



PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN
-Instituto de Investigación-

F-IN-08-GI Ver 1

13

Pág. PAGE 13 de NÚMPAGES

DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO

Título:	ESTUDIO DE COSTOS PARA LA PRODUCCIÓN DE AGAR – AGAR A PARTIR DE MACROALGAS EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO				
Duración de proyecto (Meses):	12				
Tipo de Investigación:	I. Básica ☐	I. Aplicada ☒	I. Experimental ☐	Productivo o de desarrollo social ☐	Creación Artística ☐
Nombre del Grupo de Investigación proponente:	GRUPO ESTRATÉGICO PARA EL MEJORAMIENTO APLICADO - GEMAS				
Categoría COLCIENCIAS:	A				
Código colombiano de registro del grupo:	COL0087839				
Línea de investigación:	Gestión de operaciones				
RESUMEN: En el presente trabajo tiene como propósito realizar un estudio de costos para la producción de agar- agar a partir de macroalgas, de manera que se genere información importante para la toma de decisiones en torno a la viabilidad de un sistema de producción semi-industrializado. Se inicia con una descripción de las propiedades que poseen las algas. Estas han sido utilizadas como alimento desde hace mucho tiempo en países del continente asiático, pueden ser consideradas como una fuente potencial de nutrientes ya que tienen un elevado contenido de proteínas, carbohidratos con funciones prebióticas, vitaminas, ácidos grasos poliinsaturados y minerales. Uno de los componentes del estudio es la identificación de mercados potenciales referentes en la dieta de clientes consumidores de productos de repostería a base de agar, extraído de estas algas. Se dará a conocer el desaprovechamiento de los diferentes mercados de productos derivados de las macroalgas para ampliar la información que se tiene, ya que en el mercado hay poco conocimiento de este tema.					
Palabras clave: Estudio de costos, Producción, agar-agar, macroalgas.					
Lugar de ejecución del proyecto	Departamento: Atlántico		Ciudad: Barranquilla		
Lugar Específico de ejecución del proyecto: Barranquilla					



PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN -Instituto de Investigación-

F-IN-08-GI Ver 1

13

Pág. PAGE 13 de NÚMPAGES

DATOS INVESTIGADORES

NOMBRE	IDENTIFICACIÓN	TIPO DE INVESTIGADOR	HORAS DE DEDICACIÓN AL PROYECTO	FUNCION
DANIA BARRAZA	1043004690	Joven Investigador	10	
ANDREA DOMINGUEZ	1192894899	Joven Investigador	10	
LEONARDO DAZA	1140901816	Joven Investigador	10	
ISAAC CORONADO	1192923552	Joven Investigador	10	
ALBERTO PACHECO	1043025498	Joven Investigador	10	

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: El desarrollo del sector alimentario y agrícola es vital para la eliminación del hambre y la pobreza. Gestionadas de forma adecuada la agricultura, silvicultura y la acuicultura pueden suministrar comida nutritiva a todo el planeta, así como generar ingresos decentes, apoyar el desarrollo centrado en las personas del campo y proteger el medio ambiente.

Pero ahora mismo, nuestros suelos, océanos, bosques, agua potable y biodiversidad sufren un rápido progreso de degradación debido a procesos de sobreexplotación. Si a esto se le agrega el cambio climático, el cual repercute sobre los recursos de los que dependemos y aumenta los riesgos asociados a los desastres naturales tales como las sequías y las inundaciones, muchos campesinos ya no podrán ganarse la vida en las tierras que trabajan, lo que les obliga a emigrar a las ciudades en busca de oportunidades.

Es por todo esto que las inversiones en agricultura, silvicultura y acuicultura son cruciales para aumentar la capacidad productiva agrícola y los sistemas de producción alimentaria sostenibles son necesarios para ayudar a mitigar las dificultades del hambre [1].

La importancia de la seguridad alimentaria y nutricional en los hogares ha sido abordada por diferentes organismos internacionales y nacionales, y los gobiernos de los países participantes se han comprometido a garantizarle a la población el acceso a la cantidad y calidad de los alimentos necesarios para llevar una vida sana y productiva, así como reducir el hambre y la desnutrición [2].

La división de desarrollo social del CEPAL tiene como objetivo el investigar y ampliar el conocimiento sobre factores que, entre otras cosas, limiten el desarrollo de la seguridad alimentaria y nutricional, de hecho, desde el 2003 se llevan a cabo proyectos orientados al análisis conceptual de desigualdades, políticas y programas, a fin contribuir a la reducción del hambre, la desnutrición y la inseguridad alimentaria de la región caribe, del mismo modo que enfrentar problemas que surgen de la malnutrición como la obesidad [3].

América Latina ha experimentado avances en la erradicación del hambre y la desnutrición durante las últimas décadas, con una disminución considerable del número de niños y niñas que con desnutrición. No obstante, si bien la región cuenta con una oferta excedentaria de alimentos para el consumo humano, en el 2017 se estima que el 10,2% de la población no cuenta con ingresos suficientes para cubrir sus requerimientos nutricionales mínimos, 12,2% de los menores de cinco años tiene desnutrición crónica, 3,8% sufre desnutrición global y aún 1,6% de desnutrición aguda. A lo anterior se suman los problemas del déficit de micronutrientes y el creciente número de personas con sobrepeso y



obesidad, que aumenta la presión de los países. Para la región un 6,8% de los menores de cinco años sufren de sobrepeso u obesidad. La malnutrición es un problema de primer orden para romper la reproducción del círculo vicioso de la pobreza porque afectan de forma directa sobre la salud, educación y economía de las personas. El cambio demográfico, la migración, los cambios en hábitos y patrones de consumo, la creciente urbanización, sumado a los efectos del cambio climático presentan nuevos desafíos que urgen ser enfrentados por el creciente riesgo de la inseguridad alimentaria y nutricional [4].

Las algas marinas se han utilizado como alimento humano desde la antigüedad, especialmente en China, la península de Corea y el Japón. Las poblaciones costeras de muchos países consumen también algas marinas, unas veces como parte de formas de vida basadas en una economía de subsistencia y otras como ingrediente habitual de ciertos tipos de ensalada, especialmente en Hawai y los países más cálidos del Asia sudoriental, como por ejemplo Indonesia, Malasia, Filipinas y Tailandia [5].

