



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERA QUÍMICA**

TÍTULO

**“Influencia del ph en el rendimiento de extracción de
carragenanos en macroalgas *Rhodophytas* de la playa
de Chérrepe de la región Lambayeque”**

PRESENTADO POR:

Bach. Rioja Díaz, Jesús Marilyn.

ASESORADO POR:

Dr. Huangal Scheineder, Sebastian.

Lambayeque – Perú

2019

“Influencia del ph en el rendimiento de extracción de carragenanos en macroalgas *Rhodophytas* de la playa de Chérrepe de la región Lambayeque”

ELABORADA POR:

Bach. Rioja Díaz, Jesús Marilyn.

JURADO:

PRESIDENTE

M.SC. Juan Carlos Díaz Visitación.

SECRETARIO

M.SC. Doyle Isabel Benel Fernández

VOCAL

M.SC. James Jenner Guerrero Braco.

ASESORADO POR:

DR. Huangal Scheineder, Sebastian.

DEDICATORIA

A Dios, por iluminar mi camino,
por su amor incondicional y hacerme
fuerte en los momentos más difíciles
de mi vida, recibiendo el don de la sa-
biduría y así poder llegar a cristalizar
y culminar toda una carrera con este
proyecto.

A mi madre Vilma Díaz Cayo-
topa por su apoyo y amor incondicio-
nal durante todo mi trayecto estudian-
til y de mi vida, por demostrarme su
amor, paciencia y cariño. Siendo un
ejemplo de perseverancia y fortaleza:
“Es la mejor mamá, y también es un
padre increíble”

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme cada mañana una nueva oportunidad, por alcanzar los objetivos propuestos, por guiarme a lo largo de mi vida y ayudarme a superar momentos difíciles, este proyecto ha sido una bendición en todo sentido y te lo agradezco.

A mi asesor el Ing. Sebastián Huangal Scheineder; al decano de la facultad, el Ing. Juan Carlos Visitación Díaz, Ing. Doyle Isabel Benel Fernández, Ing. James Jenner Guerrero Braco, por su paciencia, tiempo y disposición en mi proyecto.

A mi facultad por brindarme los laboratorios de química orgánica y fisicoquímica, y en especial a los técnicos: Don Sergio y Don Benites, por su ayuda y apoyo desinteresado durante mi proyecto.

A mi madre Vilma, mi reinita por ser la principal promotora, por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias mamá por estar dispuesta a acompañarme, por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de tus palabras que me guían durante mi vida.

A mi tío Hernán y Jorly, por su cariño, quienes me brindaron su tiempo y me acompañaron durante la recolección en Chérrepe, les agradezco por estar en muchos momentos de mi vida, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, parte de mi hermosa familia.

A mis abuelitos y abuelitas, mis segundos papás y mamás; mi papito Juan que está en el cielo, por cada detalle que tuviste conmigo y por tu amor puro e incondicional, en mi mente y corazón estas siempre presente; a mi mami Jesús, mi mami María y mi papi Lucho gracias por poder vivir y disfrutar la vida a su lado.

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCION	13
I.FUNDAMENTO TEÓRICO	17
1.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO	17
1.2 BASE TEÓRICA CIENTÍFICA	21
1.2.1 MACROALGAS RHODOPHYTA (ALGAS ROJAS)	21
1.2.1.1 CLASIFICACIÓN	21
1.2.1.2 DISTRIBUCIÓN NACIONAL Y EN CHÉRREPE	43
1.2.2 CARRAGENANOS	46
1.2.2.1 TIPOS DE CARRAGENANOS	47
1.2.2.2 ESTRUCTURA DE LOS CARRAGENANOS	49
1.2.2.3 PROPIEDADES FÍSICO – QUÍMICAS DE LOS CARRAGENANOS	51
1.2.3 APLICACIONES DE LOS CARRAGENANOS A NIVEL INDUSTRIAL	52
1.2.3.1 PROPIEDADES FUNCIONALES DE CARRAGENANOS	52
1.2.3.2 APLICACIONES INDUSTRIALES	57
1.2.4 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE CARRAGENINA	59
1.2.4.1 CARRAGENINAS REFINADAS (RC)	60
1.2.4.2 CARRAGENINAS SEMIRREFINADAS (SCR)	61
1.2.4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN	64
1.2.5 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	66
II.MATERIALES Y METODOS	68

2.1 POBLACIÓN Y MUESTRA	68
2.2 EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO.....	68
2.2.1 EQUIPOS	68
2.2.2 MATERIALES	69
2.2.3 REACTIVOS E INSUMOS.....	69
2.3 MÉTODOS.....	70
2.3.1 EXTRACCIÓN DE CARREGANANOS SIN ÁLCALI (pH = 6.0)....	70
2.3.2 EXTRACCIÓN DE CARRAGENANOS CON NaHCO₃ (pH = 9.0) .	70
2.3.3 EXTRACCIÓN DE CARRAGENANOS CON KOH (pH = 12)	71
III.RESULTADOS	72
IV.DISCUSIÓN.....	74
V.CONCLUSIONES.....	76
VI.RECOMENDACIONES	77
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	78
VIII.ANEXOS	81
ANEXO N°01	81
ANEXO N°02.....	83
ANEXO N°03.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Clasificación de la División Rhodophyta de la Playa Chérrepe. ..</i>	22
Tabla 2: <i>Características Físicas y Químicas de la Carragenina</i>	51
Tabla 3: <i>Solubilidad de los carragenanos</i>	54
Tabla 4: <i>Aplicación de carragenanos en sistemas acuosos.....</i>	59
Tabla 5: <i>Rendimientos promedios de carragenanos obtenidos a diferentes pHs de dos macroalgas Rhodophytas de la playa de Chérrepe, en %</i>	72
Tabla 6: <i>Rendimientos promedios de carragenanos obtenidos a diferentes pHs de dos macroalgas Rhodophytas de la playa de Chérrepe, en %</i>	72
Tabla 7: <i>Resumen de los rendimientos de cuatro algas Rhodophytas de la playa de Chérrepe a diferentes pHs de extracción, en %</i>	73
Tabla 8: <i>Pesos de las muestras iniciales secas en (g), extracción pH: sin álcali, con NaHCO₃ y con KOH, pesos finales de carragenanos en (g) y rendimiento en (%) obtenidos de una macroalga Rhodophyta de la playa de Chérrepe.....</i>	86
Tabla 9: <i>Pesos de las muestras iniciales secas en (g), extracción pH: sin álcali, con NaHCO₃ y con KOH, pesos finales de carragenanos en (g) y rendimiento en (%) obtenidos de una macroalga Rhodophyta de la playa de Chérrepe.....</i>	87
Tabla 10: <i>Pesos de las muestras iniciales secas en (g), extracción pH: sin álcali, con NaHCO₃ y con KOH, pesos finales de carragenanos en (g) y rendimiento en (%) obtenidos de una macroalga Rhodophyta de la playa de Chérrepe.....</i>	88

Tabla 11: *Pesos de las muestras iniciales secas en (g), extracción pH: sin álcali, con NaHCO₃ y con KOH, pesos finales de carragenanos en (g) y rendimiento en (%) obtenidos de una macroalga Rhodophyta de la playa de Chérrepe..... 89*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Ahnfeltiopsis durvillei</i> (Bory) P.C. Silva & De Cew.	24
Figura 2: <i>Porphyra columbina</i> Montagne	25
Figura 3: <i>Pyropia pseudolanceolata</i> (V.Krishnamurthy) S.C. Lindstrom <i>Gelidium congestum</i> W.R. Taylor.	26
Figura 4: <i>Cryptopleura cryptoneuron</i> (Montagne) W.R. Taylor	27
Figura 5: <i>Neosiphonia paniculata</i> (Montagne) J.N. Norris	28
Figura 6: <i>Xiphosiphonia pennata</i> (C. Agardh) Savoie & G.W. Saunders	29
Figura 7: <i>Griffithsia pacifica</i> Kylin.....	30
Figura 8: <i>Corallina officinali</i>	31
Figura 9: <i>Gelidium congestum</i> W.R. Taylor	32
Figura 10: <i>Chondracanthus glomeratus</i> (M. Howe) Guiry.....	33
Figura 11: <i>Chondracanthus chamissoi</i> (C. Agardh) Kützting	34
Figura 12: <i>Asterfilopsis furcellata</i> (C. Agardh) M.S. Calderón & S.M. Boo..	35
Figura 13: <i>Gracilaria peruana</i> Piccone & Grunow.....	36
Figura 14: <i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> (Bory de Saint-Vincent)	37
Figura 15: <i>Gracylaria crispata</i> Setchell	38
Figura 16: <i>Grateloupia doryphora</i> (Montagne) M. Howe	39
Figura 17: <i>Neorubra decipiens</i> (Montagne) M.S. Calderón.....	40
Figura 18: <i>Schizymenia binderi</i> (J.Agardh ex Kützting) J. Agardh	41

Figura 19: <i>Rhodymenia californica</i> Kylin	42
Figura 20: <i>Rhodymenia flabellifolia</i> (Bory) Montagne	43
Figura 21: Ubicación de las Pampas de Chérrepe, Lambayeque.	45
Figura 22: Tipos de Carragenina	49
Figura 23: Diagrama de bloques: Gel Press y Alcohol Press	61
Figura 24: Diagrama de bloques: ATC/ATCC y PES/PNG	63

RESUMEN

Teniendo en cuenta que el mercado de carragenanos está en aumento, en especial como ingrediente de la industria láctea, se realizó la presente investigación intitulada: Influencia del pH en el rendimiento de extracción de carragenanos en macroalgas *Rhodophytas* de la playa de Chérrepe de la región Lambayeque.

Para la obtención de carragenanos se muestreo cuatro macroalgas rojas de la playa Chérrepe: *Chondrocanthus chamissoi* (Ch), *Gigartina glomerata* (Gi), *Gracilaria crispata* (Gr) y *Gelidium congestum* (Ge). Estas algas previamente lavadas se secaron a 60°C por 24 horas y posteriormente se molieron.

Se trabajaron con tres pH: 6.0, 9.0 y 12.0. Para pH 6.0 es el estado natural de extracción. El pH 9.0 se regula con NaHCO₃ y el pH 12 se reguló con KOH. Para cada ensayo se utilizó 5 gramos de algas secas y molidas. Se utilizó agua caliente a 95°C para la extracción y para la precipitación de las carrageninas se utilizó etanol de 96°GL.

El porcentaje de extracción con pH 9.0 fue mayor que con el pH 6.0 para todas las algas. Cuando se pasó a pH 12.0, tres algas (Ch, Gi, Ge) mostraron un aumento significativo respecto al pH 9.0. En cambio, el alga Gr no tuvo aumento significativo con el cambio de pH. El mayor porcentaje de extracción se obtuvo con el alga Ge (55.2%) y el menor rendimiento con el alga Gr (46.4%), todos con pH 12.

Se concluye que el pH tiene un efecto positivo sobre el rendimiento de extracción de carragenanos a partir de macroalgas rojas de la playa Chérrepe. Se recomienda a las algas: *Chondrocanthus chamissoi*, *Gigartina glomerata* y *Gelidium congestum*, con las que se obtuvieron rendimientos mayores a 50%.

Palabras claves: Rhodophytas, Chérrepe, Carragenanos.

ABSTRACT

Taking into account that the market for carrageenans is increasing, especially as an ingredient in the dairy industry, the present research entitled: Influence of pH on the extraction performance of carrageenans in Rhodophyta macroalgae from the Cherrepe beach of the Lambayeque region.

To obtain carrageenans, four red macroalgae from the Cherrepe beach were sampled: *Chondrocanthus chamissoi* (Ch), *Gigartina glomerata* (Gi), *Gracilaria crispata* (Gr) and *Gelidium congestum* (Ge). These previously washed algae were dried at 60°C for 24 hours and subsequently ground.

We worked with three pH: 6.0, 9.0 and 12.0. For pH 6.0 is the natural state of extraction. The pH 9.0 was adjusted with NaHCO₃ and pH 12 was adjusted with KOH. For each test 5 grams of dried and ground algae were used. Hot water was used at 95 ° C for the extraction and ethanol of 96 ° GL was used for the precipitation of the carrageenins.

The percentage of extraction with pH 9.0 was higher than with pH 6.0 for all algae. When it was passed to pH 12.0, three algae (Ch, Gi, Ge) showed a significant increase with respect to pH 9.0. In contrast, the alga Gr didn't have significant increase with the change in pH. The highest extraction percentage was obtained with alga Ge (55.2%) and the lowest yield with alga Gr (46.4%), all with pH 12.

It is concluded that the pH has a positive effect on the extraction performance of carrageenans from red macroalgae of the Cherrepe beach. It is recommended to the algae: *Chondrocanthus chamissoi*, *Gigartina glomerata* and *Gelidium congestum*, with which surpluses greater than 50% were obtained.

Keywords: Rhodophytas, Cherrepe, Carrageenans.

INTRODUCCION

Los carragenatos, también denominados carragenanos, carragenos o carrageninas, son polímeros naturales que se encuentran en las algas marinas. Existen varios tipos de carragenatos, que se diferencian por su comportamiento en solución y frente a electrolitos, aunque todos son polisacáridos sulfatados de galactosa. El peso molecular del carrageno utilizado comercialmente está comprendido en general entre aproximadamente 500.000 y 1.000.000. Los polímeros con un peso molecular por debajo de 100.000 no son clasificados en general como carrageno. (Corona et al., 2007).

Los avances tecnológicos han permitido un aumento en el uso de hidrocoloides, debido a las múltiples ventajas que éstos ofrecen. Dentro de estos hidrocoloides, uno de los más utilizados son las carrageninas, las cuales se emplean como agente gelificante, espesante y estabilizante en la industria alimentaria, que es el campo de mayor aplicación y cuyo mercado ha crecido notablemente durante los últimos años. El principal interés comercial de la carragenina proviene de su comportamiento coloidal, que han permitido reducir los costos de producción, elevar los rendimientos y mejorar la calidad del producto. (Auquilla, 2012).

Las algas en general y en particular las que habitan ambientes marinos, están consideradas entre los grupos más importantes de fotosintetizadores debido a que cumplen un rol preponderante en la cadena trófica como productores primarios; presentan una notoria diversidad de especies relacionadas con factores ambientales tales como la temperatura, iluminación, salinidad, substrato y exposición mareal; asimismo, son consideradas recursos hidrobiológicos porque son utilizados por el hombre tanto directa como indirectamente, como ocurre en el litoral peruano que es muy heterogéneo ya que alberga un elevado número de especies de algas, las cuales requieren ser aprovechadas en forma sostenible, a fin de evitar pérdida de la biodiversidad y la consiguiente erosión genética. El valor económico de ciertos grupos de

macroalgas (Chlorophyta, Phaeophyta y Rhodophyta) es alto, por tener diversos usos en forma directa (en la alimentación humana o forraje para animales domésticos, como fertilizantes y mejoradores de suelos, o de uso medicinal) o como materia prima para la obtención de otros productos en la industria tales como el ácido algínico (algas pardas) y el agar y la carragenina (algas rojas). (Rodríguez et al., 2018).

En la extracción de carragenina se utilizan algas rojas de la clase Rhodophyceae, siendo los géneros *Eucheuma*, *Chondrus* y *Gigartina*, las principales fuentes de materia prima para la elaboración de carragenina de importancia comercial. Se tiene dos fuentes principales de algas productoras de carragenina: algas de aguas tropicales y algas de aguas frías. (Solís, 2007).

