



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Biología con Mención en Biotecnología

Optimización del proceso de extracción de biopolímeros de algas marinas
Chondracanthus chamissoi para la producción de bioplásticos biodegradables

Tesis

Para optar el Título Profesional de Biólogo con Mención en Biotecnología

Autora

Kimberly Yomira Bruno Chavez

Asesor

Dr. José Luis Romero Bozzetta



Blgo. Dr. Romero Bozzetta José Luis
C B P 1901

Huacho – Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo Nº 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ciencias


Escuela Profesional de Biología con Mención en Biotecnología

INFORMACIÓN

DATOS DE LOS AUTORES:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Kimberly Yomira Bruno Chavez	75147010	06/03/26
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Dr. José Luis Romero Bozzetta	15581525	https://orcid.org/0000-0002-6631-1480
DATOS DE LOS MIEMBROS DEL JURADO - PREGRADO		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Dr. Francisco Castillo More	15589942	https://orcid.org/0009-0005-8777-7764
Mg. Carmen Lucy Cabrel Palomares	15693526	https://orcid.org/0000-0002-5142-8918
Mo. Ronnel Edgar Bazán Bautista	18010195	https://orcid.org/0000-0003-0349-6462

Kimberly Yomira Bruno Chavez

Optimización del proceso de extracción de biopolímeros de algas marinas *Chondracanthus chamissoi* para la producción ...

-  Quick Submit
-  Quick Submit
-  Facultad de Ciencias

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3472046627

Fecha de entrega

3 feb 2026, 9:00 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

3 feb 2026, 9:36 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

18_KIMY_BRUNO_CHAVEZ Borrador.pdf

Tamaño del archivo

758.8 KB

57 páginas

14.079 palabras

81.504 caracteres



Página 2 de 62 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3450420320




18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

Mi trabajo va dedicado principalmente a mi lo más importante que tengo, la cual es mi familia por apoyarme incondicionalmente en toda mi carrera universitaria, por su apoyo moral, sin ellos no hubiera logrado llegar hasta estas instancias de realizar mi tesis. Agradecerles por su constante motivación la cual me llenó cada día de esmero y esfuerzo para la culminación de esta etapa.

Agradecimiento

Agradecer primeramente a mi asesor, el Dr. José Luis Romero Bozzetta por sus consejos que me supieron ayudar a solucionar cada problema planteado en este proyecto y poder terminar con la tesis.

Luego agradecer a mis docentes de la UNJFSC por su formación, por su amistad y consejos que me sirven mucho el día de hoy.

Finalmente agradecer a todos nuestros compañeros de labores los cuales directa e indirectamente contribuyeron para la realización de esta investigación, por proporcionarnos los ambientes y tiempo para poder realizar nuestro proyecto científico.

Índice

Dedicatoria	II
Agradecimiento.....	III
Resumen	VIII
Abstract	IX
Introducción	1
Capítulo I. Planteamiento del problema	2
1.1 Descripción de la realidad problemática	2
1.2 Formulación del problema	3
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problema específicos	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Justificación de la investigación.....	3
Capítulo II. Marco teórico	5
2.1 Antecedentes de la investigación	5
2.1.1 Investigaciones internacionales.....	5
2.1.2 Investigaciones nacionales	7
2.2 Bases teóricas.....	9
2.2.1 Bioplástico.....	9
2.2.2 Algas	12
2.2.3 Chondracanthus Chamissoi	13
2.2.4 Composición fisicoquímica de las algas.....	15
2.2.5 Procesos de extracción de las carrageninas	18
2.2.6 Función y propiedades tecnológicas del carragenato	20
2.3. Definición de términos básicos.....	23

2.4 Hipótesis de investigación	24
2.4.1 Hipótesis general	24
2.4.2 Hipótesis específicas	24
2.4.3 Operacionalización de las variables	24
3.1.4 Enfoque de la investigación	26
3.2 Población y muestra.....	26
3.2.1 Población	26
3.2.2 Muestra	27
3.3 Técnicas de recolección de datos	27
3.3.1 Pretratamiento de las muestras	27
3.3.3 Extracción del compuesto del alga marina	27
3.3.4 Elaboración de biopolímeros biodegradables.....	28
3.3.5 Caracterización física.....	28
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información.....	30
Capítulo IV. Resultados	31
4.1 Análisis de resultados	31
Capítulo V. Discusión.....	35
5.1 Discusión de resultados	35
Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones	36
6.1 Conclusiones	36
6.2 Recomendaciones	36
Capítulo VII. Referencias	37

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de operacionalización de las variables, dimensiones e indicadores	24
Tabla 2. Datos de la caracterización del bioplastico del alga marina <i>C. chamissoi</i>	34

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo del proyecto de tesis	27
Figura 2. Alga marina <i>Chondracanthus chamissoi</i>	31
Figura 3. Proceso de eliminación de arena del alga marina	31
Figura 4. Bioplástico en laminas sobre papel aluminio	32
Figura 5. Bioplástico recortado en pequeños cuadros para proceso de análisis	32
Figura 6. Proceso de secado de cuadrado de bioplástico en la estufa	33
Figura 7. Datos resultantes del procedimiento de caracterización del bioplástico	34

Resumen

Objetivo: Optimizar el proceso de extracción de biopolímeros de *Chondrocantus chamissoi* para la producción de bioplásticos biodegradables.

Metodología: Se realizó un pretratamiento de las muestras en donde se colocaron agua y detergente por un periodo de 12 h y luego en otro contenedor solo conteniendo agua. Para la extracción del compuesto del alga marina, se llevaron a cabo pretratamientos preliminares; que consistieron en disolver 100 g de la biomasa húmeda en etanol absoluto al 80% y en 1 mol de NaHSO₃ al 0.16%. Se molió el compuesto húmedo con agua, así como el componente procesado por 1 min. A continuación, se incorporó el 80% del alcohol y se subió la temperatura a 95°C por 10 min. El compuesto del alga obtenida se trató con NaOH a 1 molar con la finalidad de purificar el compuesto.

Para la elaboración de biopolímeros biodegradable se pesó 4 g del compuesto y se ebulló con el 88% de agua a 60°C por 10 min, luego se incorporaron 4 g de glicerina y se mezcló a 360 rpm por 15 min. Finalmente, se incorporaron 24g del compuesto en una placa y se mantuvo a 40°C por 48 h. Se mantuvo la mezcla alrededor de 10 min en el calentador, a ebullición, agitando sin parar, hasta que la mezcla se volvió viscosa. Se vertió la mezcla en una lámina de papel aluminio y se dejó secar en la estufa a 40°C durante 2h.

Para la determinación de las propiedades físicas se realizó lo siguiente: biodegradabilidad, contenido de humedad, la captación de agua, densidad y determinación del pH. Los datos fueron procesados y tabulados empleando una ficha de Microsoft Excel y el programa SPSS v30.0.0, mediante un ANOVA y prueba de tukey.

Resultados: Los resultados de la caracterización física *C. chamissoi* se muestran a continuación: a) Los resultados de biodegradabilidad en el cual se obtuvo un 31.8%. b) Los resultados del contenido de humedad indican un valor de 75%. c) Los datos para la absorción de agua, se determinan como un 81.8%. d) Los resultados de la solubilidad en agua del bioplásticos nos indica un 36.3%. y e) el pH de la muestra es de 8.2.

Conclusiones: Se logró obtener compuesto para la elaboración de bioplástico del alga marina *C. chamissoi* de la playa de huacho.

Palabras clave: bioplástico, biodegradabilidad, alga y *Chondrocantus chamissoi*

Abstract

Objective: Optimize the extraction process of biopolymers from *Chondrocantus chamissoi* for the production of biodegradable bioplastics.

Methodology: The samples underwent a pretreatment process involving soaking in water and detergent for 12 hours, followed by soaking in a separate container filled only with water. For the extraction of the compound from the seaweed, preliminary pretreatments were carried out. These consisted of dissolving 100 g of the wet biomass in 80% w/w absolute ethanol and 1 mol of 0.16% w/w NaHSO₃. The wet biomass was then ground with water, as was the processed biomass, for 1 minute. Next, 80% w/w absolute ethanol was added, and the mixture was heated to 95°C for 10 minutes. The resulting seaweed compound was treated with 1 molar NaOH for purification.

To prepare biodegradable biopolymers, 4 g of the compound were weighed and heated with 88% w/w water at 60°C at 300 rpm for 10 minutes. Then, 4 g of glycerol were added and the mixture was stirred at 360 rpm for 15 minutes. Finally, 24 g of the mixture was placed in a Petri dish and incubated at 40°C for 48 h. The mixture was heated for approximately 10 minutes at boiling point, with continuous stirring, until it became viscous. The mixture was then poured onto a sheet of aluminum foil and dried in an oven at 40°C for 2 h. For the physical characterization, the following analyses were performed: biodegradability, moisture content, water absorption, density, and pH determination. The data were processed and tabulated using Microsoft Excel spreadsheets and the SPSS v30.0.0 software, through analysis of variance and Tukey's test for mean comparison.

Results: The results of the physical characterization of *C. chamissoi* are shown below: a) The biodegradability results, which were 31.8%. b) The moisture content results indicate a value of 75%. c) The water absorption data are determined as 81.8%. d) The water solubility results of the bioplastics indicate 36.3%. and e) the pH of the sample is 8.2.

Conclusions: A compound for the production of bioplastic was obtained from the seaweed *C. chamissoi* from Huacho beach.

Keywords: bioplastic, biodegradability, algae and *Chondrocantus chamissoi*

Introducción

La contaminación mundial del ecosistema ha aumentado y sigue aumentando, esto tiene muchos factores, pero principalmente es la producción excesiva de los plásticos derivados del petróleo, los cuales son empleados por las personas en muchos casos como la farmacéutica, la industria y en el almacenamiento de productos del hogar, fundamentalmente como bolsas. El uso excesivo de estos productos, la mala administración y la falta de reciclaje, además la falta de conciencia ambiental, los cuales llegan a contaminar los mares y hace que la fauna de estos lugares se esté extinguiendo. Los plásticos en el ecosistema, lo contamina, los cuales afecta mucho a la flora y fauna con múltiples acciones que puede tener, en especial a las especies marinas y la cadena continúa con la contaminación de los humanos a causa de microplásticos (Gutow & Bergmann, 2018)

El incremento de los contaminantes de los compuestos derivados del petróleo en el planeta se ha estimado entre un 5 a 13 millones de toneladas (t) en los cuerpos de agua en el año 2010 y se estima que en el 2025 llegará a 250 t de contaminantes del plástico (Gutow & Bergmann, 2018).

Las daños provocadas por los plásticos causa una gran contaminación, lo cual se puede ver el día de hoy, con niveles de calentamiento global nunca antes vistos, lluvias y friaje en zonas donde nunca habían ocurrido, estos cambios drásticos es por la ausencia de estrategias para bajar la contaminación, además por la sobreproducción industrial de estos materiales, además que estos contaminantes se encuentra en todo el planeta no solo dentro de las especies sino flotando en los mares y sobre las superficies de los suelos, además de impedir que la luz llegue a los seres que los necesitan como las especies vegetales, algunas tienen tamaños pequeños que son confundidos con alimento por algunos animales y peces, y al alimentarnos de estas especies, el contaminante pasa directo a los seres humanos (Escobedo Honores, 2017).

En este estudio se plantea reemplazar los compuestos plásticos que derivan del petróleo por los productos bioplásticos que son elaborados con productos naturales y que tienen un tiempo determinado más rápido de degradación, estos pueden reducir drásticamente la contaminación.

Capítulo I. Planteamiento del problema

1.1 Descripción de la realidad problemática

La contaminación provocada por los compuestos plásticos y los derivados del petróleo, en la actualidad se buscan soluciones para mitigar estos problemas como son la búsqueda de compuestos biodegradables y amigables con el ecosistema, los cuales son recursos que se puedan renovar como son los residuos provenientes de la agricultura, forestales y el empleo de algas. Los plásticos en el ambiente contaminan el suelo, el agua y en ocasiones el aire, así como afectar directamente los seres vivos como las flora y fauna, por lo cual es importante tener alternativas sostenibles en el tiempo para poder disminuir la producción de estos plásticos (Martín Del Campo et al. 2020).