La composición de proteínas de alta calidad, lípidos poliinsaturados, fibra dietética, vitaminas y minerales las hacen una fuente atractiva de alimentos funcionales. También poseen sustancias con valor nutraceutico, como los antioxidantes fenólicos y las clorofilas. En las algas también pueden encontrarse otras proteínas y péptidos beneficiosos para la salud humana, lo que las convierte en fuentes potenciales de nutraceuticos [6].

Un nutraceutico, es un suplemento dietético concentrado, hecho a partir de una sustancia natural bioactiva presente en los alimentos y que proporciona un efecto favorable sobre la salud, superior al que tendría el alimento normal. El término nutraceutico es una combinación de las palabras nutrición y farmacéutico. En la actualidad son pioneros los países como Japón o Estados Unidos, donde los nutraceuticos cuentan ya con una categoría específica y un mercado en el ámbito de los productos para la salud de hasta 35 %. En España los avances en este tipo de alimentos van más retrasados, pero en los últimos años, se ha reportado, a través de una patente española, productos nutraceuticos de origen marino que actúan con resultados favorables en los niveles de colesterol y triglicéridos, la placa de ateroma y la modulación del sistema inmune, entre otros aspectos [7].

El vegetarianismo es una forma de alimentarse en la que se excluye todo tipo de carne (también la de ave), pescado (también en conserva) y marisco, así como todos los productos que los contengan. Dentro del vegetarianismo existen diversos patrones alimentarios que pueden variar considerablemente. Los beneficios de escoger el veganismo como patrón dietético pasan, en parte, por comprender que las personas y familias que eligen esta opción suelen llevar a cabo un estilo de vida más saludable que los que optan por un patrón omnívoro. Las personas veganas suelen tener mejor salud y menos riesgo de padecer enfermedades como la enfermedad cardiovascular y el cáncer, siempre que la dieta esté bien planificada [8].

Las macroalgas son consideradas un alimento natural y saludable debido a sus múltiples beneficios. Son ricas en vitaminas (sobre todo A, C y B-12), lípidos, fibras y minerales especialmente los denominados micronutrientes como el hierro, calcio, yodo, selenio y potasio. El consumo se ha incrementado en los últimos años, algunas de las razones podrían estar relacionadas con ciertos cambios en los hábitos alimenticios, como aumento de la popularidad de dietas veganas y vegetarianas y la gastronomía gourmet [9].

Las algas pueden ser consideradas como una fuente potencial de nutrientes ya que tienen un elevado contenido de proteínas, carbohidratos con funciones prebióticas, vitaminas, ácidos grasos poliinsaturados y minerales. El consumo de algas marinas se ha relacionado con la reducción de la incidencia de patologías tales como diabetes, obesidad, enfermedades cardiovasculares, cáncer, entre otras; asociado fundamentalmente al alto contenido en fibra de las algas [6].

El agar es una sustancia que se extrae principalmente de las algas rojas *Gelidium* spp y *Gracilaria* spp, El agar extraído de estas algas, también llamado agar-agar, se ha utilizado en la cocina tradicional japonesa, por sus propiedades gelificantes, desde hace muchos siglos. Actualmente es muy utilizado en las industrias como gelificante, en productos cárnicos y de pescado, para mimetizar la gelatina, así como en otros productos gelatinosos [10].

Colombia cuenta con una disposición geográfica privilegiada que abarca el mar caribe y el mar pacífico, por tal motivo posee una amplia variedad de especies marinas dentro de las que se ubican las macroalgas, estas plantas necesitan de condiciones específicas para su desarrollo y el ambiente tropical de las costas colombianas se convierten en el hábitat ideal para su crecimiento, por esta razón se han realizado múltiples trabajos investigativos que han tratado de establecer las especies de algas y su distribución geográfica alrededor de las costas colombianas, con el fin de determinar cuáles de estas pueden ser explotadas con fines comerciales [11].

La empresa Technology Gel ha tomado iniciativas enfocadas en hacer uso de las macro-algas como materia prima para extraer el agar- agar y fabricar productos con valor agregado para su comercialización en la industria alimenticia, específicamente para el sector repostería. La empresa no cuenta con información detallada de los costos asociados en la obtención de esta sustancia que determinen la viabilidad económica de explotar este recurso a escala industrial. Generando una inadecuada estimación del precio de venta, un desaprovechamiento de los diferentes mercados de los productos derivados de las macroalgas, una disminución de ingresos y por ende a un desacelerado crecimiento de la misma. Por eso se hace necesario realizar investigaciones para complementar la información y establecer un estudio de costos que determinen la viabilidad de la producción de agar-agar a partir de macroalgas a gran escala.

¿Es rentable económicamente la producción de agar-agar a partir de macroalgas en el departamento del Atlántico?

ESTADO DEL ARTE: Para la estructuración de este proyecto se realizó una revisión de la literatura cuyo fin encontrar trabajos similares que permitieran identificar elementos de éxito para orientar la investigación. Uno de estos trabajos es el denominado “Evaluación tecno-económica del proceso de producción de agar a partir de algas rojas del género *Gracilaria* sp A escala piloto” que tiene como propósito determinar la factibilidad tecno-económica de dos rutas de producción de agar a partir de algas rojas *Gracilaria* sp. Dentro de los resultados obtenidos más relevantes de este trabajo fueron: los diagramas de bloque de las rutas a evaluar y evaluación del caso de estudio base [11].

La selección de las etapas que se cambiaron en las rutas presentadas, se debe principalmente al consumo de energía que se aplica en la separación de la mezcla agar-agua que sale de la etapa de filtrado de agar (octava etapa), pues esta sección del proceso representa gran parte de las utilidades requeridas, el objetivo de este cambio es determinar que tanto se ve afectada la rentabilidad del proceso aplicando las tecnologías que se muestran en cada una de las ruta.

