

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

**OBTENCIÓN DEL QUITOSANO A PARTIR DEL
EXOESQUELETO DEL LANGOSTINO DESECHADO POR LA
INDUSTRIA PESQUERA**

Igarzabal, Morena - LU 1119711

Ruibal Palacio, Mateo - LU 1125362

Ingeniería en Alimentos

Tutor:

Ferraro María Teresa de Jesús, UADE

Co tutor:

Del Rio Sara Beatriz, Pesquera VERAZ

2025

UADE

UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a la Ing. María de Jesús Ferraro, por su dedicación, constante apoyo y valiosa colaboración durante todo el desarrollo de este proyecto. Su guía y acompañamiento fueron fundamentales para la realización exitosa de este trabajo. Asimismo, queremos agradecer a Sara Beatriz Del Río, nuestra co-tutora, quien nos proporcionó la materia prima necesaria y nos ofreció sus conocimientos, orientación y consejos en cada etapa del proyecto.

Morena y Mateo.

Principalmente quiero agradecer a mis papás y a mi hermano, Mariángeles, Luis y Valentín, quienes estuvieron conmigo desde el primer momento hasta el final. Su apoyo incondicional, cariño y confianza fueron fundamentales para que pudiera culminar esta etapa. También quiero agradecer a mis amigas Dana, Guillermina, Lola y Mora, quienes formaron parte de este camino, compartieron mis alegrías y siempre me acompañaron con su cariño y amistad.

Finalmente, gracias a Mateo, por haber formado parte de este camino. Te deseo que todo lo bueno te llegue, y que tengas siempre los mejores éxitos en la vida.

Morena.

Primeramente, deseo agradecer a mi familia: mi papá Diego, mi mamá Myriam y mi hermano Francisco, quienes me brindaron el soporte necesario para transitar esta etapa de la vida y me acompañaron con su apoyo incondicional. También quiero agradecer a aquellos familiares que ya no están físicamente, pero que me siguen acompañando desde otro lugar.



OBTENCIÓN DEL QUITOSANO A PARTIR DEL EXOESQUELETO DEL
LANGOSTINO DESECHADO POR LA INDUSTRIA PESQUERA

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

Agradezco también a los amigos que fui conociendo a lo largo de la universidad y a los profesores, quienes contribuyeron significativamente a mi formación profesional. Agradecer a Claudia, por haber estado siempre presente cuando necesité su ayuda y por acompañarme en el recorrido universitario.

Finalmente, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi compañera Morena Igarzabal, por haber sido una compañera incondicional durante estos seis años de carrera. Compartimos risas, desafíos y momentos difíciles, pero siempre prevaleció el deseo de progresar y la amistad que nos permitió llevar adelante este trabajo en conjunto.

Mateo.

Resumen

El presente proyecto se enfocó en valorizar un subproducto de la industria pesquera, la cáscara de langostino, mediante su transformación en quitosano, un polisacárido de interés por su carácter de fibra dietaria y sus propiedades funcionales aplicables en alimentos. El proceso desarrollado permitió obtener un polvo fino estandarizado con un rendimiento del 13,33% y un grado de desacetilación (DD) del 77,3%, valores dentro de los rangos reportados para uso alimentario. El (DD), además, es un parámetro crítico por su relación directa con el contenido de fibra y la pureza del quitosano, respaldando su aptitud como ingrediente funcional.

En el desarrollo del producto, se estudiaron las características de la materia prima y se definió un proceso para la obtención del quitosano a partir del exoesqueleto de langostino, el cual incluyó etapas de molienda, tamizado y purificación, garantizando la obtención de un polvo estandarizado apto para su aplicación en matrices alimenticias. Se evaluaron posibles usos en distintos alimentos considerando tanto los beneficios nutricionales como los tecnológicos, entre ellos la capacidad antimicrobiana y antioxidante del quitosano que contribuye a la conservación y calidad de los alimentos.

Se realizó un análisis de mercado y del contexto productivo, identificando la creciente demanda de alimentos funcionales enriquecidos con fibra, especialmente en poblaciones que requieren un suplemento dietario accesible y de calidad. Paralelamente, se abordó el marco regulatorio, considerando la definición internacional del Codex Alimentarius y la normativa vigente en Argentina sobre fibras funcionales y rotulado de alimentos, garantizando así el cumplimiento de los criterios de seguridad y etiquetado.

Finalmente se efectuó un análisis preliminar de viabilidad económica, que incluyó la estimación de costos de producción a escala industrial y la determinación de un precio de referencia competitivo y se evaluaron estrategias de comercialización orientadas a posicionar al quitosano como un insumo innovador y sustentable, derivado de la revalorización de un desecho con potencial de inserción en mercados nacionales e internacionales de ingredientes funcionales.

Abstract

This project explored the valorization of shrimp shell waste through its conversion into chitosan, obtaining a standardized fine powder with a 13.33% yield and a 77.3% degree of deacetylation, values consistent with food-grade applications. The degree of deacetylation was identified as a key indicator of purity and functional performance.

The processing scheme included grinding, sieving, and purification, ensuring a uniform product suitable for incorporation into food matrices. Potential applications were evaluated considering both nutritional benefits and technological functionalities, such as antimicrobial and antioxidant activity.

A market analysis highlighted the rising demand for fiber-enriched functional foods, while the regulatory framework from Codex Alimentarius and Argentine legislation was reviewed to ensure proper classification and labeling. Finally, a preliminary economic assessment estimated production costs and outlined commercialization strategies to position chitosan as a sustainable, value-added ingredient with potential in national and international markets.

ÍNDICE

CAPÍTULO I:	9
1. Introducción	9
1.1 Objetivos	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2. Chubut: Historia, Actividad Pesquera y Dependencia del Langostino	12
2.1 Problemática de los desechos de langostino	13
2.2 Pleoticus muelleri (langostino)	15
2.3 Quitina	19
2.4 Reacciones adversas al marisco: alergias y toxinas marinas	21
CAPÍTULO III: PRODUCTO	24
3. Descripción del producto	24
3.1 Materias primas	26
3.2 Parámetros de aceptación del quitosano	27
3.3 Proceso de obtención del quitosano	28
3.3.1 Diagrama de flujo	37
3.4. Análisis del producto	38
3.4.1 Microbiológicos	38
3.4.2 Análisis bromatológicos y físico químicos	46
3.4.3 Estabilidad	48
3.5 Posibles aplicaciones en alimentos	50
3.6 Rendimiento final del producto	53
3.7 Determinación del contenido de fibra	54
3.8 Tabla de resultados concluidos	59

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE MERCADO.....	60
4. Competidores.....	61
4.1 Competidores directos.....	61
4.2 Competidores indirectos.....	64
4.3 Tabla comparativa.....	66
4.4 Análisis FODA.....	67
4.5 Estrategias de mitigación de amenazas y debilidades.....	70
4.6 Análisis PESTEL.....	71
CAPÍTULO V: ENCUADRE LEGAL DEL PRODUCTO.....	75
5. Análisis del marco regulatorio.....	75
5.1 Normas de calidad e inocuidad.....	77
5.2 Alérgenos.....	79
5.3 Diseño.....	80
5.4 Ficha técnica.....	82
CAPÍTULO VI: PRODUCCIÓN A ESCALA INDUSTRIAL.....	85
6. Procedimiento del quitosano a escala industrial.....	85
6.1 Tecnología de equipos.....	87
6.2 Distribución de tareas.....	97
CAPÍTULO VII: COSTOS.....	99
7. Costos de maquinaria.....	99
7.1 Costos de materia prima.....	100
7.2 Costo de insumos.....	101
7.4 Costo por unidad producida.....	102
7.5 Precio de venta.....	103

CAPÍTULO VIII: COMERCIALIZACIÓN.....	106
8. Transporte.....	107
8.1 Marketing mix.....	109
8.2 Liberación del producto.....	111
CONCLUSIÓN.....	112
BIBLIOGRAFÍA.....	114
ANEXOS.....	119

CAPÍTULO I:

1. Introducción

En la ciudad de Rawson, Chubut, la industria pesquera del langostino genera toneladas de residuos, principalmente cáscaras, que hoy se desechan sin tratamiento ni aprovechamiento alguno. Sin embargo, lo que hoy es basura, podría convertirse en un recurso valioso: estas cáscaras contienen quitina, un polisacárido que, mediante procesos adecuados, puede transformarse en quitosano, un biopolímero con aplicaciones clave en los sectores alimentarios, farmacéuticos, agrícolas y ambientales. Este proyecto propone aprovechar estos residuos para producir quitosano, con el objetivo de emplear el producto como materia prima para destinarlo a su incorporación en productos alimenticios y así incrementar su contenido de fibra dietética. En algunos casos, su incorporación estará orientada a mejorar el perfil nutricional del producto, actuando como fuente de fibra dietética no convencional, mientras que en otros, la fibra aportará propiedades tecnofuncionales valiosas para los alimentos.

Este proyecto tiene como objetivo utilizar un residuo de la industria pesquera, como lo es la cáscara del langostino, para obtener quitosano. No solo se busca reducir el impacto ambiental generado por el descarte de estos subproductos, sino también demostrar el potencial de los residuos como fuente de compuestos útiles.

El alcance de este proyecto se centrará en la utilización de la cáscara del langostino, un residuo generado por la industria pesquera, como materia prima para la extracción de quitosano. A lo largo del trabajo, se realizará un análisis integral que incluirá el estudio de competidores en el mercado, así como evaluaciones microbiológicas, bromatológicas y fisicoquímicas del producto obtenido. Además, se llevará a cabo un análisis de estabilidad con el fin de definir su vida útil. También se desarrollará una estrategia de comercialización que permita posicionar el quitosano en el mercado, junto con una evaluación de costos del proceso. Esta última incluirá el análisis de costos, la identificación de la maquinaria necesaria y los requerimientos técnicos mínimos para su producción a escala industrial. De este modo, el proyecto busca sentar las bases

para un aprovechamiento sustentable de residuos pesqueros, con proyección hacia su posible aplicación industrial.

Este proyecto contribuye a la valorización de la cáscara del langostino, transformando un residuo industrial en un ingrediente útil para la implementación en la alimentación de las personas interesadas. Con esto, se promueve una alternativa más sostenible, reduciendo los desechos de la industria pesquera y contribuyendo de manera positiva en el medio ambiente, reduciendo así, los desechos de estos.

1.1 Objetivos

El presente proyecto tiene como objetivo principal la obtención de quitosano a partir del exoesqueleto del langostino, un residuo generado en grandes cantidades por las industrias pesqueras de la ciudad de Rawson, Chubut. A través de esta propuesta se busca no solo reducir el impacto ambiental asociado al descarte de estos subproductos, sino también demostrar su valor potencial como fuente de compuestos útiles, en este caso, la quitina, que puede ser transformada en quitosano.

Para alcanzar este objetivo general, se desarrollará una técnica adecuada para la obtención del quitosano, acompañada de un estudio técnico que incluirá análisis microbiológicos, fisicoquímicos y bromatológicos, con el fin de caracterizar el producto obtenido. Asimismo, se evaluará la estabilidad del quitosano, estableciendo su vida útil bajo distintas condiciones de conservación. Paralelamente, se realizará un análisis del marco legal vigente que rige su producción y comercialización, especialmente en el ámbito alimentario.

El proyecto también contempla el análisis de los equipamientos necesarios y los requerimientos técnicos para su fabricación a escala industrial, así como un estudio de los costos de producción asociados. Además, se investigará el mercado existente, identificando posibles competidores y oportunidades comerciales. Se prestará atención a las aplicaciones potenciales



OBTENCIÓN DEL QUITOSANO A PARTIR DEL EXOESQUELETO DEL
LANGOSTINO DESECHADO POR LA INDUSTRIA PESQUERA

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

del quitosano en la industria de alimentos, y se diseñará una estrategia para su comercialización como materia prima funcional destinada a dicho sector.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrollan los fundamentos que dan origen al presente proyecto, abordando las razones por las cuales se decidió trabajar con residuos de la industria pesquera, específicamente con el exoesqueleto (cáscara) del langostino.

Se analizarán antecedentes relacionados con la problemática ambiental del descarte de subproductos marinos, así como el potencial de la quitina. También se incluirán conceptos tales como la estructura del langostino, la composición del exoesqueleto y por último las alergias alimentarias y toxinas.

2. Chubut: Historia, Actividad Pesquera y Dependencia del Langostino

La provincia del Chubut, se encuentra ubicada en el centro sur de la región patagónica Argentina, la misma, se caracteriza por su extensa costa atlántica, lo que la convierte en una región clave para la pesca, especialmente la pesca marítima. El océano Atlántico, es una fuente crucial de recursos pesqueros, entre ellos el langostino, una de las especies más explotadas en la zona. La actividad pesquera representa un pilar fundamental en la economía de la provincia, siendo vital tanto para el consumo interno como para la exportación, posicionando a Chubut como uno de los principales centros pesqueros de Argentina. En particular, la pesca del langostino representa una de las principales fuentes de ingresos para la región, lo cual se explica principalmente por el elevado volumen de langostinos exportados, los cuales representan la mayor proporción en términos de valor dentro de las exportaciones pesqueras tanto por su volumen de capturas como por el movimiento que genera en los sectores relacionados: procesamiento, transporte, comercio y exportación. (Dirección de Economía Pesquera, 2011).

En los últimos años, el Puerto de Rawson se ha consolidado como uno de los principales puertos langostineros del país, liderando el volumen de desembarques de esta especie, tal como lo reflejan los datos del año 2019, con un total de 74.303 toneladas, la cifra más alta registrada entre todos los puertos argentinos (INIDEP, 2019).

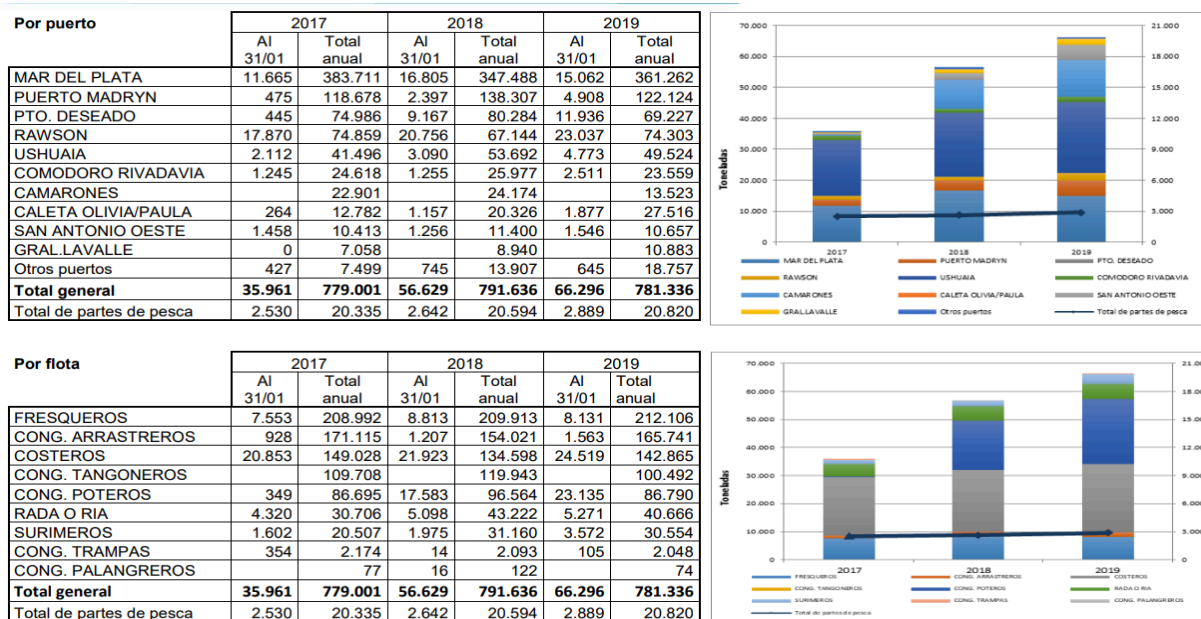


Figura 1: Gráfico de desembarques anuales de langostino por puerto y tipo de flota (Fuente: INIDEP, 2019).

2.1 Problemática de los desechos de langostino

En la ciudad de Rawson, uno de los principales desafíos en la gestión de la contaminación ambiental se origina en los desechos generados por las industrias pesqueras, especialmente los exoesqueletos de langostinos. Esta actividad pesquera, fundamental para la economía local, produce una cantidad considerable de residuos, dado que una parte significativa de la captura se procesa en tierra. Antiguamente, la falta de instalaciones adecuadas para el manejo y aprovechamiento de estos subproductos ha llevado a la disposición de los mismos a cielo abierto.

Esta práctica no solo representa un desperdicio de recursos valiosos, sino que también genera serios problemas ambientales. La acumulación de desechos en espacios abiertos puede atraer plagas e insectos, aumentando el riesgo de enfermedades en la comunidad. Además, los

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

olores desagradables que emanan de estos residuos afectan la calidad de vida de los habitantes cercanos. La descomposición de los residuos tiene el potencial de liberar sustancias nocivas que pueden contaminar el suelo, el aire y las aguas circundantes, poniendo en peligro la salud pública y el ecosistema local.

Es importante mencionar que en los últimos años se ha avanzado en la gestión de los desechos de la actividad pesquera en la provincia. Actualmente casi la totalidad de los residuos generados en las industrias pesqueras de Puerto Rawson son dispuestos en un relleno sanitario. Si bien esta instalación brinda resultados alentadores a la problemática, estos residuos tienen un potencial en la elaboración de subproductos como suplementos alimenticios para consumo animal, concentrados proteicos, productos farmacéuticos, abonos, gelatinas, pieles curtidas, entre otros. Sin embargo, en el litoral marítimo patagónico no existen aún plantas procesadoras que agreguen valor a estos desechos. La mayor proporción de desechos de la industria pesquera chubutense se debe al procesamiento de crustáceos (en especial del langostino *Pleoticus muelleri*), y constituyen una fuente de quitina de bajo precio que puede ser aprovechada para la obtención de quitosano, un producto que se utiliza comúnmente en la industria química, farmacéutica y alimentaria (MMAyA, 2020; INTI, 2021; CENPAT-CONICET, 2019).

En muchos países, los residuos de crustáceos se reutilizan en aplicaciones de bajo valor, como harinas, fertilizantes o compost, sin absorber el volumen generado. En Argentina, la única valorización industrial significativa es la de Q-Pampa, dedicada a producir quitosano a partir de descartes pesqueros. En contraste, países con mayor desarrollo tecnológico como Noruega, Japón y Canadá emplean procesos avanzados para obtener quitina, quitosano, compuestos bioactivos, bioenergía y biopolímeros destinados a envases biodegradables y otras aplicaciones de alto valor agregado. México también presenta iniciativas relevantes en la extracción de quitina, quitosano y pigmentos a partir de residuos camaroneros, impulsadas por universidades y centros de investigación.



Figura 2: “Cavas” de langostino (Fuente: Revista Puerto, 2017).

2.2 *Pleoticus muelleri* (langostino)

Pleoticus mulleri es una especie de langostino que habita en aguas templadas-frías y tiene un gran impacto a nivel económico en Argentina.

El mismo tiene hábitos demersales y bentónicos, es decir, vive cerca del fondo marino y cambia su actividad según el momento del día (más activa de día). Por eso, su método de captura es con buques tangoneros, la captura se hace con arrastre de redes de fondo diseñadas específicamente para la captura de este. El producto se puede congelar a bordo (congeladores), o desembarcar fresco para ser procesado en planta. (INIDEP, 2020).

La temporada de captura del langostino *P. muelleri* se desarrolla entre los meses de noviembre a marzo. Esta especie es una de las más representativas de la pesca comercial Argentina, tanto por su volumen de captura como por su alto valor económico. Su distribución geográfica abarca desde la costa de la provincia de Santa Cruz hasta Río de Janeiro (Brasil),

aunque su mayor concentración se da en el litoral patagónico, principalmente entre las costas de Rawson y el sur del Golfo San Jorge, donde se encuentran las mayores densidades poblacionales.

Presenta un ciclo de vida corto, de aproximadamente un año (Bertuche et al, 1999) lo que permite una rápida renovación de la población y posibilita la captura en dos temporadas consecutivas. La pesca se realiza mediante buques tangoneros equipados con redes de arrastre de fondo, diseñadas específicamente para esta especie. El langostino se comercializa en diferentes presentaciones: entero, descabezado o pelado sin cola, y se exporta principalmente a países como España, Japón, Italia y China.

Consumo interno de alimentos pesqueros

País	Consumo de alimentos pesqueros anuales
España	40 kg por persona
Italia	No hay datos exactos
China	25 kg por persona
Japón	22 kg por persona

Tabla I - Tabla comparativa de consumo anual de alimentos pesqueros. Fuente: Propia.

Exportación del langostino

Desde el punto de vista económico, el langostino constituye el principal recurso pesquero del país. En el año 2023, representó el 43,5% del total de las exportaciones pesqueras argentinas, generando ingresos por más de 1.240 millones de dólares, según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. La provincia del Chubut concentra una parte significativa de esta actividad, siendo el puerto de Rawson el principal puerto langostinero del país en volumen de desembarques. Esta actividad tiene un fuerte impacto en la economía

regional, no solo por la generación de divisas, sino también por el empleo que genera en las etapas de captura, procesamiento, transporte y logística (INTI, 2021; MMAyA, 2020).

En 2023, China se posicionó como el segundo destino en importancia para el langostino Argentino, con el 18,8% de las exportaciones, y en enero de 2024 las ventas hacia ese país aumentaron un 146% interanual, alcanzando las 3.096 toneladas, aunque con una baja del 6% en el precio promedio por tonelada (USD 6.754). La gran parte de la demanda de China se basa principalmente en colas congeladas que son utilizadas para productos procesados.

Japón también consolidó su rol como mercado relevante: en el primer bimestre de 2024 importó 22.660 toneladas de langostino, de las cuales 4.106 fueron de origen argentino, marcando un récord de la última década. Este mercado valora especialmente la calidad y frescura del producto, usándolo en preparaciones como sushi y sashimi.

España continuó como principal destino, absorbiendo el 70% de las exportaciones y registrando en 2023 un aumento del 27% en volumen, aunque con el precio promedio más bajo entre los principales mercados (USD 6.616/tonelada). Este país también basa su principal demanda en colas de langostino.

Italia, con una participación del 7,8% del total exportado hacia ese país, mostró una caída general en la demanda durante 2023, pero con una recuperación en septiembre, cuando las importaciones crecieron un 43,6% interanual. (Revista Puerto, 2025; SeaFood Media Group, 2024).

Estructura del langostino

La estructura del langostino (*P. muelleri*) se divide en dos partes principales: cefalotórax y abdomen. El cefalotórax es la región anterior y está protegido por una coraza llamada caparazón o carapacho. En su interior se alojan la mayoría de los órganos vitales, como el corazón, el estómago, el sistema nervioso central, las branquias (donde respira) y, en el caso de las hembras, parte de los ovarios.

El abdomen, por su parte, es la región posterior, más flexible y segmentada, y está compuesto por seis segmentos. En él se encuentran el intestino y otra parte del aparato reproductor. Esta zona también incluye los pleópodos, apéndices que utilizan para nadar y, en las hembras, para transportar los huevos.

Externamente, el langostino posee antenas largas, que le sirven como órganos sensoriales, y varios pares de patas (llamadas pereiópodos), algunas de las cuales usa para caminar y otras para manipular el alimento. En el extremo del cuerpo tiene el telson, una especie de cola con forma de abanico que le permite impulsarse rápidamente hacia atrás como mecanismo de defensa. (INIDEP, 2019)

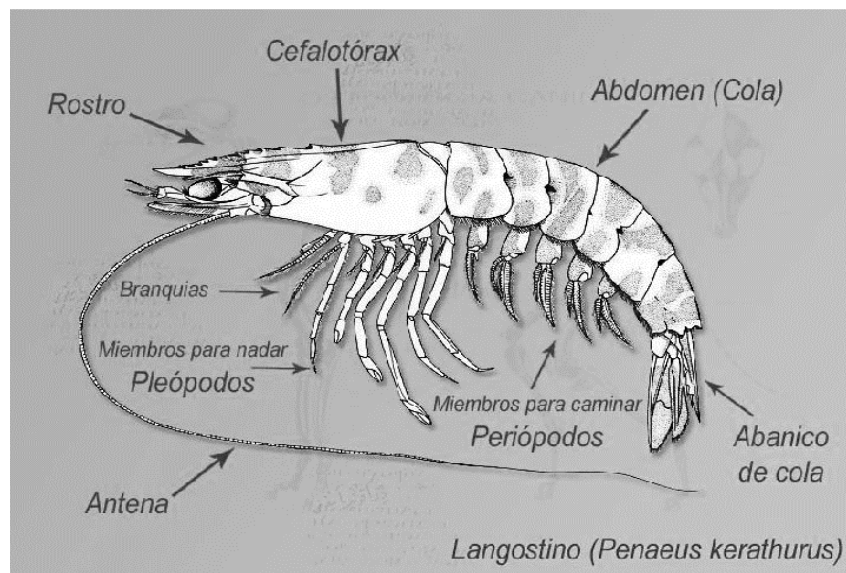


Figura 3: Estructura del langostino (Fuente: Langostinos del Mar Menor, página web oficial).

