* es de especial interés, porque muchos enfermos crónicos (diabéticos) y otros afectados (quemados) desarrollan infecciones recurrentes con esta bacteria que es multirresistente a estos agentes sintéticos. (Jaramillo & Osorio, 2021)

Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad
Energía	6.12	Fibra (g)	0.15	Vitamina C (mg)	0
Proteína	0.12	Calcio (mg)	12.50	Vitamina D (µg)	0
Grasa Total (g)	0.01	Hierro (mg)	0.43	Vitamina E (mg)	-
Colesterol (mg)	0	Yodo (µg)	Tr	Vitam. B12 (µg)	0.10
Glúcidos	1.62	Vitamina A (mg)	0	Folato (µg)	11.60

Ilustración 2: Valor nutricional del agar

Fuente: (Celi, 2019)

2.7.1 Estructura química del agar

La estructura química del agar es la mezcla de dos tipos de polisacáridos, la agarosa y la agarpectina; la agarosa es el componente principal, representando alrededor del 70% del total, tanto la agarosa como la agarpectina tienen la misma estructura básica la cadena de polisacárido está formada por unidades alternas de galactosa y de anhídrido galactosa, ambas en forma piranosa, unidas por enlaces α -1-4- y β -1-6-, también alternos. (Espinoza, Hernández, & González, 2021).

En su estado natural, el agar se presenta como un carbohidrato estructural de la pared celular, donde existe en la forma de sales de calcio o de una mixtura de sales de calcio y magnesio, es una mixtura compleja de polisacáridos compuesta por dos fracciones principales: la agarosa, un polímero neutro, y la agarpectina, un polímero con carga sulfatado; la agarosa, fracción gelificante, es una molécula lineal neutra, esencialmente libre de sulfatos, que consiste en cadenas repetidas de unidades alternadas β -1,3 D-galactosa y α -1,4 3,6-anhidro-L-galactosa; la agarpectina, fracción no-gelificante, es un polisacárido sulfatado (3% a 10% de sulfato), compuesto de agarosa y porcentajes variados de éster sulfato, ácido D-glicurónico y pequeñas cantidades de ácido pirúvico. (Celi, 2019).

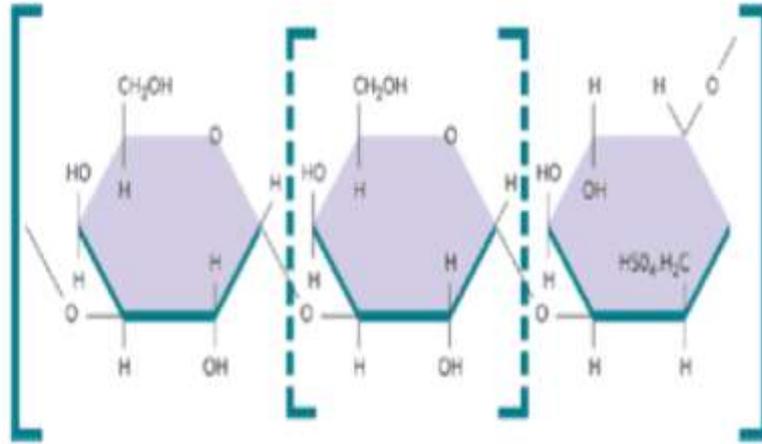


Ilustración 3: Estructura química del agar
Fuente: (Celi, 2019)

2.7.2 Forma de obtención del agar

Este proceso consiste en someter las algas a ebullición por dos horas y media, el líquido que contenía el agar se separó del residuo de algas, filtrando a través de una bolsa de tela de algodón, se adicionó carbón activado, se filtró a presión y se congeló por 24 horas, posteriormente se descongeló con agua corriente y se deshidrató en alcohol al 95 por ciento, las hojuelas resultantes se secaron a 37°C. El método de producción de agar a partir de *Gracilaria fortissima* más adecuado es la extracción del mismo previo tratamiento combinado, alcalino-ácido a 90-95°, el agar obtenido de esta alga puede ser usado en medios de cultivo pero, no es el óptimo, ya que tiene una baja fuerza de gelificación y se tendría que usar a una concentración mayor del 1.5 por ciento, el alto rendimiento que se obtiene con el tratamiento ácido previo lo hace útil en la producción de agar con fines diferentes al bacteriológico, por ejemplo, en la industria alimenticia. (León, Avendaño, & Alvarado, 2017)