Entre las algas de aguas tropicales existe la familia Solieraceae, antiguamente *Eucheuma cottonii*, también denominada con el nombre común “cottonii”, es una de las algas rojas más utilizada como materia prima para la producción de carragenina kappa-I. Esta especie de alga crece en zonas de aguas tropicales, principalmente en las costas de Indonesia, Malasia y Filipinas. *Eucheuma denticulatum* o “espinosum”, debido a la morfología de sus frondas, es otra especie de alga de importancia comercial que crece en aguas tropicales, encontrándose en forma natural en las costas del norte de Australia, Tanzania, Indonesia y Filipinas. (Solís, 2007).

Dentro de las algas de aguas frías se tiene las algas de la familia Gigartinaceae, cuyas diferentes especies se pueden encontrar en forma natural en las costas de Nueva Zelanda, Irlanda, Australia, Canadá y, principalmente a lo largo de las costas de Sudamérica, como Perú, Argentina y Chile. *Gigartina skottsbergii* o *Luga roja*, es una de las algas rojas de mayor importancia comercial en Chile, debido a su alto contenido y calidad de carragenina que posee. (Solís, 2007).

En abril y en setiembre 2015 se efectuaron prospecciones en las praderas naturales de la zona costera de Chérrepe para determinar parámetros

poblacionales y características biológicas de las macroalgas marinas y en especial de *Chondracanthus chamissoi* Kützinger, 1843 y su relación con las condiciones ambientales. Chérrepe se localiza en el límite sur de Lambayeque (07°10'20"S – 79°41'25"W), su zona costera presenta una dinámica marina importante, que de acuerdo a la estacionalidad climática provoca el arenamiento en algunas zonas de la pradera de macroalgas. La biomasa total estimada en abril fue 17,33 t \pm 19,83%, en setiembre alcanzó a 18,32 t \pm 12,87%. Se identificaron 16 especies de macroalgas marinas, de las cuales 5 pertenecieron a la división Chlorophyta y 11 a la división Rhodophyta. Las Chlorophytae estuvieron representadas por tres familias: Ulvaceae, Codiaceae y Bryopsidaceae; en tanto en las Rhodophyta las familias más importantes fueron Gigartinaceae, Gelidaceae, Corallinaceae y Gracilariaceae. Las especies de mayor presencia y/o abundancia fueron *Gelidium congestum* Taylor, 1947, *Chondracanthus chamissoi*, *Ulva* spp. y *Gracilariopsis lemaneiformis*. (Torres et al., 2015).

Dado el potencial de macroalgas de la división Rhodophyta en Chérrepe se delinea el objetivo general de determinar el efecto de la influencia del pH en el rendimiento de extracción de carragenanos en macroalgas Rhodophytas de la playa de Chérrepe de la Región Lambayeque. Para cumplir el objetivo general se consideró los siguientes objetivos específicos: Caracterizar las macroalgas Rhodophytas presentes en la playa Chérrepe de la región Lambayeque, seleccionar las macroalgas Rhodophytas para la extracción de carragenanos, aplicar el método de extracción de carragenanos en medio alcalino y medio ácido en las macroalgas Rhodophytas, y comparar los resultados de extracción alcalina y acida de extracción de carragenanos en las macroalgas Rhodophytas.

La hipótesis que se somete a una contrastación experimental es que el rendimiento de extracción de carragenanos presentes en las macroalgas Rhodophytas está influenciada por el nivel de pH que se aplica durante el proceso de extracción.

La extracción de carragenanos es importante debido a que este gel tiene aplicaciones en distintas industrias como lácticos, acuosos y bebidas. Sin embargo, ya existen actualmente otras diversas aplicaciones de carragenano para una gran variedad de aplicaciones industriales. Pues su importancia en la industria alimenticia es por que puede ser utilizado, también por sus diversas funciones de acuerdo a su aplicación: gelificación, espesamiento, estabilización de emulsiones, estabilización de proteínas, agente de suspensión de partículas, control de fluidez y retención de agua. Por lo tanto su producción a nivel industrial puede suplir las importaciones de este producto que tiene múltiples usos, en especial en la industria alimentaria.

El desarrollo de una tecnología de extracción de carragenanos de las macroalgas de Chérrepe permitirán mejorar la economía de la zona y de la región Lambayeque. El aprovechamiento de una biomasa renovable hace que el producto sea considerado un producto verde debido a que la crianza de esta alga depende del consumo del dióxido de carbono, exposición solar y otros factores. Como consumidor de dióxido de carbono disminuye el efecto invernadero.

I. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO

La extracción de carragenina está registrado en diferentes investigaciones y tesis a nivel internacional y nacional. A continuación, se presenta algunas publicaciones referidas al tema.

Salas, Córdova y Estrada (2008), publicaron su investigación “Obtención de κ -Carragenano y λ -Carragenano a partir de macroalga *Chondracanthus chamissoi* y su aplicación en la industria alimentaria”. Los autores argumentan que la explotación de algas productoras de carragenanos se intensifican a partir de los 80. La obtención de κ -carragenano y λ -carragenano está en función de la selección adecuada de algas, identificación correcta de las fases de vida, control de parámetros como temperatura, pH, tiempo y concentración de soluciones. El proceso de extracción se basa en: solubilidad en agua caliente e insolubilidad en solventes orgánicos polares. La fase gametofita es punto de partida para la producción de κ -carragenano y la fase esporofita se orienta a la producción de λ -carragenano. La capacidad gelificante (κ -carragenano) y el comportamiento viscosante (λ -carragenano) de los carragenanos son características que se aplican para gelificar o espesar sistemas acuosos. También indican que las algas rojas contienen polisacáridos complejos denominados ficocoloides (carragenanos) cuyas propiedades dependen en gran medida de los cationes a los que se asocian, así pueden formar geles firmes en presencia del catión potasio (κ -carragenano) o fracciones no gelificantes (λ -carragenano) debido a su alto grado de sulfatación. También, κ -carragenano, λ -carragenano, ι -carragenano y μ -carragenano, poseen propiedades antivirales, antilipogénicas e hipolipemiantes.

Herrera (2012), sustentó su tesis “Variación mensual de los contenidos energéticos, porcentaje de rendimiento de carragenanos y análisis químico de los carragenanos en las fases del ciclo de vida de *Chondranchus chamissoi* (C. Agardh) Kutzing, 1843 (Rhodophyta, Gigartinales) en Coquimbo Chile”. La autora en su tesis indica que *Chondranchus chamissoi*, Rhodophyta endémica del extremo Sur de Sudamérica, es intensamente extraída debido a que sintetiza polisacáridos sulfatados de muy buena calidad, que pertenecen a la familia de los carragenanos. Su contenido en proteínas, lípidos y carragenanos, incluidos los compuestos químicos de éstos, dependen de la estacionalidad y de las fenofases en su ciclo de vida. Estos contenidos fueron analizados químicamente y estadísticamente en cada mes y cada fase reproductiva y se relacionaron con los factores ambientales. Los contenidos energéticos mostraron un patrón estacional tanto para lípidos, proteínas, carragenanos, como para los compuestos químicos derivados de los carragenanos. Aunque los mayores índices en lípidos y proteínas se concentran en otoño–invierno, en el caso de los carragenanos los máximos se alcanzan en los meses de primavera–verano. Por otro lado, dentro de los componentes de los carragenanos, los valores de D-Galactosa y de sulfato esterificado, presentan sus máximos en otoño–invierno, mientras que los valores máximos de 3,6-anhidrogalactosa se observan en verano. Solo se presentan diferencias significativas en los valores de proteínas con las diferentes fases reproductivas y en el número de individuos a través de los meses del año. Uno de los resultados del rendimiento de carragenanos indica que dependiendo de la fase varió entre 14% para la fase vegetativa hasta 63% para fase cistocárpica.

Cian (2013), publicó su tesis doctoral “Aprovechamiento integral del alga *Phorphyra columbina*. Procesos de extracción de ficocomponentes (proteínas y polisacáridos). Estudio de sus propiedades bio y

tecno-funcionales”. En una parte de su tesis el autor define las condiciones de extracción para, por un lado, extraer las **ficobiliproteínas** y proteínas solubles a temperatura ambiente y por otro, los **ficocoloides** (**carragenanos** y **porfiranos**) libres de las proteínas anteriores. Para ello, se hizo un estudio de la solubilidad proteica del alga y se variaron las condiciones de extracción tales como: tiempo de centrifugación (30 – 150 minutos), tiempo de extracción (60 – 180 minutos) y pH de extracción (2,0; 7,0 y 12,0). Además, se estudió el efecto de un agente reductor sobre el proceso extractivo (0,1% P/P de sulfito de sodio), así como también la acción de celulasas y xilanasas. A partir de estos resultados, se obtuvo el proceso definitivo que consistió en una primera etapa de extracción en agua a temperatura ambiente y pH 7,0 durante 2 horas (Etapa I), seguida de una segunda etapa extractiva en agua a 95°C y pH 7,0 durante el mismo período de tiempo (Etapa II). El sobrenadante de la Etapa I se ultrafiltró (cut-off 10 kDa), obteniéndose así la fracción rica en ficobiliproteínas o fracción proteica (FP). Esta fracción fue hidrolizada con distintos sistemas enzimáticos (alcalasa, tripsina, alcalasa + tripsina y tripsina + alcalasa), obteniéndose así los hidrolizados correspondientes (HFP: A, T, AT y TA). Al sobrenadante de la Etapa II se lo denominó FF (fracción ficocoloides).

Salas et al. (2015), publicaron su investigación “Cuantificación de κ y λ – carragenanos a partir de macroalga *Chondracanthus chamissoi*”. Los autores indican que la obtención de κ -carragenano y λ -carragenano está en función de la selección adecuada de algas, identificación correcta de las fases de vida, control de parámetros como: temperatura, pH, tiempo y concentración de soluciones. El proceso de extracción se basa en la solubilidad en agua caliente e insolubilidad en solventes orgánicos polares. La fase gametofita es punto de partida para la producción de κ -carragenano y la fase esporofita se orienta a la producción de λ -carragenano. La capacidad gelificante (κ -carragenano) y el comportamiento viscosante (λ -carragenano) son características

que se aplican para gelificar o espesar sistemas acuosos. La fracción gelificante obtenida se empleó en la formulación de productos lácteos. El κ -carragenano obtenido en laboratorio reemplazó a Lactogel FL610 y Lactogel PS451 en la formulación de flan y pudín obteniendo excelente consistencia, textura, sabor, color y bajo en contenido de calorías. Puede emplearse como estabilizante en el procesamiento de néctares en reemplazo de carboximetilcelulosa. La leche chocolatada elaborada con λ -carragenano confirma que carragenanos provenientes de la fase de vida tetraspórica imparte mayor viscosidad a las suspensiones.

Freile, Robledo y Azamar (2016), presentaron su investigación “Carragenina de *Eucheuma isiforme* (Solieriaceae, Rhodophyta) de Yucatan, México. I. Efecto de las condiciones de extracción”. Los autores investigaron el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas de la carragenina de *Eucheuma isiforme* recolectada en la costa de Yucatan. El carragenano se extrajo bajo diferentes concentraciones de álcali (0, 1, 3, 5 y 7% de KOH) y duraciones de tratamiento (3, 4 y 5 h). La carragenina nativa, extraída sin KOH, tuvo el mayor rendimiento (44,6%) independientemente de la duración del tratamiento. Después del tratamiento con álcali, el rendimiento de carragenina osciló entre 35,3 y 31,8%. No se observaron diferencias significativas en el rendimiento de carragenina entre 1 y 3% de KOH. La carragenina nativa tenía valores de viscosidad bajos (39–57.0 cPs), mientras que la carragenina extraída con KOH al 1% a las 3 y 4 h aumentó la viscosidad (160.0–161.3 cPs). La carragenina tratada con álcali formó geles muy débiles (<50 g cm⁻²) en soluciones al 1.5%. El análisis químico y los espectros de FTIR revelaron un extracto preponderantemente de iota-carragenina. Las extracciones realizadas con KOH al 1% durante 3 h produjeron carragenina con propiedades adecuadas para ser consideradas como un sustituto de las fuentes tradicionales de iota carragenina.

1.2 BASE TEÓRICA CIENTÍFICA

1.2.1 MACROALGAS RHODOPHYTA (ALGAS ROJAS)

Las algas rojas fueron reconocidas como un grupo distinto por W. H. Hervey, en 1836, cuando las segregó como la subclase Rhodospirae de la clase Algae. Posteriormente (en 1855), las algas rojas fueron elevadas a la categoría de clase bajo el nombre de Rhodophyceae y los algólogos modernos generalmente consideran que estas algas constituyen una división, Rhodophyta (Wettstein en 1901). Las primeras contribuciones importantes al conocimiento de la estructura y clasificación de las algas rojas fueron hechas por C. J. Friedrich Schmitz en dos trabajos publicados en 1833 y 1889, y fue desde entonces que se reconocieron dos grupos importantes de algas: Bangiophyceae y Florideophyceae, y posteriormente la disposición actual de los órdenes de Florideophyceae fue desarrollada por Herald Kylin y publicados entre los años 1923 y 1932.

El color pardo rojizo viene dado por la existencia de biliproteínas (ficoeritrina y ficocianina principalmente), que contribuyen a enmascarar el color verde de la clorofila a y b. Como material de reserva, estas células acumulan almidón y su pared celular contiene, además de fibrillas de celulosa, galactanos sulfatados como el agar y los carragenanos. Son organismos eucarióticos presentes sobre todo en el medio marino, la mayoría son pluricelulares, aunque también hay especímenes unicelulares; constituyen el grupo más diverso entre las algas bentónicas (Santelices, 1991).

1.2.1.1 CLASIFICACIÓN

Dentro de las macroalgas se tiene la división Rhodophyta o algas rojas. La mayoría es multicelular, existiendo pocos géneros unicelulares. Entre las multicelulares predominan las formas filamentosas, pero

también formas parenquimatosas de aspecto foliáceo. Es común la organización filamentosa de aspecto cilíndrico que muchas veces simula un tipo de organización parenquimatosa (talo pseudoparenquimatoso). El crecimiento de la gran mayoría de las algas rojas filamentosas ocurre a través de una o más células apicales, mientras que, en las formas parenquimatosas, el crecimiento es difuso. Las algas filamentosas con crecimiento a través de una célula apical muchas veces presentan morfologías cilíndricas y bien desarrolladas. Cuando el crecimiento ocurre a través de varias células apicales, el talo está constituido por varios filamentos, cada uno de los cuales presenta una célula inicial apical, constituyéndose un sistema de crecimiento multiaxial. En estos dos tipos de crecimiento, las células del talo se presentan tan yuxtapuestas de modo que en un corte trasversal pueden ser confundidas con células de un parénquima, y en ellas es también posible visualizar una diferenciación entre células corticales y medulares.

De este grupo se han descrito entre 500-600 géneros y 5.000 - 5.500 especies distribuidas en una única clase, Rhodophyceae, y dos sub-clases, Bangiophycidae y Florideophycidae. En la Tabla 1 se presenta una clasificación simplificada de la división Rhodophyta.

Tabla 1

Clasificación de la División Rhodophyta de la Playa Chérrepe.

