

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1938>

Plan de negocio para la producción de alginato de sodio a partir del aprovechamiento del alga “Sargassum”, en las playas de Quintana Roo, México

Business plan to produce sodium alginate from the use of the “Sargassum” algae, on the beaches of Quintana Roo, Mexico

Carlos Orozco Álvarez

corozcoa@ipn.mx
<https://orcid.org/0000-0002-5145-6791>
Instituto Politécnico Nacional (UPIBI)
Ciudad de México

Saúl Hernández Islas

shernandez@ipn.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4952-5206>
Instituto Politécnico Nacional (UPIBI)
Ciudad de México

Mayte Nathalie Cruz Vázquez

nathalie97cv@gmail.com
Instituto Politécnico Nacional (UPIBI)
Ciudad de México

Michelle Montserrat Lira Martínez

montserratmichelle21@outlook.com.ar
Instituto Politécnico Nacional (UPIBI)
Ciudad de México

Artículo recibido: 26 de marzo de 2024. Aceptado para publicación: 11 de abril de 2024.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

Se elaboró un plan de negocios para la creación de una microempresa productora de alginato de sodio aprovechando el sargazo que llega, y contamina año con año, a las costas de Quintana Roo, México. Se estimó una capacidad instalada de 38.5 ton/año para cubrir el 9.6 % de la demanda del producto, siendo las industrias de cosméticos y alimentaria las principales consumidoras. La síntesis del bioproceso incluyó operaciones como el secado solar del sargazo, extracciones ácidas y alcalinas para obtener el ácido algínico, obtención del alginato de sodio empleando carbonato de sodio y etanol, y finalmente la reducción de tamaño, tamizado y envasado del producto en polvo. A partir de 1 tonelada de sargazo seco (20 % de humedad) se obtuvieron 385 kg de producto (12% de humedad), proporcionando esto un rendimiento del bioproceso de 42 %. El equipo para llevar a cabo la producción 770 kg/semana incluyó, entre otros, 3 marmitas de 6 m³, 2 tanques cilíndricos de 8 y 1 m³, 5 bombas centrífugas de 1 a 3 HP, un filtro prensa de 80 m² de área de filtración y un equipo de tamizado y envasado de 200 kg/h., lo cual constituyó una inversión de 2 millones de pesos; y la inversión fija se estimó con un factor de Lang de 4.25 obteniéndose un monto de 8.5 millones de pesos. Finalmente se estimó la TIR siendo esta de 42.68% y por lo tanto la microempresa resultó rentable porque la TMAR fue calculada en 22%, por otro parte el tiempo de recuperación de la inversión fue de 2.8 años, mientras que el punto de equilibrio resultó del 51% de la capacidad instalada; estos resultados económicos se

obtuvieron estimando un precio del producto de 510 pesos/kg siendo éste 34% inferior al precio promedio del producto en el mercado.

Palabras clave: sargazo, alginato, sustentable, microempresa, rentabilidad

Abstract

A business plan was developed for the creation of a microcompany producing sodium alginate, taking advantage of the sargassum that arrives, and contaminates year after year, on the coasts of Quintana Roo, México. An installed capacity of 38.5 tons/year was estimated to cover 9.6% of the demand for the product, with the cosmetics and food industries being the main consumers. The synthesis of the bioprocess included operations such as solar drying of sargassum, acid and alkaline extractions to obtain alginic acid, obtaining sodium alginate using sodium carbonate and ethanol, and finally size reduction, sieving and packaging of the powder product. From 1 ton of dry sargassum (20% humidity) 385 kg of product (12% humidity) were obtained, providing a bioprocess yield of 42%. The equipment to carry out the 770 kg/week production included, among others, 3 stewpot of 6 m³, 2 cylindrical tanks of 8 y 1 m³, 5 centrifugal pumps from 1 to 3 HP, a filter press with a 80 m² filtration area and a 200 kg/h sieving and packaging equipment, which represented an investment of 2 million pesos; and the fixed investment was estimated with a Lang factor of 4.25, obtaining an amount of 8.5 million pesos. Finally, the IRR was estimated to be 42.68% and therefore the microenterprise was profitable because the MARR was calculated at 22%, on the other hand the recovery time of the investment was 2.8 years, while the equilibrium point was 51% of installed capacity; these economic results were obtained by estimating a product price of 510 pesos/kg, this being 34% lower than the average price of the product in the market.

Keywords: sargassum, alginate, sustainable, microcompany, rentability

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Cómo citar: Orozco Álvarez, C., Hernández Islas, S., Cruz Vázquez, M. N., & Lira Martínez, M. M. (2024). Plan de negocio para la producción de alginato de sodio a partir del aprovechamiento del alga "Sargassum", en las playas de Quintana Roo, México. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (2), 1093 – 1112. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1938>

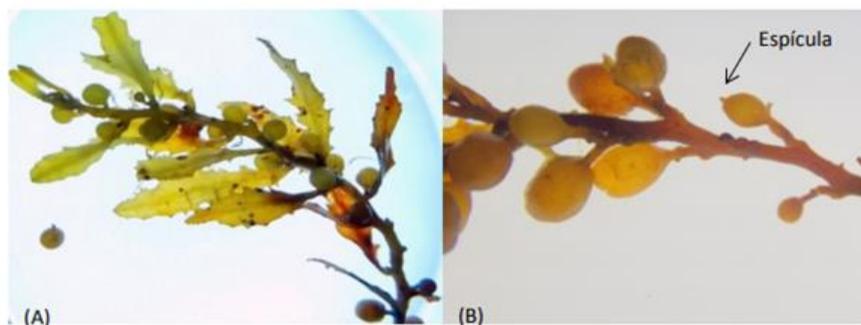
INTRODUCCIÓN

El sargazo es una macroalga de color pardo o verde oscuro de gran tamaño, tiene la facilidad de crecer muy rápido, duplicando su biomasa en menos de 20 días, si las condiciones para su crecimiento son favorables. El problema aparece cuando crece demasiado. (La nación, 2019). El M. en C. Ignacio Sánchez Rodríguez en su tesis de Fenología del sargassum menciona que las algas en estado juvenil tenían una talla promedio de 16 cm y para cuando alcanza su etapa de madurez tiene una talla de 28 cm, con una máxima de 30 cm. (Sanchez,1995)