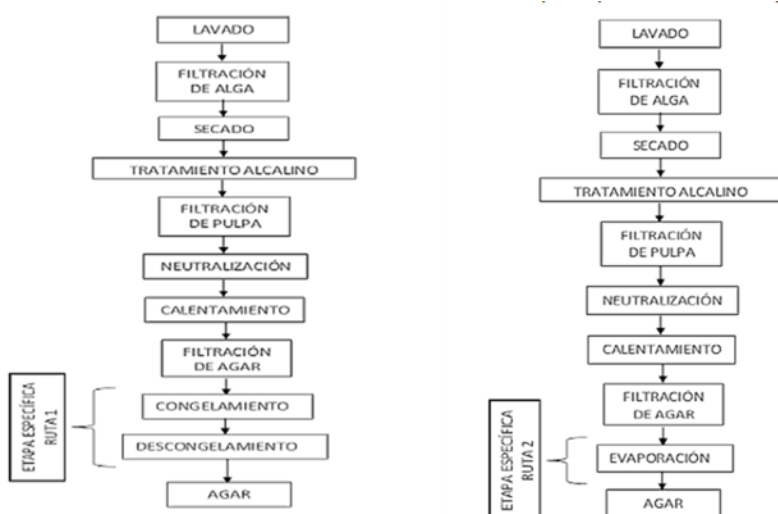


Figura 2. Diagramas de bloques ruta 1 (izquierda) y ruta 2 (derecha) [11].

Para la evaluación del caso base aplicado a ambas rutas, se estableció la tasa tributaria total de Colombia [(75,4%)] ^32 para el año 2014 y el precio de la materia prima en USD [(5.000)] ^33. La figura 3 muestra los resultados obtenidos de la evaluación económica se puede establecer que la ruta 2 arroja mejores indicadores económicos que la ruta 1, lo cual se atribuye a la disminución del número de equipos en la etapa específica del proceso que da como resultado una reducción en los costos operativos y de utilidades. Este beneficio se ve reflejado en una diferencia porcentual de 5,94 con respecto a la tasa interna de retorno de la inversión. Desde un enfoque técnico este resultado es razonable, teniendo en cuenta que la corriente de filtrado de agar (corriente 17) sale a una temperatura de 80°C y se requiere menos energía para evaporar el agua mediante la ruta 2, que disminuir esta temperatura a -10°C como ocurre en la ruta 1.

Parámetro	Unidades	Ruta 1	Ruta 2
Costo total de capital del proyecto	USD	12.451.000	11.790.000
Costo operativo del proyecto	USD/año	48.400.000	46.099.000
Costos de labor operativa y mantenimiento	USD/año	1.044.000	1.043.000
Costo utilidades	USD/año	497.787	486.894
TIR	%	29,76	35,70
PI		1,10	1,12
TRN	%	10,48	11,78

Figura 3. Resultados de la evaluación económica para las rutas 1 y 2 [11].

Este trabajo Denominada Establecer una Empresa Procesadora y Exportadora de Agar-Agar, a través de la cual se logre una significativa y creciente captación de divisas. Dentro de los resultados obtenidos más relevantes de este trabajo fueron: Tamaño del proyecto, Relación tamaño – mercado, Relación tamaño – materia prima, Relación tamaño – tecnología e infraestructura, Relación tamaño – mano de obra y relación tamaño – capacidad financiera. [12]

El estudio del tamaño del proyecto, consiste en la determinación de la capacidad de producción que se ha de instalar a fin de racionalizar el uso de los recursos durante la vida útil del mismo. El tamaño del proyecto está íntimamente ligado con las variables de la oferta y la demanda del producto. Generalmente se define a la dimensión del mercado como el factor más importante del tamaño del proyecto; sin embargo, en el presente caso factores de importancia son la Disponibilidad de Materia Prima, la Tecnología e Infraestructura y la Capacidad Financiera de los inversionistas. A continuación, se evalúan los factores que determinan el dimensionamiento del proyecto.

El estudio de mercado, mostrado en el Capítulo anterior, ha permitido establecer que el agar-agar cuenta con un significativo mercado interno y externo. La demanda proyectada a nivel mundial sugiere un volumen de producción promedio de 7,637 T.M. anuales de agar-agar. Por otro lado, una opción a corto plazo puede representar los países del Grupo Regional Andino, el cual sugiere una producción anual promedio de 94 T.M. 2

De acuerdo a la evaluación in situ (Playa Punta Chérrepe en Chiclayo; Puerto de Pacasmayo y Jequetepeque en la Provincia de Pacasmayo; Playas San Andrés, Punta Pejerrey y Lagunilla en la Provincia de Pisco), se puede estimar una DISPONIBILIDAD DIARIA de materia prima de 1,800 kgs. de algas frescas. Estas algas frescas, al ser secadas se reducen a la quinta parte; luego se le aplica una deducción del 10% por merma, quedando cantidades que se indican en el siguiente cuadro: CUADRO Nº 3.1.2 DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA ZONA M.O. DISPONIBLE (H.D.) BIOMASA ESTIMADA VOLUMEN EXTRAIDO POR JORNADA TOTAL ALGAS FRESCAS TOTAL ALGAS SECAS Reg. La Libertad y Lambayeque 12 800 grs/m² 150 Kls 1,800 Kls 320 Kls FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA En el Planeamiento de la Producción Inicial, se determinará el volumen de producción que se puede alcanzar partiendo de la materia prima disponible por día; simultáneamente se contempla un Stock Mínimo y un Stock de Reserva o de Seguridad a efectos que se prevea un trabajo continuo y permanente de la planta.

La tecnología requerida para el presente proyecto está definida por los procesos de producción del agar-agar. La producción del agar-agar, consistente en someter a las algas marinas a temperatura máxima de 100°C, y para ello no se



requiere una tecnología sofisticada; vale decir, se requiere una tecnología de nivel moderado. 42 la Infraestructura requerida consiste en tanques y otras estructuras metálicas principalmente en acero inoxidable de configuración sencilla. Las dimensiones y volúmenes se pueden estimar, considerando el procesamiento de 320 kilos de algas secas, para lo cual se requiere un área aproximada de 800 m² a 1,000 m².

La mano de obra necesaria quedará determinada por los volúmenes de producción planeados, el mismo que dependerá de la materia prima disponible (mínimo 320 kilos diarios). En el campo; para la extracción de algas marinas, se requerirán entre 14 a 16 hombres; sin embargo estos solo laborarán en playa y su salario será en la modalidad de destajo, por volumen de producción o de acopio de materia prima. En planta; se estima entre 4 a 6 hombres, que se definirán en el Desarrollo de los Aspectos Técnicos.