División	Orden	Familia	Género y especie
R	Ahnfeltiales	Ahnfeltiaceae	Ahnfeltia durvillaei (Bori)
H	Bangiales	Bangiaceae	Porphyra columbina Montagne
O			Porphyra pseudolanceolata
D			krishnamurthy
O			
P	Ceramiales	Delesseriaceae	Cryptopleura cryptoneuron (Montagne) W. R. Taylor
H		Rhodomelaceae	Polysiphonia paniculata Montagne
Y			
T			

A		Pterisiphonia pennata
	Wrangeliaceae	Griffitsia pacifica kylin

Corallinales	Corallinaceae	Corallina officinalis Linnaeus
Gelidiales	Gelidiaceae	Gelidium congestum W.R. Taylor
Gigartinales	Gigartinaceae	Gigartina glomerata M.A. Howe
		Chondrocanthus chamissoi (c. Agardh) kützing
	Phyllophoacea	Gymnogongrus furcellatus (c. Agardh)
Gracilariales	Gracilariaceae	Gracilaria peruana Piccone & Grunow
		Gracilariopsis lemaneiformis Acleto & Foldvik
		Gracylaria crispata Setchell
Halymeniales	Halymeniaceae	Grateloupia doryphora (Montagne) M. A. Howe
		Prionitis decipiens (Montagne) J. Agardh
Nemastomatales	Schizymeniaceae	Schizymenia binderi (J.Agardh ex kützing) J. Agardh
Rhodymeniales	Rhodymeniaceae	Rhodymenia californica
		Rhodymenia flabelifolia (Bory de Saint-Vincent) Montagne

Nota. Adaptado de “Estado actual de la Biodiversidad y Biomasa de Macroalgas en la playa Chérrepe- Provincia de Chepén, Mayo- Diciembre 2013” p.25, por Murillo, Y, 2013. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.2.1.1.1 **Ahnfeltiopsis durvillei (Bory) P.C. Silva & De Cew = Ahnfeltia durvillei (Bory) J.Agardh**

Distribución Geográfica: puerto Malabrigo, Chérrepe, playas Salaverry, Uripe-Salaverry y Las Delicias, Punta frente a la isla de Chao, Puerto Eten, Playa la Farola.

Ecosistema: Saxícola, zona de rompiente. Intermareal. Mesolitoral. -8 m.

Utilidad: Recurso industrial como fertilizante. (Murillo, 2013).



Figura 1: Ahnfeltiopsis durvillei (Bory) P.C. Silva & De Cew. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.2 Pyropia columbina (Montagne) W.A. Nelson = Porphyra columbina Montagne

Distribución Geográfica: puerto Chicama, Salaverry, Las Delicias, punta frente a la isla de Chao, en Lambayeque: Chérrepe.

Ecosistema: Arenícola, epizoica, saxícola. Intermareal. Mesolitoral. Hasta -10 m.

Utilidad: Macroalga alimenticia en países Asiático, conocida mundialmente con el nombre de Nori, también tiene efecto antioxidante. (Murillo, 2013).



Figura 2: Porphyra columbina Montagne. Recuperado de “Estado actual de la Biodiversidad y Biomasa de Macroalgas en la playa Chérrepe- Provincia de Chepén, Mayo- Diciembre 2013”, por Murillo, Y. 2013. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.2.1.1.3 Pyropia pseudolanceolata (V.Krishnamurthy) S.C. Lindstrom = Porphyra pseudolanceolata V.Krishnamurthy.

Distribución Geográfica: puerto Malabrigo, Chérrepe.

Ecosistema: Arenícola, saxícola. Intermareal. Mesolitoral. -8 m.

Utilidad: Alimenticia en el continente Asiático y contiene efecto antioxidante. Se debe precisar que las especies del género *Porphyra* son empleadas como alimento en Oriente bajo el nombre de “nori”, lo

cual ha dado lugar a la práctica de la agricultura marina, dando ocupación a numerosas personas.

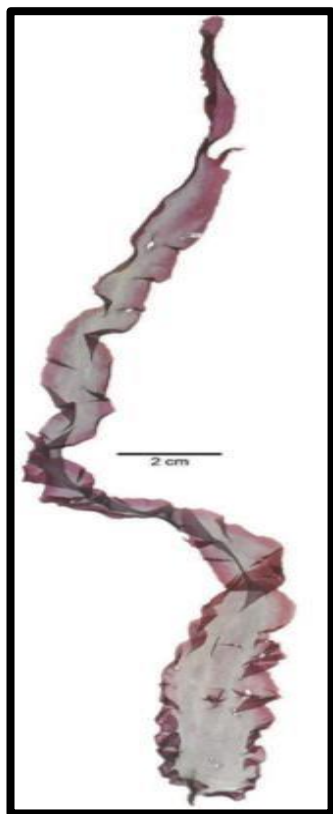


Figura 3: Pyropia pseudolanceolata (V.Krishnamurthy) S.C. Lindstrom *Gelidium congestum* W.R. Taylor. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.4 Cryptopleura cryptoneuron (Montagne) W.R. Taylor =

Cryptopleura ramosa (Hudson)

Distribución Geográfica: puerto Malabrigo, puerto Pacasmayo, Huanchaco. Puerto Eten, Playa La Farola, Chérrepe, Pimentel.

Ecosistema: Epífita, saxícola. Intermareal, submareal. Mesolitoral inferior, infralitoral. -15 m.

A menudo pueden comportarse como epifitas (e.g.: *Gigartina*) durante su distribución zonal formando grupitos cespitosos, los cuales

cubren áreas bastante amplias, y es en esta época, en que los pequeños brotes pueden aparecer epifitos.



Figura 4: *Cryptopleura cryptoneuron* (Montagne) W.R. Taylor. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.5 Neosiphonia paniculata (Montagne) J.N. Norris = Polysiphonia paniculata Montagne

Distribución Geográfica: puerto Malabrigo, playas Huanchaco y Las Delicias, Puerto Eten, Chérrepe, Pimentel.

Ecosistema: Epífita, saxícola. Intermareal. Mesolitoral inferior. - 10 a -12 m.

Nombre vulgar: “alga”, esta especie comúnmente es saxícola, pero también en época de propagación y abundancia de la especie puede encontrarse como epífita.

Utilidad: En medicina natural. (Murillo, 2013)



Figura 5: Neosiphonia paniculata (Montagne) J.N. Norris. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.6 Xiphosiphonia pennata (C. Agardh) Savoie & G.W. Saunders
= *Pterosiphonia pennata* (C.Agardh) Sauvageau = *Ceramium pennatum* Roth

Distribución Geográfica: puerto Malabrigo, cerro de Dos Cabezas, Salaverry, Las Delicias. Puerto Eten, Chérrepe, Playa Las Rocas.

Ecosistema: Epífita, saxícola. Submareal. Mesolitoral inferior, infralitoral. -12 a -15 m.

Utilidad: En Medicina natural. (Murillo, 2013)



Figura 6: Xiphosiphonia pennata (C. Agardh) Savoie & G.W. Saunders. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.7 Griffithsia pacifica Kylin

Distribución Geográfica: Puerto Eten, Chérrepe, puerto Pacasmayo.

Ecosistema: Saxícola. Submareal. Infralitoral. -15 m.



Figura 7: Griffithsia pacifica Kylin. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.8 Corallina officinalis Linnaeus = Polysiphonia paniculata Montagne

Distribución Geográfica: puerto Malabrigo, Chérrepe, Puerto Pascamayo, Salaverry. Puerto Eten, Pimentel, San José, Playa Las Rocas.

Ecosistema: Saxícola. Submareal. Infralitoral. -12 hasta -15 m.

Utilidad: Uso medicinal. Especie típicamente saxícola, común, encontrada siempre sobre sustratos duros. Algunos autores manifiestan que esta especie ha sido empleada en medicina desde tiempos medievales por sus propiedades vermífugas.



Figura 8: *Corallina officinalis*. Recuperado de “<https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1364>”

1.2.1.1.9 *Gelidium congestum* W.R. Taylor

Distribución Geográfica: puerto Malabrigo, puerto Pacasmayo, Huanchaco, Las Delicias. Puerto Eten, Chérrepe, Playa Lobos, San José.

Ecosistema: Saxícola. Intermareal. Mesolitoral. -5 m.

Utilidad: Extracción de carragenanos. (Murillo, 2013).



Figura 9: Gelidium congestum W.R. Taylor. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.10 Chondracanthus glomeratus (M. Howe) Guiry) = Gigartina glomerata M. Howe = Gigartina glomerata M.A.Howe

Distribución Geográfica: Puerto Eten, Pimentel, Las Rocas, Chérrepe. Puerto Chicama, Chérrepe, playa Las Delicias, Punta frente a la isla de Chao.

Ecosistema: Arenícola, saxícola. Intermareal. Mesolitoral. -5 m.

Utilidad: Materia prima para la producción de carragenina. (Murrillo, 2013)

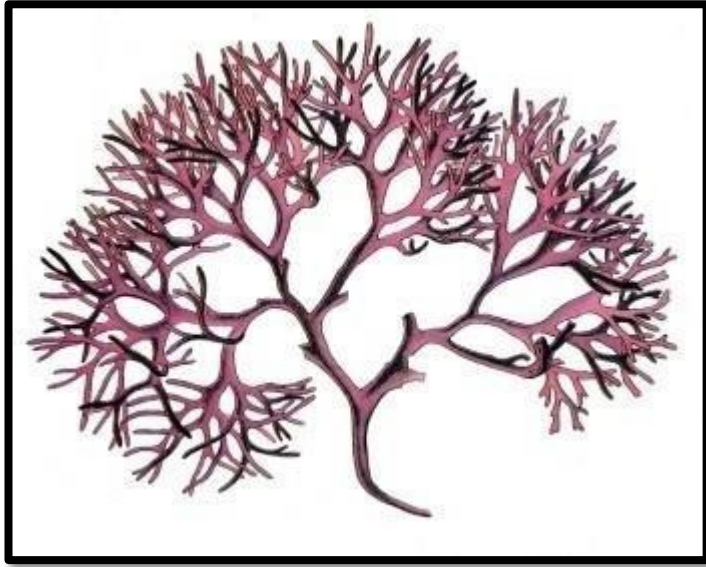


Figura 10: *Chondracanthus glomeratus* (M. Howe) Guiry. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.11 *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing) = *Sphaerococcus chamissoi* C.Agardh 1820 = *Gigartina chamissoi* (C.Agardh) J.Agardh 1842 = *Chondroclonium chamissoi* (C.Agardh) Kützing 1849

Distribución Geográfica: puerto Chicama, Chérrepe, puerto Pascamayo, Puémape, cerro Dos Cabezas, Huanchaco, Uripe-Salaverry, Salaverry.

Ecosistema: Saxícola. Intermareal, submareal. Mesolitoral, infralitoral. -8 m.

Nombre vulgar: “cochayuyo”, “mococho”, “yuyo”.

Utilidad: Uso en la alimentación humana, forrajera, materia prima para la producción de carragenina. (Murillo, 2013). Es un recurso hidrobiológico muy utilizado en la alimentación local diaria, se emplea fresco o cocinado, preferentemente en platos típicos como “cebiche”, “cangrejos reventados”, arroz con mococho y papas, etc.



Figura 11: Chondracanthus chamissoi (C. Agardh) Kützing. . Recuperado de “Estado actual de la Biodiversidad y Biomasa de Macroalgas en la playa Chérrepe- Provincia de Chepén, Mayo- Diciembre 2013”, por Murillo, Y. 2013. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.2.1.1.12 Asterfilopsis furcellata (C. Agardh) M.S. Calderón & S.M.

Boo = *Gymnogongrus furcellatus* (C.Agardh) J.Agardh = *Ahnfeltiopsis furcellata* (C.Agardh) P.C.Silva&DeCew, 1992

Distribución Geográfica: puerto Malabrigo, Chérrepe, playas Huanchaco, Las Delicias, Salaverry, Uripe-Salaverry, Punta frente a la isla de Chao, puerto Morín. Puerto Eten, Pimentel Chérrepe, Las rocas, San José.

Ecosistema: Saxícola. Intermareal. Mesolitoral inferior. -10 m.

Utilidad: Materia prima para la producción de carragenina. (Murillo, 2013).

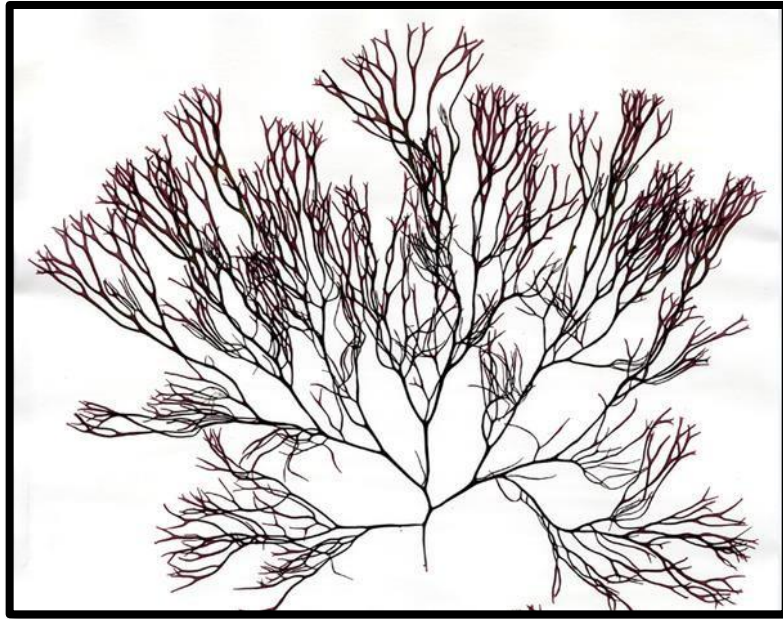


Figura 12: Asterofilopsis furcellata (C. Agardh) M.S. Calderón & S.M. Boo. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.13 *Gracilaria peruana* Piccone & Grunow

Distribución Geográfica: Playa Chérrepe

Ecosistema: En la Zona intermareal.

Utilidad: Desconocida. (Murillo, 2013).



Figura 13: Gracilaria peruana Piccone & Grunow. Recuperado de “Estado actual de la Biodiversidad y Biomasa de Macroalgas en la playa Chérrepe- Provincia de Chepén, Mayo- Diciembre 2013”, por Murillo, Y. 2013. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.2.1.1.14 Gracilariopsis lemaneiformis (Bory de Saint-Vincent) E.Y.

Dawson, Acleto & Foldvik = *Gigartina lemaneiformis* Bory de Saint-Vincent 1828 = *Gracilaria lemaneiformis* (Bory de Saint-Vincent) Greville 1830 = *Cordylecladia lemanaeformis* (Bory de Saint-Vincent) M.A.Howe 1914

Distribución Geográfica: puerto Malabrigo, Playa Chérrepe-Bayovar, puerto Pacasmayo, Puémape.

Ecosistema: Arenícola. Intermareal. Mesolitoral. -1 m.

Nombre vulgar: “tallarín de mar”, “pelillo”, “pelo de indio”.

Utilidad: Se utiliza principalmente en la industria alimenticia y como materia prima para la elaboración de agar. (Murillo, 2013). Esta especie se caracteriza por albergar algas epifitas.



Figura 14: Gracilariopsis lemaneiformis (Bory de Saint-Vincent). Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.15 *Gracilaria crispata* Setchell

Distribución Geográfica: Piura, Lambayeque y La Libertad.

Ecosistema: En la Zona Intermareal y submareal.

Utilidad: materia prima para la extracción de carragenina. (Murillo, 2013)



Figura N° 15. *Gracilaria crispata* Setchell. Recuperado de “Estado actual de la Biodiversidad y Biomasa de Macroalgas en la playa Chérrepe- Provincia de Chepén, Mayo- Diciembre 2013”, por Murillo, Y. 2013. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.2.1.1.16 Grateloupia doryphora (Montagne) M. Howe

Distribución Geográfica: puerto Malabrigo, Chérrepe, cerro Dos Cabezas, Salaverry, Punta frente a la isla de Chao.

