

APLICACIONES DE LA BIOMASA ALGAL COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOPOLÍMEROS

Applications of seaweed biomass as raw material in the production of biopolymers

Recibido: 06/09/2023 - Revisado: 10/12/2023 - Publicado: 18/01/2024



enero - julio 2024
Vol. 5 - Núm. 8
e-ISSN 2600-6006

Klever José Delgado Moreira

<https://orcid.org/0009-0009-6958-3463>

klever.jose@gmail.com

Christian Simon Rivadeneira Barcia

<https://orcid.org/0000-0002-1131-6460>

christian.rivadeneira@uleam.edu.ec

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí -
(ULEAM) Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Delgado Moreira, K., & Rivadeneira Barcia, C. (2024). Aplicaciones de la biomasa algal como materia prima en la producción de biopolímeros. ULEAM Bahía Magazine, 5(8), 123-130. Obtenido de https://revistas.uleam.edu.ec/index.php/uleam_bahia_magazine



Resumen

El presente trabajo analiza la importancia del uso de la biomasa extraída de las algas en los diferentes campos de la industria. Esta materia orgánica derivada de varias especies de algas desempeña un papel crucial e importante en los sistemas acuáticos y en el equilibrio global del carbono. Estos extractos son comúnmente usados en la industria alimentaria, cosmética, farmacéutica y ahora con futuras aplicaciones en el campo industrial. La versatilidad de este compuesto denominado biomasa algal radica en sus múltiples capacidades para sacar el máximo aprovechamiento y de esta manera producir una amplia gama de compuestos valiosos, tales como; lípidos, proteínas, carbohidratos, pigmentos y mucha variedad de polisacáridos; donde al ser extraídos y aprovechados generaran cambios en distintas áreas. Al adentrarnos en esta investigación, este compuesto ha despertado un interés significativo en la comunidad científica, y de esta manera abordar problemas proporcionar soluciones innovadoras en diversos campos. La finalidad de esta biomasa algal es ser usada como fuente alterna para la obtención de biopolímeros naturales, con el fin de utilizarse en la creación y producción de nuevos bioplásticos; los cuales estos por sus propiedades tanto física como químicas, están destinados a ser el potencial reemplazo a la producción de los plásticos convencionales de los que dependemos actualmente. Todo esto conlleva a que; se desarrolle futuras innovaciones y de esta manera dar soluciones a los desafíos actuales y de esta manera poder tener un impacto duradero en la sostenibilidad y el desarrollo humano.

Palabras clave: Biomasa Algal, Biopolímeros, Clúster, Producción.

Abstract

This paper analyzes the importance of using biomass extracted from algae in various industries. This organic material derived from various species of algae plays a crucial and significant role in aquatic systems and the global carbon balance. These extracts are commonly used in the food, cosmetic, and pharmaceutical industries, and now have potential future applications in the industrial field. The versatility of this compound, known as algal biomass, lies in its multiple capabilities to make the most of it and thus produce a wide range of valuable compounds, such as lipids, proteins, carbohydrates, pigments, and a variety of polysaccharides. When these are extracted and utilized, they will bring about changes in different areas. As we delve into this research, this compound has sparked significant interest in the scientific community, thus addressing problems and providing innovative solutions in various fields. The purpose of this algal biomass is to be used as an alternative source for obtaining natural biopolymers, with the aim of using them in the creation and production of new bioplastics. Due to their physical and chemical properties, these bioplastics are intended to potentially replace the production of conventional plastics that we currently depend on. All of this leads to the development of future innovations and thus providing solutions to current challenges, ultimately making a lasting impact on sustainability and human development.

Keywords: Algal Biomass, Biopolymers, Clúster, Production.