En el año 2020 por la COVID-19 el uso de estos plásticos se ha incrementado en todo el mundo, por el uso de guantes, mascarillas, desechos médicos, empaques de alimentos y otros productos farmacéuticos, lo cual ha hecho colapsar el sistema de reciclaje, ya casi nulo en algunos países. Según el PNUMA, en Latino America y el Caribe se generan 541 mil toneladas diarias de compuesto de plástico, de las cuales el 90% no se reciclan. Se estima que esta producción va a aumentar llegando a 25% en el 2050 (ONU, 2021).

Para disminuir la contaminación por los plásticos, se está indagando soluciones amigables con el medio ambiente. Aunque reciclar ayuda en una reducción de estos contaminantes no funciona muy efectivamente. Una alternativa óptima es el uso de bioplásticos, los cuales se degradan más rápido que los plásticos, dando una alternativa eficiente para evitar la contaminación del ecosistema (Riera y Palma, 2018).

La obtención de los polímeros que se degradan a partir de algas marinas como son los polisacáridos (alginatos, agares, ulvanos y carrageninas), pueden crear una alternativa de mejora ecológica y nuevas posibilidades para el crecimiento empresarial (Alarcón y Arroyo, 2014; Loja Farez, 2020).

En este proyecto de investigación se obtuvieron los biopolímeros de algas marinas *Chondracanthus chamissoi* para la producción de bioplásticos biodegradables.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Se podrá realizar la optimización del proceso de extracción de biopolímeros de *Chondracanthus chamissoi* para la producción de bioplásticos biodegradables?

1.2.2 Problema específicos

- ¿Se podrá lograr desarrollar procesos óptimos para la extracción y purificación de biopolímeros obtenidos a partir de *Chondracanthus chamissoi*?
- ¿Se podrá realizar la optimización en la producción de bioplásticos a partir de biopolímeros de *Chondracanthus chamissoi*?
- ¿Se podrá evaluar las propiedades de los bioplásticos producidos a partir de biopolímeros de *Chondracanthus chamissoi*?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Optimizar el proceso de extracción de biopolímeros de *Chondracanthus chamissoi* para la producción de bioplásticos biodegradables

1.3.2 Objetivos específicos

- Desarrollar procesos óptimos para la extracción y purificación de biopolímeros obtenidos a partir de *Chondracanthus chamissoi*
- Realizar la optimización en la producción de bioplásticos a partir de biopolímeros de *Chondracanthus chamissoi*
- Evaluar las propiedades de los bioplásticos producidos a partir de biopolímeros de *Chondracanthus chamissoi*

1.4 Justificación de la investigación

El desarrollo de este trabajo nos habla sobre la presencia de plásticos no biodegradables derivados del petróleo y la contaminación que causan por culpa a su agrupamiento y presencia en el ecosistema, estos componentes, al estar compuestos por materiales sintéticos derivados de productos petroleros, generan un impacto negativo en el medio ambiente (Ruiz Avilés, 2006). Por este motivo, se ha generado el empleo de nuevos materiales a partir de polímeros biodegradables como alginatos, agares, ulvanos y carrageninas, extraídos de compuesto de diversas plantas, con el objetivo de proporcionar una opción frente a los compuestos tradicionales y aprovechar los recursos del ecosistema que existen en el país. Sin embargo, son limitadas las investigaciones o proyectos que buscan

utilizar la biomasa de algas marinas del género *C. chamissoi* existente en las zonas costeras del Perú y se buscó optimizar el proceso de obtención de esto para que sea más viable la obtención.

Capítulo II. Marco teórico

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

Reyes Mendoza (2024), hizo la producción y el análisis físico de los biopolímeros derivados de algas. El compuesto extraído fue analizado mediante rayos X para verificar la idoneidad del componente obtenido y el resultado fue un compuesto de importancia (C₁₄H₁₀O₄). A continuación, evaluó la eficacia del compuesto en la producción de biopolímeros y los comparó con biopolímeros derivados del almidón de maíz. Según la caracterización física, los polímeros mostraron variaciones; el polímero derivado de algas exhibió mayor porosidad que el de almidón de maíz, lo que podría deberse al C₁₄H₁₀O₄, compuesto utilizado en la creación de materiales porosos, que presenta una mínima densidad (1.16 g/cm³) y un valor de humidificación (16.6%), un elevado índice de degradación (44%), una solubilidad (71.4%) y una absorción (44.2%), a diferencia del almidón de maíz, que tiene una densidad (1.2 g/cm³) y un valor de humedad (16.4%), así como una degradación (40%), solubilidad (52.2%) y absorción (42.2%). Por lo cual, en este estudio se sugirió que el componente derivado de algas es un excelente componente para su uso en estructuras de combustible, electrodos, electrolitos biopoliméricos y estructuras solares.

Vargas González et al. (2023), estableció los niveles de concentración y las características del fucoïdan de *Sargassum sinicola*, realizando 06 recolectas en diferentes ubicaciones de la Costa de Sonora. Las especies fueron clasificadas, se enjuagaron, se pusieron a secar, se trituraron y se filtraron. Se extrajeron los lípidos y parte de los componentes utilizando alcohol. Se utilizaron dos técnicas para la obtención del fucoïdan, a) la primera bajo condiciones ácidas (0.1M HCl) y b) la segunda incorporando formaldehído (0.1%), con la finalidad de llevar a cabo un blanqueamiento. Se lograron rendimientos de a = 3.4% y b = 4.2%, sin que existiera una diferencia significativa ($p > 0.05$) en el nivel de transparencia (56.80). No obstante, los valores de infrarrojo indicaron que el protocolo b originó una desulfatación del fucoïdan, lo cual se verificó al notar una disminución de los niveles superficiales medida por diseminación regular de la luz, en el cual el nivel del fucoïdan obtuvo un -18 mv y la del B de -9.8 mv. La técnica de obtención es crucial ya que ciertos procesos del fucoïdan necesitan de su nivel de sulfuración.

Chavarro Rivero y Cuervo Parga (2022), crearon un componente biodegradable a partir de *Chlorella vulgaris* que se cultivó en aguas hervidas de la industria. En esta

investigación se analizaron tres tipos distintos de aguas residuales industriales provenientes de la industria avícola, florícola y láctea, utilizando matrices de decisión basadas en un análisis jerárquico, concluyendo que la industria más favorable es la Láctea. A continuación, se recogió información de la base de datos WOS y mediante el software Bibliometrix, con el objetivo de determinar el procedimiento óptimo para la recuperación de este compuesto, concluyendo que el procedimiento más adecuado para extraer el PHA es el proceso que utiliza cloroformo, logrando un valor del 13,24% del componente con relación a la especie del alga. Para concluir, se elaboró una estructura de conceptos fundamentales para definir las fases del proceso, esquematizando los diagramas de bloques y de flujos.

García Martínez et al. (2020), obtuvieron y caracterizaron un biopolímero elaborado del alga *Sargassum* sp., esto con el fin de elaborar paquetes de un solo uso combinando la celulosa con el almidón. En este trabajo proponen la creación de un componente empleando como componente principal *Sargassum* sp., esto con el objetivo de disminuir el impacto al ecosistema de los compuestos como empaque de polímeros sintéticos. Su metodología empleada estuvo compuesta por dos procesos: i) la obtención de alginatos del sargazo y ii) la elaboración de platos desechables empleando celulosa, almidón y el alginato de las algas. Para la obtención del alginato se emplean varias etapas de tratamiento y caracterización por medio de espectroscopia FTIR. Para la fabricación de los platos, el alginato se mezcla con la celulosa y el almidón en diversas proporciones. La evaluación de estos platos fue dependiendo a sus propiedades físicas, mecánicas y de biodegradación, realizando una comparación con los comerciales. Sus resultados mostraron que los platos del proyecto, tuvieron una mayor tasa de biodegradación, con una descomposición grande desde la primera semana de la prueba, a comparación de los comerciales los cuales tardan más tiempo en degradarse. Concluyen que se tuvo un material biodegradable óptimo para su producción de estos platos, con un grado de degradación alto a comparación a los comerciales. Sugirieron optimizar la síntesis de estos productos, y realizar más pruebas mecánicas y optimizar el análisis de costos para tener una mejor producción de este biopolímero.

Loja Farez (2020), llevó a cabo la elaboración de un componente biodegradable a través del alginato de calcio sacado de la biomasa del alga parda (*Sargassum ecuadorenum*) y utilizando ácido poliláctico (PLA). En la primera fase se saca el alginato de sodio de las algas secas utilizando ácido algínico y bicarbonato de sodio, a 80°C, el ácido algínico se transforma en alginato de sodio, luego se filtra y luego se realiza la precipitación con 2 g de cloruro de calcio para poder tener el compuesto de alginato de calcio. En la segunda parte se

llevó a cabo la síntesis del ácido láctico mediante fermentación utilizando las bacterias *Lactobacillus Delbreuckii* Bulgaricus y almidón de patata; la activación de la cepa se efectuó en caldo nutritivo durante 24 horas a 30°C, Se llevó a cabo la preparación del medio de fermentación utilizando 1 kg de almidón de patata y 1 L de agar nutritivo, se incorporó la solución de caldo con los microorganismos y se puso en fermentación durante 15 días a 20°C. El ácido láctico se extrajo mediante destilación a 80°C. En la tercera proceso se realizó a cabo la polimerización del ácido láctico en ácido poliláctico (PLA) utilizando el protocolo ROP durante 18 horas, además se agregó 20 mL de ácido sulfúrico 60% a 120°C hasta que se tuvo el dímero láctico, que se polimeriza con 3 g de cloruro de hierro II como catalizador y 50 mL de alcohol durante 24 h a 60°C, para concluir, en la cuarta fase se estableció la proporción de 80% de PLA y 20% de alginato a 180°C y presión de 100 kg/cm² para conseguir el compuesto.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Miranda Berrocal (2023), desarrolló un método de fabricación de bioplásticos a partir de las algas verdes. Las variedades empleadas para el estudio fue el alga *Ulva nematoidea*. De la cual se realizaron diversas metodologías para lograr extraer el polisacárido de *Ulva* de cada muestra de alga, realizando una exploración por medio del medio ácido, medio neutro y medio básico. De estos no se tomaron en cuenta los datos del primer grupo, ya que tuvieron una consistencia viscosa que impedía que se tomen los valores por FTIR, tracción, DSC y TGA. Se obtuvieron láminas delgadas de 50g de *Ulva* y se le agregó 10% de glicerol. Se observaron los resultados, de método de extracción y contenido de plastificante, los cuales dieron un porcentaje de plastificante de *Ulva*, no degradar la estructura, dando valores del 0-10% de glicerol. El procedimiento para determinar las diferencias de las muestras, fue el método de extracción, del que se extrajo el medio básico alcanzando una gran deformación y una elevada estabilidad térmica. Los resultados que obtuvo mostraron que las algas verdes estudiadas de la especie *Ulva*, puede lograr a ser consideradas para la elaboración de plástico, ya que estas tienen una elevada cantidad en el ecosistema, el protocolo de propagación de las láminas no genera residuos tóxicos y muestran un menor porcentaje de material inerte e inorgánico.