Ecosistema: Saxícola. Intermareal, submareal. Mesolitoral, infralitoral. -12 hasta -15 m.

Ejemplar representativo: crece en zonas expuesta y semiexpuestas al oleaje, sobre rocas y charcas rocosas profundas del intermareal superior y medio.

Nombre vulgar: “*Cinta de mar*”.

Utilidad: Se le da uso farmacológico como antibacteriano ya que son productoras de sustancias bioactivas y como materia prima para la producción de carragenina. (Murillo, 2013).



Figura 16: *Grateloupia doryphora* (Montagne) M. Howe. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.17 Neorubra decipiens (Montagne) M.S. Calderón = Prionitis decipiens (Montagne) J. Agardh

Distribución Geográfica: puerto Chicama, Chérrepe, cerro Dos Cabezas, Uripe-Salaverry, Puémape. Puerto Eten, La Farola, Playa Lobos.

Ecosistema: Saxícola. Submareal. Infralitoral. -10 m.

Utilidad: Materia prima para la elaboración de forrajes. (Murillo, 2013).

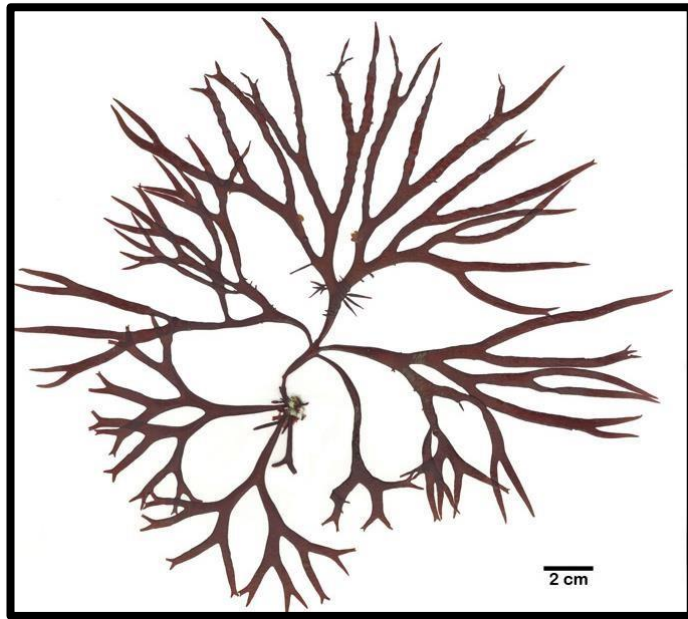


Figura 17: Neorubra decipiens (Montagne) M.S. Calderón. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.18 Schizymenia binderi (J.Agardh ex Kützing) J. Agardh

Distribución Geográfica: puerto Malabrigo, Chérrepe, Puémape.

Ecosistema: Saxícola. Intermareal, submareal. Mesolitoral inferior, infralitoral. -13 a -15 m.



Figura 18: Schizymenia binderi (J.Agardh ex Kützing) J. Agardh. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.19 Rhodymenia californica Kylin

Distribución Geográfica: puerto Malabrigo, Puémape, Huan-chaco. En Lambayeque: Chérrepe, Pimentel.

Ecosistema: Saxícola. Intermareal, submareal. Mesolitoral inferior, infralitoral. -12 a -15 m.

Nombre Vulgar: “alga”



Figura 19: Rhodymenia californica Kylin. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.1.20 Rhodymenia flabellifolia (Bory) Montagne = Dendrymenia flabellifolia (Bory de Saint-Vincent) Skottsberg, 1923

Distribución Geográfica: puerto Chicama, Puémape, cerro de Dos Cabezas, Uripe-Salaverry. Puerto Eten, Chérrepe, Pimentel, Playa las Roca, San José.

Ecosistema: Saxícola. Intermareal, submareal. Mesolitoral inferior, infralitoral. -12 a -15 m.



Figura 20: *Rhodymenia flabellifolia* (Bory) Montagne. Recuperado de “Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta”, por Norris, J. 2014. Smithsonian Institution Scholarly Press.

1.2.1.2 DISTRIBUCIÓN NACIONAL Y EN CHÉRREPE

Hay alrededor de 3500 especies de algas rojas, en su gran mayoría marinas; en aguas dulces se encuentran solamente unas 200 especies. Las algas rojas se encuentran en todos los océanos, pero son más comunes en regiones tropicales, especialmente en el Hemisferio Sur. Las especies marinas son casi siempre fijas y no libres; básicamente se hallan fijas a rocas u otro sustrato inorgánico, pero con frecuencia son epífitas en otras algas o parásitas de otras algas rojas. Algunas especies se localizan en la zona litoral; muchas otras están completamente sumergidas a profundidades hasta de 200 metros. Las algas rojas se encuentran a mayor profundidad que cualquier otro organismo fotosintético.

En el norte del Perú predominan las macroalgas Chlorophyta y Rhodophyta, las primeras están adheridas a la zona de rompiente mientras que las algas rojas están presentes en algunas zonas rocosas y presentan una distribución vertical muy amplia que va desde el mesolitoral hasta el infralitoral; en el Perú existen 228 especies de macroalgas de las cuales 160 son rojas, 31 pardas y 37 son verdes. (Li y Zafra, 2012).

Las playas de Chérrepe forma parte de las pampas de Chérrepe, hoy parte de las Regiones de La Libertad y Lambayeque (Figura 21). Dentro de esta zona se han realizado estudios sobre la presencia de algas Rhodophytas y a continuación se presenta una lista de las principales algas rojas o Rodophytas presentes en esa zona. La lista presentada corresponde a la investigación realizada por Rodríguez et al. (2018), para la revista Scientia Agropecuaria.

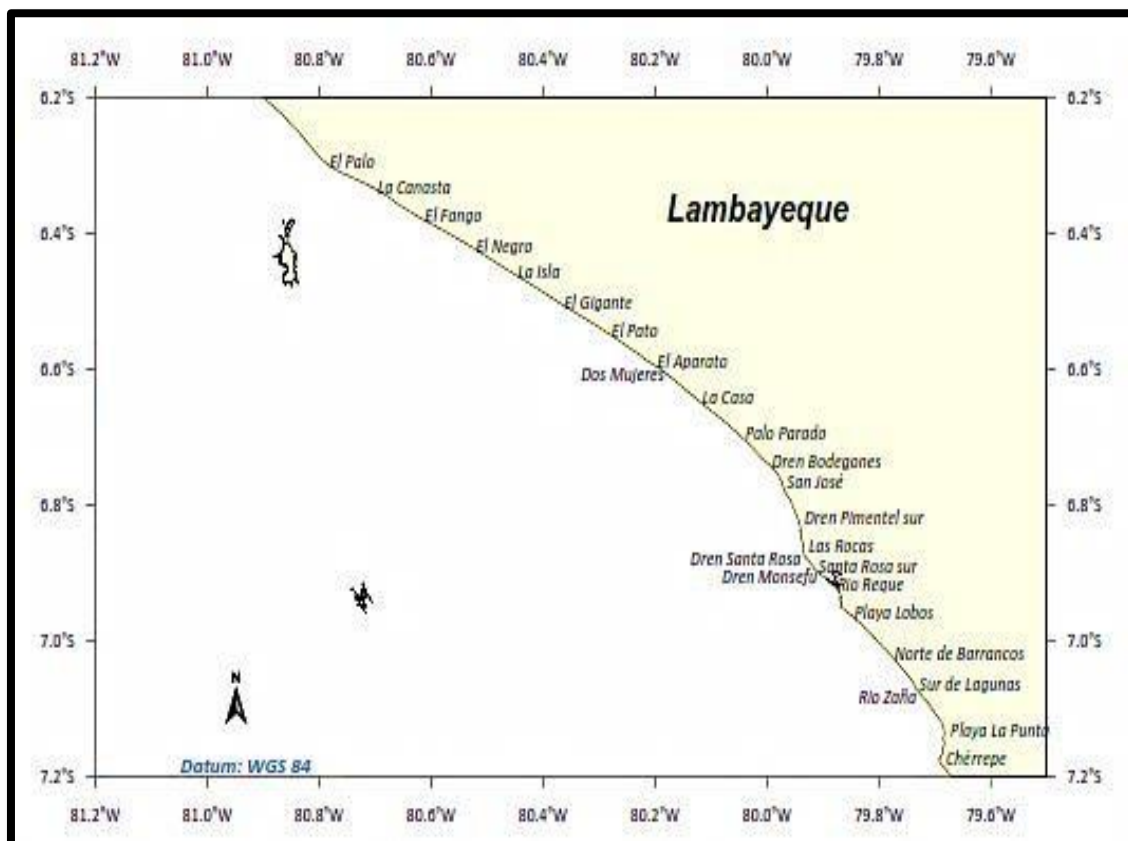


Figura 21: Ubicación de las Pampas de Chérrepe, Lambayeque. Adaptado de “Delimitación y caracterización de bancos naturales de invertebrados bentónicos comerciales y zonas de pesca artesanal en el litoral de la región Lambayeque” p. 6, por Cruz, J., Ramírez, P., **et al.**, 2009. (Informe) Instituto del mar del Perú-Sede Regional de Lambayeque.

1.2.2 CARRAGENANOS

Carragenina o más propiamente los carragenanos (dado que es una mezcla de varios polisacáridos), se encuentra relleno en la estructura de celulosa de las paredes celulares de algunas algas de varias familias de *Rhodophyceae* (algas rojas). *Chondrus crispus*, el alga tradicional productora de carragenano, conocida como "musgo irlandés", es de pequeño tamaño, y vive en aguas frías, estando distribuida en las costas del Atlántico Norte. Estas algas se han utilizado de forma tradicional en Irlanda desde hace al menos 600 años para fabricar postres lácteos, simplemente haciéndolas hervir en leche para que se liberen los carragenanos.

En el siglo XVIII, los irlandeses emigrados a EE. UU. encontraron algas semejantes que también podían utilizarse para las mismas aplicaciones. El nombre de carragenano procede supuestamente del lugar de Carrageen (Carragheen o Carrigeen), en el condado de Waterford, en Irlanda. Sin embargo, probablemente el nombre del lugar proceda a su vez de una expresión gaélica antigua para designar el alga, "co-sáinín carraige". El nombre de "furcellerano" se utilizó antiguamente para el carragenano obtenido de *Furcellaria*, pero actualmente está en desuso, al ser el mismo producto.

El carragenano se obtuvo por primera vez en forma pura en 1844, mediante extracción en medio alcalino y precipitación con alcohol, sistema que, entre otros, aún se utiliza. En la década de 1930 comenzó su producción industrial en Estados Unidos, que se expandió durante la Segunda Guerra Mundial, al no disponer de suministro de agar de Japón. En la Unión Europea le corresponde el código de aditivo alimentario E-407.

Los carragenanos forman parte de un grupo de polisacáridos sulfatados, que constituyen la estructura principal de ciertas variedades de

algas rojas, de la clase Rhodophyceae. Estos polímeros son fuertemente aniónicos debido a la presencia de grupos sulfatos, lo cual facilita su interacción con moléculas catiónicas y anfotéricas, como las proteínas, a su vez, se caracterizan por ser solubles en agua, formando soluciones de alta viscosidad y/o geles, por lo que son ampliamente utilizadas en diversos productos dentro de la industria alimentaria (Aларcon, 2003).

El carragenano (o la carragenina) ha sido objeto de muchos estudios de la dieta a largo plazo en condiciones reglamentarias definidas en el camino a su actual situación reglamentaria global. Mientras que algunos indican que el carragenano pasa de forma segura a través de los tractos gastro intestinales de ratas de laboratorio sin efecto adverso cuando es un ingrediente dietético.

1.2.2.1 TIPOS DE CARRAGENANOS

Existen tres tipos importantes de carragenano, designados cada uno de ellos mediante una letra griega, k, kappa, l, lambda, e i, iota. *Chondrus crispus* produce un carragenano que es mezcla de los carragenanos kappa e iota. También se obtienen carragenanos por recolección del alga *Furcellaria fastigiata* en las costas europeas del Atlántico Norte, de *Phyllophora nervosa* en el mar Negro, de algas del género *Hypnea* en las costas de Brasil, y de *Gigartina* en Argentina y Perú.

Estas algas son de gran tamaño. Desde la década de 1980, una parte muy importante de la producción mundial de carragenano se obtiene mediante cultivos de algas de las especies *Kappaphycus alvarezii* y *Eucheuma denticulatum* en las zonas costeras de Filipinas e Indonesia. Estas algas se cosechan cada tres meses.

El alga *Euchema spinosum* produce un carragenano en el que predomina el iota carragenano, lo mismo que *E. isiforme* y *E. uncinatum*. Las algas *Euchema cottonii*, *E. striatum*, *E. procrusteanum*, *E. procrusteanum* y *E. speciosum* producen un carragenano en el que predomina la kappa carragenano.

KAPPA - gel rígido, quebradizo, termorreversible, alta fuerza de gel, presenta sinéresis.

KAPPA-2– Híbrido mezcla de kappa-lambda.

IOTA - gel elástico, termorreversible, no presenta sinéresis, propiedad tixotrópica.

LAMBDA - soluble en frío, textura cremosa, no gelificante, produce altas viscosidades.

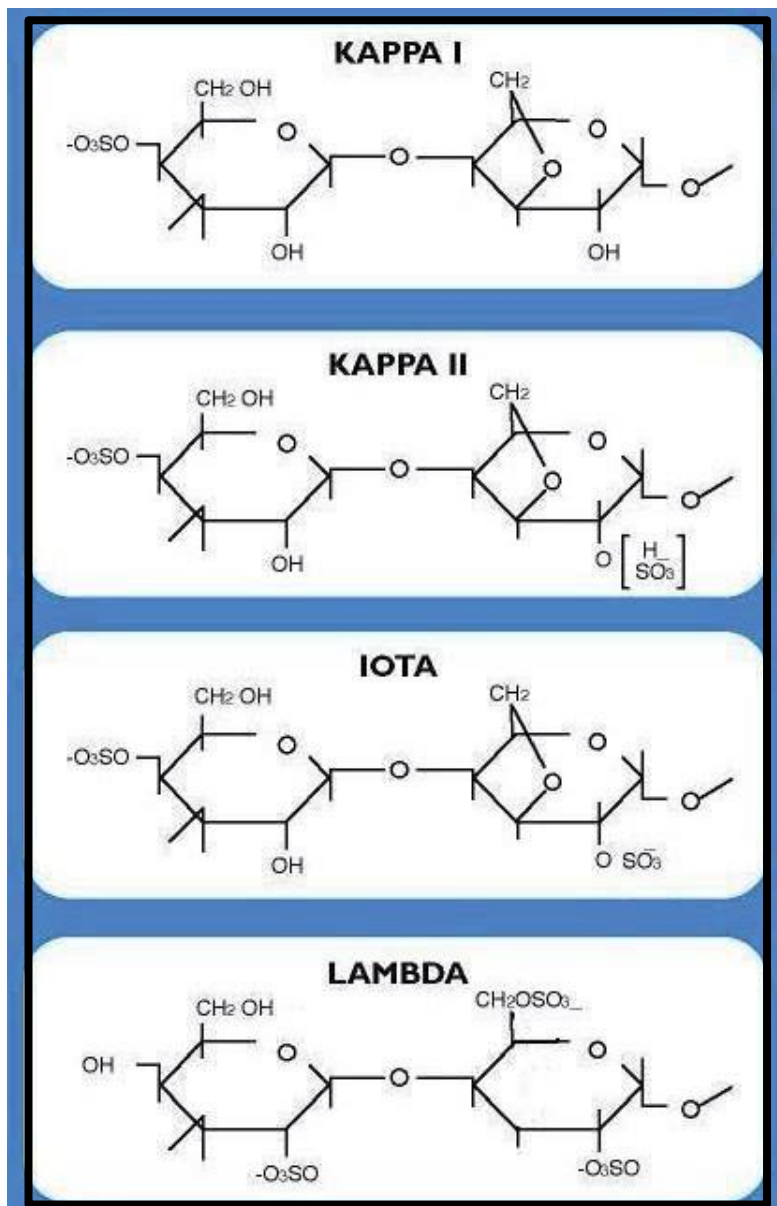


Figura 22: Tipos de Carragenina. Adaptado de “Factibilidad técnica-económica de una planta de carragenina Kappa I” p.26, por Mancilla, M, 2012. (Tesis de pregrado). Pontifica Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Ingeniería Química.