Introducción

En los últimos diez años, la biomasa algal ha tenido un auge de crecimiento significativo, destinando así en la generación de energía limpia y más que todo en la producción de nuevos materiales biodegradables (Moix, 2014). Últimas investigaciones datan que en América Latina y el Caribe y la África Subsahariana se encuentran como pioneros potenciales en la producción de biomasa algal y de por sí, desempeña un papel importante en el desarrollo de la economía (García, 2021). Refiriéndose al uso de la biomasa algal, existe un gran amplio campo de interés; donde está compuesto fotosintético es protagonista de muchos usos potenciales, impulsando así una exploración de aplicaciones multifacéticas en numerosos campos de la industria. Si nos adentramos al campo de la nutrición, en la farmacéutica, ecológica y la industrial; encontramos varias nuevas alternativas de conjugaciones de esta biomasa con otros compuestos ya sea de la índole que sea, estos ofrecen el mejoramiento de productos con el objetivo de aumentar su valor, calidad y utilidad en el campo de todas las industrias, probando así que; este compuesto tiene un increíble e interesante crecimiento de acuerdo al potencial que este posee, abordando así soluciones sostenibles. Los bioplásticos acogen el mercado principal de bioproductos que se comercializan dentro de la economía basada en la obtención de la biomasa algal. Estos bioplásticos tienen antecedentes históricos que datan desde hace más de 150 años y actualmente estamos en una nueva era donde la reaparición de estos materiales impulsa el perfeccionamiento y progreso de nuevas biotecnologías, la preservación y sostenibilidad del medio ambiente (Sánchez, 2023). Como última instancia, el mejoramiento de algas en el campo de las industrias es un proceso multidisciplinario que la involucra el uso de todas las ciencias conocidas, y a medida que la investigación avanza, es probable que veamos más avances en modificación genéticas de estas; para así, adaptarlas a diversos campos de

las industrias, lo que podría tener un impacto significativo en la sostenibilidad y la innovación en diferentes sectores importantes.

Biomasa

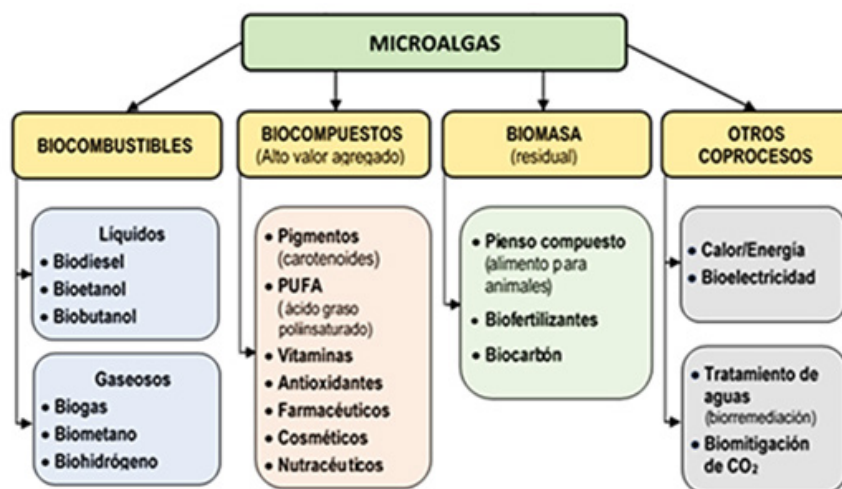
La Biomasa es un compuesto orgánico de organismos fotosintéticos extraídos de la biomasa algal, con un gran potencial de fuente bioenergética y de bioproductos (Calderon, 2021). Una de las principales características es que son fuentes primarias de carbono neutral y es relativamente económicas en comparación con otra fuente de materia prima no renovables al ser una materia prima renovable (Valdéz, 2021).

Este compuesto al ser una biomasa clasificada como un compuesto netamente energético (acuoso=algas) y de un gran uso agroindustrial, en el proceso que se refiere al de extracción de las mismas, obtenemos compuestos valiosos ricos en yodo y a partir de ellas otros como lo es el agar, el carragenano y las alginas; donde actualmente estos son ampliamente utilizados en cualquier campo industrial (Vilma Quitral, Carla Morales, Marcela Sepulveda, Marco Schwartz, 2012).

Como punto referencial la biomasa según su aplicación se puede clasificar en tres tipos llamados de por sí generaciones. La biomasa que es de primera generación se refiere a cultivos con el fin de consumo humano, de segunda generación se refiere a aquella biomasa que permite mayor alcance al problema de sostenibilidad y de por sí en el desarrollo de obtención de bioproductos y la biomasa de tercera generación corresponde a aquellas que tiene como fin potencial energético e investigaciones que corresponden al mayor avance científico (Rincón, 2017).

Figura 1.