Tabla 1: Efectos de tratamientos previos en el rendimiento del agar a partir de *Gracilaria fortissima*

METODO	Rendimiento en gramos	% Rendimiento*	Apariencia del gel
Tratamiento alcalino a 90-95 °C	0.65	4.33	Turbio—parduzco
Tratamiento alcalino a 70-75 °C	0.50	3.33	Turbio—parduzco
Tratamiento ácido a 17 °C	6.60	44.00	Cristalino—transparente.
Tratamiento combinado a 90-95 °C	3.70	24.66	Parduzco—claro y transparente.
Tratamiento combinado a 80-85 °C	3.30	22.00	Pardo claro y transparente.
Extracción sin tratamiento previo	2.70	18.00	Cristalino y transparente

Fuente: (Corella, 2017)

Tabla 2: Características físicas del agar

METODO	Temperatura de fusión en °C	Temperatura de gelificación en °C	Fuerza del gel en g/cm ²
Tratamiento alcalino a 90-95 °C	90	60	362.5
Tratamiento alcalino a 70-75 °C	85	35	52.0
Tratamiento combinado a 90-95 °C	89	46	140.0
Tratamiento combinado a 80-85 °C	84	42	90.0
Extracción sin tratamiento previo	88	40	127.0
Pretratamiento ácido a 17 °C	86	40	*

* No se pudo determinar por lo débil del gel.

Fuente: (Corella, 2017)

2.7.2.1. Filtrado a presión

Se utilizó una bomba de vacío conectada a un kitasato con embudo büchner, se colocó al embudo un papel de filtro whatman N° 2 y sobre éste, 3 g de tierra diatomácea precalcina a 600°C por 30 minutos, el vacío utilizado para la filtración fue de 10-15 libras por pulgada cuadrada, la efectividad de los diferentes tratamientos aplicados se valoró utilizando los siguientes parámetros: temperatura de fusión, temperatura de

gelificación, fuerza del gel y porcentaje de rendimiento. (León, Avendaño, & Alvarado, 2017).

3. CONCLUSIÓN

Las macroalgas son un componente esencial en el ecosistema marino, juegan un papel importante en el equilibrio y mantenimiento de los arrecifes coralinos, brindan refugio a peces e invertebrados, modifican los fondos marinos al contribuir a fijar el sustrato por medio de sus rizoides, enriquecen el agua con oxígeno disuelto, aportan macro y micronutrientes al medio circundante, son altamente sensibles a cambios ambientales y a la degradación del ambiente al depender de hábitats bentónicos específicos para su crecimiento y propagación.