1.2.2.2 ESTRUCTURA DE LOS CARRAGENANOS

Los carragenanos están formados por unidades de galactosa y/o de anhidrogallactosa, sulfatadas o no, unidas por enlaces alternos a (1-3) y b (1-4). El peso molecular es normalmente de 300.000 a 400.000. La longitud de la cadena es importante, ya que, por debajo de 100.000

de peso molecular, el carragenano no es útil como gelificante. Dependiendo del grado de sulfatación, de las posiciones de los grupos sulfato y de la presencia de grupos de anhidrogalactosa se distinguen varios tipos de carragenano, con propiedades como hidrocoloides claramente distintas. A mayor proporción de grupos sulfato, la solubilidad es mayor, y a mayor proporción de grupos de anhidrogalactosa la solubilidad es menor. Aunque existen alrededor de una docena de tipos, los más importantes son los carragenanos k, i y l.

El carragenano kappa (k) está formado por unidades alternas de galactosa con un grupo sulfato en el carbono 4 y unidades de anhidrogalactosa sin sulfatar.

El carragenano iota (i) está formado por unidades alternas de galactosa con un grupo sulfato en el carbono 4 y de anhidrogalactosa con un grupo sulfato en el carbono 2.

El carragenano lambda (L) está formado por unidades alternas de galactosa con un grupo sulfato en el carbono 2 y de anhidrogalactosa con dos grupos sulfato, uno en el carbono 2 y otro en el carbono 6

Tanto el k -carragenano como el i - carragenano son capaces de formar geles. A temperaturas elevadas, las cadenas se encuentran desenrolladas y dispuestas al azar. Al bajar la temperatura, las cadenas de polisacárido se asocian por puentes de hidrógeno formando hélices dobles, quedando hacia el exterior los grupos sulfato y los puentes de la anhidrogalactosa. Estas interacciones no suelen ser suficientes para formar un gel, ya que las cargas de los grupos sulfato hace que las hélices se repelan. Dependiendo de la presencia de iones que neutralicen los sulfatos, y del tipo de carragenano, las hélices pueden agruparse entre ellas una vez formadas, produciéndose entonces primero la formación del gel, en el que las zonas desorganizadas son las que retienen la mayoría del agua, y eventualmente la compactación del gel y la sinéresis. (Mancilla, 2012).

1.2.2.3 PROPIEDADES FÍSICO –QUÍMICAS DE LOS CARRAGENANOS

El peso molecular de las carrageninas expresados en Kilo Dalton (KD), es de 100 a 300 KD para carragenina tipo Kappa 1, de 300 a 500 KD para Kappa 2, de 500 a 700 KD para carragenina tipo Iota y finalmente superior a 700 KD para las carrageninas de tipo Lambda, el KD está relacionado con la masa atómica del oxígeno y es equivalente a las unidades de gr/gr-mol. La apariencia de las carrageninas como producto final, es un polvo de color blanco crema que presenta buena fluidez y forma soluciones transparentes, inodoras e insípidas con agua.

Tabla 2:

Características Físicas y Químicas de la Carragenina

Contenido y propiedades	Cantidad
Celulosa	<1%
Nitrógeno	<0.05%
Materia Insoluble en Ácido	<0.8%
Ceniza	<45%
Metales Pesados	<0.001%
Arsénico	<0.0002%
Humedad	<12%
Potasio	7%
Sodio	2%
Calcio	0.35%
Densidad	0.57-0.60 [gr/cm ³]
Viscosidad	10-20 [cP]
pH	7-10
Granulometría (bajo malla #200)	>95%

Nota. Adaptado de “Factibilidad técnica-económica de una planta de carragenina Kappa I” p.13, por Mancilla, M, 2012. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Ingeniería Química.

1.2.3 APLICACIONES DE LOS CARRAGENANOS A NIVEL INDUSTRIAL

1.2.3.1 PROPIEDADES FUNCIONALES DE CARRAGENANOS

Las propiedades funcionales aportadas por los distintos tipos de carragenina permiten a los productos en las cuales son aplicadas éstas, obtener diferentes características. Estas propiedades funcionales, logran mejorar en el producto final varias particularidades propias como son; texturas, cohesividad, consistencia, permiten facilitar el corte, reducir la sinéresis y mejorar la apariencia en general. Además, es posible reducir costos en los sistemas en que son aplicadas y reemplazar, en cierta proporción, proteínas o grasas de la formulación manteniendo las propiedades del producto. Las principales propiedades funcionales de las carrageninas son las que siguen (Cernikova y Bunkaa, 2008)

1.2.3.1.1 Texturizante:

Las carrageninas tipo Kappa I, Kappa II e Iota producen geles estables en agua o leche a temperatura ambiente (sin necesidad de refrigeración). Las mezclas entre los diferentes tipos de carragenina permiten obtener una amplia gama de texturas, desde geles firmes y quebradizos hasta suaves y cremosos.

1.2.3.1.2 Retenedor de Humedad:

Debido a la capacidad de formación de gel, las carrageninas permiten retener humedad en productos que son sometidos a procesamiento o tratamientos térmicos, mejorando y extendiendo el tiempo de conservación del producto y aumentando su rendimiento.

1.2.3.1.3 Suspensión:

Las carrageninas tipo Kappa I y Kappa II, a bajas concentraciones, forman un gel imperceptible capaz de suspender sólidos en leche y también en agua.

1.2.3.1.4 Espesante:

Las carrageninas tipo Kappa II e Iota son agentes espesantes en agua o leche en caliente; mientras que las de tipo Lambda son agentes espesantes en productos que se preparan mediante disolución en frío.

1.2.3.1.5 Estabilización:

Gracias a la capacidad de gelificación y a la fuerte interacción electrostática, las carrageninas tienen la capacidad de estabilizar emulsiones. Debido a su alta especificidad son los únicos agentes capaces de estabilizar sin modificar la textura del sistema.

1.2.3.1.6 Viscosidad:

Las distintas carrageninas forman con el agua soluciones con características pseudoplásticas, la viscosidad está estrechamente relacionada con el tipo de carragenina que se esté tratando, el peso molecular promedio y la concentración de carragenina que se use en la solución preparada. La carragenina Lambda es la que aporta mayor viscosidad, luego aparece Iota, seguida de Kappa II. Finalmente, la carragenina Kappa I produce muy escasa viscosidad.

1.2.3.1.7 Solubilidad:

La solubilidad está determinada por la acción hidrofílica de los ester de sulfato y en menor grado por los grupos de AG que tienen características hidrofílicas más baja. Por lo anterior la carragenina Lambda es la más soluble, ésta propiedad disminuye en las carrageninas de la forma que sigue; Iota, Kappa II y Kappa I. La carragenina Lambda se disuelve en agua a temperatura ambiente, esto es posible gracias a que no tiene en su estructura grupos AG. Por otro lado, las carrageninas tipo Kappa e Iota necesitan de calor para lograr disolverse. Las fracciones Kappa deben alcanzar cerca de 80 °C y la Iota

sobre 40 °C, en solución acuosa para disolverse. Las sales presentes en los grupos ester sulfatos afectan la solubilidad, algunas sales no necesitan calor para disolverse como es el caso de sales de sodio, éstas son más solubles que las sales de potasio, las cuales sin temperatura no se disuelven completamente. Los solutos presentes en la solución en concentraciones considerables bajan la solubilidad de las carrageninas, ya que estos comienzan a competir por el agua presente. Las carrageninas alcanzan su solubilización total a los 80 °C.

Tabla 3
Solubilidad de los carragenanos.

	Leche		NaCL	Azúcar
	80°C	20°C	10%	50%
Kappa	++	-	-	+
Iota	++	-	-	+
Lambda	++	+	+	++

Nota. Adaptado de “Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production” p.116, por Cernikova, M., Bunka, F., et al., 2010. International Dairy Journal.

1.2.3.1.8 Gelificación:

Luego de alcanzar su total solubilización con temperatura, durante el proceso de enfriamiento se manifiesta una fuerte ligazón de hidrógeno, la que permite la aparición de cadenas tipo doble hélice, que se ordenan linealmente en presencia de cationes para así dar paso a una formación helicoidal tridimensional, generando una “textura de gel” en el medio acuoso. Todas las carrageninas forman geles a bajas concentraciones con la excepción de la carragenina Lambda, la que no forma geles. En el agua la concentración de las carrageninas es de sobre un 0,5 % para formar geles y en la leche debe sólo ser superior a 0,2 %. La leche no necesita iones para que gelifiquen las carrageninas pero en agua se requiere la presencia tanto de iones de potasio

como también iones de calcio. Los geles producidos por las carrageninas pueden ser sometidos a series de ciclos de calentamiento y enfriamiento, sin manifestar una considerable pérdida de su estructura.

1.2.3.1.9 Sinergismo:

Las carrageninas Kappa son sinérgicas con algunos galactomananos como la harina de Konjac y la goma de Algarrobo, en su estado semi-refinado o clarificado. Este sinergismo se demuestra en un gel con baja sinéresis (ésta es la exudación de agua, de un sistema sólido) y fragilidad reducida, lo que deriva en un gel duro y elástico, pese a que ambas gomas no gelifican por si solas. En sistemas donde está presente el almidón el sinergismo proviene de la interacción de éste con la carragenina Iota para producir un aumento de al menos diez veces el valor de viscosidad alcanzado si solo estuviese actuando el almidón.

1.2.3.1.10 Interacción con Proteínas:

La propiedad más importante o una de las de mayor relevancia de la carragenina, es su capacidad de hacer que complejos proteínicos de la leche, formen estructuras alimenticias modificadas. En términos generales se explica que la interacción entre carragenina y proteína, tiene dos mecanismos: Atracción Electrostática y Formación de Puentes Bivalentes. En el primer mecanismo se ha encontrado que las carrageninas kappa poseen una poderosa red de carga positiva, en la primera parte de su molécula. Los aminoácidos ordenados tienen una red de carga positiva, ubicado en la superficie de la micela de caseína, esta carga permite la atracción fuertemente de grupos sulfato negativos adjuntos a la cadena de la carragenina, los cuales reaccionan formando enlaces entre ellos. De todas las fracciones de proteína en la leche, la caseína kappa es la más reactiva. En el segundo mecanismo (Formación de Puentes Bivalentes), se produce una formación de puentes bivalentes entre el grupo ester sulfato de la carragenina y un grupo car-

boxilo contenido en el complejo aminoácido, que constituye la macromolécula proteínica de la leche. Estos puentes forman un gel acuoso donde la carragenina capta las moléculas de agua. De todas maneras, la interacción carragenina-proteína, es una combinación de los dos mecanismos, los que ayudan a estabilizar la emulsión de la leche.

1.2.3.1.11 Interacción con Sales:

Las carrageninas Kappa sufren fuertes reacciones con sales como lo son las de calcio y potasio, éstas aumentan la dureza, sinéresis y temperatura de gelificación de sus geles en sistemas de agua. Por otro lado, las sales de sodio y potasio que vienen de citratos o fosfatos actúan ayudando en la solubilidad tanto en frío como en caliente a las carrageninas, bajando la viscosidad de los sistemas. También colaboran con la estabilidad de las carrageninas en medios ácidos.

1.2.3.1.12 Estabilidad pH:

El mejor rango de pH para el comportamiento de la carragenina, está entre 4 y 10, siendo el nivel ideal para la mayoría de los sistemas alimenticios. Por debajo de pH 7, las fallas en el comportamiento son aceleradas, por el efecto de la temperatura y por reducciones mayores del pH, pero existen varios métodos aplicables, para minimizar este efecto indeseable del pH en la aplicación de las carrageninas. Con técnicas HTST (alta temperatura, tiempo corto), UHT (ultra alta temperatura) y sistema de llenado aséptico, se logra minimizar este tipo de problemas.

1.2.3.1.13 Tixotropía:

La carragenina Iota presenta un comportamiento tixotrópico, es decir, que el esfuerzo de corte disminuye con el tiempo, esta conducta hace posible que la carragenina sea capaz de recuperar su forma de gel, luego de aplicado un esfuerzo de corte o agitación que haya producido alguna rotura en su estructura.

1.2.3.1.14 Sinéresis:

Las carrageninas son capaces de reducir la sinéresis, fenómeno que se observa en la coagulación de las disoluciones coloidales, la cual es seguida durante un tiempo más o menos prolongado, de una exudación del líquido contenido por el coágulo o jalea, y éste, al mismo tiempo que endurece, disminuye progresivamente de volumen de algunos productos lácteos. La sinéresis es determinada como la diferencia de peso de un gel, antes y después un período de refrigeración.

En resumen, las propiedades de las carrageninas son amplias y específicas para cada una de ellas.

Kappa I: Debido al alto contenido de 3,6 AG forma geles firmes y quebradizos en agua y leche con cierta sinéresis. Buen retenedor de agua.

Kappa II: Forma geles firmes y elásticos en agua y leche. Baja sinéresis y muy alta reactividad con leche.

Iota: Forma geles elásticos en agua y leche con baja sinéresis. Buena estabilidad a ciclos de congelado y descongelado (enfriamiento y calentamiento).

Lambda: Por la ausencia de 3,6 AG, ésta no gelifica y debido a su alto grado de sulfatación es la fracción más soluble en agua y leche fría, impartiendo a estos sistemas alta viscosidad.

1.2.3.2 APLICACIONES INDUSTRIALES

A raíz de las propiedades funcionales que poseen las carrageninas, éstas son utilizadas principalmente en las industrias del tipo; ali-

mentaria, farmacéutica y cosmética. En productos tales como: mermeladas, jugos de fruta, carnes procesadas (hamburguesas, nuggets), postres de gelatina, pasta de dientes y cervezas entre otros.

1.2.3.2.1 Productos Cárnicos:

En estos productos las carrageninas cumplen funciones diversas tales como gelificar, dar textura, ligar jugos y salmueras, controlar sinéresis, mejorar la idoneidad de la pieza para ser cortada en trozos y la capacidad de sustituir grasas y proteínas.

1.2.3.2.2 Productos Lácteos:

Es especial en estos productos la sinergia que se da entre la carragenina y las proteínas de la leche, convierte al primero en un producto fundamental para un amplio campo de aplicaciones dentro del sector lácteo. Entre los beneficios del uso de las carrageninas en los productos lácteos se encuentra la mejora de la calidad organoléptica del producto, el incremento de su periodo de vida y la reducción de costos de producción. la carragenina es un producto sustituto más económico que los hidrocoloides ya existentes.