Vicente Meléndez (2023), desarrolló un bioplástico a partir del cactus *Echinopsis pachanoi* y algas de la costa del país como *Ulva nematoidea* y *Chondracanthus chamissoi*. Se estableció un protocolo ideal para la recolección del compuesto del mucílago de *E. pachanoi*. Las investigaciones mediante FTIR, DSC y TGA dejaron examinar las

propiedades fundamentales del biopolímero. Asimismo, se realizaron análisis del gel de *E. pachanoi* que proporcionaron una sustancia elástica y un componente de deformación que es reversible. Se desarrollaron películas a partir de combinaciones de mucílago de *E. pachanoi*, *Ulva* y *carragenina*. Los valores resultantes esenciales mostraron que el mucílago favorece, según el tipo de compuesto, las propiedades de calor y mecanismos de las películas. Para las películas de mucílago de carragenina, se utilizó un material más dúctil y menos fuerte; en cambio, al combinarlo con el ulvan se sacan un componente más rígido y de alta resistencia. Los datos de la investigación muestran que los compuestos como el mucílago de *E. pachanoi*, *ulvan* y carragenina son componente múltiples, que se renuevan, se degradan y no tienen toxicidad para los humanos; además, logran ser empleados en la producción de bioplásticos y, en el futuro, podrían volverse comerciales y generar demanda en el mercado.

Jiménez Fernández y Villanueva Meyer Garfias (2022), elaboraron polímeros derivados de almidón para sustituir el plástico en las empresas familiares de Trujillo en el 2020. El método empleado consiste en usar una encuesta para la adquisición de data, con una cantidad de 72 encuestados para la determinación de un análisis de los comercios. Los datos obtenidos se anotaron en un archivo Excel creando una tabla de frecuencias para la disposición de los resultados. Para finalizar se estableció una propuesta para la elaboración de un prototipo de una minifábrica de compuestos elaborado de almidón. Esto mostró que un biopolímero elaborado de almidón es amigable con el ecosistema, gracias a un estudio de mercado que dio los valores de aceptación, además de un 40% de personas que podrían pagar entre 20-40 soles por el producto, S/. 80 o más para obtener buenos productos de almidón y los planteados amigable con el medio ambiente sería un plus para conservar el planeta.

Lizarzaburu Castro y Baca Mendez (2022), realizaron una evaluación de protocolos para la generación de bioplástico. Su objetivo fue establecer las técnicas para producir bioplásticos, así como reconocer un conjunto de protocolos de fabricación desde materiales primarios empleadas, así como establecer las ventajas y desventajas de esta producción. Lo realizaron de forma básica, determinando teorías científicas para sentando las bases para nuevos estudios. Se clasificaron las metodologías o maneras de producción, basándose en características seleccionadas por nosotros y varios autores, encontrando lo siguiente: obtención de biomasa, fabricación por medio de seres vivos, bioplásticos provenientes de

copolímeros y compuestos biológicos, elaborados de monómeros de origen biológico y generados de compuestos químicos del petróleo. Se identificaron posteriormente varios materiales primarios, tales como frutas o verduras como la yuca, cáscara de papa, caña de azúcar; desechos de procesos industrializados como corrientes de aguas hervidas municipales, y bacterias como Pseudoalcaligenes, *E. Coli*, entre otros. Asimismo, se analizaron los pros y contras de ciertos componentes procesados, descubriendo que los costos son elevados para su expansión.

Escribano Cajo (2020), elaboró y llevó a cabo una identificación de un polímero biodegradable elaborado del epicarpio de maracuyá (*Passiflora edulis*). Este estudio quiere producir un compuesto de la cáscara de maracuyá y usar glicerina como aditivo para plastificar. Al agregarle el glicerol a partir del 25% daño el poder de tracción y el alargamiento. La inclusión del glicerol disminuye la adquisición de agua en los compuestos plásticos. El compuesto producido enteramente con cáscara de maracuyá exhibió las óptimas cualidades mecánicas de atracción y alargamiento, y también resultó ser más hidrófilo en comparación con el que incluía glicerina. El espesor incrementó al incorporar glicerina y se presentan en dos tipos de matrices; una refleja las propiedades mecánicas, el bioplástico hecho con cáscara de maracuyá exhibió mayor durabilidad y menor flexibilidad, en cambio, la mezcla de cáscara de maracuyá y glicerol fue menos resistente tanto a la tracción como a el alargamiento. Los datos muestran que el compuesto tenía una gran capacidad de adquisición de agua y sobresalientes cualidades mecánicas. Según la norma UNE-EN 13432:2001.33, en el día 43 se redujo el 93% del compuesto iniciador de la composta, considerándose un compuesto de fácil biodegradación. Los datos expuestos en el trabajo nos ofrecen una opción para incrementar el costo de los desechos de la industrial agrarias, en la fabricación de bioplástico para su aplicación en distintas fábricas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Bioplástico

En la actualidad, se reconoce comúnmente por ser materia de procedencia biológica o que se biodegrada, o se clasifica como un material polimérico biológico o polímeros de procedencias biológicas, ya que tiene una amplia cantidad de componentes biológicos para su fabricación. La masa biológica se puede conseguir de los vegetales (como la celulosa y el almidón) o ser producida por microbios en procedimientos de fermentación (Labeaga, 2018). Por lo cual, se comprende que es un compuesto que puede ser consumido en el proceso

aeróbico o anaeróbico por el trabajo de microorganismos bajo factores que existen en la biosfera (Meza, 2016).

2.2.1.1 Tipos de bioplástico

Sin embargo, se reconocen dos categorías de bioplásticos que son:

- Polímeros derivados de fuentes renovables
- Biopolímeros que satisfacen los requisitos de compostaje y biodegradación.

El primer grupo generalmente no es específicamente biodegradable o compostable, aunque la mayoría lo sea. Los del segundo grupo no tienen que provenir de recursos renovables para que cumplan con las normativas de biodegradabilidad EN 13432 (Europea), AS 4736 (Australiana), ISO 17088 (Internacional) y ASTM D6400. En realidad, son generados por fabricas petroleras, que los avalan como degradables biológicamente o que pueden llegar al proceso de compost, ya que el concepto de biodegradabilidad está ligado a la composición química y no a la procedencia de los materiales. Los plásticos pueden originarse de recursos biológicos o fósiles y puedan ser degradables biológicamente o no, pero ¿cómo podemos distinguir con precisión aquellos que son verdaderamente compostables o degradables? Por esta causa es importante conocer los tipos de plásticos degradables, ya sean de origen biológico o fósil (Moreno Martínez, 2020).

De base biológica y biodegradable

Los plásticos compostables en esta sección se lograrían producir por medio de grupos de plantas, fermentación provocada por microorganismos y polímeros de procedencia de los animales para imitar el proceso de la vida de la biomasa que libera CO₂ y H₂O, manteniendo los fósiles (Bioplastics Europe, 2024). Los compuestos primarios de procedencia de plantas (que contienen aceite vegetal, almidón de trigo, arroz, cebada, avena y soja, fibras de piña, yute, cáñamo, hojas de henequén y tallo de plátano, entre otros) se emplean para la producción de almidón termoplástico, lignina, caucho, celulosa, etc., importantes para la creación de bioplásticos (Jabeen et al., 2015).

Los plásticos compostables procedentes de grupos de microorganismos son primordialmente poliésteres [como el poli (ácido 3-hidroxi-butírico)], los cuales son polímeros de reserva que determinados microbios sintetizan enzimáticamente para facilitar su supervivencia y crecimiento ante diversos estresores ambientales y nutricionales. Por el

elevado precio de elaboración y restauración, la aplicación de fermentos microbianos para la obtención de bioplásticos continúa siendo bastante limitada (Gonzales García, 2014)

De bases biológicas y no biodegradables

Los plásticos compostables, como el PLA, los TPS y los polihidroxicanoatos provenientes de recursos naturales o renovables, utilizan la misma técnica, equipamiento y maquinarias que sus parecidos convencionales. En consecuencia, son fundamentalmente una réplica "biosimilar" de los plásticos tradicionales (derivados de fósiles) y carecen de propiedades biodegradables o compostables (Abu-sharkh & Al-harhi, 2011).

De igual manera, en ciertas ocasiones se les llama 'drop-ins', siendo posible incluir almidón u otros compuestos que se degradan biológicamente en niveles menores para ayudar a su descomposición. En cambio, al descomponerse en microplásticos, estos compuestos presentan casi un daño parecido en el ecosistema que los compuestos derivados de fósiles (Greene & Tonjes, 2014).

A base de fósiles y biodegradable

Diversos polímeros derivados de fuentes fósiles empleados en la elaboración de bioplásticos tienen de manera inherente un nivel de biodegradabilidad, entre los cuales se hallan poliésteres alifáticos como el succinato de polibutileno (PBS), la policaprolactona (PCL), el ácido poliglicólico (PGA) y el alcohol polivinílico (PVOH); además de compuestos aromáticos como el tereftalato de polibutileno. El análisis acerca de la disminución de polímeros muestra que factores de la cadena como la hidrofiliidad, la reactividad, la estabilidad del grupo funcional, y atributos mecánicos como el peso molecular (MW) y la plasticidad tienden a influir en la biodegradabilidad, más que la procedencia de los compuestos primarios (Rodríguez-Alba, 2021).

2.2.1.2 Producción de bioplástico

De acuerdo con un análisis de BioplasticsEurope (2024), en la actualidad los plásticos biodegradables constituyen el 1% de la elaboración global de este compuesto cada año. Sin embargo, a medida que crece la demanda y emergen biopolímeros, aplicaciones y compuestos más innovadores, el sector de los bioplásticos continúa creciendo y diversificándose.

2.2.2 Algas

Consisten en una diversidad amplia de seres vivos, tanto unicelulares como multicelulares, que se diferencian por su estructura, elaboración, estructura y tamaño. Además, predominan en entornos acuáticos tanto dulces como salados, los cuales debene ajustarse a diversas estaciones ecologicas según sus necesidades; existen algas unicelulares que miden menos de dos micras, pero en otras algas más difíciles de entender pueden superar los 50 m de largo (Abbayess et al., 1989).

2.2.2.1 Clasificación de las algas

Dado que hay una amplia variedad de macroalgas, se lograrían organizar de diversas formas; no obstante, muchos ficólogos sugieren y emplean la clasificación presentada por Bourelly, que incluye: Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Heterokontophyta, Rhodophyta y Chlorophyta (Vallejo, 2014).

2.2.2.1.1 Algas Cyanophyta o algas verdes-azules

Denominadas como biomasa algal verdes o azuladas, puedes hallarse en gran cantidad en el ecosistema; este conjunto abarca una elevada diversidad de especies morfológicamente y fisiológicamente que pertenecen al reino Monera junto a las bacterias o Schizomycophyta, dado que estos tienen una estructuración procaria intracelular, donde el protoplasto carece de orgánulos muy diferenciados de la matriz celular. Aunque tienen la habilidad de llevar a cabo fotosíntesis con las plantas superiores y algas eucariotas (Edelman et al. 1967; Patterson et al., 1993).

2.2.2.1.2 Algas Euglenophyta

Se forma un conjunto de algas muy seleccionadas que incluye diversas especies sin color y otras que tienen colores diversos; las algas pigmentadas se nutren de forma autótrofa o heterótrofa facultativa, en cuanto que las incoloras son exclusivamente heterótrofas. La mayor parte de estos seres vivos se halla en aguas dulces tranquilas, pero en ocasiones se encuentran en aguas saladas o marinas (Conforti, 1983).

2.2.2.1.3 Algas Dinophyta

Son algas unicelulares con flagelos que se clasifican taxonómicamente entre las que poseen núcleo eucarionte y dinocarión, presentan estigmas, ocelos, pústulas y tricocistos. La cantidad de las algas perjudiciales pertenecen a esta categoría y ciertas especies de dinoflagelados, al existir, dan un tono rojo al agua; son transferidas por medio de la cadena

trófica, lo que impacta a diversos animales que se nutren de estas (De la Lanza Espino et al. 2000; De Marco et al. 2011; Gallardo Rodríguez, 2009).