La capacidad financiera de los inversionistas es un factor también importante para determinar el tamaño del proyecto. El capital propio se estima en un promedio de U.S.\$250,000.00 y una capacidad de endeudamiento similar.

Otros de los trabajos destacados es el cultivo de algas marinas, la idea general de esta propuesta de investigación es crear los lineamientos iniciales para el de una industria de algas marinas en el estado de Tamaulipas, a través del uso sostenible de los recursos naturales locales y la construcción de capacidades para el fortalecimiento y empoderamiento de las comunidades de pescadores a través de la instalación y operación de granjas marinas [13].

La acuicultura en México como es una opción estratégica de desarrollo de zonas costeras y rurales. Según la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), las expectativas de crecimiento de producción de productos pesqueros por acuicultura son buenas, siempre que se consideren formas de desarrollo sostenible [13].

Las civilizaciones orientales han consumido las algas marinas por sus cualidades nutritivas durante milenios, pero es sólo a partir de mediados de 1800 cuando se da inicio al cultivo de las mismas, en lugar de la recolección de los bancos naturales existentes en Japón. Actualmente se producen cerca de cinco millones de toneladas anuales de algas marinas a través de la maricultura, principalmente para consumo humano, siendo China, Corea y Japón los principales centros de producción mundial [14].

Un problema actual y una solución potencial para poblaciones económicamente excluidas, con grandes insuficiencias nutritivas y con grandes posibilidades de lograr un desarrollo sostenible a través del cultivo de algas marinas [14]. Es por ello que varias organizaciones internacionales de cooperación, conjuntamente con algunos gobiernos y empresas privadas, han tomado varias iniciativas para impulsar el desarrollo de programas de cultivo de algas marinas como alternativa productiva en diversas comunidades de pescadores de la región, particularmente en Argentina, Chile, Colombia, Perú, México, Cuba y Brasil. [13]

La utilización de las algas marinas es una industria multimillonaria y está basada en la producción de carragenina, agar y alginatos. Los productos derivados de las algas marinas que más han influenciado esta industria son los ficocoloides o gomas marinas, debido a sus propiedades como gelificantes, de retención de agua y su habilidad para emulsificar [15].

Actualmente, cerca de un millón de toneladas de algas húmedas son cosechadas y extraídas para producir los principales ficocoloides (agar, alginato y carragenina) [13].

Cerca de 8 mil toneladas anuales de agar son producidas mundialmente con un valor de 176 millones de dólares, siendo Chile el principal país productor con el 30% del mercado internacional. Otros países productores son: Argentina, que extrae Gracilaria de bancos naturales en la Patagonia para una planta procesadora en la provincia de Chubut; Brasil, que extrae poblaciones silvestres en el estado de Ceará para abastecer a una empresa productora de agar ubicada en el estado de Paraíba y Perú, que exporta algas a Chile provenientes de praderas de Gracilaria [13].

La demanda mundial de algas productoras de carragenina, particularmente de Kappaphycus alvarezii es de 220 mil toneladas/año, con un incremento anual del 10%, siendo los principales centros de producción: Filipinas, Indonesia,

Malasia y Tanzania. Esto se ve representado en una facturación anual de 171,6 millones de dólares y en la generación de unos 400 mil empleos directos [14].

Tampoco se puede omitir el trabajo realizado por Marta Martínez-Sanza, Antonio Martínez-Abad, Amparo López-Rubio [16] denominado Películas de empaque de alimentos de bajo costo a partir de extractos no purificados a base de agar que tiene como propósito informar sobre la producción de películas sostenibles y rentables para el envasado de alimentos a partir de extractos de agar no purificados obtenidos del alga *Gelidium sesquipedale*. A diferencia de los agares purificados, que requerían la adición de un plastificante, la presencia de impurezas como otros polisacáridos (principalmente el almidón floridano) y proteínas ejerció un efecto de plastificación en los agares no purificados, formando películas flexibles sin plastificante añadido. La formación de redes de polisacáridos/proteínas Inter penetrantes en las películas de agar no purificado tuvo un impacto positivo en su rendimiento mecánico y de barrera al agua, que fueron similares o incluso mejores que los de agares purificados. Además, estas películas mostraron una mejor resistencia a las condiciones de alta humedad y retuvieron su estructura de película, a diferencia de las películas de agar purificado, que se gelifican al contacto con la humedad. Finalmente, la presencia de impurezas también proporcionó a las películas de agar sin purificar una mayor capacidad de bloqueo de la luz, inhibiendo a una la degradación de β -caroteno inducida por la luz UV.

Diferentes protocolos, basados en el calor y la combinación de calor y sonicación tratamientos, con (muestras codificadas como NaOH+HW y NaOH+HW-US) y sin pretratamiento alcalino (muestras codificadas como HW y HW-US), se aplicaron para generar los extractos a base de agar utilizados en este trabajo. Como esperada, y como se informó en un trabajo anterior, grandes diferencias en la composición de los extractos generados existían [17]. Mientras que el pretratamiento alcalino eliminaba la mayoría de las impurezas presentes en el alga nativa y que producían agares casi puros, los extractos generados sin aplicar el paso de pre tratamiento eran ricos en carbohidratos (con mayor grado de sulfatación que los agares puros) y proteínas (14% para HW y 25% para HW-US), y también contenía menores cantidades de polifenoles, así como de minerales [17]. Para explorar más a fondo sus diferencias de composición, la Se evaluó la composición en carbohidratos de los extractos a base de agar y del agar comercial, y los resultados se muestran en el cuadro 1. Como era de esperar, el tratamiento alcalino eliminó la mayoría de las impurezas presentes en las algas marinas nativas, y la lactosa representaba más del 94% del peso del contenido total de carbohidratos en el NaOH+HW y NaOH+HW-US extractos, al igual que en el agar comercial. Como era de esperar, debido a la presencia de impurezas, el contenido total de carbohidratos era significativamente menor en la Extractos de HW y HW-US.