En las costas de Quintana Roo existen dos especies *Sargassum Fluitans* y *Sargassum Natans* (Figura 1), que flotan libremente por medio de vesículas denominadas aerocistos y se reproducen por fragmentación del talo (Fernández et al., 2017). Estas habitan las capas superficiales del mar. Al ser un organismo flotante, el sargazo se mueve a través del océano arrastrado por el viento y las corrientes marinas y ocasionalmente arriba de forma natural a las costas (CONACYT), además crecen en playas con sustrato rocoso, piedras y cantos rodados (Ganzon-Fortes et al. 1993)

Figura 1

Sargassum Fluitans (A) y *Sargassum Natans* (B)



Fuente: (Fernández et al., 2017)

Estructura del sargazo

Las algas pardas (Phaeophyceae), son organismos multicelulares y exclusivos de los ambientes marinos, con una anatomía compleja, por lo que son el grupo más parecido, aunque no relacionado, a las plantas terrestres. Su patrón estructural básico es el siguiente: (Dreckmann et al., 2013)

Pared celular de celulosa endurecida a veces con carbonato de calcio, rodeada por una matriz mucilaginoso de alginatos y fucoidanos.

Presentan como pigmentos fotosintéticos a la clorofila a y c. Como pigmentos accesorios presentan fucoxantina, violaxantina, anteraxantina, neoxantina, diadinoxantina, diatoxantina, β caroteno.

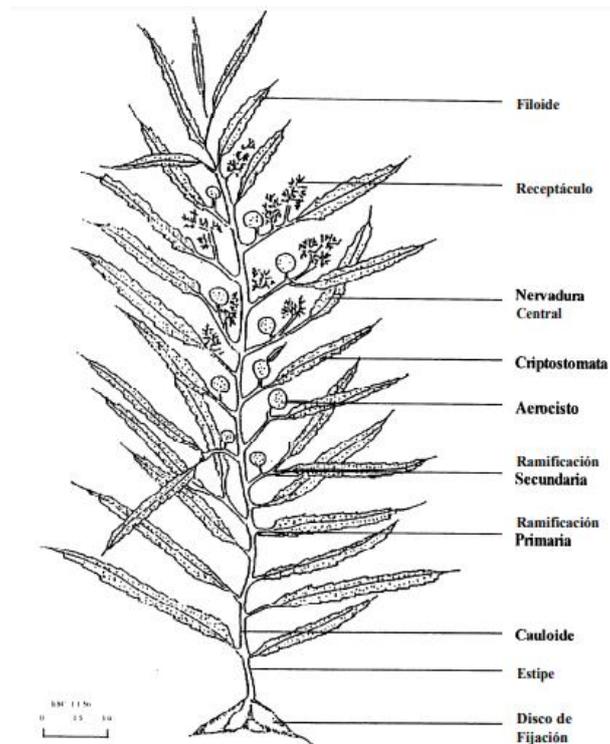
Los niveles de organización que podemos encontrar en este grupo son filamentos ramificados, pseudoparénquimas y láminas.

Presenta reproducción sexual.

Ciclos de vida gamético y esporico.

Figura 2

Esquema de un ejemplar de Sargassum Spp



Fuente: (Setchell & Gardner). Tomado de Pérez. C (1997). "Composición química de sargassum spp. colectado en la Bahía de la Paz, B.C.S., y la factibilidad de su aprovechamiento en forma directa ó como fuente de alginato.

Los alginatos son uno de los principales componentes estructurales de la pared celular de las algas café (Van den Hoek, et al. 1995), cuya función principal es la de dar fuerza y flexibilidad a las algas. En su estado natural, los alginatos se presentan como una mezcla de sales de los cationes que comúnmente se localizan en el agua de mar, principalmente Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^{+} , con el ácido algínico (McHugh, 1987, 2003). Las proporciones en las que estos iones están unidos por el alginato dependen de su composición, así como a la selectividad de enlace de los cationes alcalinotérricos por el alginato.

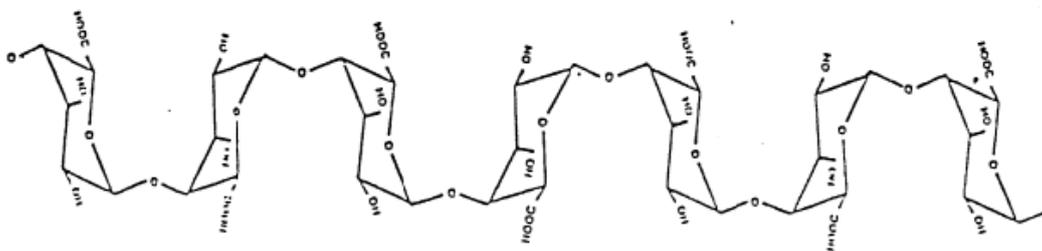
Los alginatos son polisacáridos presentes en gran cantidad (aproximadamente 40% p/p) en las matrices celulares de las macroalgas marinas. (Ayarza, 2014, p. 19)

La composición del alginato depende también del grado de desarrollo del alga. Las algas más jóvenes tienen menor contenido de alginato, y con menor viscosidad y capacidad gelificante, que las algas maduras. El alginato puede tener un peso molecular de hasta 100 000 daltons (Calvo, s. f.)