Composición del exoesqueleto del langostino

Los exoesqueletos de los langostinos, considerados a menudo como residuos, contienen una variedad de subproductos que pueden ser aprovechados por diversas industrias, incluidas las alimentarias, farmacéuticas y médicas.

En su composición se encuentra la quitina, la cual está presente en valores que varían entre un 15 y un 40% de la composición de la cáscara (Ávila et al., 2007, como se citó en Pasotti, Avila Sanabria y Martinelli, 2020). Es un biopolímero que puede extraerse y procesarse para obtener quitosano. El quitosano presenta propiedades antimicrobianas y de retención de agua, lo que lo hace adecuado para su aplicación en recubrimientos de alimentos y productos médicos. Además, los exoesqueletos contienen entre un 20 y un 40% de proteínas, que pueden ser utilizadas en la industria alimentaria como ingredientes funcionales o en la fabricación de piensos para animales.

Asimismo, estos restos son fuente de astaxantina, un antioxidante y pigmento natural que se encuentra en los mariscos y su cantidad se encuentra entre los valores de 2,7 mg/g y 72,7 µg/g de peso seco (Mendoza-Perez, 2014). Tiene aplicaciones diversas, como en la industria de alimentos, suplementos dietéticos y productos cosméticos.

El aprovechamiento de los exoesqueletos puede tener un impacto ambiental positivo. En la actualidad, muchos de estos residuos son incinerados o enterrados, contribuyendo a la contaminación del aire y del suelo. La utilización de estos recursos puede contribuir a reducir la carga ambiental asociada a su disposición y fomentar la creación de empleo en las áreas de recolección, procesamiento y comercialización de los subproductos derivados de los exoesqueletos.

2.3 Quitina

Como se mencionó previamente, el exoesqueleto del langostino está compuesto principalmente por un componente llamado quitina, cuyos valores oscilan entre 15 y 40%.

La quitina es un biopolímero que se encuentra en la naturaleza, principalmente en las paredes celulares de los hongos y en el exoesqueleto de los artrópodos, como los insectos y los crustáceos. Este polímero está compuesto por unidades de N-acetilglucosamina, un derivado de la glucosa, lo que le confiere características únicas (Muzzarelli, 2010).

Una de las propiedades más destacadas de la quitina es su biocompatibilidad, lo que la hace adecuada para aplicaciones en medicina, como en la fabricación de suturas y sistemas de liberación de fármacos (Kumar, 2000). Además, su biodegradabilidad la convierte en un material atractivo para la industria alimentaria y la agricultura, donde se utiliza como un agente antimicrobiano y fertilizante natural (Rinaudo, 2006). Debido a estas características, la quitina ha despertado un creciente interés en la investigación y el desarrollo de nuevos productos y tecnologías sostenibles (Bhatnagar & Sillanpää, 2009).

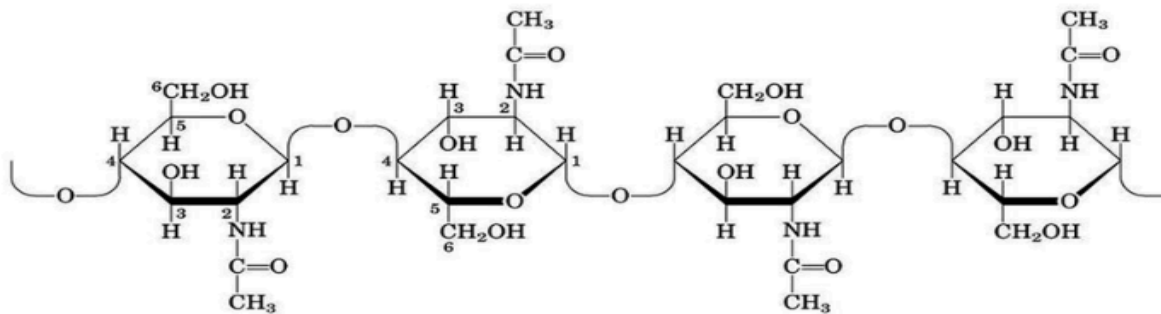


Figura 4: estructura química de la quitina (Fuente: Reseach, página web oficial).

Digestibilidad de la quitina

Como fue establecido en el trabajo, la quitina es un polisacárido estructural que se encuentra en el exoesqueleto de los artrópodos, como los crustáceos, y en las paredes celulares de algunos hongos, donde cumple una función de protección y rigidez. Sin embargo, los humanos no poseen la capacidad de digerir la quitina, lo que se debe principalmente a la falta de enzimas especializadas en su degradación. El componente principal de la quitina es N-acetilglucosamina, un monosacárido que se une mediante enlaces β-1,4 en cadenas largas y lineales, lo que le confiere una estructura altamente ordenada y cristalina. Esta disposición química hace que la quitina sea extremadamente resistente a la acción de las enzimas digestivas humanas, como la amilasa o la celulasa, que son capaces de hidrolizar otros polisacáridos

comunes, como almidón o celulosa, pero no tienen la capacidad para romper los enlaces específicos de la quitina (Rinaudo, 2006). Además, la quitina tiene una alta cristalinidad, lo que contribuye a su rigidez y dificulta aún más su hidrólisis en condiciones fisiológicas. Aunque el sistema digestivo humano no puede descomponer la quitina en sus componentes básicos, algunos estudios sugieren que la quitina puede actuar como una fibra dietética no digerible, mejorando la motilidad intestinal y contribuyendo a la regulación de los niveles de glucosa en sangre, ya que su paso sin ser digerida facilita el tránsito intestinal (Mäkelä et al., 2017). Recientemente, se ha investigado el uso de la quitina y sus derivados, como el quitosano, en la industria alimentaria, debido a sus propiedades funcionales, como la capacidad de formar geles, su efecto prebiótico y su potencial como agente para la reducción de la absorción de grasas.

2.4 Reacciones adversas al marisco: alergias y toxinas marinas

El consumo de mariscos puede provocar reacciones adversas en algunas personas, principalmente por causas inmunológicas, como las alergias alimentarias, o por la presencia de toxinas marinas naturales. Estos riesgos, aunque poco frecuentes en la población general, pueden tener consecuencias graves para la salud.

Alergias alimentarias

Las alergias alimentarias se producen cuando el sistema inmunológico reacciona de forma adversa ante ciertos componentes presentes en los alimentos, llamados alérgenos. Estas sustancias, que para la mayoría de las personas no representan ningún riesgo, pueden desencadenar desde síntomas leves como picazón o urticaria, hasta reacciones más graves como dificultad para respirar o anafilaxia en quienes son alérgicos. Entre los alimentos que más comúnmente provocan este tipo de alergias se encuentran la leche, el huevo, el maní, los frutos secos, el trigo, la soja, el pescado y los mariscos.

Se estima que, a nivel mundial, entre 220 y 520 millones de personas padecen algún tipo de alergia alimentaria (FAO, 2020). En Estados Unidos, por ejemplo, un estudio reveló que el 10,8 % de los adultos tienen al menos una alergia alimentaria confirmada, y dentro de ese grupo,

alrededor del 3 % son alérgicos a mariscos, lo que convierte a esta en la alergia más común entre adultos (JAMA, 2019; Mayo Clinic, 2023).

En particular, el marisco (incluyendo crustáceos como el langostino) es uno de los alérgenos más potentes. La reacción puede ir desde urticaria, hinchazón o problemas digestivos hasta anafilaxia, una respuesta grave que pone en riesgo la vida. El alérgeno principal del marisco es una proteína llamada tropomiosina, presente en el músculo del animal, que desencadena la respuesta inmunitaria. Por ello, es fundamental que los productos alimenticios estén correctamente rotulados e identifiquen la presencia de posibles alérgenos, especialmente en alimentos procesados o servidos fuera del hogar.

Metabisulfito de sodio

El metabisulfito de sodio es un conservante químico utilizado en los barcos pesqueros y en las plantas de procesamiento para evitar el desarrollo de la melanosis (ver anexo A). Este compuesto actúa como un antioxidante, inhibiendo la acción de las enzimas responsables de la oxidación que causa las manchas negras en el exoesqueleto de los mariscos. Si bien es eficaz para preservar la calidad visual del producto, el metabisulfito de sodio es un alergénico conocido, especialmente para personas con hipersensibilidad a los sulfitos, pudiendo provocar reacciones alérgicas graves. Por ello, su uso está regulado y debe ser declarado en el etiquetado de los productos alimenticios.

Marea Roja

La marea roja es un fenómeno natural que ocurre cuando hay un crecimiento excesivo de ciertas microalgas en el mar, especialmente dinoflagelados. Estas algas pueden producir toxinas que resultan peligrosas tanto para los seres humanos como para los animales marinos. Aunque a veces se asocia con un color rojizo en el agua, no siempre es visible a simple vista. Este fenómeno puede dar lugar a toxinas que afectan el sistema nervioso, el aparato digestivo o incluso la memoria.

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

En la región patagónica, y particularmente en la provincia del Chubut, la marea roja aparece de manera recurrente. Suele presentarse principalmente entre los meses de octubre y abril, cuando las condiciones del ambiente (como el aumento de la temperatura del agua y la presencia de nutrientes) favorecen el crecimiento de estas algas. Esto genera una gran preocupación por su impacto en la salud pública, la vida marina y la actividad pesquera.

Aunque el langostino no se alimenta por filtración como los moluscos bivalvos, puede estar expuesto a estas toxinas si se encuentra en zonas contaminadas. Por eso, es fundamental controlar de dónde proviene la materia prima y asegurarse de que se haya extraído en condiciones sanitarias seguras.

En este marco, se realizan controles y monitoreos en las zonas costeras para prevenir que los productos contaminados lleguen al consumo humano. Estas acciones incluyen estudios sobre la presencia de toxinas marinas, tales como las generadas por las algas nocivas, y la imposición de restricciones temporales a la pesca en áreas afectadas. En Argentina, estos controles son llevados a cabo principalmente por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), que supervisa la inocuidad de los productos de origen animal destinados al consumo humano y realiza inspecciones en plantas procesadoras. A su vez, el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) se encarga de los estudios técnicos y científicos sobre los recursos marinos, monitoreando la calidad del agua y la presencia de toxinas. Estas tareas se complementan con el accionar de las autoridades provinciales y la Prefectura Naval Argentina, que implementan medidas de control territorial y vigilancia en las zonas costeras. El objetivo es garantizar que los productos pesqueros comercializados sean seguros para la población y cumplan con los estándares sanitarios establecidos.

Entre las toxinas más importantes que pueden aparecer durante la marea roja están; la paralizante, la diarreica y la amnésica. La toxina paralizante puede provocar desde un leve hormigueo hasta parálisis respiratoria en los casos más graves. La toxina diarreica genera vómitos, dolores abdominales y diarrea aguda, mientras que la toxina amnésica afecta el cerebro y puede causar pérdida de memoria, confusión y daños neurológicos. Ninguna de estas toxinas se



OBTENCIÓN DEL QUITOSANO A PARTIR DEL EXOESQUELETO DEL
LANGOSTINO DESECHADO POR LA INDUSTRIA PESQUERA

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

elimina con la cocción, por lo que es clave controlar el origen del marisco o pescado para evitar problemas de salud.

CAPÍTULO III: PRODUCTO

En el presente capítulo se presenta una descripción detallada del quitosano, considerado el producto central del proyecto. Se abordan sus principales características, su origen a partir del exoesqueleto del langostino y el proceso llevado a cabo para su obtención, incluyendo las etapas de desmineralización, desproteización, y desacetilación. Asimismo, se describen los análisis físico-químicos, bromatológicos y microbiológicos realizados con el objetivo de evaluar la calidad e inocuidad del producto final. Además, se explorarán posibles aplicaciones del quitosano en la industria alimentaria, destacando las ventajas que ofrece frente a otros compuestos, tanto por su funcionalidad como por su contribución a la valorización de residuos y la sostenibilidad ambiental.

3. Descripción del producto

El quitosano es un polisacárido lineal derivado de la quitina, compuesto por unidades de D-glucosamina y N-acetil-D-glucosamina unidas por enlaces $\beta(1\rightarrow4)$. Se obtiene principalmente mediante un proceso de desacetilación alcalina de la quitina, la cual se encuentra en grandes cantidades en el exoesqueleto de crustáceos como langostinos, camarones y cangrejos. Este procedimiento implica una serie de etapas químicas que incluyen la desproteización, desmineralización y finalmente la desacetilación, generalmente mediante el uso de hidróxido de sodio concentrado a altas temperaturas. El resultado es un material con propiedades físico-químicas destacadas: es biodegradable, biocompatible, no tóxico y posee capacidad antimicrobiana, quelante y filmógena. Además, el quitosano es una fibra de origen no vegetal que, al igual que otras fibras, es indigerible y transita por el sistema gastrointestinal sin ser absorbida, lo que le confiere propiedades beneficiosas para la salud digestiva y el control de peso. Estas características hacen que el quitosano sea altamente valorado en sectores como el alimentario, farmacéutico, cosmético y agrícola. Además, al obtenerse a partir de residuos de la industria pesquera, su producción se alinea con principios de economía circular y sostenibilidad ambiental, agregando valor a un subproducto que tradicionalmente se desecha (Orangrowth, 2024).

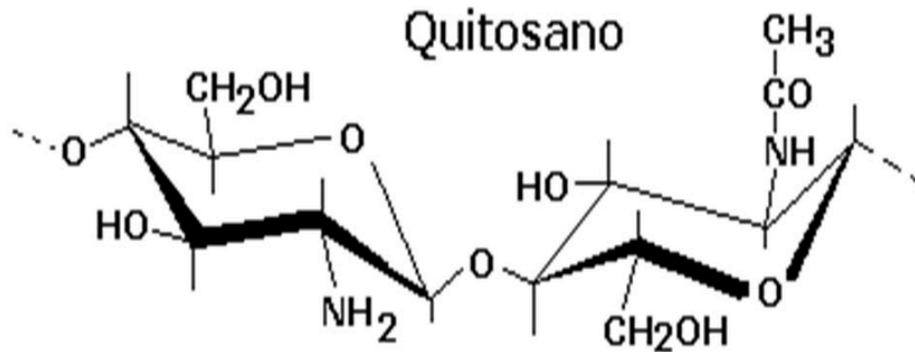


Figura 5: Estructura del quitosano (Fuente: ResearchGate, página web oficial).

Características del quitosano

El quitosano presenta una serie de características fisicoquímicas que lo transforman en un biopolímero versátil y funcional en múltiples industrias. Si bien es insoluble en agua, presenta solubilidad en soluciones ácidas diluidas, lo que permite su manipulación en medios acuosos mediante ajustes de pH. Su comportamiento depende del grado de desacetilación y del peso molecular, parámetros que influyen directamente en su viscosidad, capacidad de retención de agua y formación de películas. Además se destaca por su capacidad para formar geles, su alta afinidad por cargas negativas (lo que lo hace útil como agente floculante o en sistemas de liberación controlada) y su habilidad para interactuar con lípidos, proteínas y metales. Estas propiedades le confieren funciones tecnológicas relevantes, como estabilizante, espesante, agente encapsulante y conservante natural. Asimismo, presenta resistencia térmica moderada, es inodoro y tiene una textura flexible que facilita su aplicación en matrices alimenticias, cosméticas o farmacéuticas. Su baja toxicidad y capacidad para ser modificado químicamente

amplían aún más sus posibilidades de uso industrial y biotecnológico (Rinaudo, 2021; Giraldo Pedraza, 2015).

3.1 Materias primas

La obtención de quitosano se basa en el uso de materias primas ricas en quitina, un polisacárido estructural presente principalmente en el exoesqueleto de artrópodos marinos. En el presente proyecto, se selecciona como materia prima la cáscara del langostino patagónico (*P. muelleri*), subproducto abundante de la actividad pesquera en la provincia del Chubut. Este residuo, que tradicionalmente se desecha o se utiliza con bajo valor agregado, representa una fuente significativa de quitina aprovechable mediante procesos de transformación adecuados. Su utilización no solo permite obtener un insumo de alto valor funcional e industrial como el quitosano, sino que además contribuye a una gestión más sustentable de los residuos de la industria pesquera, alineándose con principios de economía circular y reducción del impacto ambiental (Dirección economía pesquera, 2011).

Disponibilidad y contexto regional

Tal como se mencionó en el capítulo II, la provincia del Chubut se ha posicionado como uno de los principales polos pesqueros del país, destacándose por la explotación del langostino, que constituye la especie de mayor relevancia económica y volumen de exportación. El procesamiento industrial de este recurso genera una considerable cantidad de residuos, compuestos en su mayoría por cabezas y exoesqueletos de langostino, los cuales pueden alcanzar hasta el 40 % del peso total del crustáceo. La revalorización de estos subproductos a través de su transformación en quitosano no solo permite abordar una problemática ambiental asociada a su disposición, sino que además representa una valiosa oportunidad de desarrollo tecnológico y agregado de valor para la región.

Preparación de la materia prima

Antes de su transformación en quitosano, la cáscara del langostino requiere un pretratamiento adecuado. Las etapas principales incluyen:

- Lavado: se realiza con agua de red o destilada para eliminar restos de carne y sal.
- Secado: se lleva a cabo a temperaturas moderadas (alrededor de 60–80 °C) para reducir la humedad y evitar el deterioro microbiológico.
- Molienda: una vez seca, la cáscara se tritura para facilitar la acción de los reactivos químicos durante el proceso de obtención de la quitina.

Esta fase de pretratamiento es de suma importancia para asegurar la calidad del producto final y mejorar la eficiencia de los procesos posteriores, como la desproteización, desmineralización y desacetilación.

3.2 Parámetros de aceptación del quitosano

Para garantizar la calidad y la funcionalidad del quitosano obtenido a partir del exoesqueleto de langostino, es necesario establecer ciertos parámetros fisico-químicos que permitan evaluar su aptitud para su uso posterior. Dado que actualmente el quitosano no se encuentra contemplado como ingrediente dentro del Código Alimentario Argentino (CAA), no existen especificaciones oficiales nacionales que regulen sus características. Sin embargo, con el fin de definir valores de referencia confiables, se recurre al análisis comparativo de parámetros establecidos por industrias especializadas en la producción y comercialización de quitosano para uso técnico, cosmético y alimentario. En particular, se tomaron como guía los criterios publicados por la empresa Real Fine Chemicals, reconocida internacionalmente por su experiencia en la fabricación de biopolímeros. Cabe señalar que en el Capítulo V del presente trabajo, se desarrolla en profundidad la situación regulatoria del quitosano en el contexto nacional.

Los parámetros de aceptación considerados para este producto incluyen:

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

- Grado de desacetilación: igual o superior al 65 %, con preferencia en el rango del 70 al 90 %, ya que este valor influye directamente en la reactividad del quitosano y en su comportamiento funcional.
- Viscosidad: dependiendo del peso molecular, puede variar entre 10 y 800 cP (Centipoise, unidad de medición de la viscosidad) en solución acuosa al 1 %. Este parámetro es relevante para su uso como agente espesante o formador de películas.
- Solubilidad: debe ser insoluble en agua pura, pero soluble en medios ácidos diluidos, como una solución al 1 % de ácido acético, condición fundamental para su aplicación en sistemas acuosos.
- Humedad: no debe superar el 10 %, para evitar reacciones indeseadas durante su almacenamiento y asegurar su estabilidad.
- Contenido de cenizas: se espera un valor máximo del 2 %, como indicador de un adecuado proceso de desmineralización.
- pH de la solución al 1 %: entre 5,0 y 6,5, como valor indicativo del comportamiento ácido-base del producto en solución.

El cumplimiento de estos parámetros permite obtener un producto uniforme, estable y funcional, apto para desarrollos en el ámbito alimentario, farmacéutico y otras aplicaciones industriales.

3.3 Proceso de obtención del quitosano

El proceso de obtención del quitosano a partir del exoesqueleto de langostino consiste en una serie de etapas químicas secuenciales que permiten transformar la quitina presente en la materia prima en quitosano. Este procedimiento implica la eliminación progresiva de componentes no deseados como proteínas, sales minerales y pigmentos, mediante tratamientos específicos. Posteriormente, se lleva a cabo la desacetilación, etapa clave en la cual la quitina es convertida en quitosano mediante el uso de soluciones alcalinas concentradas. Cada una de estas etapas debe ser cuidadosamente controlada para asegurar la calidad final del producto, tanto en términos de pureza como de funcionalidad.

Tratamiento al exoesqueleto del langostino

Tal como se mencionó en el apartado 3.1, el exoesqueleto de langostino constituye la materia prima principal para la obtención de quitosano. Antes de iniciar el proceso químico, dicho material debe ser sometido a un tratamiento físico preliminar que garantice su aptitud para las etapas posteriores. Este tratamiento consta de tres etapas fundamentales: lavado, secado y molienda. Para el presente trabajo, fueron utilizados 110g de exoesqueleto de langostino.



Figura 6: Exoesqueleto del langostino congelado (Fuente: Propia).

- Lavado: El lavado se realizó con agua de red con el objetivo de eliminar restos de tejido blando, sal y todo tipo de impurezas superficiales que pudieran interferir en las etapas siguientes.

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

- Secado: El secado se realizó a 60°C durante seis horas en estufa para reducir la humedad del exoesqueleto y evitar el crecimiento de microorganismos, cabe aclarar que se seca a temperatura moderada para evitar la pérdida de componentes volátiles.
- Molienda: La molienda se realiza con el objetivo de que el material sólido y seco se convierta en partículas finas, optimizando la superficie de contacto para que puedan reaccionar de manera adecuada las sustancias químicas..



Figura 7: Exoesqueleto seco molido (Fuente: Propia).

Desmineralización

Una vez finalizado el tratamiento físico del exoesqueleto, se procedió a la etapa de desmineralización, cuyo objetivo principal es la eliminación de compuestos inorgánicos, principalmente carbonato de calcio, presente en la estructura del exoesqueleto de los crustáceos. Esta etapa resulta fundamental para obtener una quitina de mayor pureza y facilitar las reacciones químicas posteriores. Para ello, se pesaron 15 gramos del material molido, los cuales fueron tratados con 150 mL de ácido clorhídrico (HCl) 1,5 M, siguiendo una relación sólido/líquido de 1:10. La mezcla se mantuvo en agitación constante durante dos horas a temperatura ambiente, utilizando un agitador magnético, lo que permitió una disolución eficaz de los minerales sin alterar significativamente la matriz orgánica. Finalizado el tratamiento ácido, el sólido fue enjuagado con abundante agua destilada hasta alcanzar un pH neutro, garantizando la eliminación completa de los residuos ácidos antes de continuar con la siguiente etapa del proceso.



Figura 8: Proceso de desmineralización del exoesqueleto (Fuente: Propia).

Desproteínización

Luego del proceso de desmineralización, el producto fue filtrado utilizando una bomba de vacío para separar el sólido del líquido residual. Posteriormente, se procedió a la desproteínización, cuyo objetivo principal es eliminar las proteínas presentes en la muestra que pueden interferir en la pureza y calidad del producto final. Para este paso, la muestra fue tratada con hidróxido de sodio (NaOH) 1 M, empleando 150 ml de solución, lo que corresponde a una relación sólido/líquido de 1:10, y fue cubierta con papel aluminio con el fin de evitar la pérdida de compuestos volátiles durante el tratamiento térmico. La desproteínización se realizó a una temperatura de 80 °C durante un período de dos horas. Durante este proceso, el compuesto comenzó a cambiar de color, tornándose progresivamente más blanco, indicativo de la obtención de quitina. Una vez finalizado este tratamiento, se buscó nuevamente neutralizar el pH del producto mediante lavados sucesivos con agua destilada.