Carbohydrate concentration (mg/g)	Commercial	HW	HW-US	NaOH+HW	NaOH+HW-US
Arabinose	< 1	4.0 $\pm$ 0.1	3.6 $\pm$ 0.0	< 1	< 1
Rhamnose	< 1	1.0 $\pm$ 0.3	1.6 $\pm$ 0.3	< 1	< 1
Xylose	< 1	6.0 $\pm$ 0.5	4.7 $\pm$ 0.4	2.6 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.6
Galactose	855.5 $\pm$ 54.7	319.6 $\pm$ 47.7	227.8 $\pm$ 17.1	677.2 $\pm$ 66.5	611.8 $\pm$ 65.4
Glucose	21.3 $\pm$ 1.5	51.5 $\pm$ 4.4	43.3 $\pm$ 2.4	25.6 $\pm$ 0.9	25.0 $\pm$ 8.4
Mannose	< 1	1.4 $\pm$ 0.2	1.5 $\pm$ 0.3	< 1	< 1
Galacturonic acid	3.9 $\pm$ 0.6	< 1	3.9 $\pm$ 2.0	< 1	< 1
Glucuronic acid	8.5 $\pm$ 1.4	11.6 $\pm$ 0.6	8.1 $\pm$ 0.7	7.5 $\pm$ 2.0	1.6 $\pm$ 0.3
Total carbohydrate content*	890.3 $\pm$ 58.9	395.5 $\pm$ 53.9	293.9 $\pm$ 46.4	713.0 $\pm$ 70.2	642.5 $\pm$ 75.2

* The total carbohydrate content is calculated as the sum of all glucosidic components.

Figura 4. Composición de carbohidratos a base de agar-agar.[16]

Además, su composición de carbohidratos era más heterogéneo, con la galactosa representando aprox. el 81% del peso (HW) y el 78% (HW-US) del contenido total de carbohidratos. El contenido de glucosa fue significativamente más alto comparado con las muestras tratadas con alcalinos (13 wt% para HW y 15 wt% para HW-US), y la presencia de xilosa, arabinosa, ácido glucurónico y trazas menores de manosa y ramnosa se observaron tanto en HW como en HW-US. Dadas las leves condiciones de extracción, el contenido de glucosa posiblemente surgió del almidón, que en rojo as algas marinas suelen estar presentes como el almidón florido rico en amilopectina. En de hecho, el contenido de glucosa en el *Gelidium sesquipedale* ha sido correlacionado con el contenido de almidón de la florida, que oscilaba entre el 10 y el 50 mol% (del contenido de polisacáridos), en función de las condiciones de cultivo ligero (Carmona y otros, 1998). El resto del contenido de polisacáridos probablemente consistió en componentes de xylan con una alta solubilidad y rastros de

pectina, que pueden haber sido enriquecidos en las fracciones extraídas. Es probable que estos componentes de polisacáridos afecten a la solubilidad, la tensión y las propiedades de barrera de las películas producidas. Cuando al comparar los extractos HW y HW-US, se observó la extracción preferente de galacturonan en las muestras tratadas por ultrasonido, que además contenían menos carbohidratos en general. Ambas diferencias son en línea con la literatura anterior [18]; [19].

Las marcadas diferencias de composición de los extractos fueron ciertamente que se espera que afecten su capacidad de formación de películas y las propiedades de los materiales generados. Los ensayos preliminares para preparar las películas del 1,5% (p/p) de soluciones acuosas de los extractos basados en agar demostraron que la presencia de compuestos adicionales en los extractos de agar no purificados (HW y HW-US) tuvieron un marcado impacto en la consistencia de la película. Mientras que las películas obtenidas del comercial, los agares NaOH+HW y NaOH+HWUS eran muy frágiles (especialmente los dos últimos) y se rompían fácilmente, las películas HW y HW-US eran mucho más dúctiles y podían ser manipuladas sin que se rompieran. Así, la incorporación de un plastificante como el glicerol en los agares purificados era necesario para obtener películas que podría ser manipulado. En el caso del agar comercial, tres diferentes contenidos de glicerol (10%, 20% y 30% con respecto al agar peso), mientras que el 30% de glicerol se requería para las más frágiles películas de NaOH+HW y NaOH+HW-US.

Para evaluar el impacto de la composición distintiva del agar basado en el extracto sobre el rendimiento de las películas reveladas, varias propiedades relevantes para los materiales de envasado de alimentos, fueron investigadas. Las propiedades mecánicas de las películas basadas en agar se caracterizaron por medios de ensayo de tracción y los parámetros obtenidos se resumen en Tabla 2. La incorporación de glicerol tuvo un efecto significativo en las propiedades mecánicas de las películas comerciales de agar. Los materiales se volvieron menos rígidos (disminuyeron el módulo de Young) y resistentes (disminuyeron resistencia a la tracción) y más dúctil (mayor alargamiento en la ruptura) cuando aumentando la cantidad de glicerina incorporada. El contenido de glicerol es menor que el 30% resultó en materiales muy rígidos y quebradizos, que no ser óptimo para su uso en aplicaciones de envasado de alimentos. Curiosamente, la película comercial + 30%Gly presentó un comportamiento muy similar a las películas HW-US y NaOH+HW-US + 30%Gly, mientras que las películas HW y las películas de NaOH+HW + 30%Gly mostraron una resistencia reducida y una mayor ductilidad, lo que sugiere que un efecto de plastificación fue inducido por la composición distintiva de los agares extraídos por calor en comparación con el tratamiento combinado de sonicación de calor. La principal diferencia entre los dos tratamientos radica en el mayor contenido de polisacáridos (en particular, el agar y el almidón), como sugiere el análisis de la composición de los carbohidratos (véase el cuadro 1), y en el menor contenido de proteínas en las muestras extraídas con calor. Si bien la presencia de impurezas como las proteínas en los extractos HW y HW-US ejercieron un efecto positivo de plastificación, la proporción de polisacáridos/proteínas puede haber sido crucial para una óptima el rendimiento mecánico de las películas. Estudios previos sobre la proteína de la soja. Las películas de mezcla de agar han reportado que sólo para un cierto rango de proporciones de polisacáridos/proteínas las propiedades de las películas de proteína de soja pura podría mejorarse mediante la formación de una red interpenetrante estructuras sostenidas por enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de galactosa y los aminoácidos polares de la proteína. Las propiedades mecánicas de estas películas eran similares o ligeramente superior a las anteriormente reportadas para las películas comerciales de agar con 30% de glicerol (TS = 22,1 MPa y ϵ_b = 10,8%) (Wang et al., 2018). Para comparar, también se produjeron dos películas de los extractos no purificados a base de agar y una cantidad añadida de 30% de glicerol. Como deducido de la Tabla 2, estas películas presentaron una disminución muy marcada en el módulo y la resistencia a la tensión de Young, que no fue acompañada por un aumento comparable en la elongación de la ruptura. Esto indica que la plastificación del glicerol añadido, junto con la plastificación efecto de las impurezas presentes en estos extractos, fue excesivo y perjudicial para el rendimiento mecánico de las películas.