Aplicaciones Potenciales (Manuel Jimenez Escobedo, 2021).



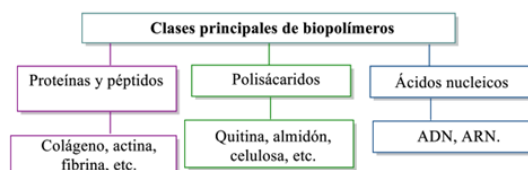
Elaboración propia

Biopolímeros

Los biopolímeros son compuestos sintetizados por organismos vivos que desempeñan varias funciones biológicas. En la actualidad estos biopolímeros pueden combinarse con moléculas sintéticas para así mejorar cualidades y propiedades de resistencia y flexibilidad. Esos mismos al ser sintetizados por organismos vivos estos suelen descomponerse de forma natural en el medio ambiente (Rodríguez, 2019).

Figura 2.

Clases Principales de Biopolímeros (Flores Juanita, Aidé Galindo, Elisa Muzzquiz, Maria Soria, 2021).



En términos generales las algas son organismos capaces de producir sus propios biopolímeros. Estos son polisacáridos naturales con propiedades útiles como lo son en el campo de industria (Azevedo, 2020).

Tabla 1.

Tipos de Biopolímero Naturales Extraídos de la Biomasa (Ramírez, 2018).

ALGAS	AGAR	Mezcla heterogénea de polisacáridos. Los principales componentes de la cadena son la <i>galactopiranososa</i> .
	ALGINATO	Mezcla heterogénea. Principal componente es el ácido <i>manurónico</i> y unidos por enlaces <i>glucosídicos</i> .
	CARRAGENINA	Mezcla heterogénea de polisacáridos. Sus componentes principales son la <i>galactosa</i> .
	FUCOIDAN	Mezcla heterogénea. Su componente es la <i>fucosa</i> unida por enlaces <i>glucosídicos</i> .

Los polímeros naturales que se pueden extraer del compuesto de biomasa algal encontramos los siguientes:

Alginato: Es un biopolímero no tóxico, biodegradable, biocompatible, soluble y renovable; extraído normalmente de las algas pardas (Phaeophyceae). La aplicación de estas destacamos en los siguientes campos de la:

- **Industria Farmacéutica:** Usado como espesante para cremas y medicamentos tópicos.
- **Industria Química:** Usado para la formulación de detergentes de ropa.
- **Industria Textil:** Usado para el mejoramiento de la ropa y el papel en el dimensionamiento de su superficie.
- **Industria Gastronómica:** Usado para la conservación de helados, viscosidad necesaria y para el mantenimiento de los microorganismos probióticos microencapsulados.
- **Industria Biotecnológica:** Usado para un correcto nivel de actividad enzimática en la producción de vacunas.
- **Industria Biomédica:** Usado para la producción de fármacos oftalmológicos.
- **Industria Informática:** Usado para la creación de materiales 3D. (Hurtado, 2020)

Agar: Es un polisacárido, de una subdivisión de la Carragenina que es un biopolímero extraído normalmente de las algas rojas (Rhodophyta). La aplicación de estas destacamos los

siguientes:

- **Industria Alimentaria:** Usado como espesante y estabilizador.
- **Industria de Bebidas:** Usado como coagulante, mediante un proceso químico en el que las sustancias coloidales se coagulan en el agua, lo que permite la decantación y filtración de lo que es en la elaboración de jugos, vinos y cerveza.
- **Industria Farmacéutica:** Usado como ingrediente para la formulación de tabletas, capsulas médicas, lubricantes, tratamientos gastrointestinales y como agente antibiótico.
- **Industria Cosmética:** Usado como espesante natural, lo que proporciona preservación y mejora el rendimiento del producto (Mabeau, 1991)

Carragenina: Es un biopolímero sulfatado, normalmente extraído de las algas rojas (Rhodophyceae). Dentro de la aplicación de estas se destaca lo siguiente:

- **Industria Alimentaria:** Su mayor auge ha tenido en este campo, por sus propiedades especiales como gelificante, estabilizante y espesante; por la capacidad de generar estas funciones en medios acuosos a muy bajas concentraciones.