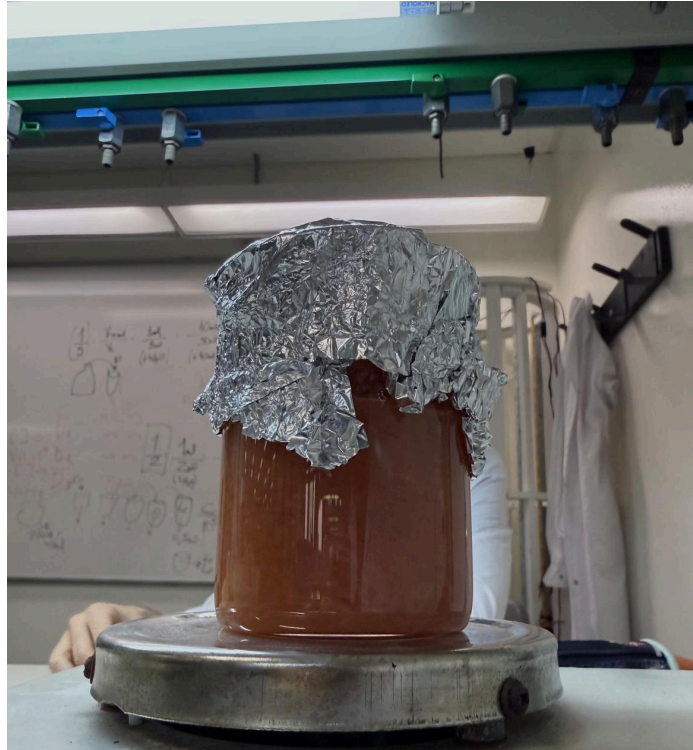


Figura 9: Desproteínización del exoesqueleto del langostino (Fuente: Propia).



Figura 10: Obtención de quitina (Fuente: Propia).

Desacetilación

Finalizada la desproteinización, se volvió a filtrar utilizando una bomba vacío para poder llevar a cabo el último proceso químico. La desacetilación constituye el paso más importante en el proceso, ya que elimina el grupo acetilo presente en la quitina para lograr la obtención de quitosano. Este tratamiento modifica la estructura química original, aumentando la solubilidad y las propiedades biológicas del producto final. La desacetilación se realizó utilizando hidróxido de sodio (NaOH) al 50%, empleando 150 ml de solución, lo que corresponde a una relación sólido/líquido de 1:10. Durante el proceso, la muestra fue cubierta con papel aluminio para evitar la pérdida de compuestos volátiles y se mantuvo a una temperatura de 100 °C durante tres horas. Finalmente, se neutralizó el pH mediante lavados sucesivos con agua destilada.

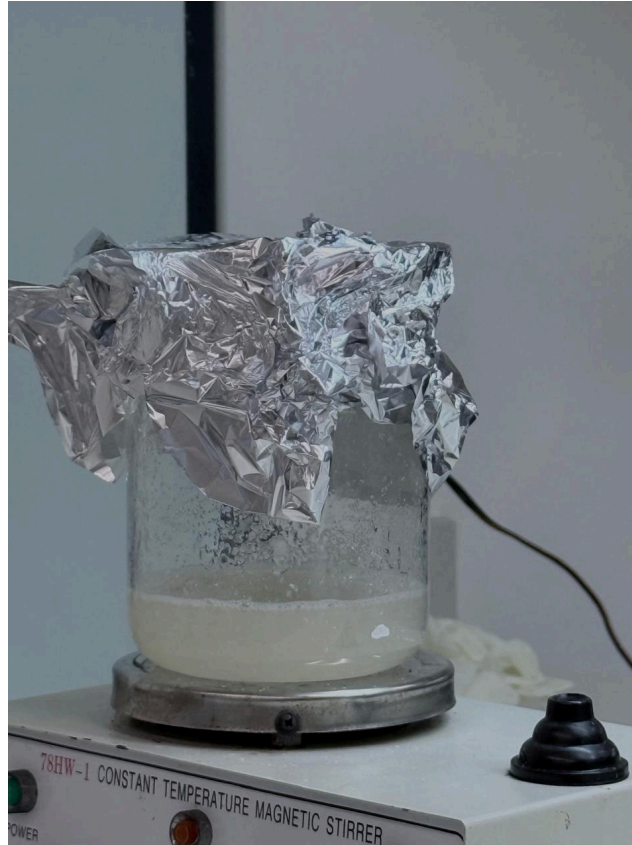


Figura 11: Desacetilación del exoesqueleto del langostino (Fuente: Propia).

Secado

Una vez finalizados los procesos químicos, el producto fue sometido al secado. Para ello, se llevó a estufa a 60°C durante seis horas para reducir la humedad del quitosano y evitar el crecimiento de microorganismos.

Molienda

Luego del proceso de secado, el material obtenido presenta un tamaño de partícula superior al previsto. Por tal motivo, se lo somete a una operación adicional de molienda en seco,

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

con el fin de reducir aún más la granulometría y alcanzar las dimensiones deseadas. Esta etapa adicional se justifica por la necesidad de mejorar la uniformidad del tamaño de partícula, lo cual resulta fundamental para optimizar las propiedades funcionales del producto final, donde una granulometría fina favorece una mejor incorporación en matrices alimenticias.

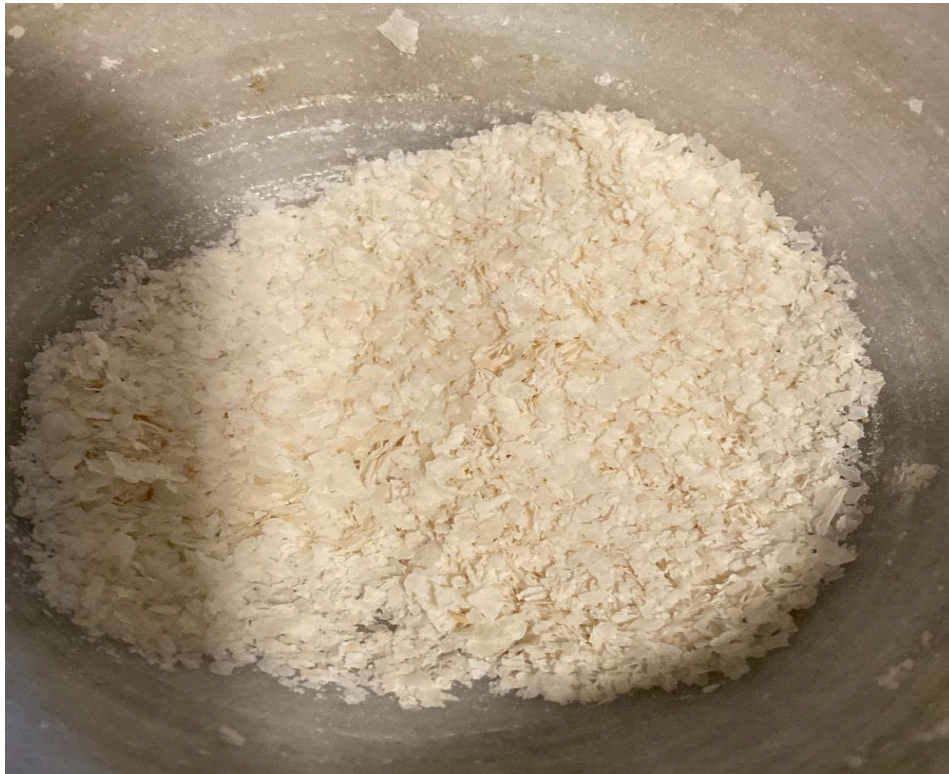


Figura 12: Producto final, quitosano (Fuente: Propia).

Verificación de obtención de quitosano

Finalmente, se llevó a cabo una evaluación destinada a verificar si, tras la aplicación de los procesos previamente descritos, se logró obtener quitosano como producto final. Para ello, se preparó una solución de ácido acético al 4% v/v, a la cual se le adicionaron 0,1 g del material

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

elaborado. La formación de un gel tras la agitación intensa de la mezcla se considera un indicador característico de la presencia de quitosano, debido a su capacidad de solubilizarse en medios ácidos y formar estructuras gelificadas. Aproximadamente 30 segundos después de iniciada la agitación, se observó la formación de un gel, lo que permitió confirmar de manera cualitativa la obtención del quitosano.



Figura 13: Gelificación del quitosano (Fuente: Propia).

3.3.1 Diagrama de flujo

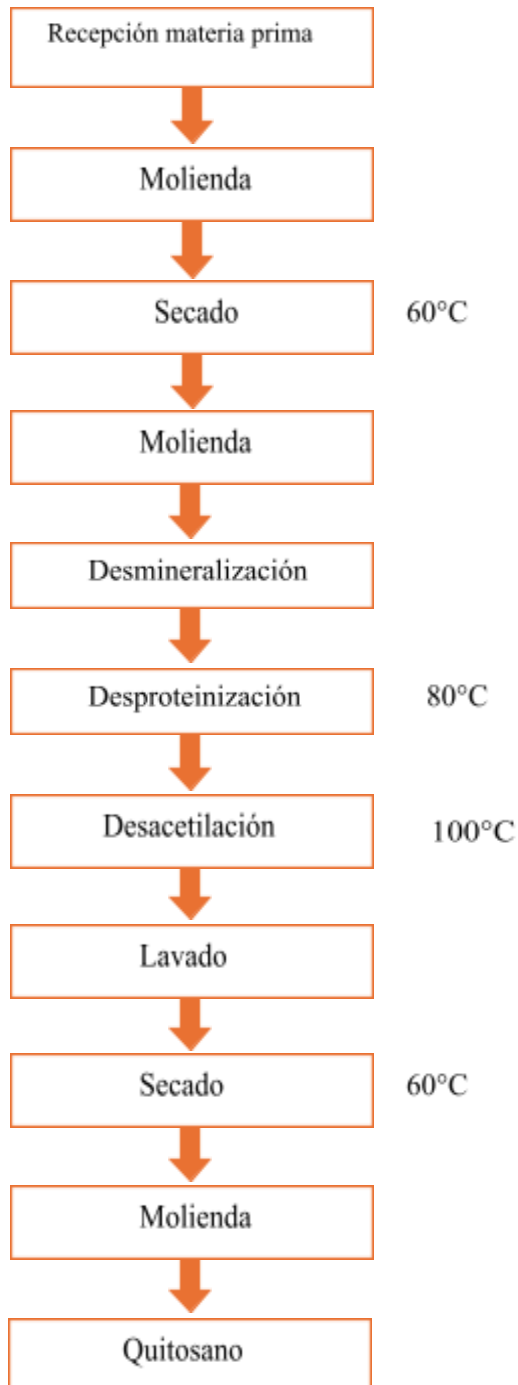


Figura 14: Diagrama de flujo de obtención del quitosano (Fuente: Propia).

3.4. Análisis del producto

Para garantizar la calidad y seguridad del quitosano obtenido a partir del exoesqueleto del langostino, es fundamental realizar un análisis integral del producto final. Este análisis contempla aspectos microbiológicos, bromatológicos, fisicoquímicos y de estabilidad, con el fin de asegurar que el material obtenido cumpla con los estándares requeridos para su aplicación.

Dentro de los análisis microbiológicos se evalúa la presencia de microorganismos indicadores de contaminación o alteración, como hongos y levaduras, investigación de *Escherichia coli*, bacterias mesófilas, coliformes totales, investigación *Salmonella* y *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva. Estas determinaciones permiten garantizar que el producto sea inocuo y apto para su utilización.

Por otro lado, se llevan a cabo análisis bromatológicos y fisicoquímicos que permiten caracterizar el quitosano en cuanto a su composición y calidad. Entre estos parámetros se encuentran el contenido de humedad, cenizas, fibra dietética y el porcentaje de desacetilación, este último siendo un indicador clave del grado de pureza del quitosano obtenido.

Finalmente, se analiza la estabilidad del producto, lo que permite determinar su comportamiento a lo largo del tiempo bajo diferentes condiciones de almacenamiento, asegurando que conserve sus propiedades funcionales y sea adecuado para su uso durante el período previsto.

Cabe destacar que todas estas determinaciones fueron realizadas en el Laboratorio de la Universidad Argentina de la Empresa (UADE), lo que garantiza la confiabilidad de los resultados obtenidos.

3.4.1 Microbiológicos

Para la realización de los análisis microbiológicos se tomó como referencia el Código Alimentario Argentino (C.A.A.). Sin embargo, en este marco normativo no se encontraron especificaciones actualizadas respecto de determinaciones microbiológicas aplicables

directamente al quitosano. Por esta razón, y dado que en el Capítulo V se abordará en detalle el marco legal correspondiente a nuestro producto, se recurrió también a las disposiciones del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Este organismo establece parámetros y recomendaciones para la evaluación microbiológica en pescados, bivalvos, moluscos y crustáceos.

Si bien dichas especificaciones resultan de carácter general para estas cuatro especies, en el presente trabajo se adoptó un conjunto de determinaciones microbiológicas consideradas pertinentes para el quitosano obtenido a partir de exoesqueletos de langostino. Las pruebas seleccionadas fueron: recuento de hongos y levaduras, detección de anaerobios sulfito reductores, investigación de *Escherichia coli* en 0,1 g, investigación de *Salmonella* en 10 g, recuento de aerobios mesófilos, detección de *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva y recuento de coliformes totales (ver Anexo B).

Tabla de análisis microbiológicos

Microorganismo	Criterio de aprobación	Metodología
Recuento de coliformes	100 u.f.c/g	ISO 4832-2006
Recuento de anaerobios sulfito	20 u.f.c/g	ISO 15213-2003
Levaduras	500 u.f.c/g	ISO 21527-1:2008
Investigación de <i>Escherichia coli</i> en 0,1 g	Ausencia en 0,1 g	ICSMF (1983)
<i>Salmonella</i> spp en 10 gramos	Ausencia en 10 g	ICSMF (1983)
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa positiva	<100 u.f.c/g	ISO 6888-1:1999, Amd. 1:2003
Recuento de aerobios mesófilos	1.000.000 u.f.c/g	ISO 4833-1:2013/AMD1:2022

Tabla II - Tabla de análisis microbiológicos realizados. Fuente: Propia.

Resultados de los análisis microbiológicos

Para llevar a cabo los análisis microbiológicos del quitosano obtenido del exoesqueleto de langostino, se procedió a preparar una suspensión inicial utilizando 10 g de muestra en 90 mL de Agua Peptonada estéril al 0,1%, previamente estabilizada en un baño termostático a 37 ± 1 °C. La mezcla se homogeneizó en una bolsa de stomacher hasta lograr una dispersión uniforme, considerándose esta preparación como la dilución 10^{-1} .

A partir de esta suspensión se realizaron las diluciones seriadas, transfiriendo 1 mL de la dilución previa a tubos que contenían 9 mL de Agua Peptonada estéril al 0,1%, obteniéndose de esta manera las diluciones 10^{-2} y 10^{-3} , respectivamente.

Los análisis se llevaron a cabo 15 días después de la obtención del producto, empleando las diluciones obtenidas para la ejecución de los ensayos microbiológicos establecidos, con el propósito de verificar la inocuidad, calidad higiénico-sanitaria y aptitud del quitosano para su utilización en el marco del presente proyecto. Las imágenes correspondientes a cada análisis pueden consultarse en el Anexo C.

Recuento de coliformes

Se sembró 1 mL de las diluciones 10^{-1} y 10^{-2} en placas de Petri, realizadas por duplicado. A continuación, se adicionaron 15 mL de agar VRBL a cada placa. Las placas se incubaron en posición invertida a 37 °C durante 24 horas. En este caso, no se observaron colonias, por lo que los resultados se expresan como <10 u.f.c./g.

Investigación de *Escherichia coli* en 0,1 g

Se inoculó 1 mL de la dilución 10^{-1} (equivalente a 0,1 g de muestra) en un tubo que contenía 10 mL de Caldo Lactosa Bilis Verde Brillante (LBVB) simple concentración, equipado con campana de Durham, realizándose el procedimiento por duplicado. Los tubos se incubaron a 35 °C durante 48 horas.

En esta metodología, la presencia de gas y turbidez en el caldo indica la posible presencia de *E. coli*, lo que requeriría continuar con las etapas posteriores: tomar una ansada y sembrarla en agar ENDO, incubar a 35 °C durante 24 horas y observar la formación de colonias rojas con aro metálico, seguido de la realización de la prueba IMVIC.

En nuestro caso, los tubos iniciales no presentaron gas ni turbidez, por lo que no fue necesario continuar con las etapas adicionales. En consecuencia, el resultado se expresa como: no se detectó *Escherichia coli* en 0,1 g de muestra.

Investigación *Salmonella* spp en 10 gramos

La investigación de *Salmonella* se inició con la etapa de pre-enriquecimiento, en la cual se sembraron 10 g de muestra en 90 mL de Agua Peptonada Bufferada (APB), incubándose a 35 °C durante 18 horas.

A continuación, se realizó la etapa de enriquecimiento selectivo, en la que se inoculó 1 mL del pre-enriquecimiento en caldo Muller-Kauffmann Tetracionato Novobiocina (MKTTn) y 0,1 mL en caldo Rappaport-Vassiliadis soja (CRV). El caldo MKTTn se incubó a 34°C durante 24 horas, mientras que el caldo CRV se incubó a 41 °C durante 24 horas.

Posteriormente, en la etapa de aislamiento, a partir de cada uno de los caldos de enriquecimiento incubados se sembró una ansada por agotamiento en la superficie de Agar Verde Brillante (VB) y otra en Agar XLD, incubándose a 34°C durante 24 horas.

Al finalizar este procedimiento, no se observó crecimiento de colonias, por lo que no fue necesario continuar con las etapas posteriores de aislamiento, caracterización bioquímica y serología. Por lo tanto, el resultado se expresa como: no se detectó *Salmonella* spp. en 10 g de muestra.

Recuento de anaerobio sulfito reductores

Se inoculó 1 mL de la dilución 10^{-1} por duplicado en placas de Petri. A continuación, se adicionaron 15 mL de agar Sulfito Polimixina Sulfadiazina (SPS). Las placas se incubaron en condiciones de anaerobiosis, utilizando una jarra o bolsa con control de anaerobiosis y el generador correspondiente, en posición invertida a 35 °C durante 4 horas.

En este caso, no se observaron colonias negras, por lo que, de acuerdo con la metodología, el resultado se expresa como < 10 u.f.c./g.

Levaduras

Se sembró 1ml de la dilución 10^{-1} por duplicado en placas de Petri. Se adicionaron 15 ml de agar DRCD. Las placas se incubaron a 25°C por 5 días.

No se observaron hongos pero existió presencia de levaduras, por eso mismo se plantearon los siguientes cálculos:

Placa 1: 19 levaduras

Placa 2: 25 levaduras

$$UFC/g = \frac{19 + 25}{2} * 1 \text{ ml} * \frac{1}{10^{-1}} = 220 \text{ UFC/g}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos, se confirma que nuestro producto cumple con los criterios de aprobación establecidos, cuyo límite máximo permitido es de 500 u.f.c/g.

Recuento de aerobios mesófilos

En esta metodología, se inocularon 1 mL de las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} en placas de Petri, realizándose el procedimiento por duplicado. A cada placa se adicionaron 15 mL de agar PCA, y posteriormente las placas se incubaron en posición invertida a 30 °C durante 72 horas.

La metodología aplicada (ISO 4833-1:2013/AMD1:2022) establece que únicamente deben considerarse para el recuento aquellas placas que presenten un número de colonias comprendido entre 30 y 300. En nuestro caso, la única placa que cumplió con este criterio fue la correspondiente a la dilución 10^{-1} , la cual presentó aproximadamente 53 colonias. Dado que este valor se encuentra dentro del rango establecido por la norma, se procedió a realizar el cálculo correspondiente con el fin de verificar si el resultado obtenido cumple con el criterio de aceptación.

$$u.f.c/g = (F * D / V) = (53 * 10 ml / 1 ml) = 530 u.f.c/g$$

En donde:

F = número de colonias contadas

D = factor de dilución utilizado

V= volumen sembrado

En función de los resultados obtenidos, se puede confirmar que el producto evaluado cumple con los criterios de aprobación establecidos, dado que el límite máximo permitido es de 1.000.000 u.f.c/g, mientras que el valor determinado en nuestro análisis fue considerablemente inferior a dicho umbral.

Recuento de *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva

Se inoculó 0,1 mL de la dilución 10^{-1} en placas de Petri que contenían Agar Baird-Parker (BP), realizándose el procedimiento por duplicado. El inóculo se extendió utilizando una espátula de Drigalsky, y las placas se mantuvieron a temperatura ambiente durante 15 minutos antes de ser invertidas e incubadas a 35 °C durante 48 horas.

Posteriormente, se identificaron las colonias atípicas en las placas (no se observaron colonias típicas), las cuales se transfirieron a tubos con Caldo Infusión Cerebro-Corazón (BHI) para la realización de la prueba de coagulasa, incubándose a 37 °C durante 24 horas.

Finalmente, se procedió a realizar la prueba de coagulasa (ver Anexo D), inoculando plasma de conejo en las colonias previamente aisladas en Caldo Infusión Cerebro Corazón (BHI). Posteriormente, las muestras fueron incubadas a 37 °C durante 24 horas con el fin de evaluar la presencia de coagulación. Dado que no se observó coagulación, el resultado se expresó como < 100 u.f.c./g.

Conclusión de los análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos realizados en este proyecto se llevaron a cabo siguiendo las recomendaciones del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), dado que, como se mencionó en el inicio del apartado 3.4, el Código Alimentario Argentino (CAA) no especifica los análisis microbiológicos aplicables al quitosano. Por lo tanto, se optó por adherir a las directrices del SENASA para garantizar la seguridad e inocuidad del producto.

Entre los análisis realizados se incluyen:

- Recuento de anaerobios sulfito reductores: Este ensayo se llevó a cabo porque en las plantas pesqueras es común el uso del conservante metabisulfito de sodio para prevenir la melanosis en los langostinos. La presencia de sulfitos en el producto final podría indicar

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

residuos del conservante, por lo que este análisis asegura que el quitosano no contenga niveles indeseables de sulfitos.

- Investigación de *Salmonella* spp.: *Salmonella* es una bacteria patógena que puede causar enfermedades diarreicas en humanos, transmitiéndose principalmente a través de alimentos o agua contaminados, provocando síntomas como fiebre, diarrea, náuseas, vómitos y dolor abdominal.
- Investigación de *Escherichia coli*: *E. coli* es una bacteria intestinal, donde algunas cepas pueden provocar diarrea, síndrome urémico hemolítico y otras enfermedades graves, especialmente en niños y personas inmunodeprimidas.
- Recuento de coliformes totales: Su presencia puede indicar contaminación fecal, siendo un indicador importante de la calidad microbiológica del producto.
- Recuento de hongos y levaduras: Estos microorganismos pueden afectar la calidad y seguridad del producto, por lo que su recuento es esencial para evaluar la idoneidad del quitosano.
- Recuento de bacterias mesófilas aerobias: Permite evaluar la presencia de microorganismos que crecen a temperaturas moderadas (20–45 °C), lo cual puede reflejar condiciones de almacenamiento o contaminación.
- Investigación de *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva: Este análisis identifica cepas patógenas capaces de producir enterotoxinas responsables de intoxicaciones alimentarias.

La aplicación de estos análisis microbiológicos, conforme a las pautas del SENASA, demostró que el quitosano obtenido es inocuo y apto para el consumo humano, cumpliendo con los estándares requeridos para su comercialización en el mercado. Esto confirma que el producto puede ser utilizado de manera segura en aplicaciones alimentarias y otros usos permitidos.

3.4.2 Análisis bromatológicos y físico químicos

Ensayo de humedad

Para la determinación de la humedad del quitosano se empleó un método instrumental de mayor precisión que el método tradicional, con el fin de asegurar la confiabilidad de los resultados. En lugar de aplicar el cálculo por diferencia entre masa húmeda y masa seca, se utilizó una termobalanza, equipo que combina la acción de calor con el registro en tiempo real de la pérdida de peso de la muestra, permitiendo así cuantificar el contenido de humedad de manera directa. La termobalanza opera con masas comprendidas entre 1 g y 5 g; en este caso, se trabajó con una muestra de 1 g de quitosano. El valor obtenido fue de 6,87 % de humedad, el cual resulta consistente con el parámetro de referencia establecido ($<10\%$), confirmando que el producto se encuentra dentro de los rangos aceptables de calidad.