1.2.3.2.3 Productos Geles de Agua:

Gelificar los productos de agua, controlar sus texturas, mejorar la moldeabilidad y la liberación del sabor de las gelatinas de fruta, sustituir la gelatina o reducir el riesgo de sinéresis en el producto final, son algunas aplicaciones donde la carragenina es la solución más eficiente.

1.2.3.2.4 Productos No alimenticios:

La carragenina tiene variadas aplicaciones fuera del sector alimentario, como en pastas de dientes, clarificación de cervezas, productos cosméticos, remedios o ambientadores (barras de aerosoles), en los que se utiliza para controlar sus texturas y fluidez, para alargar su periodo de vida o para reducir los costos de producción.

Tabla 4

Aplicación de carragenanos en sistemas acuosos.

Aplicación	Función	Carragenina	Nivel de uso (%)
Gelatinas que cuajan sin refrigerar	Gel	kappa+kappa2+iota kappa+iota+algarrobo	0.5-1.0
Geles bajos en calorías	Gel	kappa+kappa2+iota	0.5-1.0
Puddings	Emulsión/estabilidad	Kappa	0.1-0.3
Jarabes	Suspensión/cuerpo	Kappa + lamba	0.3-0.5
Salsas BBQ y pizza	Cuerpo	Kappa	0.2-0.5
Cremas batidas	Emulsión/estabilidad	Kappa+kappa2	0.1-0.3
Sustitutos de crema	Emulsión/estabilidad	Lambda	0.1-0.2
Alimento para mascota	Espesante, suspensión, gel, estabilización de grasa.	Iota+goma guar Kappa+algarrobo	0.5-1.0

Nota. Adaptado de “Iota-carrageenan/casein micelles interactions: Evidence at different scales.” p.177, por Garnier, C., Michon, C., et al., 2003. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.

1.2.4 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE CARRAGENINA

Existen dos métodos diferentes para producir carrageninas, basados en principios diferentes. El método original y único usado hasta muy entrado los años 70' y comienzo de los 80', consta básicamente de la extracción de la carragenina a partir de una solución acuosa de alga marina, el residuo del alga marina se separa por filtración y entonces la carragenina se recupera de la solución, luego de diversos procesos la solución se transforma en un sólido seco en polvo. Estos tipos de procesos suministran como resultado Carrageninas Refinadas (RC). En el segundo método, la carragenina no se extrae directamente del alga marina, el proceso comienza con un lavado alcalino del alga marina, con lo cual se disolverá todo excepto la carragenina y otro material insoluble. Este residuo insoluble es principalmente carragenina y celulosa, luego este residuo se seca y se vende como Carragenina Semi-refinada (SRC). (Hernández y Freile, 2013).

1.2.4.1 CARRAGENINAS REFINADAS (RC)

Los procesos para producir RC, comienzan de formas muy similares, el primer paso corresponde al lavado del alga marina para quitar arena, sales y otras materias residuales. Luego el alga lavada se mezcla con una solución alcalina a alta temperatura durante varias horas. El álcali se usa para generar el cambio químico que entrega como resultado el producto final, quita algunos de los grupos sulfatos de las moléculas y promueve la formación de 3,6AG, el aumento de este último compuesto proporciona mayor fuerza gel a la carragenina. La solución resultante pasa por un filtro de presión que usa tierras filtrantes. En esta fase, la solución contiene un 1% de carragenina y ésta se concentra aproximadamente hasta un 3 a 4%. Luego de la concentración la solución es precipitada con alcohol o con una sal, el precipitado se prensa para enseguida pasarlo a una etapa de secado y posterior molienda.

Existen dos procesos comerciales para obtener las RC, éstos son: Alcohol Press y Gel Press. A continuación, se mostrará un diagrama de bloques donde se aprecia cada etapa de los procesos, diferenciando solo en la sección de precipitación al proceso de Gel Press y Alcohol Press.

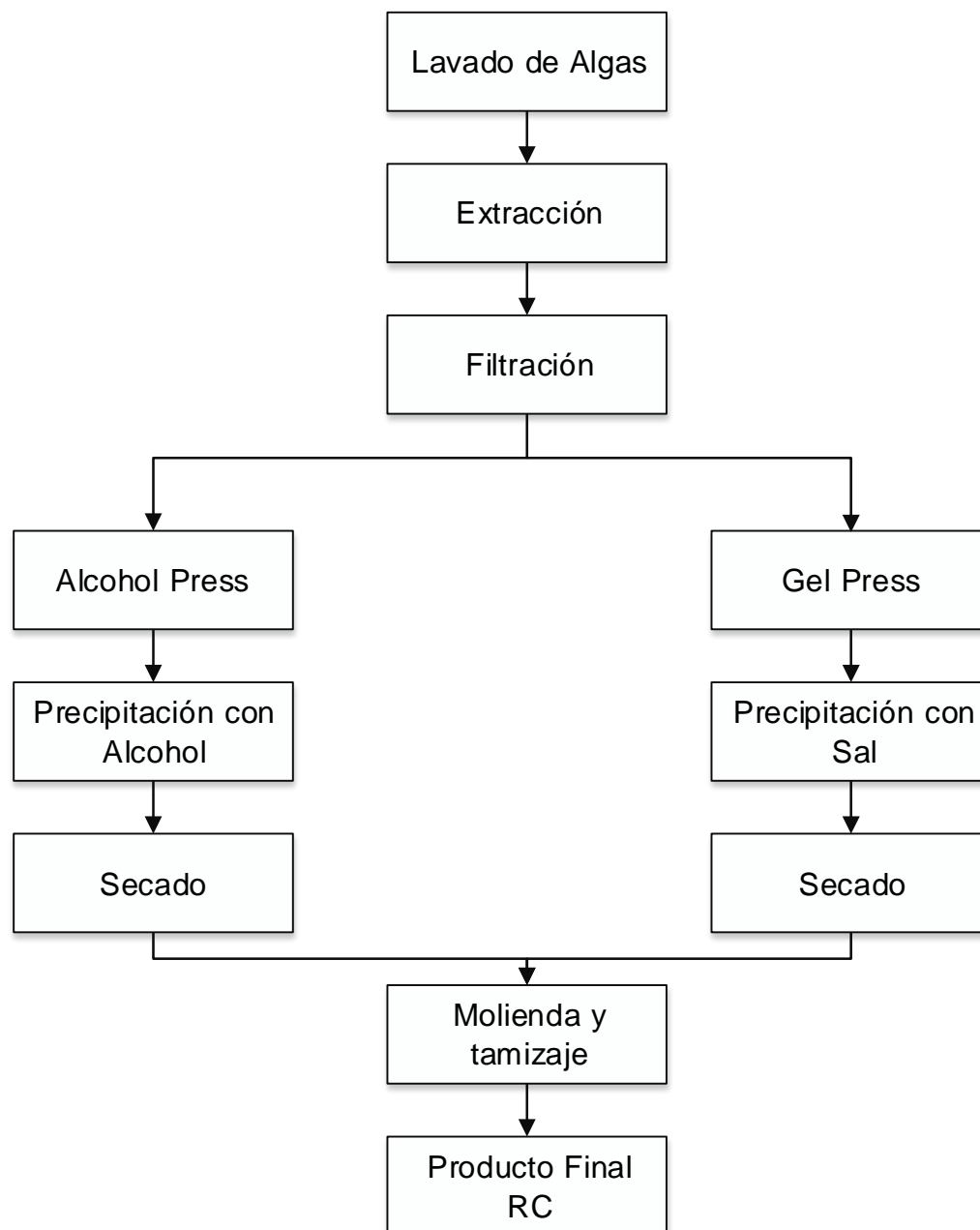


Figura 23: Diagrama de bloques: Gel Press y Alcohol Press. Adaptado de “Factibilidad técnica-económica de una planta de carragenina Kappa I” p.53, por Mancilla, M, 2012. (Tesis de pregrado). Pontifica Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Ingeniería Química.

1.2.4.2 CARRAGENINAS SEMIRREFINADAS (SCR)

En este método la carragenina nunca se extrae realmente del alga marina. En la producción de SRC, el alga contenida en un estanque es mezclado con una solución alcalina durante aproximadamente

dos horas, para causar la modificación química del alga tal como se explicó en el caso de las RC. Luego de esto, el residuo que todavía se parece a el alga marina se lava varias veces para quitar el álcali. El alga marina tratada con álcali se pone a secar, en los climas calientes, como en Filipinas e Indonesia, normalmente esto se hace al aire libre en grandes superficies de concreto. Después de aproximadamente dos días se procede a disminuir el tamaño de partícula por medio de cortes simples y este producto es alimentado a un molino, para obtener un polvo que se vende como carragenina semirrefinada. A veces el producto seco no se muele y simplemente se corta en pedazos, y se vende como un material crudo o como materia prima para los procesadores de RC. A lo anterior se le conoce como Cottonii Tratado con Álcali (ATC) o Cottonii Cortado y Tratado con Álcali (ATCC). Los procesos anteriores de SRC han sido modificados hoy en día por productores filipinos para que estas carrageninas tengan alguna opción de competencia frente a las RC. El proceso continúa igual hasta el tratamiento alcalino y lavado con agua, después el producto se corta y trata con un blanqueador que generalmente es cloro comercial para quitar el color amarillento característico que presentan las SRC. Luego de lavar nuevamente para quitar cualquier resto del blanqueador, el producto es secado y molido. Si la cuenta bacteriana es muy elevada el producto se lava con alcohol seguido de una evaporación a vacío, o simplemente se trata con vapor sobrecalentado. Al proceso anterior se le denomina Calidad Natural Filipina (PNG) o Alga Marina Eucheuma Procesada (PES). Los procesos de carrageninas semirrefinadas anteriormente explicados se resumen en la siguiente Figura 24 con sus respectivos diagramas de bloques.

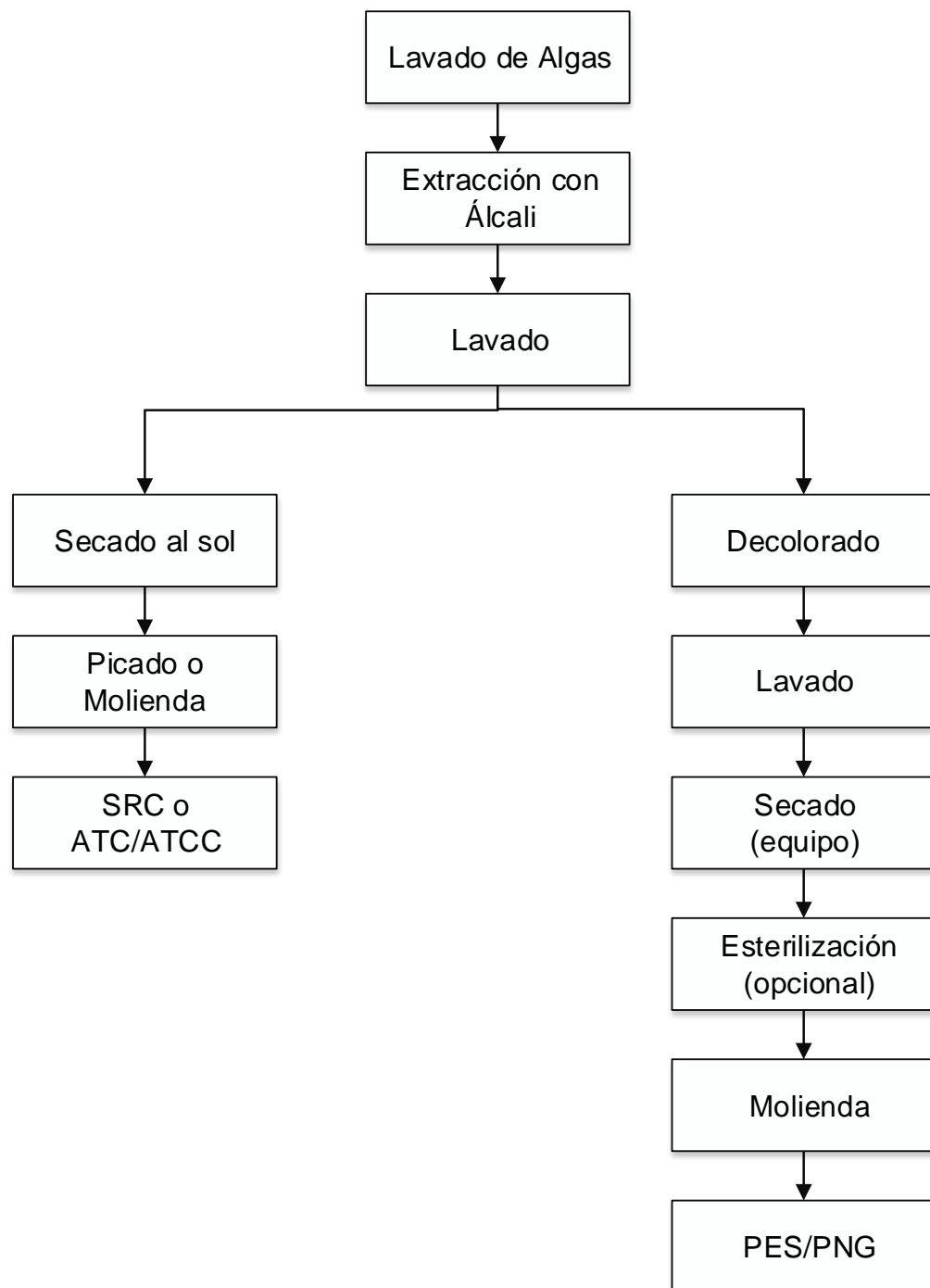


Figura 24: Diagrama de bloques: ATC/ATCC y PES/PNG. Adaptado de “Factibilidad técnica-económica de una planta de carragenina Kappa I” p.55, por Mancilla, M, 2012. (Tesis de pregrado). Pontifica Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Ingeniería Química.

1.2.4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN

1.2.4.3.1 Proceso Gel-Press

Esta tecnología proviene de la forma en que se procesa otro hidrocoloide, el agaragar, es esencialmente un proceso idéntico con pequeñas variaciones. Del proceso GelPress se obtienen RC del tipo Kappa I, y es por ello que este proceso sólo emplea como materia prima en su elaboración de carrageninas algas *Eucheuma Cottonii*. Hoy en día a nivel mundial es el proceso más usado por los productores, produce el tipo de carragenina más requerida por el mercado, superando el 60%. En lo que respecta al costo de implementación de una planta todos los procesos son equivalentes, pero éste necesita menos equipos anexos que sus similares, también utiliza una sal como reactivo para precipitar la carragenina lo cual implica que el costo de producción es menor en relación a la otra tecnología de producción de RC (alcohol-press).

En lo que concierne al marco de regulaciones, estas carrageninas están aprobadas en todos los mercados para ser consumidas como aditivos de alimentos, y usadas sin problemas en los otros sectores industriales, como por ejemplo en Estados Unidos son aprobadas por la Administración de Drogas y Comidas (FDA), y en la Unión Europea las RC son certificadas y etiquetadas como aditivos E-407

1.2.4.3.2 Proceso de Alcohol-Press

El proceso tradicional para la producción de carragenina es el proceso de precipitación de Alcohol-Press. Tiene la ventaja mayor de poder ocupar cualquier tipo de fuente del alga marina y a raíz de esto posee la facultad de producir todas las carrageninas comerciales existentes, es el único proceso que produce carragenina Lambda, y por ende solamente ocupa como materia prima para este tipo de carrage-

nina algas sudamericanas (*Gigartina Skottbergii*). El gran inconveniente de este tipo de proceso es el costo extra, ya que debido al uso de alcohol tiene que involucrar la instalación de equipos ininflamables y además debe invertir en un sistema de elementos agregados al proceso necesario para la destilación de alcohol, del que se requiere grandes volúmenes para realizar el proceso productivo. En lo relativo al marco regulatorio que debe enfrentar es equivalente al ya descrito para el proceso de Gel-Press.