También se caracterizó la permeabilidad al vapor de agua (WVP) y los resultados, recogidos en el cuadro 2, pruebas de que, aunque la permeabilidad no aumentó dramáticamente con la cantidad de glicerol en las películas. Claramente tuvo un impacto negativo en la capacidad de la barrera. El WVP de las muestras de agar comercial estaban dentro del rango de valores anteriormente reportado en la literatura para los agares comerciales plastificados con un 30% glicerol (aprox. 0,9-10-13 Kg-m/s-m²-Pa) (Wang et al., 2018). Sorprendentemente, a pesar del efecto de plastificación observado en las películas HW y HW-US, estas dos muestras mostraron los valores más bajos de WVP, que fueron incluso más bajos que

los de las películas de celulosa pura extraídas de fuentes de biomasa acuática como *Posidonia oceanica* [20] y *Arundo donax* [21] y biopolímeros de referencia como almidón termoplástico [20] y poli(láctico) ácido [22]. Cabe señalar que el protocolo de extracción (calor versus sonicación de calor combinada) hizo no tienen un impacto significativo en el WVP. La mejora significativa en el rendimiento de la barrera de agua de las películas de extracto no purificado puede ser explicado por la formación de redes de polímeros interpenetrantes entre el agar y las proteínas contenidas en estos materiales. Proteínas y polisacáridos han sido reportados para formar este tipo de estructuras, las cuales consisten en redes tridimensionales que son al menos parcialmente entrelazado a escala molecular pero no unido covalentemente a y no pueden ser separados a menos que se rompan los enlaces químicos [23]; [24]. Las interacciones entre polisacáridos y proteínas se han señalado anteriormente como beneficiosas para múltiples aplicaciones, como la estabilización de emulsiones alimentarias [25], sin embargo, muy pocos estudios han informado de un efecto positivo de estas interacciones en la mecánica y la actuación de barrera de las películas compuestas. La incorporación de la piel de pescado gelatina y proteína de harina de soja en películas de pectina se ha informado de que les confieren un comportamiento más elástico, al tiempo que reducen su tasa de transmisión de vapor de [26]. Otro el estudio demostró que la adición de goma de mezquite mejoró la flexibilidad de las películas aisladas de proteína de suero, aunque la WVP no se vio afectada (Osés y otros, 2009).

Table 2

Average film thickness, mechanical properties (E: Young's modulus; TS: tensile strength; ϵ_b : elongation at break) and water barrier permeability (P_{H_2O}) of the agar-based films.

	Film thickness (μm)	E (GPa)	TS (MPa)	ϵ_b (%)	$P_{H_2O} 10^{-13}$ (Kg m/s m ² Pa)
Commercial + 10%Gly	71	3.3 ± 0.3^a	68.3 ± 10.2^a	7.9 ± 1.2^c	0.86 ± 0.05^{ab}
Commercial + 20%Gly	81	2.1 ± 0.1^b	45.5 ± 5.0^b	10.8 ± 3.7^c	0.99 ± 0.07^{ab}
Commercial + 30%Gly	82	1.6 ± 0.1^c	38.5 ± 5.8^{bc}	14.6 ± 5.6^{bc}	1.28 ± 0.06^{ab}
HW	75	0.7 ± 0.1^d	17.8 ± 4.4^d	10.6 ± 4.6^c	0.66 ± 0.01^a
HW-US	69	1.4 ± 0.5^c	29.2 ± 7.3^{bc}	9.3 ± 2.1^c	0.66 ± 0.05^a
NaOH+HW + 30%Gly	68	0.6 ± 0.1^d	25.2 ± 0.5^c	22.5 ± 1.9^{ab}	0.76 ± 0.15^{ab}
NaOH+HW-US + 30%Gly	81	1.7 ± 0.1^{bc}	35.4 ± 1.0^b	16.1 ± 2.0^c	1.00 ± 0.74^{ab}
HW + 30%Gly	80	$(1.4 \pm 0.2) \cdot 10^{-2}^a$	2.4 ± 0.2^a	23.8 ± 2.7^a	1.73 ± 0.17^c
HW-US + 30%Gly	81	$(2.7 \pm 0.2) \cdot 10^{-2}^a$	3.6 ± 0.6^a	18.6 ± 3.2^{abc}	1.84 ± 0.23^c

Values with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

Fuente: [16] .

Este trabajo muestra los aspectos técnicos y económicos del maricultivo de algas productoras de ficocoloides o gomas marinas. Se emplearon dos sistemas de cultivo en cuatro diferentes localidades habitadas por comunidades de pescadores Wayúu de los corregimientos del Cabo de La Vela y Carrizal, península de La Guajira, Colombia. Se determinó la productividad y tasa de crecimiento de tres especies de macroalgas de interés comercial, así como los costos de producción, inversión y rentabilidad de granjas marinas de 0.5 ha, tomando en cuenta el diseño y construcción de unidades hechas con materiales e insumos de bajo precio y fácil acceso. La implementación de estos sistemas y métodos de cultivo podría servir de base para la transferencia tecnológica a las comunidades locales. Los ingresos que se generen por medio de la maricultura de algas podrían beneficiar a una buena parte de los pobladores debido a que serían recursos adicionales y complementarios a sus actividades tradicionales como la pesca artesanal y cría de caprinos, en vista de que la gran mayoría vive en condiciones de extrema pobreza y presenta uno de los índices de necesidades básicas insatisfechas más altos de país.