Figura 15: Resultado de determinación de humedad en termobalanza (Fuente: Propia).

Cenizas

La determinación de cenizas consiste en someter la muestra a una incineración controlada a altas temperaturas con el fin de cuantificar el contenido total de minerales presentes en la misma. Sin embargo, en nuestro caso se optó por no realizar este análisis, dado que dentro de la etapa del proceso se incluye la desmineralización, cuyo objetivo principal es justamente la eliminación de minerales. Por este motivo, la determinación de cenizas resultaba redundante y no se consideró necesaria para el desarrollo del trabajo.

Medición de viscosidad

La viscosidad del quitosano obtenido se determinó utilizando un viscosímetro, instrumento cuya función principal es medir la resistencia interna de un fluido al movimiento o deformación. Este parámetro resulta de gran importancia, ya que permite evaluar las propiedades reológicas y la calidad del polímero en solución. El análisis realizado arrojó un valor de 100 cP, indicando que la muestra presenta una viscosidad acorde a lo esperado para este tipo de compuestos.



Figura 16: viscosímetro. (Fuente: KALSTEIN, Página web oficial).

Dentro de los análisis fisicoquímicos y bromatológicos se realizó la determinación de pH, que arrojó un valor de 6. Asimismo, se evaluó la solubilidad en medios ácidos, la cual puede observarse en la Figura 13 descrita anteriormente. Por último, se trabajó sobre el grado de desacetilación, que al igual que la solubilidad en medios ácidos se presenta en este capítulo, aunque se decidió abordarlo con mayor profundidad debido a que constituye un parámetro fundamental para determinar el contenido de fibra, el cual se desarrolla en apartado 3.7 del presente capítulo.

3.4.3 Estabilidad

La determinación de la estabilidad constituye una etapa fundamental en la evaluación de la calidad y vida útil de un producto, dado que permite establecer durante cuánto tiempo conserva sus propiedades fisicoquímicas y funcionales bajo determinadas condiciones de almacenamiento. El quitosano es sensible a factores ambientales como temperatura, humedad y luz, resulta esencial analizar su comportamiento en el tiempo para asegurar su potencial aplicación en diferentes industrias.

Con este propósito, se optó por realizar un estudio de estabilidad acelerada, utilizando una estufa a 37 °C, metodología reconocida por simular en menor tiempo las condiciones de envejecimiento natural del producto. En la bibliografía consultada se indica que:

“Un aumento de la temperatura de 10 °C producirá aproximadamente una duplicación en la velocidad de la reacción química. [...] El factor de envejecimiento acelerado se conoce como Q_{10} . Un Q_{10} de 2 se considera conservador” (Turner, 2002).

Esto justifica la equivalencia adoptada, donde 1 semana de almacenamiento a 37 °C equivale a 2 semanas en condiciones normales de temperatura ambiente. De esta forma, se logra predecir la vida útil del producto sin necesidad de esperar largos períodos de almacenamiento real.

El estudio se desarrolló entre abril y octubre, lo que representa un período de 6 meses (24 semanas) en tiempo real. Al aplicar el factor de equivalencia (1 semana acelerada = 2 semanas reales), el ensayo corresponde a:

$$24 \text{ semanas} \times 2 = 48 \text{ semanas} = 12 \text{ meses}$$

Por lo tanto, el período evaluado permite inferir la estabilidad del quitosano durante aproximadamente un año de almacenamiento a temperatura ambiente. Asimismo, diversos autores señalan que el quitosano, bajo condiciones de almacenamiento adecuadas (ambiente seco, protegido de la luz y la humedad), presenta una vida útil aproximada de un año sin perder sus propiedades funcionales, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio (Ravi Kumar, 2000; Dash et al., 2011).

Durante el estudio se evaluaron dos parámetros principales:

- Cambio de color: se observó visualmente la apariencia del producto para identificar variaciones en el tono o señales de degradación. La estabilidad en el color es un indicador de ausencia de reacciones oxidativas o descomposición.
- Solubilidad en medio ácido: dado que el quitosano es soluble en soluciones ácidas diluidas, se verificó periódicamente su comportamiento en estas condiciones. La pérdida de solubilidad indicaría alteraciones en la estructura química o en el grado de desacetilación.
- Olor: Debido a que el quitosano presenta características inodoras, se evaluó si luego del período establecido se generó un cambio en la percepción olfativa.

Los resultados obtenidos mostraron que, durante el período analizado, el quitosano no presentó cambios significativos ni en el color, solubilidad en medio ácido ni presencia de olor, lo que respalda la hipótesis de que el producto mantiene su estabilidad y funcionalidad a lo largo de un año bajo condiciones de almacenamiento adecuadas.

3.5 Posibles aplicaciones en alimentos

Uno de los objetivos centrales de este trabajo consiste en valorizar el subproducto generado por la industria pesquera para obtener quitosano y emplearlo como materia prima en la elaboración de alimentos funcionales. Este polisacárido puede considerarse una fuente de fibra dietaria, lo que implica que su incorporación en la dieta contribuye a la regulación del tránsito intestinal, la reducción de los niveles plasmáticos de colesterol, el retraso del vaciamiento gástrico y la atenuación de la glucemia posprandial.

Asimismo, al tratarse de una fibra de origen animal, el quitosano presenta ventajas adicionales frente a las fibras vegetales tradicionales. Entre ellas se destacan: la interacción directa con ácidos grasos y colesterol, reduciendo su absorción intestinal y disminuyendo de manera significativa los niveles de colesterol total y LDL (Gallaher et al., 2002); el efecto positivo sobre el control glucémico, al disminuir la glucosa en ayunas y los niveles de insulina, mejorando la sensibilidad a esta hormona (Fatahi et al., 2022); y la regulación de hormonas relacionadas con el apetito, como leptina y adiponectina, que inciden en el metabolismo energético y la saciedad (Fatahi et al., 2022). Todo ello posiciona al quitosano como un ingrediente funcional con beneficios más específicos y diferenciados en comparación con fibras de origen vegetal.

Dado que el producto final se proyecta en forma de polvo fino, se llevó a cabo una investigación orientada a identificar matrices alimenticias potenciales en las cuales podría incorporarse como ingrediente, con el fin de incrementar su contenido de fibra dietaria y responder a las necesidades de aquellas poblaciones que requieren un suplemento adicional de este nutriente.

1. Harina y productos farináceos

La adición de quitosano en harinas constituye una estrategia viable para el desarrollo de alimentos funcionales con un mayor contenido de fibra dietaria. La harina de trigo refinada,

ampliamente utilizada en productos de panificación y pastas, presenta un contenido reducido de fibra debido a la eliminación del salvado durante el proceso de refinación. En este sentido, la incorporación de quitosano permite enriquecer estas matrices con un polisacárido de origen natural que, además de actuar como fibra insoluble, ofrece beneficios fisiológicos adicionales, entre los cuales se destacan la regulación del tránsito intestinal, la disminución en la absorción de grasas y colesterol mediante la unión directa a ácidos grasos, y la atenuación de la glucemia postprandial, lo que lo convierte en un ingrediente de interés para la prevención de enfermedades metabólicas.

Desde el punto de vista tecnológico, el quitosano puede mejorar la retención de agua en las masas, optimizar la textura de la miga en productos horneados y actuar como aglutinante natural, lo que contribuye a la estabilidad y calidad final de los productos (Goshal-Mehta, 2019).

2. Cereales y derivados

La adición de quitosano en cereales y sus derivados constituye una estrategia efectiva para incrementar el aporte de fibra dietaria en alimentos de consumo masivo, tales como copos, granolas, barritas energéticas y mezclas instantáneas para desayuno. Estos productos suelen estar elaborados a partir de cereales refinados, lo que reduce significativamente su contenido natural de fibra. En este contexto, la incorporación de quitosano permite enriquecer nutricionalmente la matriz y ofrecer beneficios adicionales para la salud.

Desde el punto de vista fisiológico, el quitosano contribuye a la regulación del tránsito intestinal, la disminución de la absorción de lípidos y colesterol mediante su interacción directa con ácidos grasos, y la atenuación de los niveles de glucosa en sangre, lo cual resulta de particular interés en poblaciones con riesgo de desarrollar enfermedades metabólicas como obesidad, dislipidemias o diabetes tipo 2.

En términos tecnológicos, el quitosano presenta ventajas relevantes en este tipo de productos, ya que puede mejorar la retención de humedad y aportar una textura más homogénea

en formulaciones como barritas y cereales extruidos. Además, posee propiedades antioxidantes (Subramani-Manian, 2024) y antimicrobianas (Flores Barona, 2025) que pueden favorecer la estabilidad y conservación del producto final, prolongando su vida útil.

3. Productos cárnicos y análogos

Desde el punto de vista funcional, el quitosano contribuye a la reducción de la absorción de grasas y colesterol, uniéndose directamente a los ácidos grasos presentes en el tracto digestivo, disminuyendo los niveles de colesterol total y LDL. Asimismo, posee efectos hipoglucemiantes y la capacidad de modular hormonas relacionadas con el apetito, lo que lo convierte en un ingrediente que aporta beneficios adicionales en comparación con fibras vegetales tradicionales.

Mientras que en el plano tecnológico, el quitosano presenta propiedades de gran valor en matrices cárnicas y análogas, ya que actúa como aglutinante natural, favoreciendo la cohesión de los ingredientes y mejorando la textura del producto final. Su capacidad para retener agua contribuye a reducir las pérdidas durante la cocción, incrementando el rendimiento y mejorando la jugosidad. Además, su actividad antimicrobiana y antioxidante ayuda a retrasar el deterioro oxidativo y microbiológico, prolongando la vida útil y reforzando la seguridad alimentaria de estos productos.

4. Bebidas y alimentos lácteos

La adición de quitosano en bebidas y productos lácteos fermentados representa una estrategia eficaz para el desarrollo de alimentos funcionales con mayor valor nutricional. Estos productos (como jugos, leches fermentadas, yogures y bebidas vegetales) son vehículos de consumo masivo, lo que los convierte en matrices adecuadas para enriquecer con fibra dietaria.

Desde el punto de vista funcional, el quitosano contribuye a la regulación del tránsito intestinal, la reducción de la absorción de grasas y colesterol mediante su capacidad de unirse a ácidos grasos, y al control glucémico, al disminuir la glucosa en ayunas y los niveles de insulina.

Estos efectos lo diferencian de las fibras vegetales convencionales, otorgándole un valor agregado como ingrediente funcional.

En el plano tecnológico, la incorporación de quitosano en bebidas y lácteos puede modificar la viscosidad y estabilidad de las formulaciones, favoreciendo la consistencia en yogures y bebidas fermentadas. Adicionalmente, gracias a sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes, el quitosano ayuda a prolongar la vida útil de los productos lácteos, reduciendo el crecimiento de microorganismos indeseables y retardando procesos de oxidación.

3.6 Rendimiento final del producto

En las pruebas a escala de laboratorio realizadas para el presente proyecto, se utilizó como materia prima el exoesqueleto de langostino. A partir de 15 g de cáscara, se obtuvieron 2 g de quitosano, lo que representa un 13,33% de rendimiento.

Este valor se encuentra dentro del rango reportado en la bibliografía, donde los rendimientos de obtención de quitosano a partir de residuos de crustáceos suelen variar entre el 10% y el 25%, dependiendo de las condiciones de desproteínización, desmineralización y desacetilación empleadas.

El rendimiento experimental obtenido, correspondiente al 13,33 %, puede considerarse adecuado, ya que se encuentra dentro del rango reportado en la bibliografía (10–25 %), lo cual constituye un parámetro de referencia aceptable y un punto de partida para la proyección a escala industrial. Este valor refleja que, a pesar de las limitaciones del trabajo en laboratorio, se logró un desempeño coherente con lo esperado para este tipo de procesos. Entre los factores que podrían haber influido en el resultado se destacan posibles imprecisiones en las preparaciones de reactivos (particularmente en la concentración de HCl y NaOH), así como la limitada precisión en el control de la temperatura debido al uso de equipos antiguos, donde el sistema de agitación con calefacción presentaba dificultades para mantener condiciones estables. Adicionalmente, en una escala reducida pueden producirse pérdidas de material por manipulación y transferencia

(adhesión a recipientes, filtrados incompletos, etc.), lo cual repercute directamente en el rendimiento final.

Cálculo del rendimiento

$$\text{Rendimiento (\%)} = (\text{Masa quitosano} / \text{Masa cáscara}) \times 100 \%$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = (2g / 15g) \times 100\% = 13,33\%$$

3.7 Determinación del contenido de fibra

La determinación del contenido de fibra dietaria en el quitosano constituye un aspecto esencial en el marco de este trabajo, ya que permite verificar de manera objetiva su potencial como ingrediente funcional y justificar su utilización en el desarrollo de alimentos fortificados. Dado que la fibra dietaria es un componente de relevancia nutricional reconocido por organismos internacionales como el Codex Alimentarius, su cuantificación resulta necesaria para respaldar la propuesta de valor del producto obtenido a partir de la cáscara de langostino.

No obstante, la realización de este análisis mediante los métodos oficiales estandarizados, tales como los protocolos enzimático-gravimétricos de la AOAC, presenta una limitación significativa en este contexto: el costo elevado y la necesidad de infraestructura analítica especializada, lo cual imposibilita llevar adelante la determinación experimental en laboratorio.

Frente a esta dificultad, se evaluó la posibilidad de estimar el contenido de fibra a partir de métodos alternativos, particularmente vinculados a la caracterización del grado de desacetilación (GD) del quitosano, parámetro directamente asociado a su pureza, estructura y funcionalidad y determinar también el grado de polimerización (DP) que ayudará en la determinación de las propiedades y comportamiento de la materia prima. Estas aproximaciones metodológicas, si bien no reemplazan al análisis oficial, constituyen una herramienta válida para sustentar, desde un punto de vista técnico, la inclusión del quitosano dentro de la definición de fibra dietaria y su aplicación en alimentos funcionales.

Grado de desacetilación (GD)

El grado de desacetilación (GD) es un parámetro fundamental en la caracterización del quitosano, ya que expresa el porcentaje de unidades de D-glucosamina (desacetiladas) en relación con las unidades de N-acetil-D-glucosamina presentes en la cadena polimérica (Younes & Rinaudo, 2015). A partir de un GD superior al 70 %, el material se denomina quitosano, lo que le confiere mayor solubilidad en medios ácidos, disponibilidad de grupos amino y, en consecuencia, una mayor funcionalidad biológica y tecnológica (Mourya et al., 2019).

De acuerdo con el Codex Alimentarius (2009), para que un polisacárido pueda ser considerado fibra dietaria debe ser no digerible por las enzimas del tracto gastrointestinal humano y demostrar un efecto fisiológico benéfico en la salud. En este sentido, el quitosano con GD elevado cumple con ambos criterios:

- Estructuralmente, se trata de un polisacárido no digerible, con un contenido de fibra total cercano al 98 % según el método AOAC 991.43 (Rodríguez et al., 2011).
- Funcionalmente, su capacidad para unirse a lípidos y colesterol, reducir la glucosa en sangre y regular hormonas del apetito ha sido demostrada en diversos estudios clínicos (Fatahi et al., 2022; Gallaher et al., 2002).

De esta manera, puede sostenerse que el quitosano con $GD > 70 \%$ se enmarca dentro de la definición de fibra dietaria del Codex, al tratarse de un polisacárido no digerible con evidencia científica de beneficios fisiológicos comprobados.

En el presente proyecto, el grado de desacetilación del quitosano se determinó mediante una titulación ácido-base, técnica ampliamente utilizada por su precisión y confiabilidad en la caracterización de este biopolímero. Para ello, se preparó una solución de HCl 0,1 N (100 ml) en la que se incorporó 1 g de quitosano seco, manteniéndose en agitación durante 2 horas para asegurar su completa homogeneización. Posteriormente, se tomó una alícuota de 30 ml, a la cual

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

se añadieron 2–3 gotas de naranja de metilo como indicador, y se procedió a titular con NaOH 0,1 N hasta observar el viraje de color de rosado a naranja amarillento, correspondiente al punto final.

El grado de desacetilación se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$\%DD = \frac{(V1 - V2) * 16}{V1 * 9,94 * x} * 100$$

Donde:

- x = peso del quitosano seco.
- V1 = volumen de solución de quitosano empleado.
- V2 = volumen de NaOH 0.1 N gastado 9,94 es el valor teórico del % de contenido de NH₂ del quitosano (el peso molecular de la unidad de glucosamina es 161 y el peso molecular del grupo amino es 16, por lo tanto, el contenido del grupo amino en porcentaje es 9,94).
- 16 es el peso equivalente en gramos del grupo amino, es decir, –NH₂.

Siguiendo este procedimiento, se obtuvieron los siguientes valores experimentales:

- x = 1 g de quitosano
- V1 = 25 ml
- V2 = 13 ml

A partir de estos datos, se realizaron los cálculos correspondientes, obteniéndose los siguientes resultados:

$$\%DD = \frac{(25 - 13)ml * 16}{25 ml * 9,94 * 1 g} * 100 = 77,3 \%$$

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

Se puede evidenciar, a partir de los datos obtenidos, que el grado de desacetilación supera el 70%. Este valor confirma la transformación de la quitina en quitosano y asegura que el material resultante cumple con la definición estructural y funcional de este biopolímero.

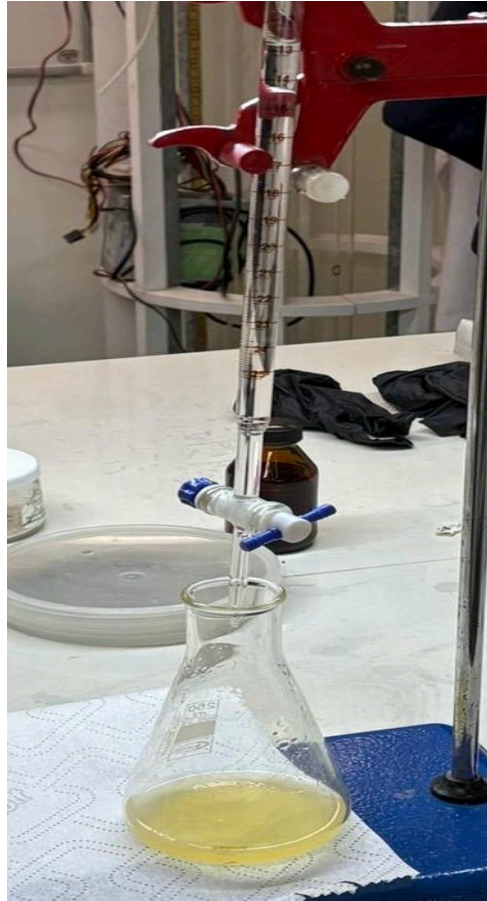


Figura 17: Mililitros gastados en la titulación y viraje de color. (Fuente: Propia).

Grado de polimerización (DP)

El grado de polimerización (DP) es un parámetro fundamental en la caracterización de polímeros, que indica el número promedio de unidades monoméricas presentes en una cadena

polimérica. En el caso del quitosano, el DP es crucial para determinar sus propiedades físico-químicas y su comportamiento en diversas aplicaciones industriales.

"El grado de polimerización se puede calcular dividiendo el peso molecular del polímero por el peso molecular de la unidad repetitiva (monómero)" (Library Chemistry, 2023).

En el presente trabajo, se considera un peso molecular del quitosano de aproximadamente 1526,464 g/mol (Fisher Scientific, 2009). Respecto a la unidad repetitiva, la misma está conformada por dos tipos de monómeros: la glucosamina (desacetilada), con un peso molecular de 161 g/mol, y la N-acetilglucosamina (acetilada), cuyo peso molecular es de 203 g/mol.

Dado que la estructura del quitosano incluye ambas unidades, se estima un peso molecular promedio del monómero como:

$$\text{Promedio de los monómeros: } ((161 \text{ g/mol} + 203 \text{ g/mol}) / 2) = 182 \text{ g/mol}$$

Con este valor, el grado de polimerización puede calcularse como:

$$DP = 1526,462 \text{ g} / 182 \text{ g/mol} = 8,387$$

El resultado obtenido indica que el quitosano analizado presenta un DP superior a 3, cumpliendo de este modo con los criterios establecidos por el Codex Alimentarius para ser considerado fibra dietética. Dicho organismo define:

“La Fibra Dietética consta de:

- *Materias comestibles no digeribles que se encuentran naturalmente en los alimentos listos para el consumo y se componen de polímeros de carbohidratos con un grado de polimerización (DP) no inferior a 3, o de*

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

- *polímeros de carbohidratos con un grado de polimerización (DP) ≥ 3 , obtenidos de materia prima alimentaria por medios físicos, enzimáticos o químicos) o de*
- *polímeros de carbohidratos sintéticos (DP ≥ 3).*”

Estos parámetros permitieron establecer con fundamento que el material obtenido corresponde efectivamente a quitosano. Dado que este biopolímero presenta un grado de desacetilación superior al 70 % y cumple con las características estructurales de un polisacárido no digerible, puede considerarse, en concordancia con los criterios establecidos por el Codex Alimentarius, como una fuente de fibra dietética con potenciales beneficios fisiológicos para la salud.

3.8 Tabla de resultados concluidos

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Peso inicial del exoesqueleto	110	g	Muestra de cáscara de langostinos previo al molido
Peso después del molido	15	g	Fracción de polvo utilizada para el proceso de obtención de quitosano
Peso final del quitosano	2	g	Producto final seco
Rendimiento	13,33	%	(Peso quitosano/peso de muestra movilidad) x 100
Humedad	6,87	%	Contenido de agua del quitosano seco
Grado de desacetilación (GD)	77,3	%	Dentro del rango aceptado para aplicaciones alimentarias
Viscosidad	100	cP	Medida en solución ácida
pH	6	-	Ph de la solución de quitosano
Solubilidad en medio ácido	-	-	El quitosano se disolvió en medio ácido

Tabla III: Tabla con resultados finales obtenidos. Fuente: Propia.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE MERCADO

En este capítulo, el objetivo principal es brindar una visión general del entorno competitivo en el que se insertaría el quitosano obtenido a partir del exoesqueleto del langostino. Dado que el producto está destinado a su comercialización como materia prima para uso industrial, y no al consumo directo por parte de los consumidores, no se llevará a cabo una encuesta de aceptación al público general.

En su lugar, se desarrollará un análisis de la competencia, evaluando a las principales empresas proveedoras de quitosano. Este enfoque permitirá identificar oportunidades en el mercado, posibles ventajas competitivas y desafíos relevantes para la inserción del producto.

4. Competidores

A nivel global, el mercado del quitosano ha crecido considerablemente en los últimos años debido a su versatilidad y aplicaciones en distintas industrias: alimentaria, farmacéutica, cosmética, agricultura y tratamiento de aguas, entre otras. Los principales productores de quitosano se encuentran en Asia, especialmente China, India, Vietnam y Tailandia, ya que cuentan con una fuerte industria pesquera y acceso a grandes volúmenes de residuos de crustáceos. Estos países dominan el mercado en cuanto a cantidad producida y precios competitivos (IMARC Group, 2024; Future Market Insights, 2024).

En cuanto a Argentina, la producción de quitosano no está desarrollada a gran escala. Existen algunos estudios académicos y desarrollos a nivel laboratorio o piloto, principalmente en universidades o institutos de investigación, pero no hay una industria establecida que lo produzca de forma sostenida. Esto representa una gran oportunidad para proyectos que busquen valorizar residuos pesqueros, como es el caso del presente proyecto.

Sin embargo, algunas empresas pueden importar quitosano desde el exterior para su uso en formulaciones específicas. Esto implica que, por ahora, la principal competencia local es indirecta: empresas que utilizan quitosano importado. Es probable que estas empresas valoren

una opción nacional que reduzca costos de importación y tiempos de entrega, además de promover una economía más sustentable.

4.1 Competidores directos

Los competidores directos son aquellas empresas, emprendimientos o proyectos que ofrezcan un producto similar al del presente trabajo y que apunten al mismo público objetivo o mercado. Este análisis es clave para poder posicionar nuestro proyecto frente a los demás, qué ventajas o desventajas tenemos y qué oportunidades podríamos aprovechar.