Fucoidanos: Es un polisacárido sulfatado, que normalmente es extraído de las algas pardas (Phaeophyceae). Dentro de la aplicación de esta se destaca lo siguiente:

- **Industria Biomédica:** Usado como anticoagulante y antitrombótica.
- **Industria Biotecnológica:** Usado como compuesto antiviral en la medicina clínica.
- **Industria Farmacéutica:** Usado como antibiótico para personas que sufren malestares gástricos y como uso terapéutico después de cirugías. (Trujillo, 2019)

Tabla 2.

Clasificación de Biopolímeros por su Funcionalidad (Domínguez, 2020).

Algas productoras de biopolímeros

FUNCION	BIOPOLÍMERO
Gelificante	Agar, agarosa, alginato, schizofilano, gelatina, quitosano, pectinas, curdlano.
Espesante	Gomas: guar, arábica, xantana, tragacanto, guar. (algarrobo)
Emulsificador	Alginato, goma xantana, pectinas.
Estabilizador	Gomas: guar, arábica, xantana, carragenina, guar. (algarrobo)
Medicina	Celulosa, alginato, ácido hialurónico, colágeno, goma guar, fucoidan, quitosano.

Las algas son el organismo vivo más antiguo de nuestro planeta, tradicionalmente se clasifica como vegetal; este es un organismo muy capaz por su peculiaridad de obtener su propia energía gracias a la capacidad de realizar el proceso de fotosíntesis (Piedrahita, 2017). Normalmente existe una variedad descomunal de especies que datan aproximadamente de 30.000 mil especies conocidas. De acuerdo a su clasificación encontramos que estas se las puede dividir por macroalgas y microalgas (Acosta, 2023).

Macroalgas: Se destacan los siguientes tipos:

- **Algas Verdes o Chlorophyta:** Son las algas pertenecientes al grupo que tienen clorofila A y B. Habitan en agua dulce y hábitats marinos. gracias a su capacidad de adaptación (Moreno, 2021).

- **Algas Rojas o Rhodophyta:** Se las conoce como rodófitas, porque realizan funciones fotosintéticas y tienen clorofila A y D; cuya principal característica es que pueden encontrarse a más de 130 metros de nivel de profundidad (Cubas, 2008).

- **Algas Pardas o Phaeophyta:** Son propias de ecosistemas marinos, teniendo como referencia que se encuentran en costas rocosas. Normalmente aparecen como algas flotantes y libres, presentan clorofila A y C (Annie May García, 2022).

Imagen 1.

Clasificación de Algas (Irigoyen, 2020).



Tabla 3.

Cuadro Comparativo de Macroalgas (Ann, 2021)

CARACTERÍSTICA	ALGAS ROJAS	ALGAS PARDAS	ALGAS VERDES
Clase Taxonómica	Rhodophyta	Phaeophyceae	Chlorophyta
Pigmentos	Clorofila a, Ficobiliproteínas	Clorofila a y c, Fucoxantina	Clorofila a y b
Color	Rojo	Pardo-Oliva	Verde
Almacenamiento de Energía	Almidón y Floridean	Laminaran y Manitol	Almidón
Células Flageladas	Ausentes	Puede haber, como no	En algunas especies
Pared Celular	Celulosa y Sulfato de Agar	Celulosa y Alginato	Celulosa y Pectina
Distribución	Principalmente Marino	Principalmente Marino y Dulceacuicola	Generalmente Dulceacuicola
Estructuras Notables	Cistocarpos, Carposporofitos	Laminarinas, Fucoides y Sargazos	Volvox, Spirogyra, Ulva

Metodología

Producción y extracción de biopolímeros

La extracción de biopolímeros de macroalgas es un proceso importante en diversas aplicaciones industriales y biotecnológicas, ya que estos biopolímeros tienen propiedades únicas y valiosas, como gelificación, estabilidad, y propiedades bioactivas. Aquí se presentan algunas metodologías comunes para la extracción de biopolímeros de macroalgas:

- **EXTRACCIÓN CON AGUA CALIENTE (HOT WATER EXTRACTION):** En esta metodología, las macroalgas se tratan con agua caliente para romper las paredes celulares y liberar los biopolímeros. La temperatura y el tiempo de tratamiento varían según el tipo de macroalga y el biopolímero deseado. Luego, la mezcla se enfría y se separa para obtener el extracto (Hugh, 2002).
- **EXTRACCIÓN CON SOLVENTES ORGÁNICOS:** En este enfoque, los biopolímeros se extraen utilizando solventes orgánicos como etanol, metanol o acetona. Estos solventes disuelven los biopolímeros y luego se elimina el solvente para obtener el extracto deseado (Reyma, 2018).
- **EXTRACCIÓN CON ÁLCALIS (ALKALI TREATMENT):** En esta metodología, las macroalgas se tratan con soluciones alcalinas, como hidróxido de sodio, para romper las paredes celulares y liberar los biopolímeros. Luego, se neutraliza la solución alcalina para obtener el extracto (Plaza, 2012).
- **EXTRACCIÓN CON ENZIMAS:** Las enzimas específicas pueden ser utilizadas para degradar las paredes celulares de las macroalgas y liberar los biopolímeros. Las enzimas como las celulasas y alginasas son comúnmente utilizadas para este propósito (Fleurence, 2019).
- **EXTRACCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS:** Las microondas se utilizan para calentar la muestra de macroalga, lo que acelera el proceso de extracción. Esto puede ser útil para aumentar la eficiencia de extracción y reducir el tiempo de procesamiento (Shahidi, 2018).
- **EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO:** La aplicación de ultrasonido de alta frecuencia a la muestra de macroalga puede ayudar a romper las paredes celulares y facilitar la liberación de los biopolímeros (Corona, Edith, 2016).
- **EXTRACCIÓN POR AUTOCLAVE:** En este método, las macroalgas se someten en altas temperaturas y presiones en una autoclave, lo que ayuda a descomponer las estructuras celulares y liberar los biopolímeros (Duran, 2022).
- **EXTRACCIÓN POR HIDRÓLISIS ÁCIDA:** En esta técnica, las macroalgas se tratan con ácido para hidrolizar las estructuras celulares y liberar los biopolímeros. Luego, se neutraliza la solución ácida para obtener el extracto (Tiwari, 2020).

Tabla 4.

Métodos de Extracción de Biopolímeros de Algas (Filipigh, 2021).

METODO	MECANISMO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	PARAMETROS DE CONTROL	CITAS BIBLIOGRÁFICAS
EXTRACCIÓN CON AGUA CALIENTE	Proceso de Fuerza Centrifuga	Reducción de Disolventes	Flujo contracorriente	Temperatura	(Zhong, Luua, Walsem, Johan Van, Shihm Simons, 2013)
SOLVENTE ORGANICO	Proceso de Reacción/Acción	Electroextracción	Compuesto Hidrofóbicos	Solubilidad Orgánico	(Yañez, 2022)
EXTRACCIÓN CON ALCALIS	Proceso de Líquido/Líquido	Cromatografía	Solubilidad Cargada/Neutra	Afinidad de PH	(Laurence, 2021)
ENZIMAS	Hidrólisis	Reducción de disolventes	Necesidad de optimizar Enzimas	Concentración Uso adecuado Máxima actividad	(Madhy, 2019)
MICROONDAS	Irradiación con Microondas	Reducción de disolventes	Eficiencia imprevisible con disolventes polares o volátiles	Agitación Tiempo Potencia	(Onumaegbu, 2019)
ULTRASONIDO	Cavitación Acústica	Reducción de tiempo y uso de disolventes	Dificultad de Enfriamiento	Frecuencia Tiempo Potencia	(Vérnes, 2019)
AUTOCLAVE	Ebullición de Vapor	Debilitación de Lípidos	Dificultad de Enfriamiento	Temperatura Tiempo Rendimiento	(Miranda, 2020)
HIDRÓLISIS ÁCIDA	Mecanismo Catalizador	Rendimiento de Oxidación	Impacto Ambiental	Tiempo Eficiencia Escalabilidad	(Nitzos, 2020)

Es importante considerar que la elección de la metodología de extracción dependerá del tipo de biopolímero que se busca obtener, así como de las propiedades y características específicas de las macroalgas utilizadas.

Cada método tiene sus ventajas y desventajas en términos de eficiencia, calidad del extracto y escalabilidad. Además, es crucial garantizar prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente durante el proceso de extracción (Reyma, 2018).

Tabla 5.