El agar es un producto gelificante que puede ser utilizado en múltiples usos en el ámbito industrial, como en pastelería, farmacología, en la preparación de helados, quesos, en cirugía, así como también en la microbiología para la preparación de medios de cultivo, cuya función es la de mantener en suspensión y de manera homogénea.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Alemañ, A., Robledo, D., & Hayashi, L. (2019). Development of seaweed cultivation in Latin America: current trends and future prospects. *Phycologia*, 462-471. doi:<https://doi.org/10.1080/00318884.2019.1640996>
- Arbaiza, S., Gil-Kodaka, P., Arakaki, N., & Alveal, K. (2019). First stages of cultivation from *Chondracanthus chamissoi* carpospores from three locations on the peruvian coast. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 54(2), 204-213. doi:<https://doi.org/10.22370/rbmo.2019.54.2.1901>
- Belghit, I. (2017). El perfil metabólico en profundidad de las macroalgas marina confirma fuertes diferencias bioquímicas entre las algas pardas, rojas y verdes. *ScienceDirect*, 9.
- Blasco, R. (2017). Obtención de agar a partir de algas gracilarias. *Revistas Científicas de Chile*, 12.
- Castañeda, M., Arbaiza, S., Diaz, F., Castillo, Y., Baltazar, P., & Advíncula, O. (2018). Evaluación del fotoperiodo en el asentamiento de tetraesporas de *Chondracanthus chamissoi* sobre cuerdas de polipropileno en condiciones semi-controladas de laboratorio. *Ciencias Agrícolas y Biológicas*, 79(2), 459-465. doi:<https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.1256>
- Celi, M. (24 de 05 de 2019). UNP. Obtenido de UNP: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1736>
- Chinquihue, F. (2018). Manual para la elaboración de agar-agar orgánico. *Fundación Chinquihue*, 20. Obtenido de <http://www.fundacionchinquihue.cl/wp-content/uploads/2020/06/Manual-para-elaboraci%C3%B3n-de-agar-agar-Fundaci%C3%B3n-Chinquihue-20191.pdf>
- Corella, R. (2017). Extracción, identificación y prueba microbiológica del agar extraído de la gracilaria fortissima dawson. *Dialnet*, 8.
- Espinosa, S., Acosta, G., & Ardisson, P. (2022). Diversidad de macroalgas bentónicas y su relación con el sustrato en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo. *RMB*, 13.

- Espinoza, A., Hernández, R., & González, M. (2021). Potencial de la macroalgas marina como bioestimulantes en la producción agrícola de Cuba. *SCIELO*, 12.
- Jaramillo, A., & Osorio, S. (25 de 11 de 2021). *REDICES*. Obtenido de REDICES: <https://hdl.handle.net/10946/5627>
- León, D., Avendaño, J., & Alvarado, J. (2017). *Adob Reader*. Costa Rica: Adobe Reader. Obtenido de Adob Reader.
- López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., & Cabrera-Rodríguez, J. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *Cultivos Tropicales*, 41(2), 20. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/1819-4087-ctr-41-02-e10.pdf>
- Mantri, V., & Sambhwani, K. (2021). Revisión consisa de las algas roja de importancia industrial gracilaria dura (C. Agardh) J. Agardh. *Ficología Aplicada*, 34.
- Martín, J., Ledesma, R., & Viera, M. (2022). Potencial antiviral en la alogoterapia. *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación*, 19.
- Morales, D. (01 de 01 de 2022). *Repositorio Universidad de Chile*. Obtenido de Repositorio Universidad de Chile: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184763>
- Patiño, S., Acosta, G., & Ardisson, P. (2022). Diversidad de macroalgas bentónicas y su relación con el sustrato en el parque nacional arrecifes de xcalac. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 13.
- Pereira, L. (2020). Characterization of Bioactive Components in Edible Algae. *Mar Drugs*, 18(1), 65. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7024186/>
- Perez-Madruga, Y., Lopez-Padron, I., & Reyes-Guerrero, Y. (2020). Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *Cultivos Tropicales*, 41(2), 20. Obtenido de http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/en_1819-4087-ctr-41-02-e09.pdf
- Quintero, M., & Martínez, J. (2020). Evaluación del efecto gelatinizante del agar de Gracilaria en la elaboración de slasa de tomate. *SCIELO Tecnología*, 12.

Quitral, V., & Jofré, M. (2019). Revista Chilena de Nutrición. *Scielo*, 9.

Saavedra, S., Henríquez, L., Leal, P., Galleguillos, F., Cook, S., & Cárcamo, F. (2018). Cultivo de macroalgas: Diversificación de la Acuicultura de Pequeña Escala en Chile. *Instituto de Fomento Pesquero*, 56. Obtenido de https://www.ifop.cl/wp-content/contenidos/uploads/biblioteca/libros_digitales/cultivo_de_macroalgas.pdf

Sambhwani, K., & Modi, J. (2020). Análisis de rasgos funcionales en las fases de vida gametofitas y tetrasporofíticas femeninas de algas rojas de importancia industrial *Gracilaria* (Rodophyta Gracilariaceae). *Ficología Aplicada*, 32.