Primex Iceland

La empresa Primex, de Islandia, produce un quitosano llamado ChitoClear®, utilizado como ingrediente funcional en la industria alimentaria. Este producto se destaca por su capacidad para unirse a las grasas, ayudando a reducir el contenido calórico de los alimentos y favoreciendo el control del peso. Además, contribuye a bajar el colesterol, tiene efecto antimicrobiano, ayuda a regular la presión arterial y actúa como fibra natural, mejorando la digestión y previniendo el estreñimiento.



Figura 18: ChitoClear (Fuente: Primex, página web oficial).

KitoZyme

KitoZyme S.A. es una empresa belga que se destaca por ser una de las pocas en el mundo que produce quitosano de origen no animal, específicamente a partir de hongos. Esto le permite ofrecer un producto apto para veganos, libre de alérgenos marinos y con gran aceptación en los mercados alimenticio, cosmético y médico. Además, su enfoque innovador y sustentable la posiciona como una competidora directa relevante en el mercado del quitosano.



Figura 19: Quitosano de KitoZyme (Fuente: KitoZyme, página web oficial).

Realfine Chemicals (Wuxi) Co

Es una de las empresas pioneras en la producción de productos químicos para el tratamiento de aguas en China. Desde 2010, ha expandido su presencia internacional, exportando a mercados como Sudamérica, el Sudeste Asiático y Europa.

Entre sus productos elaborados, se encuentra el quitosano. El cual lo emplean para el campo medicinal en forma de comprimidos, para el uso alimenticio, cosméticos, producción de

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

fertilizantes y productos de origen biológico como geles y en el ambiente de la agricultura para fertilizantes.



Figura 20: Quitosano de Realfine Chemicals (Wuxi) Co (Fuente: Realfine Chemicals (Wuxi) Co, página web oficial).

Q-Pampa (MDQ)

Q-Pampa es una empresa de base biotecnológica ubicada en Mar del Plata, Argentina. Nació con el objetivo de revalorizar los residuos pesqueros mediante un modelo de biorrefinería, buscando aprovechar al máximo los subproductos generados en la industria. Produce quitosano a partir de cáscaras de crustáceos descartadas por la pesca, lo que le otorga una fuerte impronta ambiental y sustentable. Además, trabaja en el desarrollo de productos derivados y en diversificar su oferta, lo que incluye la valorización de otras fracciones obtenidas durante el proceso de extracción del quitosano. Su enfoque regional, innovador y ecológico la convierte en un actor importante en el mercado latinoamericano.

4. 2 Competidores indirectos

Además de las empresas que producen quitosano directamente, también existen competidores indirectos, que ofrecen otras materias primas o ingredientes con funciones similares, como espesantes, conservantes o fibras dietarias (de origen animal o vegetal). Aunque

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

no trabajan específicamente con quitosano, compiten en un mercado similar, el cual ofrece soluciones alternativas para la industria alimentaria.

Granotec

Es una empresa Argentina, que se dedica a la producción de fibras de origen vegetal, tanto solubles como insolubles a partir de fuentes como almidón de trigo resistente, manzana, inulina, etc.



Figura 21: Diferentes fibras de origen vegetal. (Fuente: Granotec, página web oficial).

Beneo

Es una empresa Alemana, la cual produce ingredientes funcionales de origen vegetal para la industria alimentaria, farmacéutica y de nutrición animal. La compañía se especializa en la producción de fibras funcionales, como la inulina y la oligofructosa, derivadas de la raíz de achicoria. Estos ingredientes prebióticos son reconocidos por su capacidad para mejorar la salud digestiva y el bienestar general.



Figura 22: Empresa Beneo. (Fuente: Beneo, página web oficial).

Huvepharma

Huvepharma es una compañía de Bulgaria, el cual se centra en la producción de fibras de origen animal que van destinadas para aplicaciones en salud humana y animal



Figura 23: Huvepharma. (Fuente: Huvepharma, página web oficial).

4.3 Tabla comparativa

Empresa	País	Fibra (tipo)	Mercado objetivo	Observaciones
Primex	Islandia	Marino	Funcional y dietético	Marca ChitoClear®, reconocido globalmente
KitoZyme	Bélgica	No animal (hongos)	Vegano, salud humana y animal	Quitosano libre de alérgenos, de origen fúngico
Realfine Chemicals	China	Marino	Multirrubro global	Amplia exportación a varios continentes
Q-Pampa	Argentina	Marino	Sustentable y regional	Modelo de biorrefinería, reutiliza residuos pesqueros
Huvepharma	Bulgaria	Animal	Multirrubro global	Amplia exportación en varios continentes
Granotec	Argentina	Vegetal	Panaderías, bebidas y lácteos	Innovación y la calidad
Beneo	Alemania	Vegetal	Medicamentos, bebidas, lácteos y panadería	La empresa ha sido reconocida por la FDA por sus fibras de raíz de achicoria, lo que respalda la seguridad y eficacia de sus ingredientes.

Tabla IV – Comparativa entre competidores directos e indirectos. Fuente: propia.

4.4 Análisis FODA

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es una herramienta fundamental para evaluar de forma estratégica un proyecto, ya que permite tener una visión clara de su situación actual y su proyección futura. En este caso, se aplica al desarrollo del quitosano a partir de la cáscara del langostino descartada por la industria pesquera, un subproducto que actualmente genera un problema ambiental pero que tiene un gran potencial de valorización.

Realizar este análisis permite identificar los aspectos positivos del proyecto, tanto internos como externos, y también los desafíos que podrían surgir en el camino. De esta manera, se puede planificar mejor cómo aprovechar las ventajas competitivas, cómo enfrentar las posibles debilidades, y cómo responder a las amenazas del entorno. El objetivo es fortalecer la propuesta de valor del quitosano como materia prima para la industria alimentaria, generando a la vez una solución sustentable y con valor agregado a un residuo industrial.

Fortalezas

- Enfoque innovador a nivel local: El proyecto impulsa la innovación desde el ámbito nacional, promoviendo la economía circular y el uso inteligente de recursos regionales que actualmente no se aprovechan.
- Capacidad para agregar valor a un residuo: Se dispone del conocimiento técnico y del enfoque necesario para transformar un desecho de bajo valor en un producto funcional de alto valor agregado, como el quitosano.
- Conocimiento técnico: El desarrollo incluye estudios microbiológicos, fisicoquímicos y bromatológicos, lo que fortalece la calidad y confiabilidad del producto final.

Oportunidades

- Demanda creciente en el mercado alimenticio por ingredientes funcionales: El quitosano puede insertarse como alternativa a otros ingredientes con funciones similares (espesantes, conservantes, fibras).
- Potencial apoyo institucional y políticas de sostenibilidad: Existen programas y líneas de financiamiento para proyectos de economía circular y aprovechamiento de residuos.
- Falta de competidores directos en el país: Hay pocas empresas argentinas que produzcan quitosano, lo que representa una oportunidad para posicionarse.
- Diversificación de aplicaciones: Si bien el enfoque es alimenticio, el quitosano tiene usos en otras industrias como cosmética, farmacéutica, agricultura, lo que amplía las posibilidades comerciales a futuro.
- Acceso directo a materia prima: El proyecto cuenta con una fuente abundante y estable de exoesqueletos de langostino, proveniente de las industrias pesqueras locales, lo que garantiza disponibilidad continua y a bajo costo.

Debilidades

- Proceso de obtención delicado y con variables críticas: El tratamiento químico (desacetilación, purificación) requiere control de condiciones específicas que pueden afectar la calidad del producto.
- Infraestructura limitada para la producción a gran escala: En esta etapa inicial, los recursos pueden no ser suficientes para escalar el proceso industrialmente.

Amenazas

- Competencia internacional consolidada: Empresas de Europa y Asia ya producen y comercializan quitosano con estándares de alta calidad.

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

- Cambios en regulaciones o políticas ambientales: Pueden surgir trabas legales que compliquen la manipulación de residuos de origen animal o los procesos químicos implicados.
- Alternativas tecnológicas o sustitutos: El desarrollo de otros ingredientes con funciones similares puede disminuir la demanda de quitosano en ciertos nichos.
- Dificultades para cumplir normativas alimentarias internacionales: Para exportar o competir en mercados exigentes, es necesario validar el producto con normas estrictas.

Matriz FODA

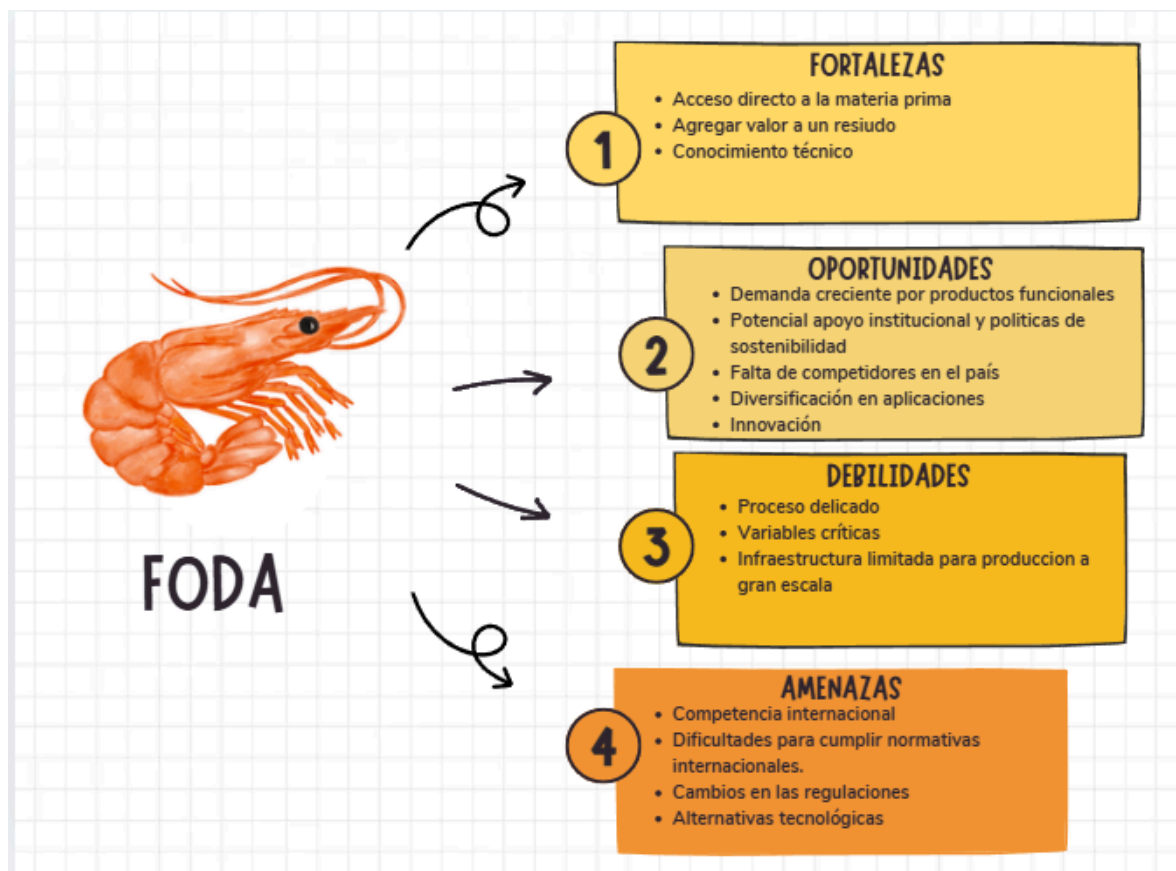


Figura 24: Matriz FODA. (Fuente: Propia).

4.5 Estrategias de mitigación de amenazas y debilidades

Debilidades

- Para abordar la falta de conocimiento técnico específico en la producción de quitosano, se promoverá la capacitación del equipo mediante cursos, manuales técnicos y colaboración con instituciones académicas o científicas especializadas.
- Dado que el quitosano no es ampliamente conocido por el consumidor final, se desarrollarán estrategias de comunicación y divulgación que resalten sus beneficios funcionales y sostenibles, orientados a empresas del sector alimenticio interesadas en ingredientes innovadores.
- Con el fin de reducir los costos de producción iniciales, se realizará una evaluación técnica para identificar puntos de mejora en el proceso de extracción y se considerará la tercerización de etapas específicas en laboratorios o plantas con tecnología disponible.

Amenazas

- Para hacer frente a la competencia de productos sintéticos o alternativas más económicas, se destacó el valor agregado de nuestro quitosano como materia prima natural y derivada del aprovechamiento de residuos industriales.
- Ante posibles dificultades para acceder de forma constante a la materia prima (exoesqueletos de langostino), se establecerán convenios con pesqueras locales y se diseñará un sistema de acopio que permita mantener stock suficiente durante todo el año.
- Frente a posibles trabas regulatorias, se avanzará en la recopilación de evidencia científica y técnica que respalde la seguridad del producto, siguiendo normativas nacionales e internacionales para facilitar su aprobación en el sector alimenticio.

4.6 Análisis PESTEL

El análisis PESTEL es una herramienta estratégica que permite identificar y evaluar los factores del entorno macroeconómico que pueden influir positiva o negativamente en el desarrollo de un producto o emprendimiento. El término PESTEL es un acrónimo que refiere a seis dimensiones clave del entorno: Política, Economía, Sociedad, Tecnología, Ecología y Legislación. A través de este enfoque, se busca comprender cómo las decisiones gubernamentales, las condiciones del mercado, las tendencias sociales, los avances tecnológicos, las preocupaciones medioambientales y el marco normativo impactan sobre el proyecto en estudio.

Este análisis complementa al FODA, ya que ofrece una visión más amplia y contextual, ayudando a anticipar oportunidades o amenazas externas que podrían no ser evidentes a simple vista. En el caso del presente proyecto, el análisis PESTEL permitirá determinar las condiciones que podrían facilitar o dificultar la producción y comercialización del quitosano como materia prima de origen natural en el sector alimentario.

Factores Políticos

- Políticas de sostenibilidad y economía circular: En Argentina, existen incentivos y programas públicos que promueven el uso de residuos como insumos para nuevos procesos industriales, lo que podría favorecer este tipo de emprendimientos.
- Estabilidad política regional: La actividad pesquera en Chubut depende, en parte, de la gobernabilidad provincial. Cambios en políticas locales como las licencias de pesca podrían afectar el abastecimiento de materia prima.
- Relaciones comerciales internacionales: Las políticas arancelarias y acuerdos de exportación pueden favorecer o dificultar la venta de quitosano a mercados externos como Europa o Asia, donde la demanda es alta.

Factores Económicos

- Tipo de cambio y competitividad: La devaluación del peso argentino frente a otras monedas puede convertir al quitosano nacional en un producto competitivo para la exportación, aunque también encarece los insumos importados requeridos.
- Costo de producción inicial: La inversión en tecnología, control de calidad y cumplimiento normativo puede ser elevada en etapas iniciales, afectando la rentabilidad.
- Acceso a financiamiento: La disponibilidad de créditos o subsidios para proyectos sustentables será clave para escalar la producción a nivel industrial.

Factores Sociales

- Conciencia ambiental en aumento: La sociedad está cada vez más sensibilizada respecto del impacto ambiental de los residuos industriales. Un producto que se derive de subproductos pesqueros y tenga uso alimentario sustentable puede tener buena recepción entre consumidores y empresas B2B (Business to business).
- Tendencias alimentarias saludables y funcionales: El quitosano responde a una demanda creciente de ingredientes con beneficios para la salud, como fibras dietarias, conservantes naturales y alternativas a aditivos sintéticos.
- Rechazo potencial por parte de veganos o alérgicos a mariscos: Aunque no es para consumo directo, algunos nichos de mercado podrían evitar el uso de ingredientes derivados de crustáceos por razones éticas o médicas.

Factores Tecnológicos

- Avances en técnicas de extracción y purificación: El desarrollo de tecnologías más eficientes puede mejorar el rendimiento del proceso de obtención del quitosano, reduciendo costos y aumentando la calidad.
- Transferencia tecnológica: La escasa infraestructura y experiencia en Argentina podrían compensarse mediante convenios con universidades, centros de investigación o empresas biotecnológicas.

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

- Procesos alternativos: El surgimiento de métodos que producen quitosano a partir de hongos puede representar una competencia en mercados sensibles a alérgenos.

Factores Ecológicos

- Impacto positivo en la reducción de residuos: El proyecto contribuye a disminuir la acumulación de cáscaras de langostino en basurales o rellenos sanitarios, transformándolos en productos de valor agregado.
- Alineación con la economía: La valorización de subproductos pesqueros se enmarca dentro de una lógica de desarrollo sustentable que promueve el uso eficiente de los recursos naturales.
- Riesgos ecológicos del proceso químico: El uso de químicos para la desacetilación y purificación debe gestionarse adecuadamente para no generar impactos negativos durante la producción.

Factores Legales

- Normativas sobre residuos de origen animal: Es necesario cumplir con requisitos legales para el uso de subproductos de crustáceos en productos destinados a la industria alimentaria, tanto en Argentina como en mercados externos.
- Legislación alimentaria internacional: La inserción del quitosano en productos comestibles requiere certificaciones específicas, que pueden implicar inversiones adicionales en validación, ensayos y trazabilidad.
- Rotulado y etiquetado de alérgenos: Aunque el quitosano no se consume directamente, su uso como ingrediente puede requerir advertencias sobre alérgenos marinos en productos finales.

Gráfico PESTEL



Figura 25: PESTEL (Fuente: Propia).

CAPÍTULO V: ENCUADRE LEGAL DEL PRODUCTO

En esta sección se abordan los aspectos normativos vinculados a la obtención y venta del quitosano producido a partir de la cáscara del langostino, enfocados en su uso como materia prima para diversas industrias. Dado que el producto no se destina al consumo directo, sino que será utilizado por terceros en procesos propios, el cumplimiento regulatorio se centra en garantizar la calidad, inocuidad y trazabilidad del insumo.

Uno de los puntos clave es asegurar que el proceso de extracción y purificación del quitosano se lleve a cabo bajo condiciones controladas y en instalaciones habilitadas, siguiendo lineamientos como las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Esto no solo es fundamental para cumplir con las exigencias nacionales, como las definidas por el Código Alimentario Argentino (C.A.A.) cuando se aplique al sector alimentario, sino también para generar confianza en los clientes industriales que requieren insumos seguros y consistentes.

Si bien el quitosano no se comercializa como alimento envasado para consumo directo, se garantiza la trazabilidad del producto mediante el uso de documentación técnica obligatoria, como ficha técnica, hoja de seguridad y certificado de análisis. Esta información es esencial para asegurar su uso seguro y conforme a los estándares de calidad e inocuidad requeridos por la industria.

5. Análisis del marco regulatorio

Como ya fue establecido previamente el quitosano se comercializa como materia prima destinada a diversas industrias. Al tratarse de un insumo de origen natural, no de un alimento para consumo directo, su producción y venta deben alinearse con las normativas nacionales vigentes que regulan los ingredientes y aditivos utilizados en la industria alimentaria.

El Código Alimentario Argentino (C.A.A.) establece los lineamientos generales sobre calidad, inocuidad y composición para las sustancias utilizadas en la elaboración de alimentos,

así como los requisitos que deben cumplir los establecimientos que intervienen en su producción, almacenamiento y comercialización.

En este marco, el Capítulo I, Artículo 3 del C.A.A. permite justificar el uso de sustancias no contempladas explícitamente en el código, siempre que cumplan con ciertos requisitos. El artículo indica que:

"Podrán utilizarse en la elaboración de alimentos y bebidas aquellos productos, sustancias o ingredientes que no estén expresamente autorizados por este Código, siempre que: 1) estén reconocidos por organismos nacionales o internacionales de reconocida solvencia científica; 2) no sean nocivos para la salud; y 3) cumplan con las exigencias establecidas por la Autoridad Sanitaria competente."

Esto habilita la incorporación del quitosano como ingrediente funcional o aditivo, si se cuenta con el respaldo técnico y científico correspondiente, como su reconocimiento en el Codex Alimentarius o su clasificación como GRAS (Generally Recognized as Safe) por la FDA en Estados Unidos.

Por otro lado, el Capítulo XVII del C.A.A., que regula los aditivos alimentarios, define estos como:

"toda sustancia que, sin constituir por sí misma un alimento ni poseer valor nutritivo, se agrega intencionalmente a los alimentos y bebidas en mínimas cantidades con el objeto de modificar sus caracteres organolépticos o facilitar o mejorar su proceso de elaboración, fraccionamiento, conservación o almacenamiento."

Dado que el quitosano puede ser utilizado como agente estabilizante, espesante, conservante natural o recubrimiento comestible, su uso puede interpretarse dentro de esta categoría, aunque no figure aún como aditivo específico en los listados oficiales del capítulo. En

este sentido, el uso del quitosano deberá ser evaluado caso por caso según su aplicación y respetando los requisitos de inocuidad y documentación técnica correspondiente.

Asimismo, como el quitosano no está destinado a consumidores finales, sino a empresas que lo utilizarán en sus propios procesos productivos, no se encuentra alcanzado por las exigencias vinculadas a rotulado nutricional, sellos de advertencia o declaración de alérgenos. No obstante, su comercialización debe estar respaldada por documentación técnica específica (ficha técnica, hoja de seguridad y certificado de análisis), y la planta elaboradora debe cumplir con estándares de higiene, Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y habilitaciones según corresponda al uso proyectado del insumo.

5.1 Normas de calidad e inocuidad

En el desarrollo y comercialización del quitosano como materia prima, resulta indispensable garantizar no sólo su funcionalidad y estabilidad, sino también el cumplimiento de altos estándares de calidad e inocuidad. Aunque el quitosano no se comercializa como producto final destinado al consumidor, sino como insumo para la industria alimentaria, debe cumplir con requisitos normativos que aseguren su aptitud para su uso posterior.

La calidad de una materia prima como el quitosano se evalúa en función de su pureza, composición química, estabilidad, y ausencia de contaminantes. Estas características deben ser controladas a lo largo de todo el proceso, desde la selección y acondicionamiento de la materia prima (la cáscara de langostino) hasta su procesamiento, envasado y almacenamiento.

En términos de inocuidad, el producto debe estar libre de agentes microbiológicos, químicos o físicos que representen un riesgo para la salud en caso de ser incorporado en alimentos, medicamentos o productos de contacto con el cuerpo humano. Por tal motivo, la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) es fundamental. Estas prácticas están contempladas en el Capítulo II del Código Alimentario Argentino (C.A.A.), el cual

establece las condiciones generales que deben cumplir las fábricas y comercios para garantizar la seguridad de los productos que elaboran.

El C.A.A. señala que todos los establecimientos deben contar con programas de prerequisites, incluyendo:

- Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), para asegurar condiciones sanitarias adecuadas en el proceso.
- Buenas Prácticas de Higiene (BPH), aplicables tanto al entorno como al personal involucrado.
- POES (Procedimientos Operativos Estandarizados de Limpieza y Desinfección), para garantizar condiciones sanitarias óptimas en cada etapa del procesamiento.
- Implementación, cuando corresponda, del sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) para prevenir, eliminar o reducir peligros relevantes.

Además, las empresas pueden optar por certificaciones de normas voluntarias, reconocidas a nivel internacional, como:

- ISO 9001: gestión de calidad.
- ISO 22000 / FSSC 22000: gestión de inocuidad alimentaria.
- BRCGS (Global Standard for Food Safety): cumplimiento riguroso de estándares en la cadena de suministro.
- ISO 14001: gestión ambiental (relevante si se busca reforzar la sustentabilidad del proceso de obtención del quitosano).

Estas certificaciones no solo refuerzan el cumplimiento regulatorio, sino que también aumentan la competitividad del producto en mercados locales e internacionales.

Asegurar la calidad e inocuidad del quitosano como insumo industrial requiere el cumplimiento estricto de normativas nacionales como las del C.A.A., y la posible

implementación de estándares internacionales que respalden su aceptación técnica y comercial en distintas industrias.

5.2 Alérgenos

Durante el desarrollo y evaluación del quitosano como producto, resulta esencial contemplar su origen biológico y el posible riesgo de alergenicidad, especialmente cuando se destina a industrias vinculadas a alimentos, suplementos dietarios o aplicaciones farmacéuticas. Aunque el quitosano no se comercializa directamente para consumo humano, su uso como ingrediente o aditivo en diversos productos implica la necesidad de atender ciertos aspectos regulatorios relacionados con la seguridad del consumidor.