Principales Ventajas y Desventajas de Métodos Modernos de Extracción (Adrian Espinoza, 2020).

MÉTODOS EXTRACTIVOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
TRADICIONALES	Bajo Costo Facilidad de Operación Requiere menos procesos Experimentales	Elevado consumo de solventes orgánicos y son totalmente tóxicos Periodos prolongados Menor rendimiento Operación manual

MODERNOS	Menor tiempo de extracción Aumenta el rendimiento y calidad de los reactivos Considerados "Tecnología Verde" Automatizado Procesos optimizados Reducen y eliminan los solventes tóxicos	Tecnología costosa Requiere personal especializado y capacitado
----------	--	--

Conclusiones

La información obtenida de las investigaciones consultadas indica que la biomasa algal por medio del uso y producción de macroalgas es una fuente viable y prometedora en la solución de múltiples áreas cruciales para nuestro futuro. A medida que enfrentamos desafíos globales como el cambio climático, la seguridad alimentaria y la búsqueda de fuentes de energía renovable, las algas emergen como una fuente versátil y eficiente de recursos. No obstante, es esencial abordar desafíos relacionados con la producción a gran escala, la gestión responsable de recursos acuáticos y la minimización de impactos ambientales.

Mediante la inversión en investigación, desarrollo y regulaciones adecuadas, podemos aprovechar plenamente los beneficios de la biomasa algal y encaminarnos hacia un futuro donde la tecnología y la naturaleza colaboren armoniosamente para el bienestar de nuestro planeta y sus habitantes.

Referencias

- Acosta, M. B. (30 de Marzo de 2023). Ecología verde. Recuperado el 31 de Agosto de 2023, de Clasificación de las Algas: <https://www.ecologiaverde.com/clasificacion-de-las-algas-2371.html>
- Adrian Espinoza, R. H. (Diciembre de 2020). Biotecnología Vegetal. UCLV, 20(4), 26. Recuperado el 31 de Agosto de 2023, de <http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v20n4/2074-8647-bvg-20-04-257.pdf>
- Ann, M. (18 de Noviembre de 2021). Diversidad Vegetal. Acta Botanica, 10. doi:128.2021.1924
- Annie May García, E. C. (2022). Algas Pardas del Atlántico Mexicano. Scielo, 5.
- Azevedo, J. (2020). Biopolímeros en Algas: Propiedades y Aplicaciones. Drugs Marines Publications, 5.
- Calderon, A. (Junio de 2021). Biomasa microalgal con alto potencial para la producción de biocombustibles. Scielo, 12(2), 8. Recuperado el 31 de Agosto de 2023, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172021000200265
- Corona, Edith. (30 de Junio de 2016). Extracción Asistida por Ultrasonido y su Actividad Antioxidante. Scielo, 50(4), 1-10. Recuperado el 31 de Agosto de 2023, de <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v50n4/1405-3195-agro-50-04-403.pdf>
- Cubas, P. (2008). Rhodophyta Algas Rojas. Recuperado el 31 de Agosto de 2023, de https://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Algas_rojas/8-Rhodophyta_texto.pdf
- Domínguez, D. R. (2020). Clasificación de Biopolímeros por su Funcionalidad. ECORFAN, 20. doi:10.35429/H.2020.9.107.129
- Duran, D. (2022). Potencial biotecnológico de las macroalgas en la agricultura. Scielo, 40(3), 8. doi:10.4067/S0718-34292022000300081
- Filipigh, Á. (2021). Valoración de Métodos Convencionales y Modernos. Trabajo de grado. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/49743/TFM-G1440.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fleurence, J. (2019). Proteínas en Algas Marinas. Ciencia y Tecnología de los Alimentos, 28.
- Flores Juanita, Aidé Galindo, Elisa Muzzquiz, Maria Soria. (14 de Enero de 2021). Biopolímeros y sus aplicaciones. CienciaCierto, 12. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de <http://www.cienciacierto.uadec.mx/articulos/CC66/biopolimerosyaplicaciones.pdf>
- García, Y. V. (Enero de 2021). Potencial de Biomasa en América del Sur para la Producción de Bioplásticos. Scielo, 48(2), 15. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292021000400007
- Hugh, M. (2002). Guía para la Industria de las Algas. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de <https://www.fao.org/3/y3550s/Y3550S00.htm>
- Hurtado, A. (22 de Mayo de 2020). El Alginato y sus Inmensas Aplicaciones Industriales. Centro de Investigación Traslacional San Alberto Magno, 10. doi:10.46583/nereis_2020.12.573