Para calcular la productividad de los sistemas empleados, expresada como la tasa de crecimiento diario (TCD) en términos de porcentaje de la biomasa, se usó la fórmula:

$TCD \% = [(Pf/Pi)1/t - 1] \times 100$ donde, Pf = Peso final Pi = Peso inicial t = tiempo de cultivo en días Se registraron las variaciones de biomasa en las cuerdas de polipropileno debidamente rotuladas, combinando al azar ambos sistemas de cultivo (monolíneas y balsas). Se seleccionaron muestras por quintuplicado ($n = 5$) para cada especie en cuatro (4) estaciones durante un período total de seis (6) meses, dividido en dos (2) ciclos de crecimiento de 90 días cada uno, los cuales representaron dos (2) épocas del año: sequía (abril-junio) y lluvias (julio-septiembre) del año 2010. Para determinar el peso final de las todas las muestras, se estandarizó el proceso de secado usando los secadores solares



durante un período de 48 horas, para luego obtener un peso constante con la ayuda de un estufa eléctrica en el laboratorio a 45 °C. El material se rotuló y guardó en bolsas plásticas para posteriores análisis.

Cabe resaltar el trabajo denominado aspectos técnicos y económicos para el establecimiento comercial maricultivos de algas en Colombia: experiencias en la península de la guajira. Cuyo propósito es mostrar los los aspectos técnicos y económicos del maricultivo de algas productoras de ficocoloides o gomas marinas. Se emplearon dos sistemas de cultivo en cuatro diferentes localidades habitadas por comunidades de pescadores Wayúu de los corregimientos del Cabo de La Vela y Carrizal, península de La Guajira, Colombia.

Se determinó la productividad y tasa de crecimiento de tres especies de macroalgas de interés comercial, así como los costos de producción, inversión y rentabilidad de granjas marinas de 0.5 ha, tomando en cuenta el diseño y construcción de unidades hechas con materiales e insumos de bajo precio y fácil acceso. [27]

Dentro de los resultados obtenidos más relevantes de este trabajo fueron: el rendimiento y productividad delos cultivos, Se determinaron los costos de producción y la rentabilidad.

En la figura 6 se presentan las tasas de crecimiento diario (TCD) registradas para H. cornea, G. tenuifrons y E. isiforme en los sistemas de cultivo (balsas y monolíneas). Este estudio se realizó durante seis (6) meses en las estaciones de sequía y lluvia, en cuatro (4) localidades ubicadas en los corregimientos de Cabo de La Vela y Carrizal (Municipio Uribia, Guajira). La especie que mostró la mayor tasa de crecimiento y productividad fue E. isiforme con 1.58 % (± 0.17), seguida por G. tenuifrons con 0.59 % (± 0.39) y H. cornea 0.51 % (± 0.36).

Año 2010	Localidades				
abril-junio (sequía)	Soulipa	Carrizal	Alema	Aipir	Promedio
Hidropuntia cornea	N.D.	0,85	0,45	0,76	0,69
Gracilariopsis tenuifrons	0,43	N.D.	0,36	N.D.	0,39
Eucheuma isiforme	N.D.	1,80	1,41	1,78	1,66
julio-septiembre (lluvias)					
Hidropuntia cornea	N.D.	0,45	0,23	0,31	0,33
Gracilariopsis tenuifrons	0,90	N.D.	0,66	N.D.	0,78
Eucheuma isiforme	N.D.	1,56	1,46	1,45	1,49
TCD durante el estudio	TCD Promedio		Variación estándar		
Hidropuntia cornea	0,51		0,36		

Figura 6. Tasa de crecimiento diario TCD (%) de H. cornea, G. tenuifrons y E. isiforme cultivadas en cuatro localidades del Cabo de la Vela y Carrizal (Municipio Uribia, Guajira) y durante dos épocas del año (sequía y lluvias).

Se determinaron los costos de producción y la rentabilidad de ambos sistemas de cultivo (monolíneas y balsas flotantes), teniendo como referencia la productividad del alga E. isiforme, calculada en 13.303 TM.ha-1.año-1, a partir del valor promedio de su TCD durante el período de estudio (figura 6). E. isiforme es una especie productora de iota carragenina y se obtiene a través del maricultivo en la isla de St. Lucia para la elaboración una bebida conocida localmente como 'seamoss', muy popular y de gran demanda en las Antillas Menores. El análisis de mercado y las evaluaciones industriales del material cultivado permitieron identificar una demanda de plantas procesadoras interesadas en la compra de E. isiforme. Con base a esta información y a los costos poscosecha, comercialización interna y exportación, se calculó el precio en playa en COP 2.000. kg-1 del alga seca con un máximo de humedad del 35 %. La tasa de cambio a la fecha de la elaboración de este documento fue de 1 USD = 1.900 COP. En los Cuadros 4 y 5 se presentan las estructuras de costos, empleando ambos sistemas de cultivo: balsas de PVC y monolíneas flotantes [27].

OBJETIVOS:

Objetivo General: Elaborar un estudio de costos para la producción de agar – agar a partir de macroalgas en el departamento del Atlántico.

Objetivos Específicos

- Realizar un estado del arte sobre la técnica de producción de alimentos a partir de macro algas.
- Analizar el mercado de agar – agar para identificar los usos potenciales del producto asociados a la industria del consumo humano directo.
- Identificar los diferentes elementos de costo asociados a la producción de agar para tener un mejor control en su fabricación.
- Determinar la Rentabilidad del producto a partir del análisis de costos y proyecciones de mercado.