El polímero de alginato está formado por las uniones de los monómeros ácido β -D-manurónico y α -L-gulurónico en las posiciones del C-1 y C-4. Un puente de eter-oxígeno une el carbono de la posición 1 de una molécula con el de la posición 4 de la otra molécula. Esto significa que la cadena polimérica está constituida por tres clases de regiones o bloques: los bloques G contienen solo unidades derivadas del ácido α -L-gulurónico (Figura 3). Los bloques M están constituidos totalmente del ácido β -D-manurónico y los bloques M G están formados de la alternancia de las unidades de los ácidos β -D-manurónico y α -L-gulurónico (Haug et al, 1966, 1974; Grasdalen et al., 1981)

Figura 3

Bloques G



Estructura del Alginato

Los bloques M están formados de la unión de los grupos ecuatoriales (C-1 y C-4), mientras que los bloques G están formados de la unión de los grupos axiales (C-1 y C-4), resultando cadenas con dobleces. Estas son de importancia en la formación de geles de las soluciones de alginatos. Por lo tanto, una molécula de alginato puede ser considerada como un copolímero de bloques M, G y MG. Se ha demostrado que las propiedades físicas de los alginatos dependen de la proporción relativa de los tres tipos de bloques (Haug et al., 1967; Smidsrod y Haug, 1972; Smidsrod et al., 1972).

Por ejemplo: La formación de geles, por adición de iones calcio, exige que los bloques G estén en más alta proporción para que se genere una mayor fuerza de gel; la solubilidad del alginato en un medio ácido depende de la proporción de los bloques M G presentes, el uso industrial de algún alginato en particular dependerá de las propiedades de estos y además de la composición de los ácidos urónicos que contenga.

Antecedentes

El sargazo es un problema que apareció desde el año 2011 en las playas de Brasil, Centro América y El Caribe, la cual fue denominada el “Gran Cinturón de Sargazo del Atlántico”. En el verano de 2018, esta gran masa formó un cinturón de 8,850 km de largo con un peso estimado mayor a 20 millones de toneladas que se extendía desde África Occidental, atravesando el Océano Atlántico Central por el Mar Caribe, hasta el Golfo de México (Wang et al, 2019).

El gobierno de Quintana Roo reportó que en 2018 se recolectaron 522,226 toneladas de sargazo de las playas y zonas costeras, con una inversión de 332 millones de pesos. (Espinoza & Li Ng, 2020)

En el mes de abril de ese año, pese a que los monitoreos ya mostraban volúmenes importantes de sargazo en el Océano Atlántico que amenazaban las playas de Quintana Roo, estas se mantuvieron libres de la macroalga durante el periodo vacacional de semana santa (NITU, 2019; Optical Oceanography Lab, 2019b). Fue hasta finales de abril que se registró el primer recale de grandes cantidades de sargazo a Tulum y Playa del Carmen (El Financiero, 2019).

El 24 de junio del año en curso (2020) montañas de sargazo cubrieron las costas de Playa del Carmen, la Riviera Maya y Akumal las cuales registraron las concentraciones más abundantes de esta macroalga. (Infobae, 2020)

Contaminación por sargazo

La macroalga ha estado arribando a las costas del caribe mexicano desde el año 2015, presentando diversos problemas tanto ambientales como sociales. Desgraciadamente esta alga se ha visto beneficiada por la contaminación y el calentamiento global, ya que el aumento de la temperatura de las corrientes marinas favorece el crecimiento excesivo del sargazo. Pero ¿por qué es considerada como un problema esta macroalga? Hay que saber que cuando se descompone libera diversas sustancias tóxicas tales como el Sulfuro de hidrógeno o el amoníaco, las cuales son dañinas tanto para los seres humanos como para la fauna silvestre y marina que habita en la zona. (PAOH, 2019).

Se han generado grandes pérdidas económicas al disminuir el turismo y la actividad pesquera. Esto ha provocado que las empresas hoteleras se vean obligadas a remover este sargazo de la superficie de las playas, en este escenario lo que ocurre es que el sargazo es trasladado a la selva, enterrado en la misma playa o en el mejor de los casos llevado a rellenos sanitarios, y nada de esto garantiza que se tenga un control de los lixiviados que se generan evitando que éstos se infiltren al subsuelo contaminando los mantos acuíferos aledaños. Así que el problema no termina cuando se remueve el sargazo ya que solo es transferido de un lugar a otro y si no es tratado adecuadamente, este problema puede llegar a magnificarse. (Excélsior, 2019)

Así mismo presenta un daño significativo para las praderas de pastos marinos las cuales realizan la fijación y transformación del carbono inorgánico. Su biomasa es un importante reservorio de este bióxido de carbono removiéndolo de la atmósfera y almacenándolo (Arellano & Cervantes, 2014). En las playas donde los lechos de pastos marinos fueron destruidos, los investigadores vieron pérdida de nutrientes en la playa provocando un aumento repentino de la erosión, lo que resultó en una necesidad inmediata de costosos tratamientos. (Europa Press, 2020).

METODOLOGÍA

Para realizar la presente investigación se llevó a cabo una investigación documental sobre las características del sargazo y sus propiedades; así como las causas por las cuales desde hace algunos años se presenta su arribo a las costas de Quintana Roo, y las problemáticas ambientales que está ocasionando en esta parte del país.

Posteriormente se desarrollan las etapas de un plan de negocio para diseñar una Pequeña y Mediana Empresa (PYME) que pueda aprovechar el sargazo y convertirlo en una materia prima (alginato de sodio) para la industria de cosméticos y alimentos principalmente.

Estudio de mercado: Como primer punto se desarrolla un estudio de mercado donde se investiga tanto la oferta y la demanda del alginato de sodio en el mercado nacional; así como el comportamiento histórico de las cantidades de sargazo que arriban a las costas de Quintana Roo desde hace algunos años, y que se han convertido en una problemática ambiental y social.

Estudio Técnico: Se desarrolla el tren de proceso (bajo el concepto producción más limpia) para aprovechar el sargazo, desde la recolección del sargazo en la playa - costa, y hasta los diversos bioprocesos que serán necesarios implementar para la obtención de alginato de sodio en una presentación comercial.