2.2.2.1.4 Algas Rhodophyta o algas rojas

Son un conjunto que incluye alrededor de 3.000 géneros de algas, las cuales se diferencian primordialmente por la presencia de colorantes ficobilínicos que les dan su principal color rojizo. Además ciertas de estas algas viven en agua dulce, la gran cantidad se encuentra en costas tropicales y subtropicales (Osorio, 2009)

2.2.2.1.5 Algas Chlorophyta o algas verdes

Incorporan aproximadamente 500 géneros y 15.000 especies de algas, que varían en su estructura desde diminutos seres unicelulares eucariotas hasta algas grandes y complejas. Desde el punto de vista morfológico, se consideran organismos unicelulares móviles con flagelos, organismos sin flagelos, colonias tanto móviles como sin movilidad, organismos con tallos y sin tallos, ramificados, etc.; se encuentran diversos seres de agua dulce y salada, y su distribución se extiende por todo el mundo, desde los lugares con climas tropicales hasta las zonas de frío extremo (Leliaert, 2019)

2.2.2.1.6 Algas Heterokontophyta o algas pardas

Entre ellas se hallan las macroalgas pardas multicelulares, las que exhiben una amplia cantidad de estructuras y formas. En esta categoría de algas se distinguen claramente 14 órdenes, 265 géneros y entre 1500 - 2000 especies, excluyendo las macroalgas de aguas continentales; la mayoría de las algas pardas son de origen marino y se hallan en lugares rocosos. El componente polisacárido de almacenamiento más importante presente en estas algas es la laminarina, mientras que su pared celular está compuesta de material celulo-cítico en formación de filamentos, fortificada por alginato, que es el ácido heteroglucano más común en estas especies marrones (Myklestad & Granum, 2009)

2.2.3 Chondracanthus Chamissoi

El alga *C. chamissoi*, frecuentemente llamada "yuyo", es un alga de color rojo que forma parte de la familia de las Gigartinaceae, la cual se halla distribuida en la gran cantidad de la costa del Océano del Pacífico en toda Latinoamérica, desde Paita, Perú, hasta Chile (Cahui, 2018).

En Perú, este recurso se obtiene principalmente a través de la recolección directa en los campos realizada por pescadores artesanales; esta actividad contribuye financieramente

a diversas familias y ayuda a la seguridad alimentaria del Perú. De igual manera, las algas poseen numerosas aplicaciones industriales, pero rara vez se emplean como fuente de nutrientes de alta o muy alta calidad. A lo largo de la costa peruana se encuentra la macroalga más abundante, que ha sido utilizada desde la época inca como parte de su dieta diaria, consumiéndose principalmente fresca (PRODUCE, 2016).

Alegría y Vasquez (2023) en su estudio nos informan que la estructura de esta macroalga presenta un talo membranáceo que mide entre 6 y 45 cm de altitud, cuya proporción de coloración se diversifica desde marrón rojizo hasta un verde oscuro, o casi negro. Asimismo, se compone de diversos ejes axiales cilíndricos en la estructura subdicómica, que se originan de un pequeño disco basal. Las ramas son pinnadas o dísticas, y las ramas adyacentes tienen diversas longitudes y tamaños.

Las algas marinas se han empleado como un alimento complementario por el ser humano durante miles de años, debido a su elevado nivel de minerales (yodo, potasio, etc.) y a sus propiedades coloidales inertes y viscosas, que las hacen muy empleadas en la industria alimentaria. Las algas marinas tienen características que las hacen muy valoradas comercialmente, como su alta capacidad higroscópica (habilidad para retener agua) y flexibilidad. Por ello, se secan de inmediato después de la recolección para evitar su descomposición, pero vuelven a adquirir su elasticidad al entrar en contacto con agua (Alegría y Vasquez, 2023).

2.2.3.1 Clasificación Taxonomía

Reino: Vegetal

División: Rhodophycota

Clase: Rhodophyceae

Subclase: Florideophycideae

Orden: Gigartinales

Familia: Gigartinaceae

Género: Chondracanthus

Especie: *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh)

Nombre vulgar: “Yuyo”, “Cochayuyo” (Macchiavello et al. 2012).

2.2.4 Composición fisicoquímica de las algas

Las algas, en términos generales, son seres vivos que tienen y producen diferentes componentes y sustancias; la composición química, nutricional y estructural difiere entre las especies. Los componentes elaborados por algas abarcan fenoles, carbohidratos, ácidos grasos, péptidos, glicolípidos, almidones y diversos como el ácido acrílico y dicetonas (Anaya Lang, 2003).

Algunos de los componentes más importantes en las algas son los polisacáridos; principalmente en las algas pardas, los fucoidanos y alginatos son los elementos más significativos y principales. En las algas verdes, son comunes los ulvanos, pero en las rojas sobresalen agares, carrageninas y almidones (IndustriaAvícola, 2019).

No obstante, las algas tienen un bajo nivel de celulosa que se encuentra principalmente en la membrana de la pared celular; las algas rojas presentan celulosa, carbonatos de calcio, almidones y sustancias pépticas en su pared celular, pero las algas verdes tienen polisacáridos que mayormente la celulosa actúa como el elemento predominante de su pared celular, pero que las algas pardas tienen ácidos algínicos en una estructura de celulosa (Castells, 2012; Reaven et al. 2015; Seoáñez Clavo, 2013).

En términos generales, las algas tienen un elevado nivel de macroelementos (Mg, Ca, P, K y Na), que se sitúa entre el 8-40% de su peso y pueden contener minerales traza como: Fe, Cu, Cd, Ni, Hg y Zn, etc. En las algas pardas, el yodo se halla a niveles elevados y podría provenir de sales inorgánicas, además de estar formado por compuestos orgánicos yodados (tiroxina, hormona tiroidea). En el alga roja como el *C. chamissoi* (Yuyo) se encuentran polisacáridos llamados ficocoloides (carragenanos), de sus composiciones necesitan en gran parte de los cationes asociados, así pueden generar compuestos gelificantes firmes con el catión potasio (k carragenano) o partes no gelificantes (A.-carragenano) por su elevado nivel de sulfatación. Asimismo, en términos nutricionales y al compararlo con diversos tipos de alimentación, el yuyo se diferencia de las algas debido a su elevado nivel de proteínas (12 g), fibra (47,5 g) compuesta por mucílagos y, en particular, por ácido algínico, un buen desintoxicante de metales pesados, calcio (1160 mg), hierro (32 mg) y yodo (150 ug); sin embargo, además presenta niveles bastante elevadas de sodio (3,45 mg) (Tiravanti, 2020).

2.2.4.1 Carbohidratos

La mayoría de las algas están compuestas por carbohidratos, que representan al menos entre el 20 - 80% de su peso; esta proporción puede variar según el tipo, género y tipo de alga. En ellas se podrían hallar azúcares simples, como glucosa, galactosa, manosa y ramnosa, así como polisacáridos para estructuras como agar, celulosa, alginatos y carragenatos, que son principalmente las que constituyen la pared celular (Pérez-Lloréns et al. 2016).

2.2.4.2 Glucosa

Es un compuesto de monosacárido relevante y muy común en el ecosistema, presente en estructuras simples como levaduras y en formas sumamente diversas; este monosacárido se encarga de suministrar poder a las células de diferentes organismos (Castrejón et al. 2007).

2.2.4.3 Celulosa

Constituye el componente primordial y de más abundancia de la biomasa, un polímero de la naturaleza significativo presente en las paredes celulares de las plantas. Se puede definir como glucosa polimerizada, pero su condición de polisacárido la hace difícil de degradar, aunque resulta muy interesante en diversas empresas por sus múltiples métodos de empleo y utilidades (Avenas, 2012; Guarnizo Franco et al. 2009)

2.2.4.4 Proteínas

Son macromoléculas extensas que se crean a partir de la combinación de diversos elementos específicos llamados aminoácidos, que consisten en un conjunto carboxilo y amino, unidos al único carbono que forma la estructura molecular. Las proteínas de las algas tienen un exceso en sustancias como la alanina, glicina, arginina y ácido glutámico; depende mucho del tipo, las algas presentan un compuesto proteico que está entre el 40 - 70% (González-Torres et al. 2007; Quitral et al. 2012; Sim & Goh, 1988).

2.2.4.5 Compuestos fenólicos

Las algas, al recibir luz, son impactadas directamente por la luz ultravioleta, lo que provoca estrés y la síntesis de compuestos fenólicos, que son parte de su mecanismo protector; como defensa, estas enzimas funcionan como antioxidantes (Abdala-Díaz et al. 2014; Gómez et al., 2016).

2.2.4.6 Ácidos grasos

Según la especie de alga, puede contener hasta un 70% de AG en su composición; las algas producen estos componentes cuyo contenido de carbono varía según su función. Estos ácidos grasos se utilizan y están presentes en las membranas de la célula, y se descomponen fácilmente con la muerte de las células (Castillo et al., 2017; Green & Scow, 2000)

2.2.4.7 Ácido algínico

También llamado algina, es un compuesto resistente a la hidrólisis que posee un alto peso molecular, conformado por diversas composiciones de ácido L-gulorónico y ácido D-manurónico. La cantidad de aquellos compuestos varía principalmente según el alga de la que se obtiene, el cual es fundamental para la estructuración de los distintos grupos de alginatos. Se saca específicamente de las algas marrones, ya que estas constituyen el componente primordial de la pared de la célula (Arvizu et al. 2002; Caja et al., 2004).

2.2.4.8 Alginatos

Los compuestos conocidos como alginatos son considerados carbohidratos, consisten en múltiples unidades de ácido algínico derivadas de algas marrones o pardas, y las cuales están relacionados con la cantidad y presencia de los ácidos L-gulorónico y D-manurónico. Los alginatos juegan un papel importante en la creación de geles y espesantes que resultan fundamentales en las industrias alimentaria, cosmética, farmacéutica y química, etc., y se venden como sales que se solubilizan en agua (Tharp & Yound, 2009).

Hay diversos grupos de alginatos que se utilizan primordialmente como aditivos en la alimentación, como el alginato de propilenglicol, alginato de amonio, alginato de potasio, alginato de sodio, alginato de calcio y el ácido algínico (Ibáñez & Herrero, 2017)

2.2.4.9 Tipos de carrageninas

Están formadas por componentes alternos de galactosa alterada, de la cual la composición consiste en una secuencia recta de compuestos de β -D-galactosa unidos mediante los lugares 1 y 3 (unidad A) a los compuestos de α -D-galactosa unidos por los lugares de 1 y 4. (Unidad B) dispuestas en una fila alternante (AB)_n. La sección A cuenta con la habilidad de mover conjuntos de metil-éter en el lugar 6, conjuntos sulfatos hemiéster en los lugares 2, 4 o 6; y diversas partes A son capaces de mover ácido pirúvico. La unidad B tiene la capacidad de llevar grupos metilo en el lugar 2 o en la agrupación 4-O-metil- α -L-

galactopiranosilo en el lugar 6 y/o conjunto de sulfatos hemiéster en las posiciones 2 o en 6, o en las dos. La sección B (α -D-galactosa) logra transformarse en general o en parte en estructuras de 3,6-anhidro a través de la remoción de sulfato desde el lugar 6. De acuerdo con el número y la ubicación de los conjuntos SO_3 , los carragenatos se clasifican en λ (lambda), κ (kappa), ι (iota), ν (nu), μ (mu), θ (te) y ξ (Ksi), todas con aproximadamente el 22-35% de conjuntos sulfonato. Las carragenanas κ - y λ tienen, seguidamente, alrededor del 40 - 60% de la extracción total de algas no fraccionado rojas, siendo las de mayor uso en el comercio (Van de Velde et al., 2005).

La composición de los carragenatos, empleados extensamente en múltiples tipos económicos, en particular en el sector alimentario, no solo dependen de su composición y estructura química (especialmente, la cantidad de sulfato y potasio o calcio), además de la relación en la que se logran mezclar para alcanzar la condición de gelificación necesaria. Esto quiere decir que debe aislarse y medir diversas especies de carragenina es de primordialmente importante para mejorar su rendimiento en distintos manejos, con la finalidad de crear la combinación más idónea para el uso que se le puede dar particularmente. La valoración de la industria de varias carrageninas en un conjunto (generada luego del proceso de refinamiento del compuesto de la naturaleza derivado de las algas) en lo cual se hace al evaluar diversas características físicas, como la viscosidad, solubilidad y durabilidad del gel, conectando el nivel de cada composición (Prado-Fernández et al. 2003).