El Código Alimentario Argentino (C.A.A.), al igual que otras normativas internacionales como las emitidas por la FDA o la Unión Europea, exige que los productos derivados de crustáceos (como es el caso del quitosano extraído de cáscaras de langostino) sean identificados claramente como potenciales alérgenos. Esta obligación aplica tanto al etiquetado de productos de consumo como a la documentación técnica y fichas de seguridad de insumos industriales.

En función de ello, se analizó la procedencia del quitosano obtenido en este proyecto, confirmando que su fuente primaria (exoesqueleto de langostino) debe ser considerada como un factor de riesgo para personas alérgicas a los mariscos. Aunque el proceso de extracción involucra etapas que reducen significativamente la presencia de proteínas alérgicas, no garantiza su eliminación completa, por lo que es pertinente incluir una advertencia de posible contenido de alérgenos en toda documentación asociada al producto.

Además, se revisaron las materias primas y condiciones del proceso para detectar posibles puntos de contaminación cruzada, lo que refuerza la necesidad de que los fabricantes indiquen de forma explícita el posible riesgo. Esta medida no solo permite cumplir con las buenas prácticas de manufactura (BPM), sino que también respalda la transparencia hacia los clientes industriales, quienes deberán valorar el uso del quitosano según su destino final.

De este modo, al tratarse de una sustancia que puede generar reacciones adversas en personas sensibles, resulta fundamental que tanto la ficha técnica como la hoja de seguridad incluya la siguiente leyenda:

“Este producto se obtiene a partir de crustáceos (langostino) y puede contener trazas de proteínas alergénicas”

5.3 Diseño

El quitosano obtenido a partir del exoesqueleto del langostino será destinado a su comercialización como materia prima para uso industrial, por lo que su identificación debe responder a criterios técnicos y normativos que aseguren su correcta utilización y trazabilidad. En este sentido, se desarrollará un diseño de identificación basado en una ficha técnica del producto, que incluirá datos esenciales como la denominación del producto, características físico-químicas, condiciones de almacenamiento, datos del elaborador y demás información relevante para las industrias usuarias. Este documento cumple un rol fundamental en el cumplimiento de normativas vigentes y garantiza que el producto pueda ser utilizado de forma segura, eficiente y conforme a estándares de calidad exigidos por los diferentes sectores productivos.

Diseño de comercialización del quitosano en polvo

Para la comercialización del quitosano en polvo como materia prima para uso industrial, el diseño del envase y su respectiva etiqueta debe cumplir con los requisitos establecidos por la normativa vigente y adaptarse al perfil técnico del producto. El etiquetado busca garantizar la trazabilidad, seguridad del producto y claridad informativa hacia las industrias compradoras.

A continuación, se detalla el contenido mínimo que debe incluir el diseño de la etiqueta:

- Nombre del producto: “Quitosano en polvo”.

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

- Descripción del uso previsto: Indicando que se trata de una materia prima de uso industrial, especificando el grado (en nuestro caso alimenticio).
- Contenido neto: Declarado en unidades de masa
- Datos del lote y fecha:
 - Número de lote.
 - Fecha de elaboración.
 - Fecha de vencimiento.
- Origen: País de origen del producto.
- Información legal obligatoria:
 - Número de RNE (Registro Nacional de Establecimientos).
 - Número de RNPA (Registro Nacional de Producto Alimenticio), en caso de comercializarlo como ingrediente alimentario.
- Datos del fabricante o fraccionador: Razón social y domicilio del establecimiento elaborador o fraccionador.
- Condiciones de conservación: Indicaciones para mantener la calidad del producto, como “conservar en lugar fresco y seco, alejado de la luz”.
- Información sobre alérgenos: Advertencia sobre la presencia de derivados de crustáceos, si corresponde.

Este diseño busca no solo cumplir con los aspectos legales y regulatorios, sino también transmitir profesionalismo y confiabilidad a las industrias potencialmente compradoras. Es por esto que se optó por un envase de 5 kg elaborado con PEBD (polietileno de baja densidad) que permite mantener al producto seco y la visualización del mismo para transmitir transparencia y calidad de la materia prima.

Propuesta de diseño gráfico de envase y etiquetado



Figura 26: Etiqueta de comercialización (Fuente: Propia).

5.4 Ficha técnica

En esta sección se presenta la ficha técnica correspondiente al quitosano obtenido a partir de exoesqueletos de langostino. Este documento técnico acompaña al producto y permite informar a los potenciales compradores industriales sobre sus características principales, condiciones de uso, almacenamiento y trazabilidad. Su elaboración responde a los requisitos de transparencia, calidad y seguridad exigidos por el mercado.

Presentación de la ficha técnica

Quitosano

Origen: Exoesqueleto de langostino (*Pleoticus muelleri*)

FORMA FÍSICA: POLVO FINO

COLOR: BLANCO A BLANQUECINO

OLOR: CARACTERISTICO SUAVE

Presentación:

Condiciones de almacenamiento:

Vida útil:

País de origen:

Uso previsto:

Datos del elaborador:

EMPRESA ELABORADORA:	
DIRECCIÓN	
CONTACTO	
RNE N°	

Datos de lote

FECHA DE ELABORACIÓN	
LOTE N°	
FECHA DE VENCIMIENTO	

Parámetros físico químicos

HUMEDAD	
CENIZAS	
VISCOSIDAD	
APARIENCIA	
PH	
SOLUBILIDAD	
GRADO DE DESACETILACIÓN	

“ESTE PRODUCTO SE OBTIENE A PARTIR DE CRUSTÁCEOS (LANGOSTINO) Y PUEDE CONTENER TRAZAS DE PROTEÍNAS ALERGÉNICAS”

Figura 27: Ficha técnica del quitosano (Fuente: Propia).

CAPÍTULO VI: PRODUCCIÓN A ESCALA INDUSTRIAL

El presente trabajo aborda el diseño y desarrollo de un proceso a escala industrial para la obtención de quitosano a partir del exoesqueleto de langostino. El establecimiento destinado a su implementación será de carácter propio, lo que permitirá un control integral de las distintas etapas del proceso productivo, desde la recepción de la materia prima hasta la obtención del producto final. El quitosano, derivado de la desacetilación de la quitina, representa un compuesto natural de alto valor agregado debido a sus propiedades funcionales y a su amplia gama de aplicaciones en sectores como el alimentario, farmacéutico, agrícola y ambiental. En este contexto, el proyecto busca no solo optimizar el aprovechamiento de un subproducto de la industria pesquera, sino también contribuir a la generación de alternativas sostenibles que promuevan la economía circular y reduzcan el impacto ambiental asociado a los desechos marinos.

Cabe aclarar que el análisis del proceso a escala industrial no constituye el objetivo central del presente proyecto final de carrera. Por lo tanto, no será abordado con profundidad, sino que se presentará una evaluación general que permita dimensionar a grandes rasgos su factibilidad.

6. Procedimiento del quitosano a escala industrial

El proceso a escala industrial se proyecta considerando que anualmente, se desechan aproximadamente 2.233,14 toneladas de exoesqueleto de langostino, lo que equivale a unas 186,095 toneladas mensuales (Pesquera Veraz, 2025). A partir de este volumen, se plantea que una fracción sea destinada a cámaras frigoríficas para asegurar disponibilidad de materia prima durante todo el año y reservas, mientras que otra parte se procese directamente para la obtención de quitosano, en jornadas de trabajo de lunes a viernes con turnos de 8 horas.

Para la obtención de quitosano a escala industrial a partir del exoesqueleto de langostino, el proceso inicia con un tratamiento físico del material que prepara la materia prima para las

etapas químicas posteriores. Primero, el exoesqueleto se lava en tanques industriales de lavado de agua, eliminando restos de tejido blando, sales y otras impurezas superficiales.

Luego, se seca en secadores tipo contenedor con bandejas industriales a 60 °C durante seis horas para reducir la humedad y evitar el crecimiento de microorganismos, seguido de una molienda inicial con molinos de cuchillas o de martillos que permite obtener partículas finas y aumentar la superficie de contacto. Posteriormente, las cáscaras se someten a un tamizado mediante una zaranda vibratoria en sentido horizontal, con el fin de eliminar el polvillo y otras impurezas que pudieran encontrarse presentes.

Se procede a realizar la desmineralización de la cáscara, la cual se realiza en tanques de FRP (plástico reforzado con fibra de vidrio) con agitación y control de temperatura, tratando el material molido con ácido clorhídrico 1,5 M en relación sólido/líquido 1:10 durante dos horas; después se filtra con filtro de prensa de membrana automático y se enjuaga hasta alcanzar pH neutro.

A continuación, la desproteínización se lleva a cabo en reactores con calefacción y agitación, utilizando hidróxido de sodio 1 M en la misma proporción sólido/líquido a 80 °C durante dos horas, cubriendo el material para evitar la pérdida de compuestos volátiles, seguido de filtrado y lavados para neutralizar el pH. Le continúa la etapa de desacetilación, que transforma la quitina a quitosano, se realiza en reactores resistentes a NaOH concentrado y altas temperaturas, con hidróxido de sodio al 50% a 100 °C durante tres horas, agitando constantemente y protegiendo el material, para luego filtrar y neutralizar mediante lavados.

Posteriormente, el quitosano se somete a secado final con los contenedores industriales nombrados anteriormente a 60 °C durante seis horas y a una molienda fina en molinos industriales para lograr una granulometría uniforme con molino de martillo. Una vez realizada la molienda, el material se conduce hacia una zaranda vibratoria circular de caída vertical, a través de la cual pasa por mallas de 80 mesh (ver Anexo E). Este proceso permite obtener un polvo fino que cumple con las especificaciones establecidas para el producto. Este procedimiento integral

combina técnicas físicas y químicas con equipamiento industrial adecuado, asegurando la obtención de un producto de alta pureza y calidad, preparado para aplicaciones en diversos sectores.

Finalmente, el polvo de quitosano obtenido se conduce hacia la etapa de envasado, en la cual se emplea la envasadora automática SYSTEM F (Statec Binder). Este equipo permite el llenado de bolsas de polietileno de baja densidad bajo atmósfera modificada con nitrógeno, garantizando así la protección del producto frente a la humedad y la oxidación, además de facilitar su almacenamiento y transporte en condiciones óptimas de conservación. Posteriormente, los envases son sometidos a un proceso de envoltura automática mediante una máquina envolvente de pallets, lo que asegura la estabilidad de la carga durante la manipulación, evita la contaminación cruzada y contribuye a mantener la integridad del producto hasta su distribución.

6.1 Tecnología de equipos

En el apartado 6 se menciona que anualmente se generan aproximadamente 2233,14 toneladas de exoesqueleto de langostino como subproducto de la industria. Frente a esta disponibilidad, se plantea una estrategia de aprovechamiento en la cual la planta de procesamiento considerará un 80% del total (equivalente a 1786,512 toneladas anuales) para la extracción de quitosano, mientras que el 20% restante (446,628 toneladas anuales) se mantendrá en reserva con el fin de asegurar la continuidad operativa y cubrir eventuales variaciones en el suministro. Esta distribución busca optimizar el uso de la materia prima, garantizando al mismo tiempo un margen de seguridad frente a fluctuaciones de la producción pesquera.

Para la implementación del proceso a escala industrial se estima una capacidad de procesamiento de aproximadamente 0,716 toneladas por día (ver Anexo F), de los cuales únicamente se usarán 0,5728 toneladas (equivalente al 80%), el restante será destinado a reservas como se nombro anteriormente en el presente capítulo. A partir de este cálculo se determina la selección y dimensionamiento de la maquinaria adecuada para garantizar la proyección del sistema a escala industrial.

Tanques de lavado industriales para el exoesqueleto

Tanques fabricados de lámina de acero inoxidable, para una capacidad de 300-600 kg. El mismo tiene un sistema de riego por aspersion y una válvula de desagüe.



Figura 28: Tanques de lavado industrial (Fuente: Proveedor “Zingal”).

Secadora tipo “contenedor” industrial

La secadora tipo contenedor industrial está diseñada para el procesamiento de lotes de 400 a 600 kg, con un rango de operación de 30 a 80 °C. El equipo cuenta con una estructura en acero inoxidable, un sistema de circulación interna de aire de alta eficiencia, control automático mediante pantalla táctil y un consumo eléctrico nominal de 6,5 kW, características que la convierten en una alternativa adecuada para procesos de secado industrial en condiciones controladas.



Figura 29: Secadoras tipo contenedor (Fuente: Proveedor “IKE”).

Zaranda vibratoria horizontal

La zaranda vibratoria horizontal es un equipo utilizado en procesos de clasificación y limpieza de granos u otros materiales, cuya función principal es separar impurezas y cuerpos extraños de distinto tamaño o peso. Generalmente está compuesta por dos tamices dispuestos de manera superpuesta: el tamiz superior retiene las partículas de mayor tamaño, mientras que el inferior permite la separación de las fracciones más finas.



Figura 30: Zaranda vibratoria horizontal (Fuente: Proveedor “AGRODELIV”).

Molino de martillos

Para la etapa de molienda del exoesqueleto de langostino se considera el uso de un molino de martillos eléctrico con trituradora de biomasa, con una capacidad de procesamiento de 300 a 600 kg/h y una potencia instalada de 11 kW. El equipo presenta dimensiones aproximadas de $1,2 \times 1,0 \times 1,2$ m, un peso de 320 a 360 kg y admite materiales con hasta un 30 % de humedad. Además, incorpora un sistema de evacuación por fuerza centrífuga y ciclón recolector, lo cual permite reducir significativamente la generación de polvo durante la operación, favoreciendo un entorno de trabajo más limpio.



Figura 31: Molino de martillo (Fuente: Proveedor “Meelko”).

Zaranda vibratoria circular

Las zarandas circulares son equipos empleados en la clasificación de productos sólidos según su granulometría, así como en la separación de sólidos presentes en líquidos. Su funcionamiento se basa en la acción de motores vibradores instalados en las partes externas del equipo, cuyo movimiento circular sobre el tamiz permite obtener distintas fracciones de diferente tamaño de partícula según las necesidades del usuario.



Figura 32: Zaranda vibratoria circular (Fuente: Proveedor “Vibrotech”).

Tanque FRP con agitadores

Se propone el uso de un tanque reactor agitador fabricado en FRP (plástico reforzado con fibra de vidrio, resina viniléster), con capacidad útil de 6-7 m³, integrado con motor, eje sellado, paletas internas y sistema de agitado. El FRP ofrece resistencia química al HCl, combinación de dureza estructural y ligereza, excelente aislamiento y durabilidad, siendo una opción ideal para procesos industriales de desmineralización sin calentamiento.



Figura 33: Tanques FRP con agitadores (Fuente: Proveedor "Kaymo").

Reactor con sistema de agitación

El equipo seleccionado es un reactor encamisado de acero inoxidable con capacidad de 6.000 litros, diseñado para procesos químicos industriales. Dispone de una camisa térmica que permite el calentamiento o enfriamiento mediante agua caliente o vapor, asegurando un control preciso de la temperatura en el rango de 60–80 °C requerido para la operación. Está equipado con un sistema de agitación tipo bastidor (frame agitator) que opera entre 63 y 85 rpm, con la posibilidad de incorporar un variador de velocidad para mayor flexibilidad. Su diseño garantiza resistencia frente a soluciones cáusticas, eficiente transferencia de calor y condiciones higiénicas adecuadas para el proceso.



Figura 34: Reactores con sistema de agitación (Fuente: “Made in China”).

Filtro de prensa de membrana automático

Se seleccionó un filtro prensa de membrana automática de 6.000 L, fabricado en materiales resistentes a medios cáusticos, que permite la separación sólido-líquido de manera eficiente mediante automatización y prensado de membrana, optimizando la deshidratación de la torta.



Figura 35: Filtro prensa de membrana (Fuente: “Alibaba”).

Envasadora

La SYSTEM-F es una máquina de envasado vertical totalmente automática fabricada por la empresa austríaca. Permite producir hasta 900 sacos por hora usando película plana, tanto sacos tipo almohada como con fuelle lateral, con o sin asas, y para pesos de llenado de 5 a 50 kg. Su diseño es compacto, robusto y puesto que puede ajustarse el formato mediante juegos de molde que se cambian rápidamente, ofrece alta flexibilidad para adaptarse a distintos tamaños de envases. Está especialmente indicada para productos pulverulentos o con flujo libre moderado. Además, dispone de opciones como carcasa de acero inoxidable, moldeador de asa, impresoras térmicas, extracción de aire del saco, etc., lo que permite adaptarla a distintos requerimientos.



Figura 36: Envasadora System-F (“Proveedor: Statec-Binder”).

Máquina envolvedora

La máquina envolvedora con film stretch se utiliza para asegurar las cargas paletizadas, garantizando que las bolsas de 5 kg que contienen quitosano permanezcan estables durante el transporte, evitando desplazamientos, daños mecánicos o contaminación externa. Al envolver el pallet con film estirable, se logra consolidar la carga, protegerla contra la humedad, polvo y agentes externos, y facilitar su manipulación y almacenamiento. Además, este tipo de equipo permite optimizar el uso de material film, ya que mediante mecanismos de tensión y estiramiento reduce la cantidad de film necesario, lo cual contribuye a disminuir los costos operativos a largo plazo.



Figura 37: Máquina envoladora de film stretch (Proveedor: “ZONESUN”).

6.2 Distribución de tareas

El diagrama de Gantt es una herramienta de gestión de proyectos que permite organizar, planificar y visualizar las tareas a lo largo del tiempo de manera clara y ordenada. Su principal función es mostrar la duración prevista de cada actividad y la relación entre ellas, facilitando el control del progreso y el cumplimiento de los plazos establecidos. En el presente proyecto se optó por utilizar esta herramienta para la distribución de tareas, ya que ofrece una visión global y secuencial de las actividades a desarrollar. El diagrama elaborado contempla una planificación total de ocho meses, en los cuales se distribuyen las diferentes etapas del proyecto, asegurando una adecuada gestión del tiempo y de los recursos disponibles.

A continuación, se presentará el diagrama planificado para los ocho meses de producción que se utilizará durante el proyecto.

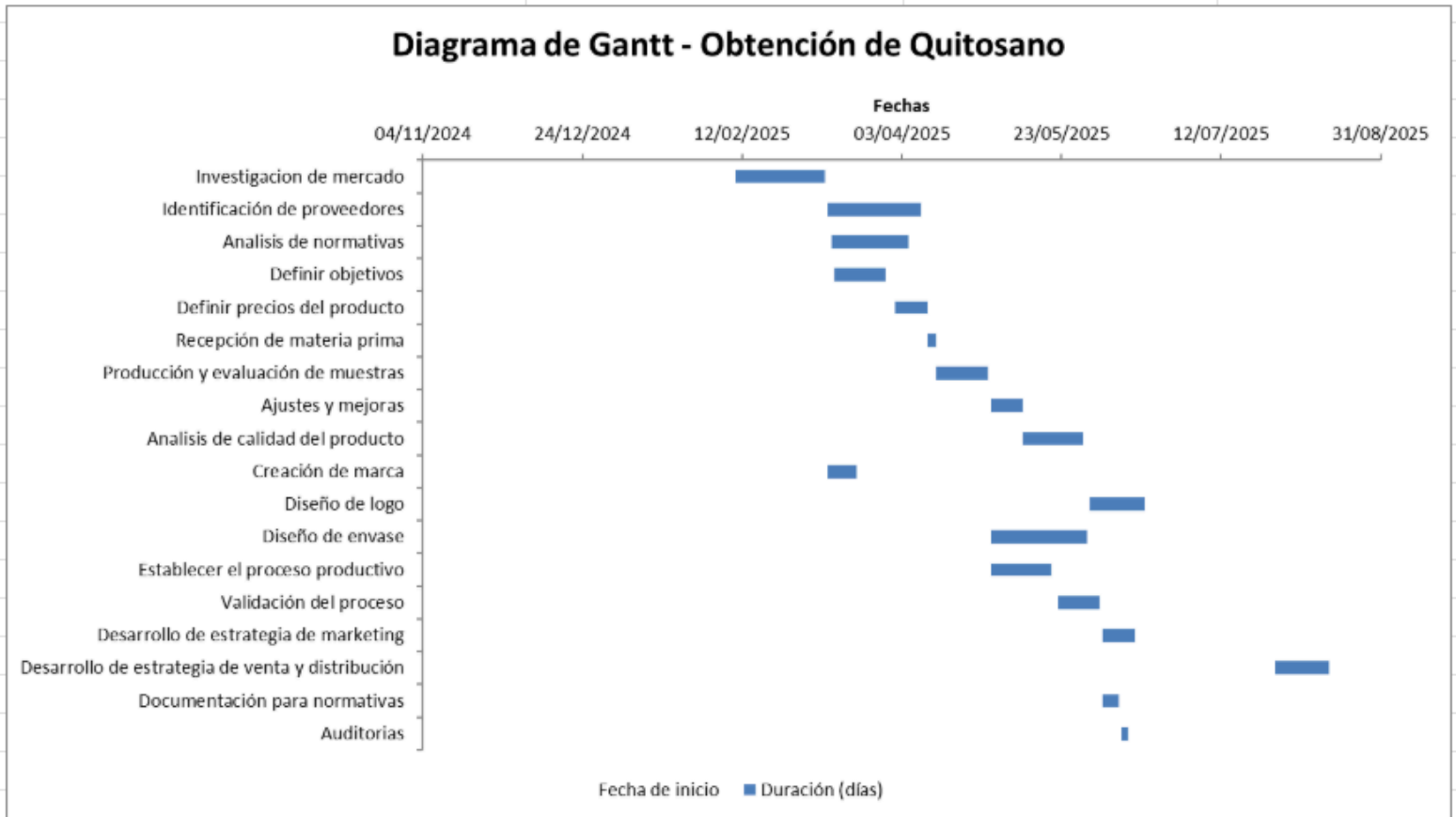


Figura 38: Diagrama de Gantt. (Fuente: Propia).

CAPÍTULO VII: COSTOS

El análisis de costos constituye un paso esencial para evaluar la viabilidad económica, la rentabilidad y la sostenibilidad del presente proyecto. En este capítulo se presentan los cálculos aproximados de costos, con el fin de obtener una estimación de los gastos asociados a la producción diaria de 580 kg de quitosano, en una jornada laboral de 8 horas, de lunes a viernes. Para ello, se tomó en cuenta los precios vigentes en el mercado de 2025, considerando la información disponible y los valores actuales de insumos, materias primas y precio de venta.

Al igual que en el capítulo VI, donde se desarrolla la proyección a escala industrial, este análisis no constituye el objetivo principal del trabajo. Por ello, los cálculos presentados se realizaron de manera aproximada, ya que no se dispone de información completa sobre ciertos ítems de costo.

En este análisis se contemplan los costos correspondientes a la maquinaria, materias primas, insumos y por último el cálculo del precio final al cual se lo va a comercializar. A partir de estos valores se estimó el costo total de producción y, posteriormente, el precio de venta. Cabe destacar que los equipos seleccionados poseen una capacidad máxima de 600 kg por jornada, lo que garantiza la viabilidad técnica del volumen de producción planteado en el capítulo VI. Asimismo, considerando que la producción diaria estimada es de 580 kg de quitosano, empaquetados en bolsas de 5 kg, se generarán 116 unidades por jornada. Estas unidades se almacenarán en pallets, con una capacidad de 40 bolsas de 5 kg por pallet.

7. Costos de maquinaria

En primer lugar, se evaluaron los costos de maquinaria necesarios para alcanzar la capacidad de producción planteada. Este análisis incluyó los equipos principales mencionados en el capítulo VI, para la producción de aproximadamente 580 kg de quitosano por día en jornada laboral de 8 hs. Los valores considerados corresponden a precios de mercado de equipos de características similares, tomados como referencia debido a la falta de datos específicos de

cotización. De esta manera, se obtuvo una estimación preliminar de la inversión requerida en equipamiento.

Equipamiento/Maquinaria	Costo Unitario	Costo Total
Tanques de lavado	2.100.000 ARS	51. 822. 008 ARS
Secadora “contenedor”	13.340.000 ARS	
Zaranda vibratoria horizontal	1.950.000 ARS	
Molino martillo	5.020.000 ARS	
Zaranda vibratoria circular	1.500.000 ARS	
Tanque FRP con agitadores	1.352.248 ARS	
Reactor con sistema de agitación	2.939.000 ARS	
Filtro prensa	8.380.188 ARS	
Envasadora	14.695.000 ARS	
Máquina de Film Stretch	545.572 ARS	

Tabla V - Costos de maquinaria. Fuente: Propia.