Estudio Económico: Se determinan todos los costos necesarios para obtener el Costo Total de Operación, para luego poder determinar el precio de venta del alginato de sodio en su presentación comercial. De igual forma se determina el capital de trabajo, el Costo de Financiamiento, el monto de la inversión y el Punto de Equilibrio.

Estudio Financiero: Se determina la rentabilidad del proyecto a través de conocer la TMAR, VPN y TIR, así como el análisis de sensibilidad y el tiempo de recuperación de la inversión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio de mercado

Nombre de la empresa: "Océano Pardo"

El nombre de la empresa representa nuestra preocupación por el medio ambiente ya que utilizamos desechos del océano como principal materia prima para obtener un producto de bien común.

Figura 4

Logotipo de la empresa



El logotipo contiene el nombre de la empresa de color negro para dar a entender que somos una empresa formal, que brinda un producto de calidad. La letra "a" simboliza a la fauna marina que obtiene beneficios y las ondas al final de la letra "o" simboliza el sargazo que es arrastrado por las corrientes marinas hasta la playa.

Figura 5

Marca del producto



El producto tendrá por nombre "Alginath" y se decidió que el logotipo fuese de color azul para simbolizar frescura, estabilidad y profundidad. La onda que comienza en la letra "T" y termina en la letra "H" representa el sargazo del cual proviene el alginato de sodio.

Definición del producto o servicio

Océano Pardo S. A de C.V es una empresa dedicada a la transformación de sargazo en alginato de sodio, ayudando así la disminución de la contaminación y evitando afectaciones a la salud que genera la descomposición del sargazo.

El producto que se obtendrá del alga Sargazo será el alginato como principio activo, o como materia prima para las diversas áreas industriales (cosméticos, textil, odontológica, etc.).

Figura 6

Producto



Material del empaque: Polietileno de alta calidad y lámina de aluminio, a prueba de humedad.

Medidas del empaque: Altura x Largo x Ancho: 20 cm x 15.5 cm x 8 cm

Etiquetado: Símbolos e identificaciones de peligro normalizadas, medidas preventivas y consejos de prudencia (Frases S), si es un preparado, denominación o nombre comercial del preparado y nombre químico de las sustancias presentes, responsable de la comercialización: nombre, dirección y teléfono.

Apariencia: Polvo blanco

Pureza: 98%

Propiedades fisicoquímicas: inodoro e insípido. Lentamente soluble en agua, formando una solución coloidal viscosa. Prácticamente insoluble en alcohol y en soluciones hidroalcohólicas que contienen más de un 30 % de alcohol.

Slogan

El slogan se centra en el sargazo recuperado del mar el cual al ser aprovechado y retirado de la playa da origen a un beneficio ambiental y económico.

“Del mar para tu bienestar”

Usos del producto

El alginato de sodio tiene distintas aplicaciones en la industria. En la tabla 1, se presentan algunos de los diversos usos del alginato de sodio y las áreas donde tienen mayor demanda.

Tabla 1

Aplicaciones en la industria del alginato de sodio

Aplicación	Función
Impresión de textiles	Fijación de color y brillo
Tratamiento de papel	Mejoramiento de la superficie
Tratamiento de agua	Interviene en el proceso de floculación
Farmacéutica	Agente espesante, estabilizante y gelificante
Producción de barras de soldadura	Recubrimiento de materiales para protección

En la industria textil son usados como un espesante para la pasta que contienen tintes. El alginato es usado en el revestimiento del papel, dándole un aspecto liso continuo con menos esponjamiento. Además, con adhesivo de almidón es usado para hacer cubiertas corrugadas. Esta propiedad lo hace un útil agente desintegrador en tabletas. El alginato de sodio en medicinas líquidas incrementa la viscosidad y mejora la suspensión de sólidos (Reyes, 1991).

También, es un material usado ampliamente en odontología para obtener impresiones de los dientes y los tejidos blandos adyacentes, así como en prótesis para impresiones primarias y para la elaboración de prótesis parcial removible. De igual forma se usa en la industria farmacéutica para microencargar medicamentos como el ácido salicílico (ASA) y vitamina A con el fin de que pueda liberarse en forma prolongada el principio activo del fármaco.

Misión

En un plazo de 5 años se busca llegar a ser una empresa Socialmente Responsable cumpliendo con los principios referentes a la realidad social, económica y tener las certificaciones ISO 9001 con un producto de calidad e ISO 14001 demostrando nuestro compromiso social y ambiental en la producción de nuestro producto.

Visión

Empresa líder en producción de alginato, reconocida de forma empresarial, social y ambientalmente.

Figura 7

Modelo de negocio canvas



Cantidades de demanda

Para este proyecto la demanda está representada por todo el alginato que consume el sector femenil de la población mexicana al utilizar los cosméticos (cremas).

Las cremas tienen un 2% de alginato en su composición el cual es usado como gelificante (alginato, 2019)

Tabla 2

Cantidades de demanda

Año	Demanda (Ton)
1995	553.991718
2000	592.431066
2005	627.557425
2010	682.697226
2015	728.896085

Fuente: (INEGI, 2020).

Proyección de demanda

La tasa de crecimiento promedio anual de la demanda es del 1.42%, este valor fue tomada para realizar la proyección de los siguientes años hasta el 2030

Tabla 3

Proyección de demanda

Año	Demanda (Ton)
2020	782.17959
2021	793.294881
2022	804.568128
2023	816.001574
2024	827.597498
2025	839.358208
2030	930.458800

Análisis de oferta

Productores o competidores

Los principales fabricantes: Reino Unido, Estados Unidos, Noruega y Francia, quienes aportan más del 80% de la producción y el consumo mundial. Y han iniciado su elaboración a baja escala países como la India y Chile.

Alquimar: En el 2017 este proyecto es aceptado y financiado por CONACYT, trabaja con el sargazo presente en las costas de Quintana Roo, pero su producción es a nivel planta piloto.

Capacidad de la oferta

Para este proyecto la oferta está representada por la importación de alginato como materia prima ya que no hay oferta nacional, no hay productores de alginato.