2.2.5 Procesos de extracción de las carrageninas

Se mencionó antes, el carragenato es sacado de múltiples géneros y especies de macroalgas pertenecientes a la clase Rodophyta. La proporción de carragenato en las macroalgas puede variar entre el 30% y el 60% del peso, según qué tipo de alga es y factores del mar como la luz, los nutrientes, la temperatura y la aireación del H_2O . Las masas algales de diversos tipos y procedencias elaboran carragenatos de varios ejemplares (Kappa, Iota y Lambda). Diversas variedades de algas logran elaborar carragenano con una componente combinada, como Kappa / Iota, Kappa / Lambda o Iota / Lambda. Las algas que generan carragenina de clase Kappa son *Hypnea Musciformis*, *Gigartina Stellata*, *Eucheuma Cottonii*, *Chondrus Crispus* e *Iridaea*. Las algas que generan carragenato de clase Iota son *Gigartina Teedi* y *Eucheuma Spinosum*. Las algas que producen carragenano tipo Lambda pertenecen en su mayoría al género *Gigartina*. Los protocolos para obtener carragenina definidos en los libros utilizan diferentes procesos para analizar sus producción y cualidades. Principalmente, incluyen el enjuague del alga deshidratada para quitar sales, arena, restos y

microorganismos, seguido del aislamiento de agua tibia o en compuestos ligeramente alcalinos (Hayashi, 2001).

La obtención de carragenato para la industria se complementa en sus dos características fundamentales: su solubilización en agua tibia y su incapacidad para disolverse en disolventes orgánicos polares. El procedimiento de la industria se establece de diversos estados, entre las cuales resaltan el proceso iniciador, la extracción, la filtración/clarificación, la concentración, la molienda y la mezcla. Antes de realizar diversos procedimientos, es crucial diseminar la totalidad de las imperfecciones totales, como sales, arenas, conchas, etc. El lavado se lleva a cabo junto con el proceso de secar y la moler para mejorar el establecimiento de la masa algal y los componentes en varios procesos posteriores. En este estado, además sucede la decoloración; las algas trituradas se procesan con acetona, alcohol caliente y éter para eliminar las grasas con la finalidad de obtener una cantidad considerable de pigmentos (Castañeda y Teque, 2018).

Las soluciones de carragenina pueden constar de combinaciones de dos procedimientos múltiples. Diversos de estos son compuestos de la masa algal rodofitas, que no son rechazados durante el método de extracción de carragenano. Los diversos compuestos (sales inorgánicas, sacarosa, galactomananas) logran ser agregados por las fábricas para optimizar y/o regular diversas características funcionales de los especímenes de carragenato (solubilidad, viscosidad, fuerza del gel, etc.). Los contaminantes menores y los aditivos, diversos como sales inorgánicas y azúcares, se logran eliminar a través de la diálisis, antes de realizar los análisis de las propiedades físicas y la estructura química (Van de Velde et al., 2002).

Durante el protocolo de extraer el carragenato alcalino, la masa algal se expone a una solución alcalina a temperaturas extremas. Además, por lo indicado por Viana et al. (2004) y Van de Velde et al. (2005), el proceso alcalino tiene como objetivo producir las muestras de 3,6 anhidro- α -D-galactosa y 3,6 anhidro- α -D-galactosa 2-sulfato, a partir de α -D-galactosa 6-sulfato y α -D-galactosa 2,6 disulfato, por medio de la desulfatación de dichas moléculas. Así se puede transformar las unidades precursoras μ , μ / ν y ν en carragenina κ -I, κ -II e ι respectivamente. Esta reacción química proporciona la habilidad de gelificarse en las condiciones adecuadas de disolventes. La creación del anillo 3,6 AG y, por consiguiente, la producción de carragenina θ se puede conseguir a partir de carragenina λ , aunque la estructura molecular complica el proceso de gelificación.

2.2.6 Función y propiedades tecnológicas del carragenato

Entre las características técnicas que poseen los carragenatos, se pueden destacar:

a. Gelación y textura

Los compuestos tibios de carragenanos Kappa e Iota pueden crear geles termorreversibles al bajar su temperatura. Este proceso sucede por la elaboración de un protocolo en doble hélice por los biopolímeros de la carragenato. En diversos climas altos a la de unión de lo gelificado, los biopolímeros de carragenato están en los compuestos en forma de hélices desordenadas. Conforme el compuesto se enfría, se elabora una estructura de tres dimensiones de polímeros donde las dobles hélices funcionan como los lugares de intercepción de los eslabones poliméricos. El des calentamiento adicional provoca la conexión de las uniones de enlace para elaborar la forma tridimensional del gel. La existencia de manijas en la cadena, además de la cantidad, tipo y localización de los conjuntos de éster sulfato, afecta de manera notable los procedimientos de gelación. Este proceso de gelación es fundamental para compuestos de carragenatos tipo Kappa e Iota. Las sales de calcio o potasio son fundamentales para crear el gel en agua, aunque no son imprescindibles en leche. Las carrageninas Kappa e Iota solo estructuran gel en agua en el estado de diversos cationes (Campos Honorato, 2013).

El carragenato Kappa interactúa con el ion potasio y proporciona geles sólidos y rompibles en procesos acuosos que tienen sales de potasio. El gel de carragenano Kappa tiene sinéresis (expulsión natural de agua desde la superficie del gel inactivo) y a un incremento en los niveles de soluciones potásicas, aumentará la sinéresis. El carragenato Iota reacciona con el ion calcio y proporciona geles suaves y flexibles en compuestos acuosos que tienen sales de calcio. El carragenato Iota no tiene sinéresis. La estabilidad del gel es directamente proporcional a los niveles de carragenina y sales. El número de cationes que exceda un nivel determinado causará un descenso en la resistencia del gel (Barufaldi, 1998).

El gel producido es termorreversible y logra poder someterse a diversos tipos de calor y frío sin alteraciones significativas en su composición. Las temperaturas de fusión y gelificación de la sal/gel necesitan de los valores de cationes. El incremento en los valores de sales de potasio o calcio en compuestos acuosos generará un incremento en la temperatura de gelificación (Campos Honorato, 2013).

b. Viscosidad

La viscosidad de los compuestos de carragenina podrían ser determinada en estados en las que no se tenga algún valor en la gelificación del compuesto. Al enfriar un compuesto caliente de carragenina, la viscosidad se incrementa normalmente hasta alcanzar la temperatura de gelificación. Al iniciar la composición del gel, se observa un incremento brusco y significativo de la viscosidad. Por esto, la viscosidad de las soluciones de carragenina tiene que ser evaluada a niveles apropiados (75° C) para que no tenga un proceso de congelamiento. La proporción de carragenina en el compuesto suele ser del 1,5% en peso respecto al volumen de agua. Las carrageninas estables en el mercado suelen mostrar viscosidades que varían entre 5 y 800 cP a 75° C en composición al 1,5% de carragenina. La viscosidad de los compuestos de carragenina necesita de los niveles, la temperatura, la estancia de diversos disolventes, el grupo de carragenina y el peso molecular. Un elevado nivel molecular, un elevado valor o una mínima en la temperatura de la solución incrementan significativamente la viscosidad (Campos Honorato, 2013).

c. Estabilidad

El compuesto de carragenina tiene mucha estabilidad en pH neutro o alcalino. Además, los mínimos niveles de pH alteran su estado, principalmente a elevados niveles de temperatura. El bajo nivel del pH provoca la hidrólisis del polímero de carragenina, lo que resulta en una reducción de la viscosidad y de la habilidad de gelificación. Además, después de la formación del gel, incluso a pH bajos (de 3,5 a 4,0), la hidrólisis no logra producirse y el gel se queda estable. En usos prácticos, es fundamental considerar las limitaciones de la carragenina en medios ácidos (gel y solución). Es necesario evitar el tratamiento de soluciones de carragenina a pH mínimo a elevadas temperaturas por un tiempo extenso (Campos Honorato, 2013).

Los niveles de concentración de carragenina, para la elaboración de los geles, son determinadas por el pH. Las formulaciones que incluyen carragenina son precisos en un intervalo de pH de 4,0 a 12,0, siendo más estables a pH 9,0, y no deben ser manipuladas a altas temperaturas con un pH mínimos a 3,5. En un pH de 6,0 o más, las soluciones toleran niveles normales del procedimiento, mientras que en entornos ácidos es preciso añadir las carrageninas a más tardar viable durante el procedimiento. La combinación de temperatura y acidez lograra provocar la disminución de las carrageninas, lo que lleva a la hidrólisis total, dando en una resta de la viscosidad y firmeza (Campos Honorato, 2013).

Frente a cationes denominados potentes inductores de gel, como el sodio y el calcio, la carragenina a bajas temperaturas y en niveles adecuadas de estas sales, gotea y se proporciona un incremento en la viscosidad aparente. Esta actuación se presenta especialmente en los cationes denominados potentes inductores de gel, como el calcio y el sodio (PICULELL, 1995).

d. Comportamiento reológico

La importancia por los hidrocoloides se debe a su comportamiento reológico, específicamente la viscosidad, que se obtiene únicamente cuando la molécula se disuelve por completo; una vez disuelta, pueden organizarse de dos formas distintas: a través de la absorción de agua, generando un proceso de espesor, y mediante la creación de redes, favoreciendo el proceso de gelificación. A concentraciones bajas, los geles acuosos de Iota carragenina tienen niveles reológicos tixotrópicos, lo que implica que la viscosidad aparente disminuye con el estado de cizalla, a una velocidad de cizallamiento repicable (Castañeda y Teque, 2018).

e. Solubilidad

Las carrageninas tienen los niveles de solubilización que comúnmente poseen los coloides afines al agua. Es soluble en agua y no se disuelve en la gran parte de los solventes orgánicos (CP Kelco, 2002).

De acuerdo con CP Kelco (2002), las propiedades de solubilidad de la carragenina en agua son afectadas por varios procesos significativos, entre los cuales se encuentran:

- La variedad de carragenina, los contraiones tienen, la temperatura y el pH.

El nivel de sulfatación de la molécula está vinculado directamente con la solubilidad. El fuerte nivel negativo de los conjuntos sulfato proporciona que las cadenas de los polímeros permanezcan distanciadas. Por lo cual esto, la carragenina lambda muestra elevada solubilización en agua y leche, ya sea frías o calientes (Solis-Bravo, 2007).

Las carrageninas de tipo k requieren un calentamiento gracias a su mínimo nivel de grupos sulfato, lo que permite la individualización de las moléculas y facilita su solubilización. A temperaturas mayores a 60 °C, se pondría la disolución de las moléculas en soluciones acuosas y en leche, cerca de los 80 °C. A 20 °C, únicamente son solubles en agua añadiendo sales de sodio, aunque esto genera una baja en la viscosidad del sistema (Gelymar, 2015).

f. Reactividad con Proteínas

Una de las particularidades que separan a la carragenina de otros hidrocoloides es su estado para relacionarse con las proteínas, sobre todo la de la leche. La elevada reactividad de la carragenina en la leche es provocada por la elevada relación electrostática entre los conjuntos de éster sulfato con carga negativa de la molécula de carragenina y la micela de caseína de la leche, que tiene zonas de alta carga positiva. Una forma diferente de relación es por medio de enlaces entre conjuntos de éster sulfato de la carragenina y los componentes carboxilo de los aminoácidos que constituyen la proteína (Castañeda y Teque, 2018).

La interacción con las proteínas está determinada por varios elementos como los niveles de carragenina, la clase de proteína, la temperatura, el pH y el punto isoeléctrico de la proteína. La capacidad de la carragenina para interactuar y reaccionar con las proteínas lácteas, así como su estado para estructurar el gel y contener agua, la transforma en un componente efectivo para la estabilización y gelificación de productos lácteos (Campos Honorato, 2013).