- Irigoyen, J. (25 de Agosto de 2020). SCRIBD. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de Clasificación de Algas: <https://es.scribd.com/presentation/473636299/ALGAS#>
- Laurence, M. (2021). Wikipedia. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de Extracción con Alcalis: https://es.wikipedia.org/wiki/Extracci%C3%B3n_%C3%A1cido-base
- Mabeau, S. (05 de Julio de 1991). Estructura del Agar y Propiedades Industriales. 2021, 6(17), 105-108. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/33841>
- Madhy. (2019). Extracción por Enzimas. Universidad de Valladolid, 118.
- Manuel Jimenez Escobedo, A. C. (2021). Aplicaciones Potenciales de la Biomasa Algal para la Producción de Biocombustibles. Departamento de Agroindustria y Agronomía, 45.
- Miranda. (2020). Métodos de Autoclave. Universidad de Valladolid, 118.
- Moix, M. A. (Octubre de 2014). Factores que influyen en el crecimiento de la Biomasa Algal. IDETQA, 12(2), 6. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/5681/Proyecciones%202014%20Octubre%20-%20Argumedo%20Moix.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreno, S. (2021). Corología Algal. Anales de Biología - UM, 4.
- Nitzos. (2020). Método por Ultrasonido. Universidad de Valladolid, 118.
- Onumaegbu. (2019). Extracción por Microondas. Universidad de Valladolid, 118.
- Piedrahita, E. J. (14 de Noviembre de 2017). Las Algas y su Importancia en Nuestro Planeta. (Campus, Editor, & A. D. UNIVALLE, Productor) Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de <https://www.univalle.edu.co/medio-ambiente/algas-vida>
- Plaza, J. (2012). Remoción de metales pesados empleando algas marinas. Tesis Doctoral, Argentina. Recuperado el 3 de Agosto de 2023, de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2770/Documento_completo_.pdf?sequence=17
- Ramírez, V. L. (2018). Polímeros Biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones. UNED. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf
- Reyma, R. (2018). Polisacáridos de Algas Marinas como posibles Agentes Coagulantes. Ciencia Actual, 98.
- Rincón, J. D. (2017). Respectivas de las Biorrefinerías y Situación Actual de los Biocombustibles en Ecuador como País Emergente. Scielo, 26.
- Rodríguez, D. (2019). Biopolímeros. Scielo, 15.
- Sánchez, J. P. (Marzo de 2023). Potencial de Biomasa en América del Sur para la Producción de Bioplásticos. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de Ocean Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/news/publications/#MarketData>
- Shahidi, F. (2018). Extracción Asistida del Alginato por Microondas y su Actividad Antioxidante. Ciencia Innovadora de los Alimentos, 93.
- Tiwari, B. (2020). Manual de Polímeros para Tecnologías Farmacéuticas. Wiley, 26.
- Trujillo, S. (2019). Fucoidan y sus Aplicaciones en la Industria. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de http://mundialsiglo21.com/suplementos_fucoidan.html
- Valdéz. (2021). Biopolímeros: Variedad y Aplicabilidad. Scielo, 8.
- Vérnes. (2019). Método por Ultrasonido. Universidad de Valladolid, 118.
- Vilma Quitral, Carla Morales, Marcela Sepulveda, Marco Schwartz. (Diciembre de 2012). Propiedades Nutritivas y Saludables de Algas Marinas y su Potencialidad como Ingrediente Funcional. Revista Chilena de Nutrición, 39(4), 196-202. Recuperado el 3 de Agosto de 2023, de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182012000400014
- Yañez, A. (2022). Método Extracción por Solvente Orgánico. Slideshare, 10. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de <https://es.slideshare.net/AlexisYaez1/extraccion-porsolvente>
- Zhong, Luu, Walsem, Johan Van, Shihm Simons. (22 de Mayo de 2013). Método Extracción por Agua Caliente. Recuperado el 03 de Agosto de 2023, de Patentados: <https://patentados.com/2013/metodos-de-extraccion-de-polimeros>