Tabla 4

Capacidad de la oferta

Año	Oferta importación (Ton)
2001	191
2002	135
2003	185
2004	197.14

Fuente: (SIAVI, s. f.)

Proyección de la oferta

La tasa de crecimiento promedio anual de la oferta es de 0.04%, con lo que se realizó una proyección de la oferta hasta el año 2025

Tabla 5

Proyección de la oferta

Año	Oferta importación (Ton)
2020	414.8573355
2021	434.6043061
2022	455.2912211

2023	476.9628214
2024	499.6659774
2025	523.4497906
2030	524.7076230

Calidad, precio y condiciones de venta de los productos ofertados en el mercado

Considerando los precios establecidos en el mercado se tomaron en consideración las siguientes marcas, la tabla 6 nos muestra que la marca económica es Alginoplast con un precio de \$400 pesos por kilo y siendo la más cara MCS con un precio de \$2600 pesos por kilo.

Tabla 6

Precio de venta en el mercado

Marca de competencia	Precio
Alginoplast 500g ¹	\$ 200
Alginato de sodio 1 Kg ²	\$ 600
Alginato de sodio (MCS) 100 g ³	\$ 260
Deiman Alginato 40g ⁴	\$ 79

Fuente: 1 (Alginoplast, s. f.), 2 (Alginato 1 Kg, s. f.), 3 (Alginato de Sodio (alginus) 100G, s. f.), 4 (Deiman, s. f.)

Determinación de demanda potencial insatisfecha (DPI)

Con los datos obtenidos de la proyección de la oferta y la demanda se estima que la demanda potencial insatisfecha (DPI) para los siguientes 5 años es de 315.91 Ton en el año 2025

Tabla 7

Determinación de demanda potencial insatisfecha

Año	DEMANDA	OFERTA (Importacion)	DPI
2020	782.18	414.86	367.32
2021	793.29	434.60	358.69
2022	804.57	455.29	349.28
2023	816.00	476.96	339.04
2024	827.60	499.67	327.93
2025	839.36	523.45	315.91
2030	930.45	524.70	405.75

Estudio Técnico

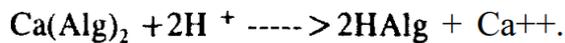
Descripción general del proceso: Extracción de Alginato

Secado: Las algas se secan directamente al sol hasta contener un 80% de materia seca, es decir deben de contener un 20% de humedad.

Reducción de materia: Después de que las algas fueron secadas, se muelen en un molino de martillos para lograr un tamaño de partícula de 6 mm con la finalidad de que los reactivos usados, como ácidos y álcali reaccionaran más fácil y rápido dentro de la estructura del alga.

Pretratamiento: Se tratan con formaldehído (37% de pureza) en una concentración de 0.1%, durante 12 horas con buena agitación mecánica, para después ser drenadas y retirar las aguas residuales.

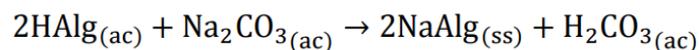
Pre-extracción ácida: Esta etapa permite la transformación de las sales de alginato a ácido algínico mediante un intercambio iónico en el que se liberan principalmente iones de calcio (Haug, 1964), llevándose a cabo la siguiente reacción:



A las algas hidratadas se les adiciona agua y HCl 0.1N y se agita durante 30 min.

El proceso tiene como objeto convertir estas sales insolubles en alginato de sodio soluble (Arvisu, 1995, pp. 1-3).

Extracción alcalina: El propósito de la etapa es convertir el ácido algínico a su forma soluble de alginato de sodio de manera que pueda ser separado del resto de los componentes algales.



A la solución se le agrega agua, y Na₂CO₃ al 10% hasta alcanzar un pH de 10 manteniéndose en agitación.

Filtración: El alginato de sodio diluido debe ser ahora separado de los residuos sólidos insolubles, los cuales son principalmente celulosa, para obtener un líquido claro, la pasta diluida se bombea hacia un filtro prensa.

Precipitación del alginato de calcio: El alginato de sodio en solución se precipitó a su forma de alginato de calcio insoluble (sólido), para su mejor manejo en las etapas posteriores (McHugh, 1987)

Lavados ácidos: Las fibras de alginato de calcio se transforman en ácido algínico mediante lavados ácidos, con el fin de obtener un material fibroso de ácido algínico el cual puede ser fácilmente separado y drenado. Esta etapa consiste en un intercambio iónico (Calcio/Hidrógeno) en el alginato de calcio

Conversión del ácido algínico en alginato de sodio: Se neutraliza a alginato de sodio con Carbonato de sodio con el fin de mejorar la calidad del producto final. Se agrega alcohol etílico para evitar que cuando se realice la conversión de ácido algínico a alginato de sodio, este no se solubilice en el agua residual.

Secado: Las fibras prensadas se colocan en un secador de aire caliente a una temperatura de 60°C por 3 horas.