2.3. Definición de términos básicos

- **Algas:** Organismo que puede llevar a cabo la fotosíntesis oxigénica y capturar carbono orgánico utilizando la energía solar, a diferencia de una embriofita o planta terrestre.
- **Bioplástico:** Clase de compuesto plástico obtenidos de fuentes natural, como el aceite de soya, a diverso de los otros compuestos tradicionales, que provienen del petróleo.
- **Biopolímeros:** Macromoléculas que pueden tener diferentes orígenes, como el petróleo, el vegetal o el sintético.
- **Biodegradables:** Producto que se puede descomponer de forma natural en un mínimo lapso de tiempo gracias a la actuación de microorganismos como bacterias, hongos o algas.
- **Extracción:** Es un proceso que se lleva en dividir uno o más compuestos de una mezcla de sustancias, utilizando un agente de extracción.
- **Optimización:** Se refiere a la actividad y resultado de mejorar. En términos amplios, se refiere a la habilidad de realizar o solucionar algo de la forma más eficiente viable y, en el mejor de los escenarios, empleando la menor cantidad de recursos.

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis general

Es posible optimizar el proceso de extracción de biopolímeros de *Chondracanthus chamissoi* para la producción de bioplásticos biodegradables

2.4.2 Hipótesis específicas

- Se podrá desarrollar procesos óptimos para la extracción y purificación de biopolímeros obtenidos a partir de *Chondracanthus chamissoi*
- - Es posible realizar la optimización en la producción de bioplásticos a partir de biopolímeros de *Chondracanthus chamissoi*
- - Se logrará evaluar las propiedades de los bioplásticos producidos a partir de biopolímeros de *Chondracanthus chamissoi*

2.4.3 Operacionalización de las variables

Tabla 1. Tabla de operacionalización de las variables, dimensiones e indicadores

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO DE VARIABLE
Variable independiente: Alga marina (C. chamissoi)	Son seres autótrofos de composición sencilla, con poca o ninguna divergencia celular y de tejidos diversos, por lo cual pertenecen al grupo de las talofitas. Taxonómicamente se dividen en tres categorías: Chlorophyta o clorofitas o algas verdes, Phaeophyta o feófitas las pardas y Rhodophyta o rodófitas las rojas, debido a la presencia de pigmentos que dominan en comparación con los demás.	Contenido de biopolímero	- Cantidad (%)	numeral
Variable dependiente:	Los biopolímeros son macromoléculas de diversas		- Biodegradabilidad	

Biopolímeros	procedencias, obtenidas del petróleo, de origen vegetal, y muchos son de fabricación sintética. En esta última situación, la mayoría son productos derivados de la silicona, y pueden incluir otros materiales como metacrilato o colágeno, entre otros.	Propiedades físicas	- Contenido de humedad - Absorción de agua - Solubilidad en agua	numeral
--------------	--	---------------------	--	---------

Capítulo III. Metodología

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

Este trabajo es de tipo cuantitativo, incluyendo la ejecución de procesos con diferentes estados y valores, así como su estudio estadístico para verificar la autenticidad de los valores. Esto significa que se obtuvo información de forma independiente acerca de las variables mencionadas (Sampieri, 2017).

3.1.2 Nivel de Investigación

El nivel de investigación es aplicado, puesto que se establecen hipótesis de trabajo para abordar los problemas de la vida productiva de la comunidad (Ñaupas, 2013).

3.1.3 Diseño de la investigación

El diseño de este estudio es de tipo experimental, ya que se llevó a cabo la manipulación de las variables y solo se vio los estados en su entorno normal (Sampieri, 2017).

3.1.4 Enfoque de la investigación

La perspectiva adoptada en este estudio es de tipo cualitativo. Esto se debe a que emplea la recopilación y examen de los datos para establecer la composición de los biopolímeros, ofreciendo una perspectiva más particular sobre el análisis (Sampieri, 2017).

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

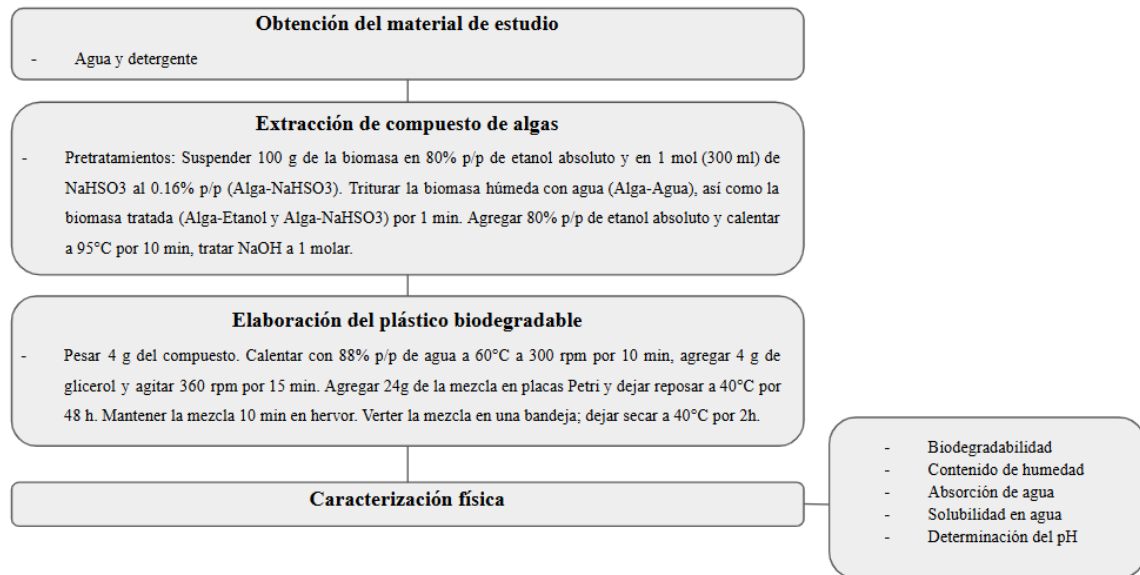
Fue establecida por el alga marina *C. chamissoi*, procedente del mercado central de la ciudad de Huacho, se obtuvo muestra que fueron sometidas a diversos estímulos para la producción de este bioplástico.

3.2.2 Muestra

Se tuvo un numero de 25 kg del alga marina *C. chamissoi*, fresca y con su color característico (rojo).

3.3 Técnicas de recolección de datos

Figura 1. Diagrama de flujo del proyecto de tesis



Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Pretratamiento de las muestras

Se realizó un procedimiento de disminución de la cantidad de la arena de las algas en donde, se colocaron las muestras en un contenedor con agua y detergente por un periodo de 12 h y luego en otro contenedor solo conteniendo agua, también por 12 h (Vicente Meléndez, 2023).

3.3.3 Extracción del compuesto del alga marina

Para el proceso de extracción del compuesto del alga se realizó preparaciones iniciales; que consistieron en disolver 100 g de la biomasa húmeda (algas) en 80% de alcohol (Alga-Etanol) y en 1 mol (300 ml) de NaHSO₃ al 0.16% (Alga-NaHSO₃). Se molió la biomasa húmeda con agua (Alga-Agua), y la biomasa tratada (Alga-Etanol y Alga-NaHSO₃) por 1 min. A continuación, se incorporó el 80% de alcohol; y se calentó a 95°C durante 10 min, este procedimiento se repitió tres veces. El compuesto del alga producido en cada procedimiento se sometió a tratamiento con NaOH a 1 molar (1.2 gr de compuesto de alga: 5 ml de NaOH) para lograr la purificación del compuesto del alga (Reyes Mendoza, 2024).

3.3.4 Elaboración de biopolímeros biodegradables

Para el procedimiento de elaboración de los biopolímeros se pesó 4 g del compuesto del alga. El compuesto denso se ebulló con el 88% de agua a 60°C a 300 rpm por 10 min, luego se incorporaron 4 g de glicerina y se movió a 360 rpm durante 15 min. Finalmente, se colocaron 24g de la combinación en una placa Petri y se puso en un horno a 40°C por 48 horas. Se mantuvo la mezcla alrededor de 10 min en el calentador, en ebullición, agitando de manera continua, hasta que la mezcla se tornó viscosa. Se vertió la mezcla en una lámina de papel aluminio; el bioplástico se dejó secar en la estufa a 40°C durante 2h (Reyes Mendoza, 2024).

3.3.5 Caracterización física

3.3.5.1 Biodegradabilidad

Se empleo la metodología de Lema Vera et al. (2021).

Para evaluar la degradación, se colocó una película (2 × 2 cm) con un peso inicial en un bol; con una estructura de 7 cm que tenía suelo húmedo y se puso a reposar por 24 h.

La muestra fue retirada y se eliminó las partículas que estaban adheridas. Luego, se secó a 105°C por 3 horas y se midió el nuevo el peso. Se aplicaron 10 ml de agua desionizada a la tierra y volvimos a enterrar la biopelícula. Este procedimiento se realizó hasta que la muestra se degradó al 30% de su peso inicial; la disminución de masa del biopolímero se determinó utilizando la Ecuación 1:

Dónde:
$$\%WL = \frac{W_0 - W_t}{W_0} * 100$$
 Ecuación 1

W0: Peso inicial.

Wt: Peso final.

3.3.5.2 Contenido de humedad

Se siguió el protocolo de Cárdenas Romay, 2022.

Para establecer el nivel de humedad del biopolímero, se pesó una muestra de 2 × 2 cm para obtener el peso inicial. Luego, se sometió a calor a 103°C por 3 h hasta alcanzar un peso estable. El biopolímero se situó en un deshidratador para enfriar y posteriormente medir nuevamente el peso; este procedimiento se llevó a cabo tres veces, y el porcentaje de humedad del material se calculó utilizando la Ecuación 2:

Dónde: $CH\% = (W1 - W2 / W1) * 100$ Ecuación 2

W1: Peso inicial.

W2: Nuevo peso.

3.3.5.3 Absorción de agua

Se realizó según el protocolo planteado en la investigación de Escribano Cajo (2020).

Para evaluar esto, se situó una película de 2×2 cm a 103°C por 3 h hasta alcanzar un peso estable. Luego, la película se introdujo en 30 ml de agua destilada por 5 segundos. El aumento de peso del compuesto se registró cada 5 segundos luego de secarlo superficialmente la película biológica con un trapo para quitar el agua sobrante. La captación de agua se calculó con la Ecuación 3:

Dónde: $GA \% = (W1 - W0) / W0 * 100$ Ecuación 3

W0: Peso inicial.

W1: Peso final.

3.3.5.4 Solubilidad en agua

Se realizó según el protocolo planteado en la investigación de Reyes Mendoza (2024).

Para establecer la solubilidad del compuesto, se situó una película de 2×2 cm a 103°C por 3 horas. La biopelícula fue pesada para establecer el peso seco inicial, y se sumergió en 50 ml de agua destilada, agitando a 100 rpm por 6 horas a temperatura ambiente (25°C). Pasado ese tiempo, los residuos de la película se eliminaron y secaron a 103°C por 3 h hasta obtener peso regular. El biopolímero mostró un nivel de solubilidad que se determinó empleando la Ecuación 4:

Dónde: $WS\% = W0 - W1 / W0 * 100$ Ecuación 4

W0: peso inicial.

W1: peso final.

3.3.5.5 Determinación del pH

A través de observación directa se determinó el pH de las uniones de compuestos que generan el bioplástico, utilizando tiras indicadoras; según el color que presenta la tira

después de sumergirla, se contrastó con los niveles del fabricante que varía de 1 - 14, siguiendo los criterios de la guía didáctica de Hermida (2011).

Donde:

Un $\text{pH} = 7$ es neutro.

Un $\text{pH} < 7$ se haya en conjunto de acidez.

Un $\text{pH} > 7$, se denomina básico.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Los valores resultantes se procesaron y tabularon usando una hoja de Microsoft Excel 2024 y el software SPSS v30.0.0, a través de un ANOVA (95% de nivel de confianza) y la prueba de Tukey para comparar medias.