7.1 Costos de materia prima

Para el análisis de los costos de materia prima se realizó una búsqueda y evaluación de los reactivos necesarios para las etapas de desmineralización, desproteínización y desacetilación del proceso de obtención de quitosano a partir de cáscara de langostino. Asimismo, los costos y los datos presentados fueron calculados en función de la unidad de comercialización prevista de 5 kg de producto, considerando consumos y rendimientos escalados a condiciones industriales.

Además, se llevaron a cabo cálculos específicos para determinar la cantidad de reactivos necesarios en cada una de las etapas del procedimiento (ver anexo G).



Reactivo	Costo para una unidad de 5 kg	Proveedor
<p>Ácido clorhídrico (HCl)</p> <p>Concentración 37%</p>	36.000 ARS (Para 4,20 L)	
<p>Hidróxido de sodio (NaOH)</p> <p>Solucion 50%</p>	150.000 ARS (54 L)	

Tabla VI - Costos de materia prima. Fuente: Propia.

El análisis de los costos de materias primas necesarias para la producción de 5 kg de quitosano arrojó un costo final estimado de 186.000 ARS.

7.2 Costo de insumos

Además de las materias primas necesarias para la obtención de quitosano, la producción implica el uso de insumos auxiliares que generan costos adicionales y deben ser considerados en la estructura económica del proyecto. Entre ellos se encuentran los pallets de madera, que permiten la correcta estiba, manipulación y transporte del producto terminado, representando un costo fijo que se amortiza con su reutilización en varios ciclos logísticos. Asimismo, el envasado en bolsas de polietileno de baja densidad (PEBD) de 5 kg constituye un insumo de carácter recurrente, dado que cada unidad de producto requiere de un envase individual para garantizar su inocuidad y cumplir con las condiciones de conservación establecidas. A estos se suma el film stretch utilizado en la máquina envolvente, cuya función es asegurar la estabilidad de las cargas paletizadas, protegerlas de agentes externos y facilitar su transporte. Si bien este material tiene

un costo unitario bajo, su uso es continuo y proporcional al volumen de producción, por lo que se lo debe contemplar dentro de los costos operativos asociados al proceso productivo.

Insumo	Costo por unidad	Proveedor
Pallets de madera	6.000 ARS (1 pallet)	Venta de Pallets (Empresa)
Bolsas de PEBD 5 kg	50,57 ARS (una unidad)	Poliversal S.A.
Film Stretch	22.800 ARS / rollo	EmbalaFull

Tabla VII- Costos de insumos. Fuente: Propia.

El costo total de los insumos necesarios para producir una unidad de 5 kg de quitosano asciende 28.850,57 ARS. Cabe aclarar que este cálculo se realizó únicamente con aquellos insumos directamente asociados a la unidad de producto. En el caso del film stretch y los pallets de madera, no es posible determinar un costo unitario, ya que dichos insumos están destinados a la etapa final del proceso (empaquete) y su utilización se calcula de forma global, no por unidad de producto.

7.4 Costo por unidad producida

	Costo por unidad producida
Costo de materia prima	186.000 ARS
Costo de insumo	28.850,57 ARS
Costo final por unidad producida	214.850,57 ARS

Tabla VIII - Costo final por unidad producida (5 kg). Fuente: Propia.

7.5 Precio de venta

	Qitosano
Costo total por unidad producida	214.850,57 ARS
Ganancia de la empresa (40%)	85.940,22 ARS
IVA COMERCIAL + (21%)	63.166,06 ARS
Precio de venta final	363.956,85 ARS

Tabla IX- Precio final de venta de 5 kg de qitosano. Fuente: Propia.

En el presente proyecto, el precio de venta se determinó siguiendo la metodología denominada “Método Basado en el Costo”, que consiste en fijar el precio a partir del costo total, adicionando un margen de beneficio. En este caso, se optó por un margen del 40%, decisión fundamentada en que el qitosano es un producto de alto valor agregado, obtenido a partir de un residuo como la cáscara de langostino, lo que le confiere un diferencial competitivo frente a otras materias primas. Además, considerando que en la industria de aditivos alimentarios los márgenes suelen ubicarse entre el 20% y el 40%, el 40% seleccionado resulta un valor representativo y equilibrado. El costo final estimado para la obtención de qitosano a partir del exoesqueleto del langostino fue de 363.956,85 ARS por bolsa de 5 kg, identificando que los reactivos empleados en las distintas etapas del proceso representan el componente más costoso.

A continuación, se procederá a analizar los precios del qitosano en mercados competitivos, lo que permitirá comparar el costo de producción obtenido con las referencias comerciales actuales y evaluar la viabilidad económica del proyecto.

Precio de venta del quitosano en el mercado



Precio	Cantidad (en gramos)	Empresa
668.922,19 ARS	500g	 fisher scientific part of Thermo Fisher Scientific
180.075 ARS	250g	EASTCHEM
451.807 ARS	1000g	

Tabla X - Diferentes precios de quitosano. Fuente: Propia.

Teniendo en cuenta lo planteado en la tabla IX, puede afirmarse que, si bien la producción de 5 kg de quitosano implica un costo elevado, el análisis comparativo con los competidores presentados en el cuadro anterior muestra que el precio de venta resultante continúa siendo inferior al de otras referencias del mercado, lo que representa una ventaja competitiva. Durante el desarrollo de este capítulo también se evidenció que los reactivos constituyen el insumo más costoso dentro del proceso productivo, aspecto relevante a considerar para futuras optimizaciones. Finalmente, es importante destacar que este análisis de costos se realizó de manera general, dado que el propósito central del proyecto radica en el desarrollo y la investigación, aunque se consideró pertinente incorporar esta estimación para brindar un panorama preliminar sobre la viabilidad económica.

Precio venta de diferentes fibras




Precio	Cantidad	Empresa
80.100 ARS	5 kg de fibra de avena	
90.000 ARS	1 kg (Inulina en polvo)	
668.600 ARS	5 kg (Psyllium)	

Tabla XI - Diferentes fibras en el mercado. Fuente: Propia.

A modo de conclusión, se realizó un análisis comparativo de los diferentes tipos de fibra disponibles en el mercado, observándose que sus precios son considerablemente más económicos que los del quitosano. En el caso del presente proyecto, es importante destacar que el quitosano ofrece múltiples beneficios, entre los cuales se incluyen propiedades antioxidantes, capacidad de reducir la absorción de grasas, acción antimicrobiana, mejora de la salud digestiva y potencial aplicación en la industria alimentaria. Por otro lado, las fibras vegetales y animales también aportan ventajas, como favorecer el tránsito intestinal, contribuir a la saciedad y mejorar la digestión, aunque sus propiedades funcionales y aplicaciones tecnológicas suelen ser menos versátiles que las del quitosano. Finalmente, si bien las fibras convencionales pueden resultar más económicas, los beneficios integrales del quitosano lo posicionan como una opción superior en términos de funcionalidad y valor agregado.

CAPÍTULO VIII: COMERCIALIZACIÓN

La estrategia de comercialización definida para este proyecto establece que el producto será comercializado exclusivamente como materia prima, destinada a empresas de la industria alimentaria interesadas en su incorporación en productos enriquecidos con fibra dietaria. En consecuencia, el producto no se ofrecerá de manera directa al consumidor final, sino que se enfocará en un mercado B2B (business to business), orientado a fabricantes de harinas, panificados, lácteos, productos cárnicos y sus análogos, entre otros.

Con el fin de garantizar condiciones adecuadas de almacenamiento y transporte, el quitosano se expenderá en bolsas de 5 kg de polietileno de baja densidad (PEBD), un material seguro para el contacto con alimentos, que ofrece resistencia mecánica, facilidad de manipulación y protección frente a la humedad ambiental. Este formato busca responder a las necesidades de la industria, ya que permite un manejo práctico y flexible en procesos de formulación a diferentes escalas.



Figura 39: Croquis de medidas necesarias para envase (Fuente: Propia)

8. Transporte

Para lograr una distribución de producto adecuada, el quitosano será transportado a través de una empresa tercerizada con vehículos habilitados para el traslado de alimentos, garantizando la conservación de su calidad e inocuidad. En una primera etapa, se prevé la utilización de camiones de menor porte para abastecer volúmenes reducidos y clientes localizados en zonas cercanas. A medida que la producción aumente y se consolide la demanda, se considerará el uso de camiones semirremolque, que permiten el transporte de cargas de gran volumen en un solo envío, optimizando la logística y reduciendo los costos asociados al traslado en largas distancias.



Figura 40: Semirremolque parte de un camión. (Fuente: Gloker Trucks, página web oficial).

La empresa tercerizada empleada para el transporte deberá contar con una especialización en logística alimentaria. Se determina su contratación con el propósito de optimizar los costos

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

operativos y evitar inversiones significativas en flota propia y personal de transporte. Esta decisión estratégica tiene como finalidad concentrar los recursos en la obtención y estandarización del quitosano como materia prima, considerada la actividad central del proyecto.

La empresa contratada deberá contar con las habilitaciones correspondientes emitidas por SENASA para el transporte de alimentos, garantizar que sus choferes posean libreta sanitaria vigente y se encuentren capacitados en buenas prácticas de manipulación y seguridad. Asimismo, será su responsabilidad proveer los equipos de protección personal (EPP) necesarios a sus empleados y asegurar que las unidades de transporte ingresen a planta en condiciones de limpieza, desinfección e inocuidad.

Al momento del ingreso del camión, se implementarán controles de calidad y procedimientos de verificación, incluyendo la inspección del uso de EPP por parte del personal, la revisión del estado higiénico del vehículo, la comprobación de la documentación exigida tanto del transporte como del conductor, y la evaluación general de las condiciones del traslado, con el fin de garantizar la seguridad e integridad del producto a lo largo de la cadena logística.

Como bien ya se había mencionado, el quitosano será comercializado en bolsas de 5 kg de polietileno de baja densidad (PEBD), las cuales serán paletizadas y recubiertas con film stretch con el fin de facilitar la manipulación, optimizar el espacio de carga y asegurar la protección del producto frente a la humedad y posibles contaminaciones externas durante el traslado. La materia prima será paletizada en configuraciones de 40 unidades por pallet, distribuidas en cinco filas de ocho columnas, lo que permite una adecuada estabilidad de la carga y optimiza el aprovechamiento de la superficie útil del pallet. Cada lote contará con la trazabilidad correspondiente, incluyendo número de partida, fecha de producción, destino y datos del transportista, lo que permitirá garantizar la identificación y el seguimiento del producto a lo largo de toda la cadena logística.

En la etapa inicial de la producción, el transporte hacia los clientes se realizará con una frecuencia semanal, acorde al volumen estimado de ventas. Una vez consolidada la demanda y

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

ampliada la cartera de clientes, la frecuencia se incrementará a dos veces por semana, lo que permitirá dar respuesta a mayores requerimientos sin comprometer la continuidad del suministro. Cabe destacar que la distribución se llevará a cabo exclusivamente dentro del mercado nacional, por lo que las distancias a recorrer estarán acotadas al territorio argentino, lo que contribuye a la eficiencia logística y a un mayor control de la calidad durante el transporte.

Aunque el producto se transporte sobre pallets para optimizar la logística, la manipulación y el almacenamiento, se contempla la posibilidad de comercializar el quitosano tanto por unidad como por pallet completo. En los casos en que el cliente solicite una entrega parcial, el transportista, debidamente autorizado por la empresa, procederá a la remoción controlada del film stretch de protección con el fin de retirar únicamente la cantidad correspondiente. Posteriormente, el resto de la carga será asegurada para preservar las condiciones de integridad, inocuidad y estabilidad del producto.

Cada operación de venta, ya sea por unidad o por pallet, quedará registrada en el sistema de trazabilidad interno, garantizando la identificación del lote, fecha de entrega y destino final del producto, de acuerdo con los lineamientos de control y seguimiento establecidos por la empresa.

8.1 Marketing mix

Como bien se ha destacado en el inicio del capítulo, la estrategia de comercialización del quitosano en polvo que será utilizada va a constituir una herramienta fundamental para estructurar la propuesta de valor del producto. A través del enfoque del marketing mix, el cual permite analizar al quitosano desde cuatro dimensiones clave (producto, precio, plaza y promoción), será posible alinear las características diferenciales del polvo, desde su origen sustentable, su aporte como fuente de fibra dietaria y sus propiedades tecnológicas, combinándolo con las necesidades y expectativas de la industria alimentaria, garantizando así un posicionamiento competitivo y coherente dentro del mercado de ingredientes funcionales.

Producto

El producto desarrollado es quitosano en polvo fino, obtenido a partir de la valorización del exoesqueleto de langostino (*P. muelleri*). Este ingrediente funcional es considerado fuente de fibra dietaria con beneficios fisiológicos comprobados (regulación intestinal, reducción de colesterol y mejora del control glucémico), además de propiedades tecnológicas de interés como actividad antimicrobiana y antioxidante. El quitosano se comercializará exclusivamente como materia prima para la industria alimentaria, en envases de bolsas de polietileno de baja densidad (5 kg), paletizadas y protegidas con film stretch para su transporte.

Precio

El precio del producto se definirá en función de los costos de producción a escala industrial, contemplando insumos directos, indirectos y servicios logísticos tercerizados. Se buscará establecer un precio de referencia competitivo respecto a otras fibras funcionales presentes en el mercado, priorizando la relación costo–beneficio derivada de su origen sustentable y de las ventajas nutricionales diferenciadas.

Plaza (Distribución)

La distribución estará dirigida exclusivamente al mercado nacional, con foco en empresas alimentarias que elaboren productos panificados, farináceos, cárnicos, lácteos y bebidas. La logística se realizará mediante empresas tercerizadas de transporte habilitadas por SENASA, que garantizarán la inocuidad del producto durante su traslado. Inicialmente, las entregas se realizarán con una frecuencia semanal, incrementándose a dos veces por semana una vez consolidada la demanda.

Promoción

La estrategia de promoción se centrará en acciones de marketing B2B, destacando al quitosano como un ingrediente innovador, funcional y sustentable. Existirá la necesidad de participar en ferias alimentarias, congresos y eventos científicos vinculados a la nutrición y la

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

innovación en alimentos, complementado con la generación de material técnico y fichas de producto dirigidas a departamentos de innovación y desarrollo de la industria. La comunicación enfatizará la revalorización de un subproducto pesquero de alto volumen en Argentina, su contribución a la economía circular y su potencial de inserción en el desarrollo de alimentos funcionales.

8.2 Liberación del producto

Tal como se mencionó en el Capítulo VIII, la producción diaria estimada será de aproximadamente 580 kg de quitosano, lo que equivale a 116 unidades de 5 kg cada una. Estas unidades se almacenarán en pallets, con una capacidad de 40 bolsas por pallet, por lo que se requerirán aproximadamente 3 pallets para almacenar la producción de un día, de cada pallets. De cada pallet se tomará una unidad para la realización de los análisis fisicoquímicos, los cuales se describen en el siguiente párrafo.

La empresa se comprometerá a realizar las determinaciones fisicoquímicas detalladas en el Capítulo V, donde se presenta la ficha técnica del producto y los parámetros fisicoquímicos necesarios para garantizar la calidad del quitosano.

Asimismo, en el Capítulo III se establecen los valores aceptables para dichos parámetros, los cuales son:

- Humedad: menor al 10 %
- Cenizas: menor al 2 %
- Viscosidad: entre 100 y 800 cP
- Solubilidad: soluble en medios ácidos
- Grado de desacetilación: entre 65 y 90 %
- pH: entre 5 y 6,5

El cumplimiento de estos parámetros asegura que el producto final cumpla con los estándares de calidad requeridos para su comercialización y uso seguro.

CONCLUSIÓN

El presente proyecto cumplió satisfactoriamente su objetivo general, que consistió en obtener quitosano a partir del exoesqueleto de *Pleoticus muelleri*, valorizando un residuo pesquero de alta disponibilidad. La transformación de este subproducto en un ingrediente funcional constituye un aporte concreto a la economía circular y a la sostenibilidad ambiental en la provincia de Chubut, particularmente en el contexto productivo del puerto de Rawson, donde el volumen de descarte es significativo.

En relación con los objetivos específicos, se logró desarrollar y estandarizar un proceso eficiente de extracción, purificación y acondicionamiento del quitosano, definiendo sus parámetros críticos y asegurando la obtención de un polvo apto para aplicaciones alimentarias. Los análisis fisicoquímicos, bromatológicos y microbiológicos permitieron caracterizar y validar la calidad del producto, confirmando el cumplimiento de los criterios de humedad, cenizas, viscosidad, solubilidad y grado de desacetilación, así como su inocuidad microbiológica. Estos resultados avalan la viabilidad técnica del proceso y la estabilidad del ingrediente obtenido.

Desde el enfoque económico, el estudio realizado permitió estimar la viabilidad del proceso productivo, identificando a los insumos químicos como el principal componente del costo. Aun así, los valores obtenidos mostraron que el quitosano producido localmente podría competir favorablemente con los precios internacionales, lo que respalda el potencial de escalamiento industrial del proyecto.

Por último, el análisis de mercado y el estudio FODA evidenciaron una oportunidad concreta para la inserción del quitosano argentino en la industria alimentaria, dado el creciente interés por ingredientes funcionales y sostenibles, sumado a la ausencia de productores nacionales que abastezcan esta demanda. No obstante, se reconocen desafíos asociados a regulaciones, certificaciones y requerimientos tecnológicos, los cuales constituyen líneas futuras necesarias para consolidar su comercialización y posicionamiento estratégico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bhatnagar, A., & Sillanpää, M. (2009). *Utilization of chitin and chitosan for the removal of pollutants from water: A review. Chemical Engineering Journal, 148(3), 1–19.*
2. CENPAT-CONICET (Centro Nacional Patagónico). (s. f.). *Publicaciones sobre biopolímeros marinos y valorización de residuos pesqueros.* Recuperado de <https://www.cenpat-conicet.gob.ar>
3. Código Alimentario Argentino. (s. f.). *Código Alimentario Argentino (CAA).* Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
4. Codex Alimentarius. (s. f.). *Codex Alimentarius: International Food Standards.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) & World Health Organization (WHO). Recuperado de <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
5. DASH, M., et al. (2011). *Chitosan—A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications. Progress in Polymer Science, 36(8), 981–1014.* Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.02.001>
6. Daniel Bertuche, C., Fischbach, A., Roux, A., Fernández, M., & Piñero, R. (1999). *Langostino (Pleoticus muelleri).* Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. <https://www.inidep.edu.ar/wp-content/uploads/Langostino.pdf>
7. Dirección de Economía Pesquera. (2011). *Exportaciones pesqueras: Comportamiento de los principales mercados.* Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pesca_maritima/informes/economia
8. FAO. (2020). *Food allergies: Health and nutrition.* Food and Agriculture Organization of the United Nations.
9. Fatahi, S., Pezeshki, A., Koohdani, F., & Hosseini, M. (2022). *The effect of chitosan supplementation on anthropometric indices, lipid and glycemic profiles, and appetite-regulating hormones in overweight and obese adolescents: A randomized*

- controlled trial. International Journal of Obesity*, 46(10), 1810–1819.
<https://doi.org/10.1038/s41366-022-01197-8>
10. Fiveable. (s. f.). *Degree of polymerization*. Recuperado de <https://library.fiveable.me/key-terms/general-chemistry-ii/degree-of-polymerization>
 11. Fisher Scientific. (s. f.). *Chitosan, molecular weight 100,000–300,000*. Recuperado de <https://www.fishersci.es/shop/products/chitosan-molecular-weight-100-000-300-000/10416393>
 12. Flores Barona, J. A. (2025). *Uso de las propiedades antimicrobianas del quitosano contra patógenos alimentarios* [Tesis de licenciatura]. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/11941fad-67fe-4831-a6e8-1e5d1fef1325>
 13. Future Market Insights. (2024). *Chitosan market share analysis & industry leaders*. Recuperado: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/chitosan-market-share-analysis>
 14. Gallaher, D. D., & Schneeman, B. O. (2002). *Dietary fiber*. En B. A. Bowman & R. M. Russell (Eds.), *Present knowledge in nutrition* (8.^a ed., pp. 805–819). Washington, DC: ILSI Press.
 15. Gallagher, D. D., et al. (2002). *A glucomannan and chitosan fiber supplement decreases plasma cholesterol and increases cholesterol excretion in overweight normocholesterolemic humans*.
 16. GIRALDO PEDRAZA, J. (2015). *Propiedades, obtención, caracterización y aplicaciones del quitosano*. ResearchGate. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/277302110_Propiedades_obtencion_caracterizacion_y_aplicaciones_del_quitosano
 17. Goshal, G., & Mehta, S. (2019). *Effect of chitosan on physicochemical and rheological attributes of bread*.
 18. IMARC Group. (2024). *Chitosan market size, share & trends analysis report 2033: By grade, source, application, and region*. Recuperado de <https://www.imarcgroup.com/chitosan-market>

19. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). (2019). *Publicaciones institucionales*.
20. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). (2020). *Infografía langostino*.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inidep_infografia_langostino.pdf
21. INTI – Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2021). *Aplicaciones del quitosano a partir de subproductos de la pesca*. <https://www.inti.gob.ar>
22. JAMA Network Open. (2019). *Prevalence and severity of food allergies among U.S. adults*.
23. Kumar, M. N. V. R. (2000). *Chitin and chitosan fibers: A review*. *Journal of Applied Polymer Science*, 88(15), 355–372.
24. Mäkelä, M. R., et al. (2017). *Chitin in food and medicinal products*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
25. Mayo Clinic. (2023). *Shellfish allergy – Symptoms and causes*.
<https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/shellfish-allergy>
26. Mendoza-Pérez, S. (2014). *Extracción de pigmentos carotenoides (astaxantinas) a partir de desechos de jaiba (Callinectes sapidus)* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2015/septiembre/0735527/0735527.pdf>
27. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (MMAyA). (2020). *Gestión integral de residuos de la pesca en Chubut*.
<https://www.argentina.gob.ar/ambiente>
28. Mourya, V. K., Inamdar, N. N., & Tiwari, A. (2019). *Carboxymethyl chitosan and its applications*. *Advanced Materials Letters*, 10(2), 143–157.
<https://doi.org/10.5185/amlett.2019.2181>
29. Muzzarelli, R. A. A. (2010). *Chitins and chitosans for the repair of damaged tissues*. En *Chitin and Chitosan: Properties and Applications* (pp. 165–182).

30. Oranggrowth. (s. f.). *Products* — *Chitosan*.
<https://www.oranggrowth.com/en/producto/chitosan>
31. Pasotti, V. S., Avila Sanabria, A. J., & Martinelli, M. (2020). *Obtención de quitina y quitosán por método sustentable a partir de cáscaras de langostino* [Informe técnico]. CONICET / Naturalia Patagónica.
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/147029/CONICET_Digital_Nro.67e6f828-ba4b-4224-803c-a695499e386b_A.pdf
32. Revista Puerto. (2025). *Exportaciones pesqueras en el primer bimestre*.
<https://revistapuerto.com.ar/2025/03/exportaciones-pesqueras-en-el-primer-bimestre>
33. Rinaudo, M. (2006). *Chitin and chitosan: Properties and applications*. *Progress in Polymer Science*, 31(7), 603–632.
34. RINAUDO, M. (2021). *Chitosan: An overview of its properties and applications*. *Polymers*, 13(19), 3256. MDPI. <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/19/3256>
35. Rodríguez, M. S., Albertengo, L., & Agulló, E. (2011). *Chitosan interaction with iron from yoghurt: Comparative in vitro study with plant dietary fibers*. *BioMed Research International*, 2011, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2011/315537>
36. Seafood Media Group. (2024). *Aumentan las exportaciones y baja el precio del langostino*.
https://seafood.media/fis/worldnews/worldnews.asp?country=0&df=0&id=128740&l=s&ndb=1&utm_source
37. SENASA. (s. f.). *Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/senasa>
38. Subramani, G., & Manian, R. (2024). *Bioactive chitosan films: Integrating antibacterial, antioxidant, and antifungal properties in food packaging*. *Frontiers in Nutrition*, 11, 39127291.
39. Turner, M. (2002). *How to simulate shelf life for ageing trials*. *Medical Device Technology*, 13(1), 90–92.