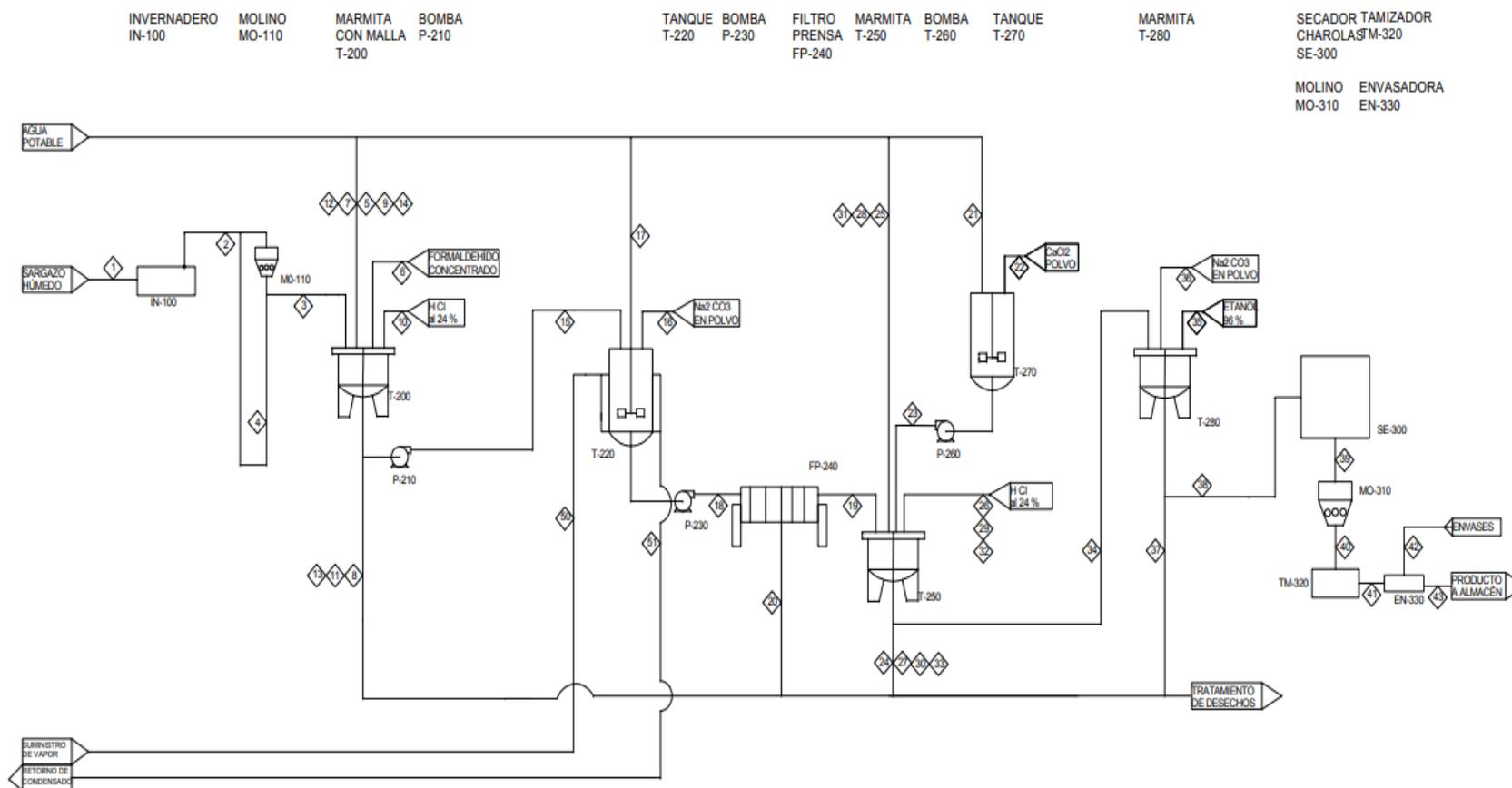
Secado: Para esta etapa se emplea un secador de aire caliente 60°C por 2.5 horas con lo que se obtiene una humedad en el alginato de 12%. Las fibras se prensan manualmente para eliminar los líquidos residuales, se desmenuzan y se colocan sobre el secador.

Molienda y tamizado: Con el fin de estandarizar el tamaño de las partículas secas, se emplea un molino de martillos con un tamaño de grano promedio de 250 micrones (0,25 mm). Se garantiza este tamaño de partícula empleando un tamiz con un no. de malla de 60.

Envasado: Llega el alginato de sodio tamizado junto con los envases a la envasadora para que el producto final sea transportado al almacén.

Figura 8

Diagrama de Proceso



Fuente: elaboración propia.

Estudio Económico

Tabla 8

Costos fijos y costos variables

Costos	Costo por mes	Fijo	Variables
Costo de mano de obra	\$ 326,098.06	\$ 195,658.83	\$ 130,439.22
Costo de materia prima	\$ 566,322.40	\$ -	\$ 566,322.40
Costo de insumos	\$ 18,767.50	\$ -	\$ 18,767.50
Costos indirectos	\$ 142,165.89	\$ 142,165.89	\$ -
Costo de mantenimiento	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	\$ -
Costo de depreciación	\$ 47,495.96	\$ 47,495.96	\$ -
Costo de amortización	\$ 7,250.00	\$ 7,250.00	\$ -
Costo de administración	\$ 85,481.38	\$ 85,481.38	\$ -
Costo de ventas	\$ 57,624.03	\$ 28,812.01	\$ 28,812.01
Costo de calidad	\$ 41,085.23	\$ 41,085.23	\$ -
Costo total de producción	\$ 1,322,290.45	\$ 577,949.31	\$ 744,341.14
Costo por pieza	\$ 263.62	\$ 115.22	\$ 148.40