Capítulo IV. Resultados

4.1 Análisis de resultados

A continuación, se aprecian imágenes del pretratamiento del alga marina *C. chamissoi* y elaboración del compuesto de bioplástico:

Figura 2. Alga marina *Chondracanthus chamissoi*



Figura 3. Proceso de eliminación de arena del alga marina



Figura 4. Bioplástico en laminas sobre papel aluminio



Figura 5. Bioplástico recortado en pequeños cuadros para proceso de análisis



Figura 6. Proceso de secado de cuadrado de bioplástico en la estufa



Los resultados de la caracterización física del compuesto del bioplástico del alga marina *C. chamissoi* se muestran a continuación:

Los resultados de biodegradabilidad se muestran a continuación, ya que el peso inicial fue de 0.44g y luego del proceso se obtuvo un aumento de 0.58g, lo cual nos indica que se obtuvo un 31.8% de biodegradabilidad de la muestra de alga estudiada.

Los resultados del nivel de humedad, la muestra tenía al momento del pesado fue de 0.44g de peso y al secarse se obtuvo un valor de 0.11g, lo que indica que perdió un 0.33g de peso lo que equivale al 75% de humedad que contenía la muestra.

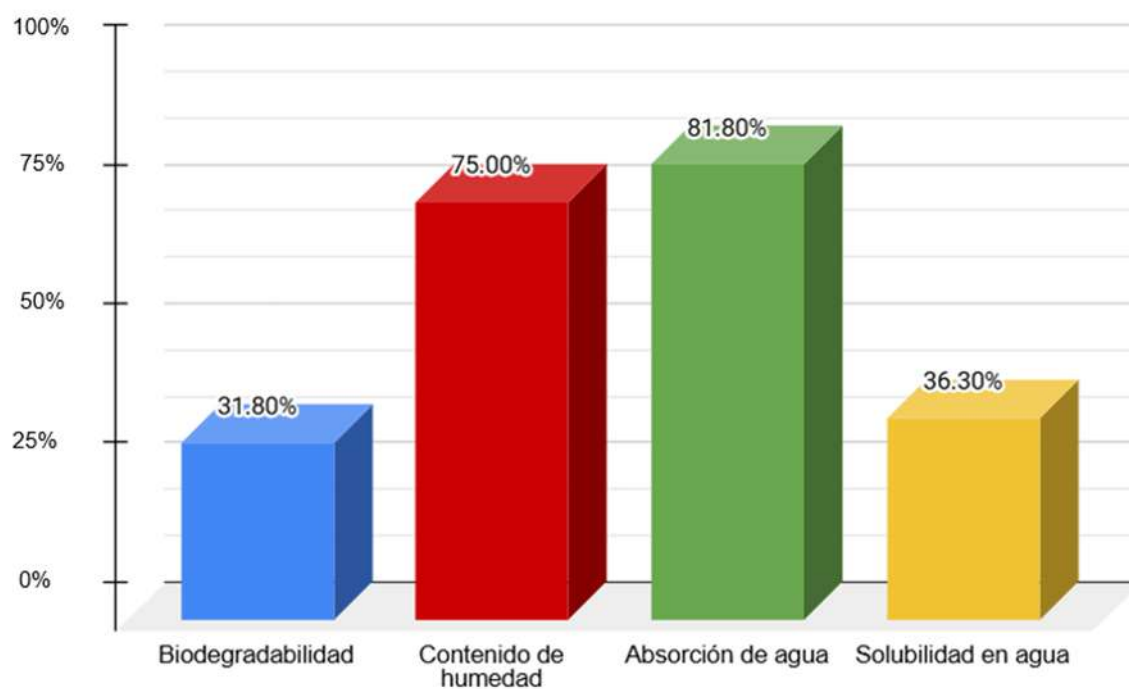
Los datos para la absorción de agua, la muestra tenía un peso inicial de 0.11g y luego del proceso se obtuvo un peso de 0.2g lo cual indica que se obtuvo un 0.09g de absorción de agua lo que determina como un 81.8% de adquisición de agua.

Los resultados de la dilución en agua del bioplásticos nos indica que el volumen inicial fue de 0.11g y luego del proceso se obtuvo un valor de 0.15, lo cual nos da un porcentaje aproximado de 36.3% de solubilidad en agua.

Tabla 2. Datos de la caracterización del bioplástico del alga marina *C. chamissoi*

Características del alga marina	<i>C. chamissoi</i>
Biodegradabilidad	31.8%
Contenido de humedad	75%
Absorción de agua	81.8%
Solubilidad en agua	36.3%
Potencial de hidrogeno (pH)	8.2

Figura 7. Datos resultantes del procedimiento de caracterización del bioplástico



Fuente: Elaboración propia

Capítulo V. Discusión

5.1 Discusión de resultados

Se consiguió obtener bioplástico a partir del alga roja *C. chamissoi* mediante procesos de producción biotecnológicos. Existen numerosas algas y microalgas que se han empleado desde hace tiempo en la industria, gracias a su gran capacidad para adaptarse a condiciones adversas como temperatura y humedad, entre otros factores ambientales. Además, su principal valor se encuentra en su composición celular, rica en proteínas y multivitaminas, lo que las convierte en una opción especialmente interesante para aplicaciones biotecnológicas. Hay algas verdes como Crinita, que son más resistentes a altas temperaturas en comparación con las algas pardas de tipo Japonica, ofreciendo resultados satisfactorios en cuanto a resistencia y propiedades termomecánicas (Lopez Peña, 2022). Asimismo, Miranda Berrocal (2023) consiguió producir bioplástico a partir de algas verdes de la especie *Ulva Nematoidea*, elaborando láminas de bioplástico y analizando la extracción mediante medios ácido, neutro y básico en diferentes pH del compuesto. Los hallazgos de Vicente Meléndez (2023), donde logra obtener bioplástico a partir del alga *Ulva nematoidea* y de la carragenina del alga roja *Chondracanthus chamissoi*, como en nuestra investigación, nos confirma que es factible producir bioplástico a partir de las algas marinas del litoral peruano. Asimismo, Loja Farez (2020) consiguió bioplástico a partir de un compuesto más elaborado, el alginato de calcio, extraído del alga *S. Ecuadoreanum*, utilizando procesos biotecnológicos y apoyándose en bacterias ácido lácticas que mejoraron su producción. Otro caso es el de García Martínez et al. (2020), quienes mejoraron su proceso con celulosa y almidón para producir un biopolímero destinado al bioplástico del alga *Sargassum* sp., en las costas de México

Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

- Se pudo tener compuesto para la elaboración de bioplástico del alga marina *C. chamissoi* de la playa de huacho.
- Se logro obtener un 31.8% de biodegradabilidad, un 75% de contenido de humedad, un 81.8% de adquisicion de agua, un 36.3% de solubilidad de agua y un pH de 8.2 en la caracterización del alga marina *C. chamissoi*.

6.2 Recomendaciones

- Realizar más investigaciones con las otras especies de algas marinas del país que aun no se han estudiado.
- Realizar mas estudios para mejorar la investigación en el cual usar compuestos amigables con el medio ambiente.

Capítulo VII. Referencias

- Abbayess, H., Chadefaud, M., Feldmann, J., Ferré, Y., Gausсен, H., Grassé, P., & Prévot, A. (1989). *Botánica. Vegetales inferiores*. Reverté
- Abdala-Díaz, R.T., Cabello-Pasini, A., Márquez-Garrido, E. & Figueroa, F.L. (2014). Variación intratalo de compuestos fenólicos, actividad antioxidante y actividad de la fenolsulfatasa en *Cystoseira tamariscifolia* (Phaeophyceae) del sur de España. *Ciencias Marinas*, 40(1), 1 – 10. <https://doi.org/10.7773/cm.v40i1.2350>
- Campos Honorato, T., Batista, E., de Oliveira do Nascimento, K. & Pires, T. (2013). Food additives: applications and toxicology. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 8(5), 01 – 11.
- Alarcón, H. y Arroyo, E. (2014). Obtención de biopolímeros de papa como una alternativa al desarrollo de materiales inocuos al medio ambiente. *TECNIA*, 24(1), 13. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v24i1.30>
- Alegría Rodríguez, R.M. y Vásquez Bacilio, E.F. (2023). Pan de molde enriquecido con alga (*Chondracanthus Chamissoi*), Semillas de *Linum usitatissimum* y *Salvia hispánica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa].
- Amin, M.R., Abu-Sharkh, B.F., & Al-Harthi, M. (2012). Effect Of Starch Addition On The Properties Of Low Density Polyethylene For Developing Environmentally Degradable Plastic Bags. *Journal of Chemical Engineering*, 26(1), 38 – 40. <https://doi.org/10.3329/jce.v26i1.10180>
- Anaya Lang, A.L. (2003). *Ecología Química*. Plaza y Valdez
- Arvizu, D.L., Hernández, G. & Rodríguez, E. (2002). Parámetros que afectan la conversión del ácido algínico en alginato de sodio. *Ciencias Marinas*, 28, 27 – 36.
- Avenas, P. (2012). Etymology of Main Polysaccharide Names. In: Navard, P. (eds) *The European Polysaccharide Network of Excellence (EPNOE)*. Springer, Vienna. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0421-7_2
- Barufaldi, R., Oliveira, N.M. (1998). *Fundamentos de Tecnologia de Alimentos*. Vol. 3; Editora Atheneu; São Paulo – SP.

- Cahui, J. (2018). Efecto del Sustrato Sobre el Crecimiento y Supervivencia de *Chondracanthus Chamissoi* en Cultivo en Sistema Suspendido en el Litoral Marino de Ilo [Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Moquegua.] <http://repositorio.unam.edu.pe>.
- Caja, V., Salas, N., Becerra, E., Bazán, D., Reyna, L., Cornejo, O. & Lellist, M. (2004). Obtención de ácido alginico a partir del alga *Lessonia trabeculata*. *Revista Peruana De Química E Ingeniería Química*, 7(2), 9-13.
- Cárdenas Romay, D.J. (2022). Obtención de bioplástico a partir de la extracción de almidón de los residuos de papa capiro [Tesis de pregrado, Universidad de América].
- Castañeda Palacios, C.M. y Teque Vera, M.S. (2018). Optimización de pre-extracción de y carragenanos a partir del alga Cochayuyo (*Chondracanthus chamissoi*) [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán].
- Castells, X.E. (2012). *Biomasa y Bioenergía*. Diaz de Santos.
- Castillo, O.S., Torres-Badajoz, S.G., Núñez-Colín, C.A., Peña-Caballero, V., Herrera, C.H. & Rodríguez-Núñez, J.R. (2017). Producción de biodiésel a partir de microalgas: avances y perspectivas biotecnológicas. *Hidrobiologica*, 27(3), 337–352.
- Castrejón, V., Carbó, R., & Martínez, M. (2007). Mecanismos moleculares que intervienen en el transporte de la glucosa. *Revista de Educación Bioquímica*, 26(2), 49 - 57.
- Chavarro Rivero, D.A. y Cuervo Parga, L.P. (2022). Desarrollo de un plástico biodegradable por medio de la microalga *Chlorella vulgaris* cultivada en aguas residuales industriales [Tesis de pregrado, Universidad de América, Colombia]. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3608995>
- Conforti, V.T.D. (1983). Morfología, taxonomía y estereoultraestructura de las Euglenophytas del área bonaerense [Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires].
- De la Lanza Espino, G., Hernández Pulido, S. & Carbajal Pérez, J.L. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*. Plaza y Valdés.
- De Marco, S.G., Vega, L.E. & Bellagamba, P.J. (2011). *Reserva natural del Puerto Mar del Plata, Un oasis urbano de vida silvestre*. Universidad Faosta.