1.2.4.3.3 Procesos de SRC

Estos procesos tienen el objetivo de lograr una producción de carragenina más económica, desarrollan y producen carrageninas que gelifican, Iota y Kappa I, utilizando para esto algas *Eucheuma Cottonii* y *Eucheuma Spinosum*. Las carrageninas producidas por procesos de semirefinación estaban en un comienzo dirigidas a la industria de alimentos de mascotas, no obstante, en estos últimos años las SRC (PES/PNG) han entrado en parte de las industrias de carne y de la lechería, en donde la claridad del producto obtenido no es un requisito. La ventaja principal de estos procesos es el costo bajo de producción ya que se evitan la etapa de filtración y precipitación. El problema que presentan estas carrageninas es la inutilidad en usos donde se requiere claridad de los productos finales como geles de aguas y también son muy pocos usados por industrias del ámbito farmacológico y biotecnológico. Otra dificultad de relevancia es que estos productos aún no son considerados como carrageninas aptas para consumo humano en algunos mercados, en Estados Unidos recién ahora se aprobó su comercialización como aditivo, pero no se etiqueta como carragenina, si no como carragenina PES, refiriéndose al proceso de semirefinación, por otro lado, la Unión Europea etiqueta estas carrageninas como E-407a, que indica el grado de semirefinación. (Guzman, 2014).

1.2.5 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Almidón:** Polisacárido compuesto fundamentalmente por glucosa el cual se puede separar en amilosa y amilopectina.
- **Celulosa:** Polisacárido compuesto de glucosa constituyente de la pared celular de los vegetales.
- **Cromatografía:** Conjunto de técnicas analíticas basadas en la separación de los componentes de una mezcla y su posterior detección.
- **Espesante:** Materia que se añade a una solución para darle viscosidad, una sustancia o de un agente que aumenta el espesor de una disolución.
- **Estabilizante:** Sustancia que se añade a una disolución o suspensión para mantener plenamente mezclados sus componentes.
- **Extracción:** La extracción es la técnica empleada para separar un producto orgánico de una mezcla de reacción o para aislarlo de sus fuentes naturales. Puede definirse como la separación de un componente de una mezcla por medio de un disolvente.
- **Gelificación:** La interacción entre caseína y carragenano no es responsable de la gelificación de los productos lácteos. Durante el enfriamiento, bajo la temperatura de gelificación, sectores de moléculas de carragenano forman la doble hélice como en los sistemas de agua, la cantidad necesaria de carragenina para gelificar un sistema lácteo es mucho menor que la cantidad necesaria para gelificar un sistema de agua.
- **Hidrocoloide:** Sistema físico compuesto por dos fases: una *continua*, normalmente fluida, y otra *dispersa* en forma de partículas.
- **Inhibidor:** Sustancia química que evita que un proceso se detenga o se lleve a cabo.
- **Mucopolisacárido:** Refiérase a glucosaminoglucanos o glucoproteínas.
- **pH:** El pH indica el grado de acidez o basicidad de una solución, éste se mide por la concentración del ión hidrógeno; los valores de pH están

comprendidos en una escala de 0 a 14, el valor medio es 7; el cual corresponde a solución neutra por ejemplo agua, los valores que se encuentran por debajo de 7 indican soluciones ácidas y valores por encima de 7 corresponde a soluciones básicas o alcalinas.

- Debido a que el pH indica la medida de la concentración del ión hidronio en una solución, se puede afirmar entonces, que a mayor valor del pH, menor concentración de hidrógeno y menor acidez de la solución. Las soluciones en agua de carragenanos están sujetas a rompimientos en la cadena molecular, en los enlaces glucosídicos. Tales divisiones ocurren bajo condiciones ácidas o de oxidación.
- **Polisacárido:** Son polímeros formados por monosacáridos, que se unen mediante enlaces glucosídicos.
- **Proteasa:** Enzimas que rompen los enlaces peptídicos.
- **Policarboxilato:** Sustancia que contiene varios grupos de ácido carboxílico desprotonado formando aniones carboxilato.
- **Solubilidad:** El proceso de solubilización comprende primero una hidratación de la carragenina en función de la concentración, tipo de cationes presentes, temperatura del agua y medio de dispersión.
- **Suspensión:** O un sólido en suspensión es una mezcla heterogénea formada por un sólido en polvo por pequeñas partículas no solubles (fase dispersa) que se dispersan en un medio líquido (fase dispersante o dispersora). Cuando uno de los componentes es líquido y los otros son sólidos suspendidos en la mezcla, son conocidas como suspensiones mecánicas. Las partículas que forman parte de una suspensión pueden ser microscópicas, y de distintos tamaños, dependiendo del tipo de sustancia. De igual manera este tipo de suspensiones puede promover distintas formas de energías, para la elaboración de mezclas homogéneas y coloides distintos entre sí.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1 POBLACIÓN Y MUESTRA

POBLACIÓN:

Las algas provenientes de la playa de Chérrepe, Región Lambayeque.
Coordenadas: 7°10'20"S 79°41'25"O

MUESTRA:

Cuatro macroalgas Rhodophytas de la playa de Chérrepe:

- Chondrocanthus chamissoi-11
- Gigartina glomerata M.A. Howe-10
- Gracilaria crispata Setchell-15
- Gelidium congestum W.R. Taylor-9

Para cada ensayo se utilizó 5 gramos de macroalgas previamente lavadas y secadas en estufa a 60°C por 24 horas. Por lo tanto para cada tipo de alga, con tres repeticiones se utilizó 15 gramos de alga seca.

2.2 EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

2.2.1 EQUIPOS

- Balanza KERN ALJ 220-4NM con capacidad max 220g d=0.1mg y capacidad mínima 10mg e=1mg. Precisión 0.001 g.
- Estufa PRECISION THELCO SCIENTIFIC CO PS, MODEL 18 con control de temperatura rango hasta 200° y tiempo de secado
- pH metro HANNA HI 991300, rango 0.00 a 14.00, resolución 0.01
- Desecador DIXON GLASS con diámetro de la tapa 300mm de la perilla aproximadamente en el cristal del Borosilicate del disco.

- Refrigerador FLLI DELLA MARCA LX400: con regulación, rango de temperatura: Mín.: 3 °C (37,4 °F) Máx.: 16 °C (60,8 °F), Mín.: -9°C (15,8 °F) Máx.: - 30°C (-22 °F); capacidad de 344 l (90,9 gal)

2.2.2 MATERIALES

- Vasos de precipitación: de 25 ml, 100 ml, 500 ml y 600 ml.
- Placa Petri: 90 x 16,2 mm
- Vagueta o varilla de agitación vidrio 250*6
- Mortero porcelana con pilón: de 400ml
- Termómetro de vidrio ASTM
- Embudo Büchner
- Papel filtro
- Matraz Kitasato: de 500ml
- Rejilla de Asbesto
- Mechero de Bunsen
- Espátulas
- Baldes de polietileno: de 19 lt.
- Cuchillo doméstico.
- Bolsas Ziploc o bolsas herméticas

2.2.3 REACTIVOS E INSUMOS

- NaHCO_3 , 0.1 M.
- NaCl.
- KOH 6%
- KCl.
- Tierra de diatomeas.
- Etanol 96°GL
- Agua destilada.

2.3 MÉTODOS

2.3.1 EXTRACCIÓN DE CARREGANANOS SIN ÁLCALI (pH = 6.0)

- En un recipiente se colocó 300 ml de agua destilada y se llevó a ebullición durante 10 minutos, al término del cual se añadió 5 g de macroalga seca molida y se procedió a mantener la temperatura de 95-100°C para la extracción de carragenanos durante una hora con agitación continua, manteniendo el pH a 6.0, añadiendo 1.7 g de NaCl y 5 g de tierra de diatomeas. Se filtró la solución caliente usando un equipo al vacío (de Büchner) durante 8 horas, luego se añadió 200 ml de etanol 96°GL para precipitar los carragenanos, separando y prensando su fibra mediante un colador hasta eliminar toda la solución adherida. Posteriormente se hizo un lavado (una con etanol al 60% y otra con etanol al 96°GL) para eliminar las sales impregnadas lavando, al término de cual se colocó en una placa de Petri para su pesado y secado en la estufa a 60° durante 24 horas para luego calcular el rendimiento en porcentaje (%).

2.3.2 EXTRACCIÓN DE CARRAGENANOS CON NaHCO₃ (pH = 9.0)

- En un recipiente pyrex de 600 ml se colocó 300 ml de agua destilada y se llevó a ebullición durante 10 minutos, al término del cual se agregó 2,528 g de NaHCO₃ hasta disolverse y 5 g de macroalga seca molida, manteniendo la temperatura de 95-100°C para la extracción de carragenanos durante una hora con agitación continua, y un pH de 6.0. Manteniendo la solución en caliente se añadió 1.7 g de NaCl y 5 g de tierra de diatomeas. Se filtró la solución usando un equipo al vacío (de Büchner) durante 8 horas, luego se añadió 200 ml de etanol 96°GL para precipitar los carragenanos, separando y prensando su fibra mediante un colador hasta eliminar toda la solución adherida. Posteriormente se hizo un lavado (una con etanol al 60% y otra con etanol al 96°GL) para eliminar las sales impregnadas, al término de cual se colocó en una placa de Petri para su pesado y secado en la estufa a 60° durante 24 horas y calcular el rendimiento en porcentaje (%).

2.3.3 EXTRACCIÓN DE CARRAGENANOS CON KOH (pH = 12)

- En un recipiente pyrex de 600 ml se colocó 300 ml de agua destilada y se llevó a ebullición durante 10 minutos, al término del cual se agregó 6 g de KOH hasta disolverse y 5 g de macroalga seca molida, manteniendo la temperatura a 90°C durante una hora con agitación, se filtró la solución mediante un colador para separar partículas de macroalgas las cuales fueron lavadas con agua destilada primero durante 10 minutos, y luego durante 5 minutos.
- Al recipiente con partículas se añadió 200 ml de etanol 96°GL para precipitar, para la extracción de carragenanos durante una hora con agitación continua, manteniendo el pH a 12.0, añadiendo 2 g de KCl y 5 g de tierra de diatomeas. Se filtró la solución mediante el equipo al vacío (de Büchner) durante 8 horas y la parte que quedó en el Kitasato se transfirió a unas placas Petri a temperatura ambiente hasta gelificar. Se llevó la placa Petri con la muestra al refrigerador hasta observar el congelamiento y luego se procedió a retirarlo y colocado en un colador para eliminar la solución adherida. Posteriormente se hizo un lavado (una con etanol al 60% y otra con etanol al 96°GL) para eliminar las sales impregnadas, se hizo un lavado con agua destilada para eliminar impurezas, al término de cual se transfirió a una placa Petri para su pesado y secado en la estufa a 60° durante 24 horas y calcular el rendimiento en porcentaje (%).

III. RESULTADOS

En esta sección se presenta los resultados obtenidos para el rendimiento de cuatro macroalgas Rhodophytas recogidas en la playa de Chérrepe de la Región Lambayeque. Los pesos de las muestras y el extracto seco obtenido se encuentran en el anexo N°03.

Tabla 5

Rendimientos promedios de carragenanos obtenidos a diferentes pHs de dos macroalgas Rhodophytas de la playa de Chérrepe, en porcentaje (%)

Tipo de macroalgas	Rendimiento		
	pH = 6.0	pH = 9.0	pH = 12.0
<i>Chondrocanthus chamissoi-11</i>	31.7	36.0	52.3
	33.2	37.2	51.2
	31.3	35.2	53.2
	: 32.1	: 36.1	: 52.2
<i>Gigartina glomerata M.A. Howe-10</i>	34.2	45.4	50.6
	33.2	46.2	54.2
	35.2	44.2	52.2
	: 34.2	: 45.3	: 52.3

Nota: Elaboración propia.

Tabla 6

Rendimientos promedios de carragenanos obtenidos a diferentes pHs de dos macroalgas Rhodophytas de la playa de Chérrepe, en porcentaje (%)

Tipo de macroalgas	Rendimiento		
	pH = 6.0	pH = 9.0	pH = 12.0
<i>Gracilaria crispata Setchell-15</i>	38.2	48.2	48.0
	39.2	47.4	45.1
	40.2	46.2	46.1
	: 39.2	: 47.3	: 46.4
<i>Gelidium congestum W.R. Taylor-9</i>	36.1	43.4	55.1
	34.2	41.4	56.4
	35.2	42.4	54.1

	: 35.2	: 42.4	: 55.2
--	--------	--------	--------

Nota: Elaboración propia.

Tabla 7

Resumen de los rendimientos de cuatro macroalgas Rhodophytas de la playa de Chérrepe a diferentes pHs de extracción, en porcentaje (%)

Tipo de macroalgas	Rendimiento		
	pH = 6.0	pH = 9.0	pH = 12.0
<i>Chondrocanthus chamissoi-11</i>	32.1	36.1	52.2
<i>Gigartina glomerata M.A. Howe-10</i>	34.2	45.3	52.3
<i>Gracilaria crispata Setchell-15</i>	39.2	47.3	46.4
<i>Gelidium congestum W.R. Taylor-9</i>	35.2	42.4	55.2

Nota: Elaboración propia.

IV. DISCUSIÓN

Se utilizaron cuatro macroalgas Rhodophytas de la playa Chérrepe: *Chondrocanthus chamissoi*-11 (Ch), *Gigartina glomerata* M.A. Howe-10 (Gi), *Gracilaria crispata* Setchell-15 (Gr) y *Gelidium congestum* W.R. Taylor-9 (Ge). Para las cuatro macroalgas hubo un aumento en el rendimiento de extracción de carragenanos al pasar de pH 6 a pH 9. Hubo un aumento significativo para Gi (32.3%), Gr (20.6%) y Ge (20.5%). Para Ch hubo un aumento de sólo 12.6% al pasar de pH 6.0 a pH 9.0.

Para la extracción de carragenanos de las algas muestreadas a pH 9 respecto a la extracción con pH 12 el aumento fue más significativo para Ch (44.6%), Gi (15.6%) y Ge (30.2%). Para Gr, el aumento fue de solo -1.8% respectivamente. Estadísticamente se puede asegurar que para Gr no hubo diferencia significativa en el rendimiento de extracción de carragenanos al pasar de pH 9.0 a pH 12.

El rendimiento de extracción de carragenanos de 52.2% lograda con pH 12 del alga *Chondrocanthus chamissoi*-11, está en el rango del obtenido por Salas, Córdova y Estrada (2010) que con la misma alga y con medio alcalino obtuvieron rendimientos de extracción entre 38.2 y 52.4%. Dichos autores indican que el mayor rendimiento (52.4%) se debe porque el alga estuvo en la fase tetraspórica.

López et al. (2012) trabajando con *Chondracanthus pectinatus*, extrajeron carragenanos en tres estaciones del año y tres fases reproductivas, y obtuvieron el mayor rendimiento de carragenano en invierno

(72%) y el mínimo en verano (66%). Los autores no detectaron diferencias significativas entre fases reproductivas (68 a 70%). Sin duda, estos valores obtenidos son mayores del máximo obtenido en la presente investigación (55.2%) y que fue con el alga *Gelidium congestum* W.R. Taylor-9.