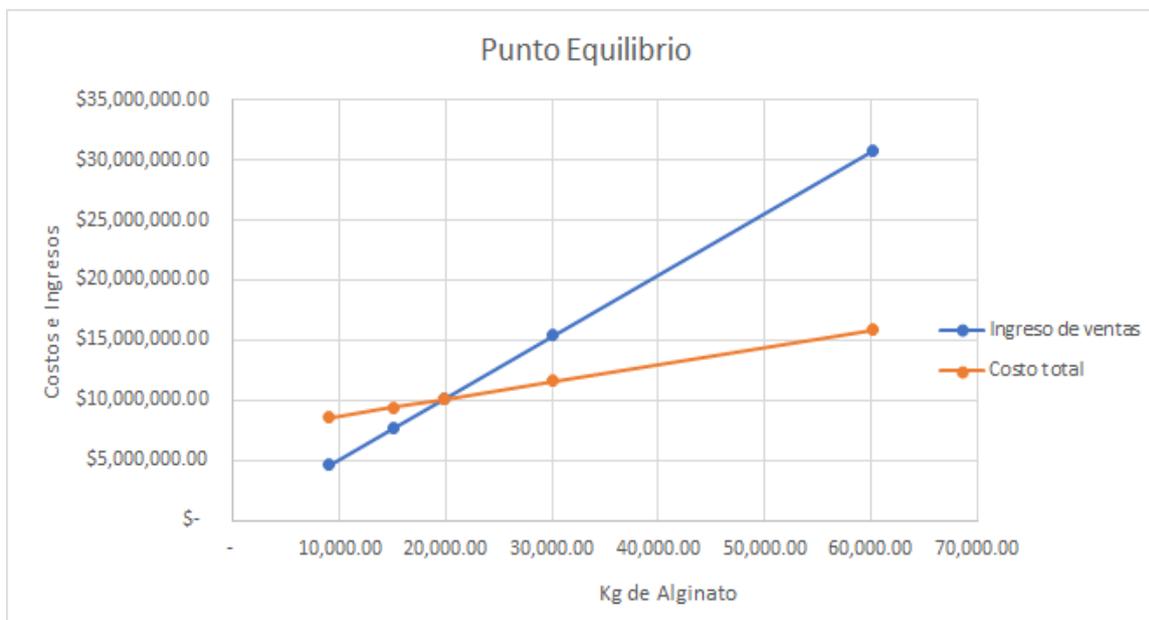
Tabla 9

Costos

Costo Total de Operación	\$263.62
Costo Financiero	\$ 9.63
Impuestos	\$105.45
Utilidad	\$131.81
Precio de Venta	\$510.51
Punto de equilibrio	19,793.31 kilogramos de Alginato de sodio

Gráfico 1

Punto equilibrio



Estudio Financiero

Tabla 10

Estado de resultados Pro-forma

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Capacidad	60%	70%	80%	90%	100%
Meses Trabajando	6	12	12	12	12
Incremento de Precio		\$ 15.32	\$ 15.77	\$ 21.66	\$ 22.53
Precio Venta	\$ 510.51	\$ 525.83	\$ 541.60	\$ 563.26	\$ 585.79
Importe por Ventas	\$ 9,218,438.35	\$ 22,154,980.17	\$ 26,079,576.65	\$ 30,513,104.68	\$ 35,259,587.63
Costo de Producción	\$ 4,457,319.46	\$ 10,400,412.08	\$ 11,886,185.23	\$ 13,371,958.39	\$ 14,857,731.54
Utilidad Marginal	\$ 4,761,118.89	\$ 11,754,568.09	\$ 14,193,391.42	\$ 17,141,146.30	\$ 20,401,856.09
Costo Administración	\$ 307,732.96	\$ 718,043.58	\$ 820,621.23	\$ 923,198.89	\$ 1,025,776.54
Costo de Ventas	\$ 207,446.50	\$ 484,041.83	\$ 553,190.67	\$ 622,339.50	\$ 691,488.33
Costo Financiero	\$ 580,064.60	\$ 477,573.29	\$ 368,727.51	\$ 253,133.30	\$ 130,372.24
Utilidad Bruta	\$ 3,665,874.82	\$ 10,074,909.39	\$ 12,450,852.01	\$ 15,342,474.61	\$ 18,554,218.98
Impuesto ISR	\$ 1,466,349.93	\$ 4,029,963.76	\$ 4,980,340.80	\$ 6,136,989.85	\$ 7,421,687.59
Reparto de Utilidades	\$ -	\$ -	\$ 498,034.08	\$ 613,698.98	\$ 742,168.76
Utilidad Neta	\$ 2,199,524.89	\$ 6,044,945.63	\$ 6,972,477.13	\$ 8,591,785.78	\$ 10,390,362.63
Depreciación y Amortización	\$ 656,951.54	\$ 656,951.54	\$ 656,951.54	\$ 626,951.54	\$ 551,951.54
Pago a Capital	\$ 1,653,085.73	\$ 1,755,577.04	\$ 1,864,422.82	\$ 1,980,017.03	\$ 2,102,778.09
Flujo Neto de Efectivo	\$ 1,203,390.70	\$ 4,946,320.13	\$ 5,765,005.84	\$ 7,238,720.29	\$ 8,839,536.08

Tabla 12

TMAR

	VPN	TIR
Original	\$ 6,550,722.74	42.68%
Incremento 50% Mat prima	\$ 2,200,415.16	29.50%
Incremento 50% Mano de Obra	\$ 4,077,570.03	35.1%
Incremento 50% Indirectos	\$ 5,472,525.70	39%
Si se presentaran los 3 incrementos juntos	-\$ 1,350,934.58	18%

CONCLUSIÓN

Se concluye que existe una demanda potencial insatisfecha de alginato de sodio en el mercado nacional, que permite considerar la posibilidad de implementar una Planta de Producción en la zona Ecoparque Industrial, en el municipio Solidaridad, Quintana Roo, México.

Se comprobó que teóricamente es posible extraer alginato de sodio de la macroalga "Sargassum", identificando operaciones unitarias con mejoras en el tren de proceso; con una capacidad de producción de la planta de 63.18 toneladas al año.

El proyecto proporciona beneficios ambientales al disminuir los impactos que hoy en día ocasiona el arribo del sargazo a las costas de Quintana Roo, y generaría beneficios sociales y económicos al ofrecer fuentes de empleo en la zona.

La recuperación de la inversión (\$9,355,881) se obtiene en aproximadamente 2.8 años

Los resultados de VPN que son positivos por arriba de los 6.5 millones de pesos y el valor de la TIR 42.68% nos permiten concluir que el Plan de Negocio para aprovechar el Sargazo y producir Alginato de Sodio es una opción viable de inversión desde el punto de vista ambiental, social y económico.