- Edelman, M., Swinton, D., Schiff, J.A., Epstein, H.T. and Zeldin, B. (1967). Deoxyribonucleic Acid of the blue-green algae (cyanophyta). *Bacteriol Rev*, 31(4), 315 - 331. doi: 10.1128/br.31.4.315-331.1967.
- Escribano Cajo, V.M. (2020). Desarrollo y caracterización de un bioplastico a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán].
- Gallardo Rodríguez, J.J. (2009). Ingeniería de Bioprocesos en el cultivo de dinoflagelados [Tesis de doctorado, Universidad De Almería].
- García Martínez, K.; Sánchez Fuentes, C.E.; Salazar Cano, J.R.; Gómora Herrera, D.R.; y Santana Cruz, A. (2020). Obtención y caracterización de un biopolímero a partir del alga (*Sargassum* sp.) para elaborar empaques de un solo uso en combinación con celulosa y almidón. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química* 6(6), 492.
- Gomez, A. L., Lopez, J. A., Rodriguez, A., Fortiz, J., Martinez, L. R., Apolinar, A. & Enriquez, L. F. (2016). Producción de compuestos fenólicos por cuatro especies de microalgas marinas sometidas a diferentes condiciones de iluminación. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(1), 137 – 143. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue1-fulltext-14>
- Gonzalez Garcia, Y.; Meza Contreras, J.C.; Gonzalez Reynoso, O. y Cordova Lopez, J.A. (2013). Síntesis y biodegradación de polihidroxicanoatos: plásticos de origen microbiano. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 29(1), 77 - 115.
- González-Torres, L., Téllez-Valencia, A., Sampedro, J.G. & Nájera, H. (2007). Las proteínas en la nutrición. *RESPYN. Revista Salud Pública Y Nutrición*, 8(2).
- Green, C.T., & Scow, K.M. (2000). Analysis of phospholipid fatty acids (PLFA) to characterize microbial communities in aquifers. *Hydrogeology Journal*, 8(1), 126–141. <https://doi.org/10.1007/s100400050013>
- Greene, K.L. and Tonjes, D.J. (2014). Degradable plastics and their potential for affecting solid waste systems. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 180, 91 - 102. <https://doi.org/10.2495/WM140081>

- Guarnizo Franco, A., Martínez Yépes, P.N. & Valencia Sánchez, H.A. (2009). Pretratamientos de la celulosa y biomasa para la sacarificación. *Scientia Et Technica*, 15(42), 284 – 289.
- Gutow, L., & Bergmann, M. (2018). *Contamination of Our Oceans by Plastics*. (Elseiver, Ed.) *Enciclopedia del antropoceno*, 5, 43-49. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09976-6>
- Hayashi, L., Oliveira, E. C., Bleicher-Lhonneur, G., Boulenguer, P., Pereira, R. T. L., Von Seckendorff, R., et al. (2007). The effect of selected cultivation conditions on the carrageenan characteristics of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) in Ubatuba Bay, Sao Paulo, Brazil. *Journal of Applied Phycology*, 19, 505e511.
- Ibáñez, E., & Herrero, M. (2017). *Las algas que comemos*. CSIC.
- Jabeen, N., Majid, I., and Nayik, G. A. (2015). Bioplastics and food packaging: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 1(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1117749>
- Jimenez Fernandez, M.A. y Villanueva Meyer Garfias, A.M. (2022). *Uso de biopolimeros a base de almidon natural para reemplazar el plastico en microempresas del distrito de Trujillo, 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].
- Leliaert, F. (2019). Green Algae: Chlorophyta and Streptophyta. Reference Module in Life Sciences, 457–468. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809633-8.20890-x>
- Lema Vera, E.A. y Manzo Escobar, N.S. (2021). *Diseño de una línea de producción de bioplástico a partir de residuos del cacao con aplicación en envasado de alimentos* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
- Lizarzaburu Castro, J.F. y Baca Mendez, R.A. (2022). *Revisión sistemática: Evaluación de los métodos para la generación de bioplásticos* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo].
- Loja Farez, C.O. (2020). *Obtención de un polímero biodegradable a partir del alginato de calcio extraído de la biomasa del alga parda (Sargassum ecuadorenum)* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana].
- Macchiavello, JE; Bulboa, C; Sepúlveda, C; Véliz, K; Sáez, F; Vega, L; Véliz, R. 2012a. *Manual de Cultivo de Chondracanthus chamissoi (Chicorea de Mar)*:

Alternativas tecnológicas para el cultivo de *C. chamissoi* en la zona norte de Chile a partir de discos de fijación secundaria. Coquimbo, Chile, UCN. 24 p.

- Martín del Campo, A.S., Robledo-Ortiz, J.R., Arellano, M., Jasso-Gastinel, C.F., Silva-Jara, J.M., López-Naranjo, E.J. y Pérez-Fonseca, A.A. (2020). Glycidyl methacrylate-compatible poly(lactic acid)/nanoclay/agave fiber hybrid biocomposites: Effect on the physical and mechanical properties. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 19(1), 445 – 469. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Mat627>
- Meza Ramos, P.N. (2016). Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina].
- Miranda Berrocal, L.E. (2023). Desarrollo de métodos de fabricación de bioplásticos a partir de algas verdes [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Moreno Martínez, P. (2020). Estudio de la biodegradabilidad y compostabilidad de los diferentes plásticos [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Cartagena].
- Myklestad, S. M., & Granum, E. (2009). Biology of (1,3)- β -glucans and related glucans in protozoans and chromistans. In A. Bacic, A., Fincher, G.B. and Stone, B.A. (Eds.), *Chemistry, Biochemistry, and Biology of 1-3 Beta Glucans and Related Polysaccharides* (pp. 353–385). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373971-1.00010-8>
- Osorio, M.A. (2009). Características generales de las algas. Santa Fe.
- Patterson, G.M.L., Baker, K.K., Baldwin, C.L., Bolis, C.M., Caplan, F.R., Larsen, L.K., Levine, I.A., Moore, R.E., Moore, E., Nelson, C.S., Tschappat, K.D., Tuang, G.D., Boyd, M.R., Cardellina, J.H., Collins, R.P., Gustafson, K.R., Snader, K.M., Weislow, O.S. and Lewin, R.A. (1993). Antiviral activity of cultured blue-green algae (Cyanophyta). *Journal of Phycology*, 29(1), 125 – 130. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1993.tb00290.x>
- Pérez-Lloréns, J.L., Hernández Carrero, I., Vergara Oñate, J.J. y Brun Murillo, F.G. (2016). ¿Las algas se comen? un periplo por la biología, la historia, las curiosidades y la gastronomía. Universidad de Cádiz.

- Prado-Fernández, J.; Rodríguez-Vázquez, J.A.; Tojo, E.; Andrade, J.M. (2003). Quantitation of κ -, ι -, and λ -carrageenans by midinfrared spectroscopy and PLS regression. *Analytica Chimica Acta*, v.480, p.23-37.
- PRODUCE (Ministerio de la Producción). (2016). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2016. Lima, Perú.
- Quitral, V., Morales, C., Sepúlveda, M. & Schwartz, M. (2012). Nutritional and health properties of seaweeds and its potential as a functional ingredient. *Revista chilena de nutrición*, 39(4), 196 - 202. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182012000400014>
- Reaven, P.H., Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. (2015). *Biología de las plantas*. Reverte.
- Reyes Mendoza, C.O (2024). Fabricación y caracterización física de biopolímeros a base de algas [Tesis de pregrado, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas].
- Riera, M.A. y Palma, R.R. (2018). Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances en Química*, 13(3), 69 – 78.
- Rodríguez-Alba, E., Bernal Dubón, A.E., Gaitán López, H.E., Kim Godoy, C.A., Salguero Mérida, J.B., Toledo Hernández, E.M., Vásquez Maldonado, C.L. y Martínez-Richa, A. (2021). *La Ciencia de los Polímeros Biodegradables*. Jóvenes en la ciencia, 10.
- Ruiz Avilés, G. (2006). Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Ingeniería y Ciencia*, 2(4), 5 – 28.
- Seoáñez Clavo, M. (2013). *Tratado de la biomasa*. McGraw-Hill.
- Sim, T.S. & Goh, A. (1988). Ecology of microalgae in a high rate pond for piggery effluent purification in Singapore. *Mircen Journal of Applied Microbiology and Biotechnology*, 4(3), 285 – 297. <https://doi.org/10.1007/BF01096134>
- Solís-Bravo, I. (2007). Estudio Comparativo de las Propiedades Finales de Extractos de Carrageninac -I / κ -II Utilizando Distintas Algas productoras de carrageninas. Tesis para optar el grado de Licenciado en Ciencias de Alimentos. Universidad Austral de Chile.
- Tharp, B. & Yound, S. (2009). *Estabilizadores en los Alimentos*. BNP Media.

- Tiravanti, L. (2020). Evaluación de las Características Organolépticas, Fisicoquímicas y Microbiológicas de Yuyo (*Chondracanthus chamissoi*) Elaborado en Forma de Salsa [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Piura].
- Vallejo, S.V. (Ed.) (2014). Algas: diversidad vegetal. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (UNNE)
- Van de Velde, F.; Antipova, A.; Rollema, H.; Burova, T.; Grinberg, N.; Pereira, L.; Gilenan, P.; Tromp, R.; Rodolph, B. and Grinberg, V. (2005). The structure of κ/ι hybrid carrageenan II. Coil helix transitions as a function of chain composition. *Carbohydrate Research*. 340, 1113 - 1129.
- Vargas González, G.; Ibarra González, P.A.; Sandoval Larios, G.; Guzmán Partida, A.M. y Ramos Clamont, G. (2023). Efecto del tratamiento de extracción en las características de fucoïdan de *Sargassum sinicola* del Golfo de California. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 8, 281-289.
- Escobedo Honores, R. (2017). *Impacto ambiental de bandejas biodegradables a base de almidón de camote (*Ipomea batata*) y fibra de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), utilizando huella ecológica emergente* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo, Peru].
- Vicente Meléndez, E.F. (2023). Desarrollo de bioplásticos a partir del cactus *Echinopsis pachanoi* y de algas del litoral peruano [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Viana, A.; Nosedá, M.; Duarte, M. E. Y Cerezo, A. (2004). Alkali modification of carrageenan. PartV. The iota-nu hybrid carrageenan from *Eucheuma denticulatum* and its cyclization to iota-carrageenan. *Carbohydrate Polymers*. 58: 455-460.

5.2 Referencias electrónicas

- Bioplastics Europe (19 octubre de 2024). Comunicados de prensa y artículos. ¿Qué son los bioplásticos? <https://bioplasticseurope.eu/downloads/press-releases>
- CP Kelco. (2002). GENU® Carrageenan Book. Retrieved from <http://foodsci.rutgers.edu/carbohydrates/Carrageenan Book.pdf>

Gelymar (2015). Carrageninas. (Disponible en: www.gelymar.com).

Hermida, E. (2011). Polímeros guía didáctica. Disponible: http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf.

Industria Avícola. (01 febrero de 2019). Algas marinas en la alimentación avícola: ¿por qué? <https://www.industriaavicola.net/nutricion-y-fabricacion-de-alimentos-balanceados/algas-marinas-en-la-alimentacion-avicola-por-que/>

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (30 marzo 2021). El uso exagerado del plástico durante la pandemia de COVID-19 afecta a los más vulnerables. Cambio climático y medioambiente. <https://news.un.org/es/story/2021/03/1490302>

Anexos

Anexo 1. Tabla de recolección de datos

Características del alga marina	<i>C. chamissoi</i>				
	Peso inicial	R1	R2	R3	Promedio
Biodegradabilidad	0.44	0.58	0.57	0.6	0.58
Contenido de humedad	0.44	0.1	0.12	0.1	0.11
Absorción de agua	0.11	0.21	0.19	0.19	0.2
Solubilidad en agua	0.11	0.14	0.12	0.18	0.15
Potencial de hidrogeno (pH)		8.2	8.3	8.1	8.2

Anexo 2. Imagen del resultado de pesaje del bioplástico de alga marina