A excepción de *Gracilaria crispata* (Gr) el comportamiento de la extracción de carragenanos con la adición de álcali difiere con los resultados encontrados por Freile, Robledo y Azamar (2016). Estos autores extrajeron carragenanos de *Eucheuma isiforme* obtenido de las costas de Yucatan y utilizaron diferentes concentraciones de álcali (0, 1, 3, 5 y 7 de KOH) y diferentes tiempos de tratamiento (3, 4 y 5 horas). La extracción obtenida por los autores sin KOH e independiente del tiempo llegó a 44.6%, y fue más alta comparada con las otras concentraciones de KOH, donde obtuvieron rendimientos en el rango de 35.3 a 31.8%. No encontraron diferencia significativa en el rendimiento de extracción de carragenanos entre concentraciones de KOH de 1 y 3%. Debe notarse que los autores no toman en cuenta ni el clima ni las condiciones de fase reproductiva del alga.

V. CONCLUSIONES

- Se evaluó la influencia del pH en el rendimiento de extracción de carragenanos en macroalgas rhodophytas de la playa de Chérrepe de la región Lambayeque.
- En base a los pH ensayados (6.0, 9.0 y 12) se determinó que si existe influencia en las cuatro algas ensayadas a excepción de *Gracylaria crispata*. A mayor pH mayor rendimiento de extracción de carragenanos.
- Con dos algas (Ch y Gi) se obtuvieron rendimientos promedios similares (52.3%), con el alga Ge se obtuvo 55.2% y con el alga Gr se obtuvo el valor de 46.4%.
- El mejor rendimiento se obtuvo con pH de 12 con las cuatro algas ensayadas a excepción de la *Gracylaria crispata*.
- El mayor rendimiento a pH 12 se debería a que los carragenanos en presencia de álcali forma geles muy débiles que precipitan con facilidad en presencia de etanol.
- Los rendimientos obtenidos, están dentro del rango obtenido por otros autores.
- En esta investigación no se tuvo en cuenta ni el clima ni la fase de crecimiento de las algas muestreadas.
- La playa de Chérrepe de la Región Lambayeque posee condiciones climáticas muy especiales para el cultivo de algas rhodophytas, materia prima para la producción de carragenanos.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar la extracción de carragenanos a pH de 12.
- Realizar ensayos con NaOH de producción nacional en lugar de KOH de importación.
- Realizar otras investigaciones teniendo en cuenta el clima y la etapa de reproducción del alga.
- Comparar con otros métodos de extracción de carragenanos a partir de algas marinas.
- Utilizar la zona de Chérrepe, región Lambayeque, como futura fuente de macroalgas Rhodophytas para la extracción de carragenanos.
- Evaluar los carragenanos obtenidos en esta parte del litoral peruano en su comportamiento como aditivo alimentario.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alarcón, U. (2003). Evaluación del uso de carragenina en bebidas lácteas fermentadas. (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería en Alimentos.
- Amao, A. (2017). Efecto de la carragenina en las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del queso fresco. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional José María Arguedas. Escuela Profesional de ingeniería Agroindustrial.
- Auquilla, C. (2012). Utilización de carragenina en diferentes niveles para la elaboración de mortadela. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
- Cernikova, M., y F. Bunka, (2010). Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*
- Cian, R. (2013). Aprovechamiento integral del alga *Phorphyra columbina*. Procesos de extracción de ficocomponentes (proteínas y polisacáridos). Estudio de sus propiedades bio y tecno-funcionales. (Tesis doctoral). Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Bioquímica. Argentina.
- Corona, M., Quincoces, S., Fiallo, A., Acosta, S., Hereira, A., López, V., Melendrez, E. (2007). Caracterización de carrageninas obtenidas a partir de diferentes especies de macroalgas marinas cubanas. *Revista Cubana de Química*, 19 (2), pp. 55-58.
- Freile, P., Robledo, D., y Azamar, J. (2016). Carrageenan of *Eucheuma isiforme* (Solieriaceae, Rhodophyta) from Yucatán, Mexico. I. Effect of extraction conditions. *Botanica Marina* 49, 65–71.

- Garnier, C., y C. Michon, (2003). Iota-carrageenan/casein micelles interactions: Evidence at different scales. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 31: 177-184.
- Guzmán, H. (2014). Evaluación de distintas etapas de la línea de operación para el mejoramiento de los procesos de producción de carragenina en la empresa Extractos Naturales Gelymar S.A. (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile. Escuela de Ingeniería en Alimentos.
- Hernández-Carmona G, Freile-Pelegrin Y, Hernández Garibay E. Conventional and alternative technologies for the extraction of algal polysaccharides. *Journal of Applied Phycology*., 23:321- 335.
- Herrera, a. (2012). Variación mensual de los contenidos energéticos, porcentaje de rendimiento de carragenanos y análisis químico de los carragenanos en las fases del ciclo de vida de *Chondranchus chamissoi* (C.agardh) Kutzing, 1843 (Rhodophyta, Gigartinales) en Coquimbo Chile. (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile.
- López, A., Pacheco, R., Hernandez, G. y Zertuche, G. (2012). Caracterización del carragenano de *Chondracanthus pectinatus* (Rhodophyta: Gigartinales). *Ciencias Marinas*, 28(3), 311-318.
- Mancilla, M. (2012). Factibilidad técnica-económica de una planta de carragenina Kappa I. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Ingeniería Química.
- Murillo, Y. (2013). Estado actual de la Biodiversidad y Biomasa de Macroalgas en la Playa Chérrepe-Provincia de Chepén, Mayo-Diciembre 2013 (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ciencias Biologicas. Lambayeque, Perú.
- Norris, J. (2014). *Marine Algae of the Northern Gulf of California II: Rhodophyta*. Smithsonian Institution Scholarly Press. Washington D.C.
- Rodríguez, R., Fernández, H., Alvitez, I., Pollack, V., Luján, B., Geldres, C., Paredes, P. (2018). Algas marinas del litoral de la región La Libertad, Perú. *Scientia Agropecuaria* 9(1): 71 – 81.

- Salas, D, Córdova, C. y Estrada, A. (2010). Obtención de κ -Carragenano y λ -Carragenano a partir de macroalga *Chondracanthus chamissoi* y su aplicación en la industria alimentaria. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 11 (2), pp 52-58.
- Salas, D., Córdova, C., Lengua, C., Anaya, M. (2015). Cuantificación de κ y λ – carragenanos a partir de macroalga *Chondracanthus chamissoi*. *Rev Soc Quím Perú*. 75 (4), 414-421.
- Solís, B. (2007). Estudio Comparativo de las Propiedades Finales de Extractos de Carragenina κ -I / κ -II Utilizando Distintas Algas Productoras de Carragenina κ -II. (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Torres, D., De la Cruz, J., Castro, J., Ramírez, P., Vílchez, F., Céspedes, Y. (2015). Evaluación de macroalgas marinas de importancia comercial en las praderas de Chérrepe. Abril y setiembre 2015. *Inf Inst Mar Perú*, 44 (3), 420-428.

VIII. ANEXOS

ANEXO N°01

RECOLECCIÓN, SEPARACIÓN Y SECADO DE LAS 4 MUESTRAS DE LAS MACROALGAS RHODOPHYTAS

Recolección de muestras de macroalgas Rhodophytas, playa de Chérrepe.



Selección de 4 macroalgas, repetir lavado con agua destilada y pesado.

MUESTRA 1: Chondrocanthus chamissoi-11



MUESTRA 2: Gigartina glomerata M.A. Howe-10



MUESTRA 3: Gracilaria crispata Setchell-15



MUESTRA 4: Gelidium congestum W.R. Taylor-9







Secado de las macroalgas en estufa y separar muestras de 5gr.



Nota: Elaboración propia.

ANEXO N°02

PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE CARRAGENANOS

SIN ÁLCALI (pH = 6.0)	CON NaHCO₃ (pH = 9.0)	CON KOH (pH = 12.0)
<p>Hervir agua destilada 300 ml.</p> 	<p>300 ml agua destilada, con 2.528 gr de NaHCO₃</p> 	<p>300 ml agua destilada, con 6 gr de KOH.</p> 
<p>A 95° C, 5 gr de alga seca molida.</p> 	<p>A 95° C, 5 gr de alga seca molida.</p> 	<p>A 90°C, 5 gr de alga seca molida.</p> 
<p>Extracción de carragenanos a 95-100°C. Mantener pH a 6.0</p> 	<p>Extracción de carragenanos a 95-100°C. Mantener pH a 9.0</p> 	<p>Filtrar sobre colador.</p> 
<p>Disolver 1.7 gr de NaCl sólido y 5 gr de tierra de diatomeas.</p> 	<p>Disolver 1.7 gr de NaCl sólido y 5 gr de tierra de diatomeas.</p> 	<p>Lavar las partículas con agua destilada.</p> 

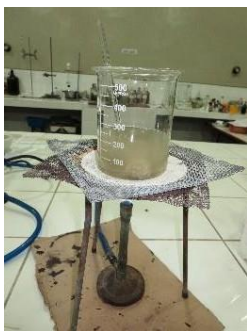
Filtrar a través de un filtro Büchner a vacío.



Obtención del filtrado



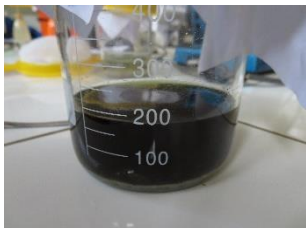
Precipitar con 200ml de etanol 96°GL



Separar y prensar mediante un colador.



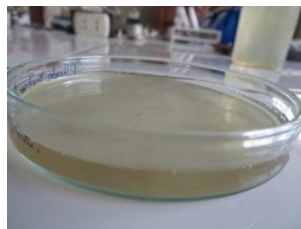
Lavar con etanol a 96°GL.



Filtrar a través de un filtro Büchner a vacío.



Obtención del filtrado



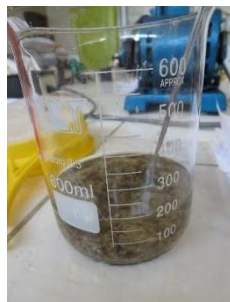
Precipitar con 200ml de etanol 96°GL.



Separar y prensar mediante un colador.



Lavar con etanol a 96°GL.



Lavar nuevamente y hervir agua destilada.



Precipitar con 200ml de etanol 96°GL.



Mantener pH a 12.0

















Disolver 2 gr de KCl sólido y 5 gr de tierra de diatomeas.



Filtrar a través de un filtro Büchner a vacío.



 <p>Carragenano en estufa a 60° por 24 hras.</p>  <p>Muestra de carragenano seco.</p>  <p>Pesado de carragenano, calcular rendimiento %</p> 	 <p>Carragenano en estufa a 60° por 24 hras.</p>  <p>Muestra de carragenano seco.</p>  <p>Pesado de carragenano, calcular rendimiento %</p> 	<p>Parte en el kitasato.</p>  <p>Colocar y enfriar hasta gelificar.</p>  <p>Carragenano en estufa a 60° C por 24 hras.</p>  <p>Pesado de carragenano, calcular rendimiento %</p>
<p>Muestras de peso final de carragenano.</p>   		

Nota: Elaboración propia.

ANEXO N°03

TABLAS N° 8, 9, 10 y 11 DE LAS MUESTRAS CON DATOS DE: PESOS INICIALES EN (g), pH, PESOS FINALES EN (g) Y RENDIMIENTOS EN (%) OBTENIDOS DE LAS MACROALGAS RHODOPHYTAS DE LA PLAYA DE CHÉRREPE.

Tabla 8

Pesos de las muestras iniciales secas en (g), extracción pH: sin álcali, con NaHCO₃ y con KOH, pesos finales de carragenanos en (g) y rendimiento en (%) obtenidos de una macroalga Rhodophyta de la playa de Chérrepe.

MUESTRA 1				
<i>Chondrocanthus chamissoi-11</i>				
SIN KOH, SIN NaHCO₃	Peso inicial (g)	5.05	5.04	5.03
	pH:	6	6	6
	Peso final (g):	1.60	1.67	1.57
	Rendimiento %	31.7%	33.2%	31.3%
CON NaHCO₃	Peso inicial (g)	5.03	5.02	5.04
	pH:	9	9	9
	Peso final (g):	1.81	1.87	1.77
	Rendimiento %	36.0%	37.2%	35.2%
CON KOH	Peso inicial (g)	5.04	5.04	5.02
	pH:	12	12	12
	Peso final (g):	2.63	2.58	2.67
	Rendimiento %	52.3%	51.2%	53.2%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 9

Pesos de las muestras iniciales secas en (g), extracción pH: sin álcali, con NaHCO₃ y con KOH, pesos finales de carragenanos en (g) y rendimiento en (%) obtenidos de una macroalga Rhodophyta de la playa de Chérrepe.

MUESTRA 2				
<i>Gigartina glomerata M.A. Howe-10</i>				
SIN KOH, SIN NaHCO₃	Peso inicial (g)	5.01	5.00	5.00
	pH:	6	6	6
	Peso final (g):	1.71	1.66	1.76
	Rendimiento %	34.2%	33.2%	35.2%
CON NaHCO₃	Peso inicial (g)	5.16	5.11	5.12
	pH:	9	9	9
	Peso final (g):	2.34	2.36	2.26
	Rendimiento %	45.4%	46.2%	44.2%
CON KOH	Peso inicial (g)	5.01	5.00	5.01
	pH:	12	12	12
	Peso final (g):	2.54	2.71	2.62
	Rendimiento %	50.6%	54.2%	52.2%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 10

Pesos de las muestras iniciales secas en (g), extracción pH: sin álcali, con NaHCO₃ y con KOH, pesos finales de carragenanos en (g) y rendimiento en (%) obtenidos de una macroalga Rhodophyta de la playa de Chérrepe.

MUESTRA 3				
<i>Gracylaria crispata Setchell-15</i>				
SIN KOH, SIN NaHCO₃	Peso inicial (g)	5.10	5.17	5.11
	pH:	6	6	6
	Peso final (g):	1.95	2.03	2.06
	Rendimiento %	38.2%	39.2%	40.2%
CON NaHCO₃	Peso inicial (g)	5.16	5.18	5.11
	pH:	9	9	9
	Peso final (g):	2.49	2.45	2.36
	Rendimiento %	48.2%	47.4%	46.2%
CON KOH	Peso inicial (g)	5.07	5.17	5.10
	pH:	12	12	12
	Peso final (g):	2.44	2.33	2.35
	Rendimiento %	48.0%	45.1%	46.1%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 11

Pesos de las muestras iniciales secas en (g), extracción pH: sin álcali, con NaHCO₃ y con KOH, pesos finales de carragenanos en (g) y rendimiento en (%) obtenidos de una macroalga Rhodophyta de la playa de Chérrepe.

MUESTRA 4				
<i>Gelidium congestum</i> W.R. Taylor-9				
SIN KOH, SIN NaHCO₃	Peso inicial (g)	5.00	5.01	5.02
	pH:	6	6	6
	Peso final (g):	1.81	1.71	1.77
	Rendimiento %	36.1%	34.2%	35.2%
CON NaHCO₃	Peso inicial (g)	5.12	5.17	5.10
	pH:	9	9	9
	Peso final (g):	2.22	2.14	2.16
	Rendimiento %	43.4%	41.4%	42.4%
CON KOH	Peso inicial (g)	5.02	5.01	5.04
	pH:	12	12	12
	Peso final (g):	2.76	2.83	2.73
	Rendimiento %	55.1%	56.4%	54.1%

Nota: Elaboración propia.