REFERENCIAS

- Sánchez, I. (1995). FENOLOGÍA DE *Sargassum sinícola* (SETCHELL Y GARDIRTER) EN BAHÍA MAGDALENA, B.C.S., MÉXICO. (Tesis de maestría) Instituto Politécnico Nacional, La paz, Baja California.
- Fernández, F., Boluda, C., Olivera, J., Guillermo, L., Gómez, B., Echeverría, E., & Gómez, A. (2017). ANÁLISIS ELEMENTAL PROSPECTIVO DE LA BIOMASA ALGAL ACUMULADA EN LAS COSTAS DE LA REPÚBLICA DOMINICANA DURANTE 2015. SciELO. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v44n1/caz02117.pdf>
- Ganzon-Fortes, E.T., R.R. Campos & J. Udarbe. 1993. The use of Philippine seaweeds in agriculture. Appl. Phycol. Fórum. <https://www.doc-developpement-durable.org/file/culture-algues/algoculture/SEAWEED%20FARMING%20IN%20THE%20PHILIPPINES.pdf>
- Arellano, L., & Cervantes, M. (2014, 1 diciembre). Los pastos marinos. agua.org. https://www.agua.org.mx/wp-content/uploads/filespdf/doc_pdf_39667.pdf
- Europa Press. (2020, 2 julio). Los pastos marinos salvan playas y ahorran dinero. El Espectador. <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/los-pastos-marinos-salvan-playas-y-ahorran-dinero/>
- Espinoza, L., & Li Ng, J. (2020, febrero). El riesgo del sargazo para la economía y turismo de Quintana Roo y México. BBVA. https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2020/02/Riesgo_Sargazo_Big_Data.pdf
- Reyes, R. (1991). "REDUCCION DEL CONSUMO DE AGUA DULCE EN EL PROCESO DE EXTRACCION DE ALGINATOS A PARTIR DE *Macrocystis Pyrifera*. IPN. <http://www.biblioteca.cicimar.ipn.mx/oasis/Medios/tesis/reyst1.pdf>
- Wang, M., Hu, C., Barnes, B., Mitchum, G., Lapointe, B., & Montoya, J. (2019). The Great Atlantic *Sargassum* belt. Science <http://doi.org/10.1126/science.aaw7912>
- Alginate Industry. (s. f.). El alginato de sodio, ácido algínico monosódico sal, algina, sal sódica del ácido algínico de las algas pardas. <https://www.iroalginate.com/sp/Alginates/Sodium-Alginate.htm>
- Ayarza, J. (2014). Los alginatos: 20000 usos de las algas submarinas. Revista de química PUCP, 28(1), 19. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/10413>
- Calvo, M. (s. f.). ALGINATO. UNIZAR. <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucres/alginate.html>
- Dreckmann, K., Senties, A., & Luisa, M. (2013). Manual de prácticas de laboratorio biología de algas. UAM. <http://publicacionescbs.izt.uam.mx/DOCS/biologiadealgas.pdf>
- Excelsior. (2019, 8 julio). Qué hacer con el sargazo. Excelsior. <https://www.excelsior.com.mx/opinion/columnista-invitado-nacional/que-hacer-con-el-sargazo/1323130>
- El Financiero. (2019a, abril 26). Reportan llegada masiva de sargazo en Playa del Carmen. El Financiero. Recuperado a partir de <https://www.elfinanciero.com.mx/peninsula/reportan-llegada-masiva-de-sargazo-en-playa-del-carmen>

Infobae (2020, 24 junio). Las impactantes imágenes de Playa del Carmen infectada de sargazo. <https://www.infobae.com/america/mexico/2020/06/25/las-impactantes-imagenes-de-playa-del-carmen-infectada-de-sargazo/>

INEGI. (2020). Población. <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/alginato> -. (2019, 15 mayo). El hardware de la cosmética casera. <https://hardwarecosmetica.wordpress.com/tag/alginato/>

Arvisu, D. (1995, enero). Sistemas de carga y de flujo continuo durante la etapa de pre-extracción ácida en el proceso de extracción de alginatos. *Ciencias Marinas*.

NITU. (2019, abril 24). Perdona sargazo las playas de Quintana Roo en Semana Santa - Noticias de la Industria Turística. NITU. Recuperado a partir de <https://www.nitu.mx/index.php/2019/04/24/perdona-sargazo-las-playas-de-quintana-roo-en-semana-santa/>

Optical Oceanography Laboratory (2024). Satellite – Based Sargassum Watch System (SaWS). College of Marine Science. University of South Florida. <https://optics.marine.usf.edu/projects/saws.html>

PAOH (2019, 30 septiembre). Posibles efectos sobre la salud causados por el sargazo. https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&view=download&alias=50507-cd57-inf-12-s-sargazo&category_slug=cd57-es&Itemid=270&lang=es

Van den Hoek, C; DG. Mann y HM Jahns. (1995) *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge University Press, Great Britain.

McHugh, D. J. (1987). Production, and utilization of products from commercial seaweeds. *FAO Fish Tech Pap*.

McHugh, D. J. (2003). A guide to the seaweed industry. *FAO Fish Tech Pap*. No. 441.

Smidsrød, O. y A. Haug. (1972). Dependence upon the gel-sol state of the ion-exchange properties of alginates. *Acta chem. Scand*.

Haug, A. (1964). Composition and properties of alginates. Rept. 30. Norwegian Inst. of Seaweed Res. Trondheim, Norway.

Haug, A., B. Larsen y O. Smidsrød. (1966). A study of the constitution of alginic acid by partial acid hydrolysis. *Acta Chem. Scand*. 20 (1).

Grasdalen H, Larsen B, Smidsrod O. (1981). C.N.M.R. Studies of monomeric composition and sequence in alginate. *Carbohydr. Res*. 89.

SIAMI, sf (2024). Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería de tocador o de cosmética. Comercio, 3304, preparados de belleza, maquillaje y para el cuidado. <http://www.economia-snci.gob.mx/siavi/genera>

Pérez. C (1997). Tesis de Maestría. "Composición química de *Sargassum* spp. colectado en la Bahía de la Paz, B.C.S., y la factibilidad de su aprovechamiento en forma directa o como fuente- de alginato. IPN CICIMAR. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/14878/1/perezr1.pdf>

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 