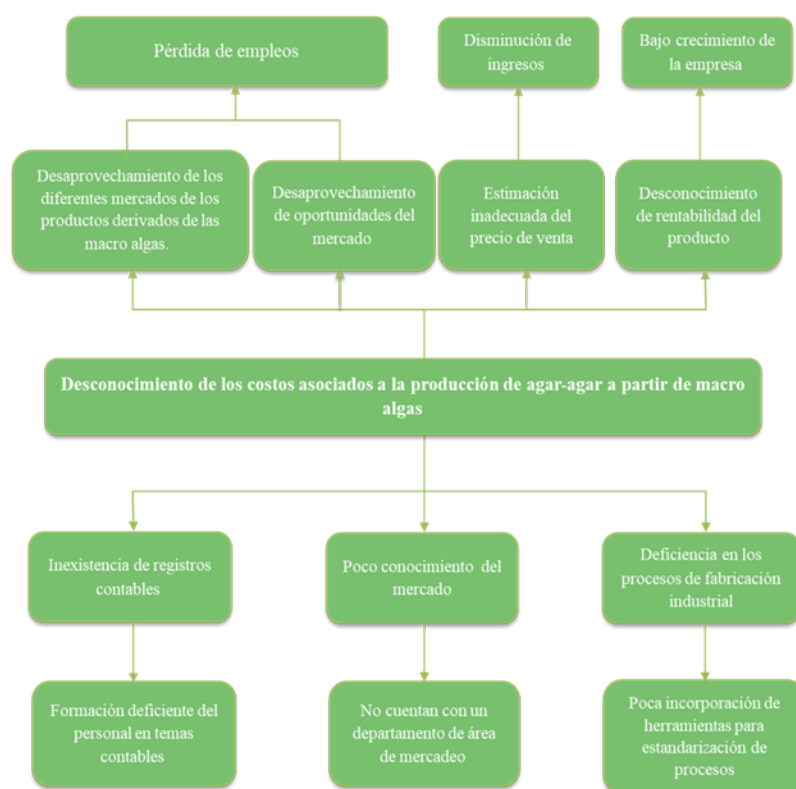


Figura 1. Árbol de problemas.

Fuente: elaboración propia

METODOLOGÍA:

Es un estudio de tipo descriptivo con un enfoque mixto puesto que tiene por objeto determinar los costos de producción del agar-agar a partir de macroalgas, es decir se analizan datos de los costos de producción y se documentan los procesos para la producción del agar. Para ello se requiere realizar un estudio de documentos para construir el estado del arte e identificar. Decidimos usar el método mixto porque se agrega valor al estudio de comparación con utilizar un único enfoque porque regularmente implica la necesidad de mayores recursos económicos, de involucramiento de más personas, conocimientos y tiempo. Se adaptó el método investigativo porque va de acuerdo con el planteamiento del problema porque es un poco anómalo y el método mixto de investigación nos lleva a la respuesta.



Fuentes de información

En el desarrollo de la investigación se emplearán fuentes de información primarias y secundarias, las cuales son de gran aporte para el logro de los objetivos.

Fuentes primarias: recolección de datos relacionados con los costos de producción a través de observación directa, entrevistas, aplicación de instrumentos.

Fuentes secundarias: revisión de bases de datos científicas, documentos técnicos, trabajos de grado y libros de texto para la determinación de los elementos del costo de producción de agar-agar, procesos más empleados para su transformación, información de mercados.

RESULTADOS/PRODUCTOS: Estos deben ser coherentes con los objetivos específicos y con la metodología planteada.

Los resultados/productos pueden clasificarse en tres categorías:

Generación de nuevo conocimiento y/o nuevos desarrollos tecnológicos: Incluye resultados/productos que corresponden a nuevo conocimiento científico o tecnológico o a nuevos desarrollos o adaptaciones de tecnología que puedan verificarse a través de publicaciones científicas, productos o procesos tecnológicos, patentes, normas, mapas, bases de datos, colecciones de referencia, secuencias de macromoléculas en bases de datos de referencia, registros de nuevas variedades vegetales, etc.

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Artículo de investigación	Número de artículos	Universidad Simón Bolívar
Documento de investigación	Número	Universidad Simón Bolívar

Apropiación social del conocimiento: Incluye aquellos resultados / productos que son estrategias o medios para divulgar o transferir el conocimiento o tecnologías generadas en el proyecto a los beneficiarios potenciales y a la sociedad en general. Incluye tanto las acciones conjuntas entre investigadores y beneficiarios como artículos o libros divulgativos, cartillas, videos, programas de radio, presentación de ponencias en eventos, entre otros.

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Participación en evento científico	Número de ponencias	Universidad Simón Bolívar

Resultados esperados:

Los resultados que se esperan obtener con el desarrollo del proyecto de investigación son los siguientes:

- Un documento técnico del estado del arte sobre las técnicas de producción de alimentos a partir de macro algas: en esta fase se inicia con la búsqueda de documentos científicos en bases de datos, empleando recursos de la universidad.
- Un estudio del mercado de agar-agar para identificar los segmentos de mayor potencial para el desarrollo de la empresa, las tendencias, precios y demás indicadores de oferta y demanda.
- Un documento técnico con los elementos de costo asociados a la producción de agar – agar, como elemento base para la toma de decisiones de tipo administrativo y operacional en la empresa.



PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN -Instituto de Investigación-

F-IN-08-GI Ver 1

13

Pág. PAGE 13 de NÚMPAGES

- Un estudio de rentabilidad de la producción de agar – agar, como elemento base para la toma de decisiones de tipo administrativo y operacional en la empresa.

IMPACTO ESPERADO: El factor de impacto está relacionado con la pertinencia y relevancia del proyecto representadas por la contribución que haga a la solución de problemas en los ámbitos académicos, sociales, económicos, ambientales, políticos, tecnológicos, de innovación o procesos creativos. Así mismo, deben identificarse claramente los usuarios que podrían utilizar los resultados de la investigación y como podrían ser aprovechados posteriormente. En la medida en que sea mayor el potencial de los resultados del proyecto, el impacto del mismo será mayor. Igualmente, se busca que el proyecto obtenga un impacto directo en el fortalecimiento de grupos de investigación, de programas curriculares de postgrado y a la infraestructura de investigación de la Universidad Simón Bolívar.

Describir el impacto que tendrá la investigación en la Universidad Simón Bolívar: formación de talento humano como jóvenes investigadores, producción científica a través de la elaboración de artículos de investigación y la apropiación social del conocimiento en eventos científicos de formación de semilleros de investigación, relacionamiento de la universidad con la empresa.

Impacto en la empresa:

La elaboración del proyecto va a permitir fortalecer la adquisición de conocimientos del proceso de producción de agar-agar a partir de macroalgas y sirve como un repositorio de análisis e información para cada componente del mercado contribuyendo favorablemente a la mejora de la competitividad y seguridad.

Con la información obtenida en el desarrollo del proyecto investigativo se puede tener una buena comprensión de ciertos comportamientos de otros participantes en el mercado esto les ayuda para hacer cambios necesarios en las estrategias y posicionarse fuertemente en el mercado de agar.

*Junto con esta propuesta debe ser entregado debidamente diligenciado los siguientes formatos:

1. F-IN-18-GI, Hoja de Vida investigadores
2. F-IN-09-GI, Cronograma de ejecución del proyecto
3. F-IN-10-GI, Presupuesto para proyectos de investigación