Igarzabal Morena y Ruibal Palacio Mateo

40. Younes, I., & Rinaudo, M. (2015). *Chitin and chitosan preparation from marine sources*. *Marine Drugs*, 13(3), 1133–1174. <https://doi.org/10.3390/md13031133>

ANEXOS

Anexo A: Melanosis en langostinos

La melanosis es un proceso de oxidación que afecta a los mariscos, como los langostinos y otros crustáceos, causando la aparición de manchas negras en su exoesqueleto. Este fenómeno ocurre cuando los compuestos fenólicos presentes en el exoesqueleto reaccionan con enzimas, principalmente la tirosinasa, y con el oxígeno del ambiente. La acción de estas enzimas produce la formación de melanina, el pigmento que da lugar a las manchas oscuras. Aunque la melanosis no afecta la seguridad alimentaria ni la salud del producto, sí reduce su valor comercial debido a que los consumidores suelen asociar las manchas negras con productos en mal estado.

Anexo B: Especificaciones microbiológicas del SENASA para productos de origen marino

C.2.e. PESCADOS FRESCOS, MOLUSCOS Y CRUSTÁCEOS

Artículo 271 – (Resolución Conjunta SCS y SAGyP N° 11/2022)

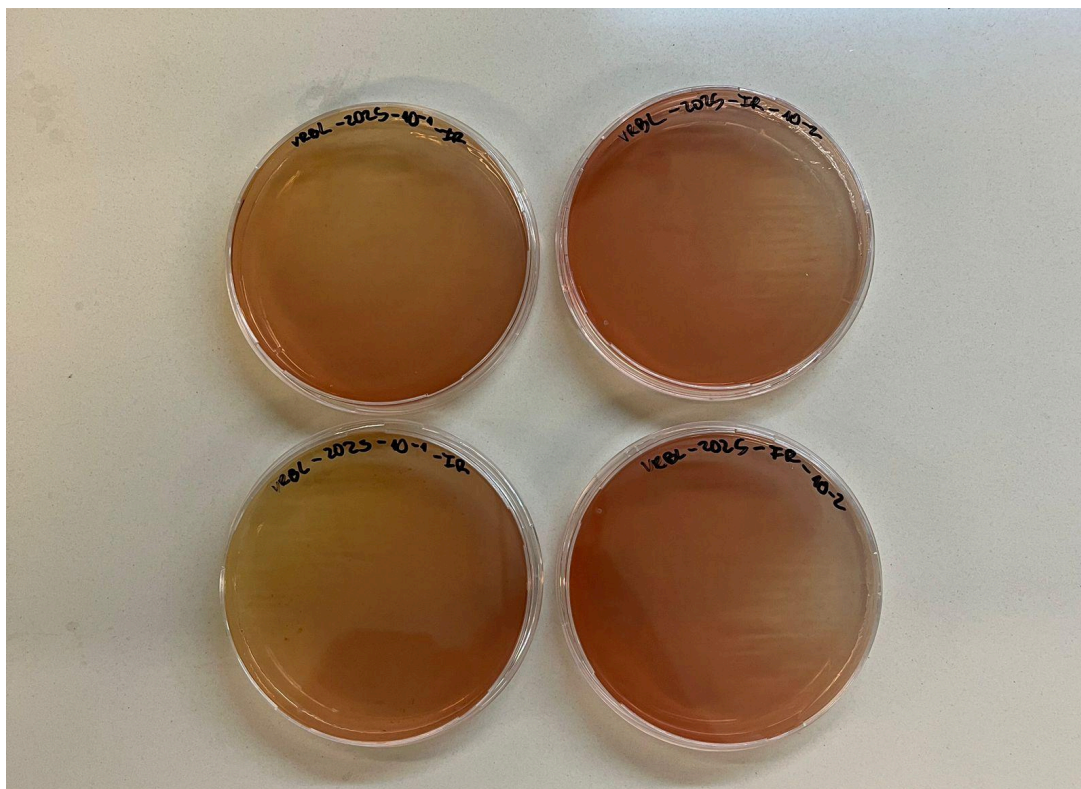
Se entiende por Productos de la Pesca y la acuicultura a todos aquellos productos provenientes de la captura y/o cultivo, de animales vertebrados e invertebrados acuáticos, comúnmente designados con el nombre de pescados (tanto óseos como cartilagosos), mariscos (moluscos y crustáceos), anfibios y cualquier otro animal invertebrado comestible, exceptuando los mamíferos acuáticos, y reptiles.

Dado que en el CAA aún no hay establecidas normas microbiológicas para **pescado fresco**, se presentan a continuación las tolerancias microbiológicas recomendadas por el SENASA para este tipo de producto.

Microorganismos	Criterios de aceptación	Metodologías de ensayo
Recuento de aerobios mesófilos	1.000.000 u.f.c/g	ISO 4833-1:2013/AMD1:2022
Recuento de Enterobacterias	200 u.f.c/g	ISO 21528-2:2017
Recuento de coliformes	100 u.f.c/g	ISO 4832-2006
Recuento de Enterococos	100 u.f.c/g	ICMSF (1983)
Recuento de anaerobios sulfito	20 u.f.c/g	ISO 15213-2003
Flora micótica total	600 u.f.c/g	ISO 21527-1:2008
Levaduras	500 u.f.c/g	ISO 21527-1:2008
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia en 0,1 g	ICSMF (1983)
<i>Salmonella</i> spp en 25 gramos	Ausencia en 25 g	ICSMF (1983)
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa positiva(u.f.c./g)	<100 u.f.c/g	ISO 6888-1:1999, Amd. 1:2003

Anexo C: Resultados de los análisis microbiológicos (placas)

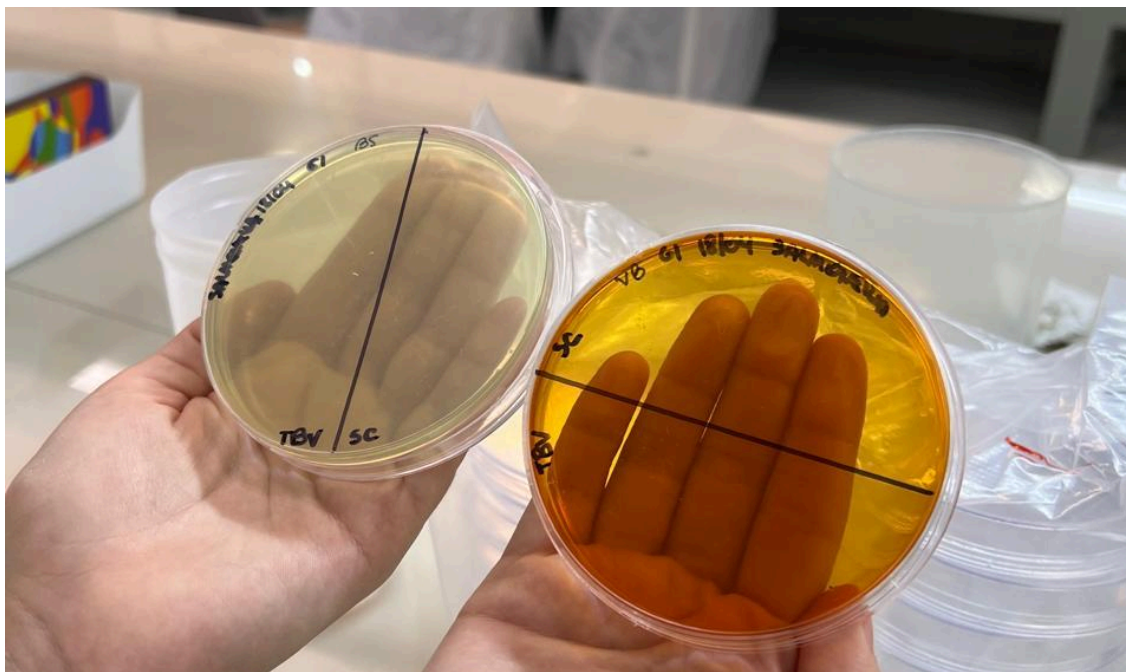
- Recuento de coliformes



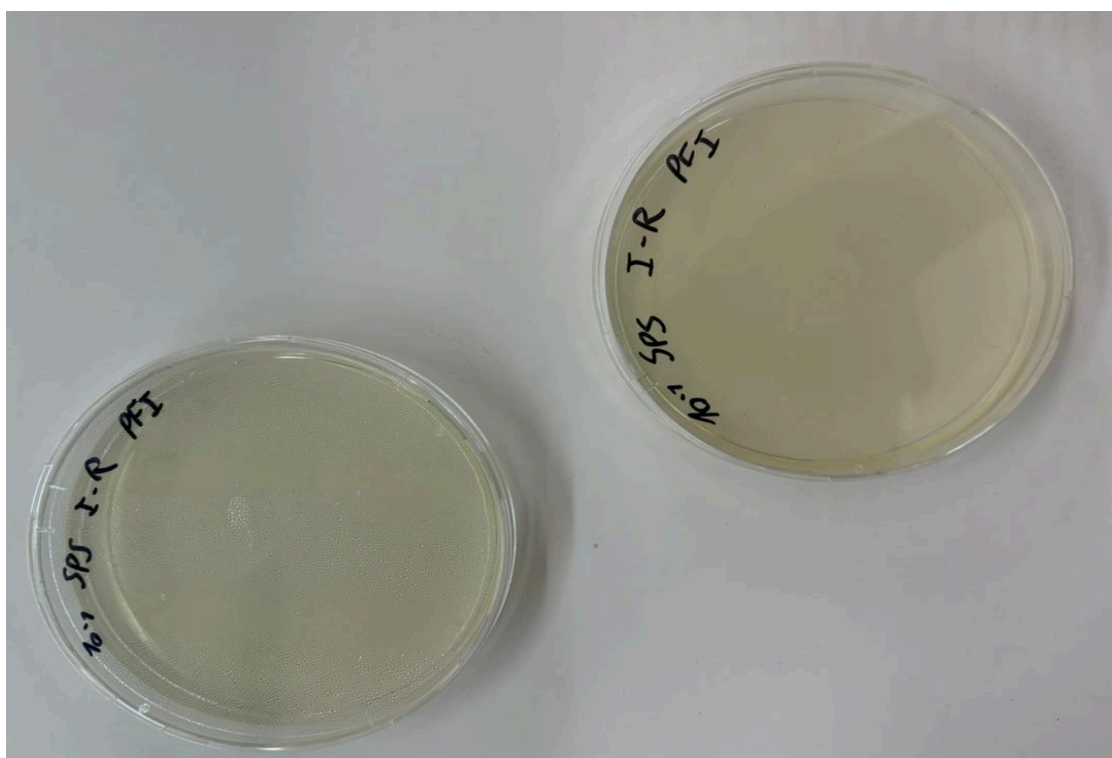
- Investigación de *Escherichia Coli* en 0,1 g



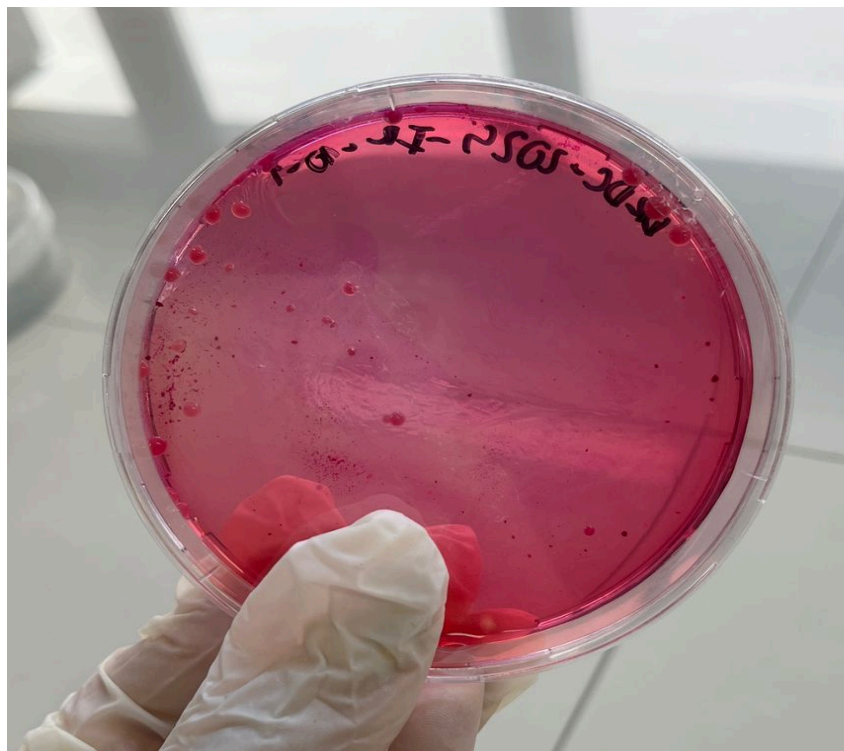
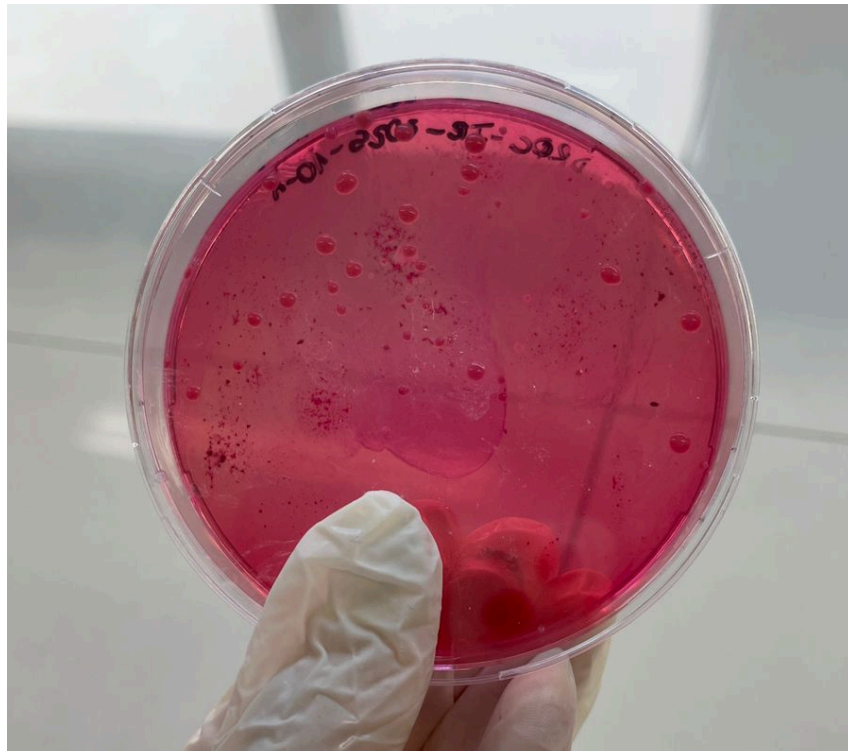
- Investigación de *Salmonella* spp en 10 gramos



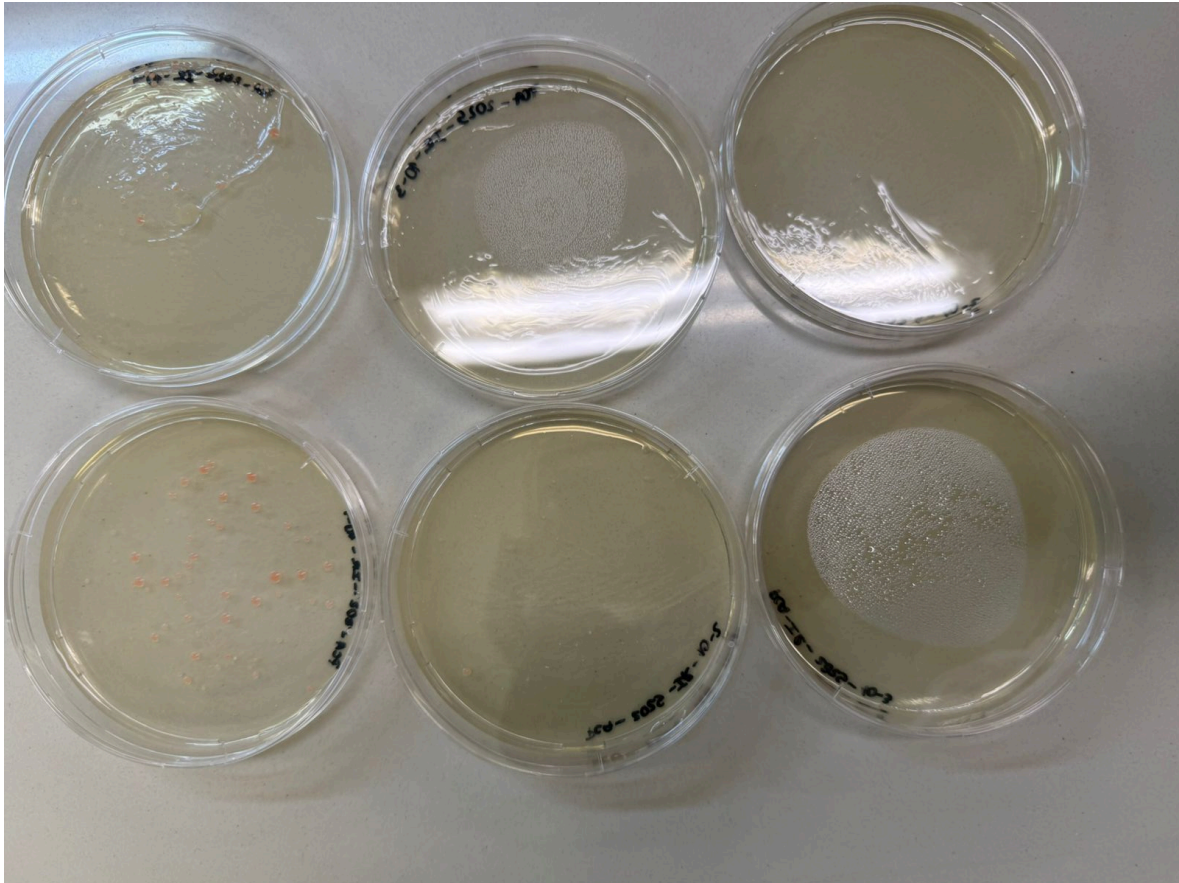
- Recuento de anaerobios sulfito reductores

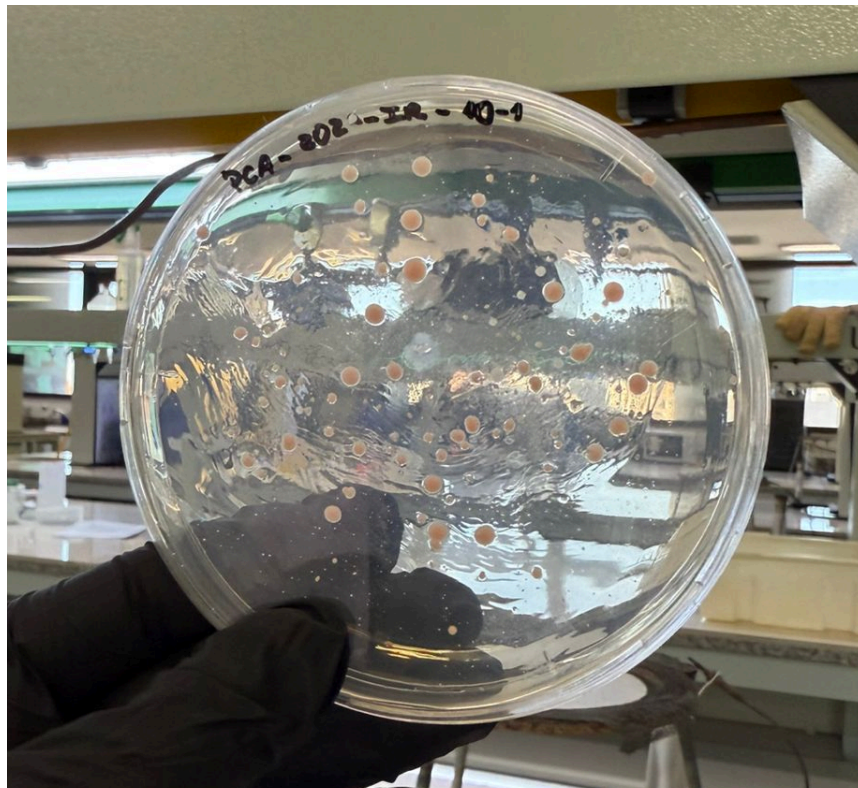


- Hongos y levaduras

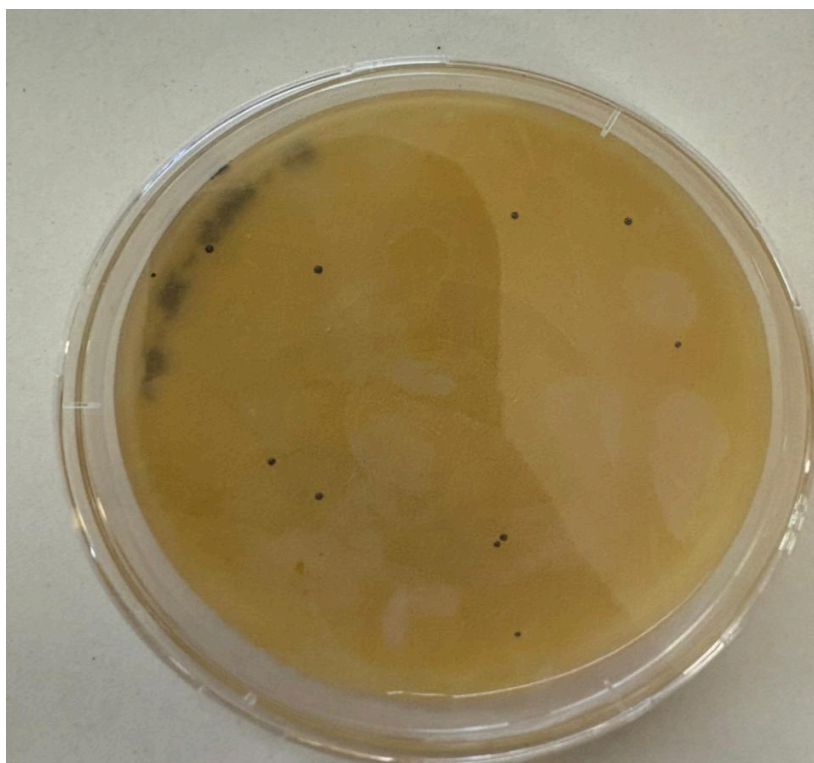


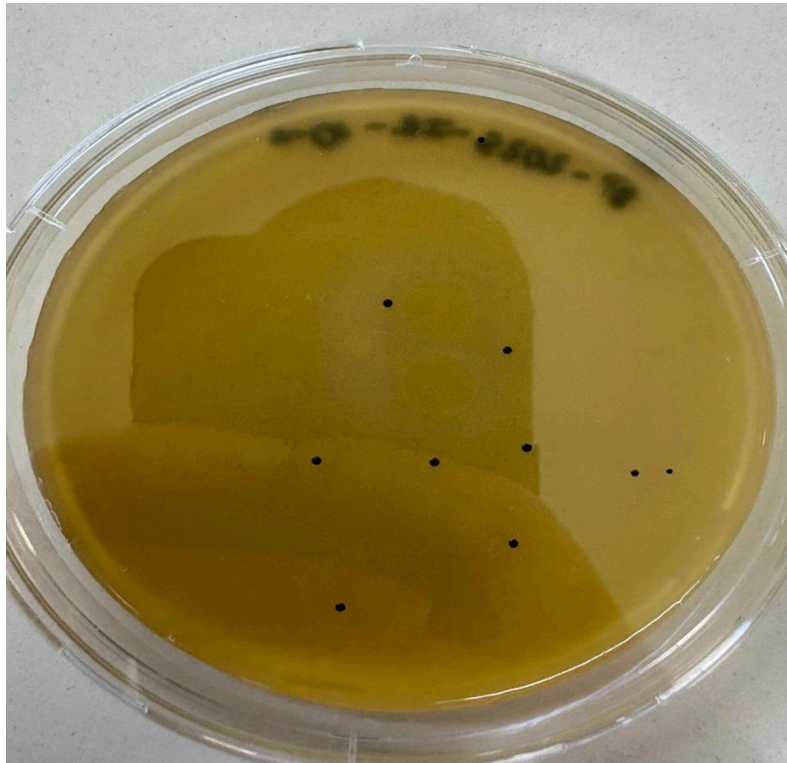
- Recuento de aerobios mesófilos



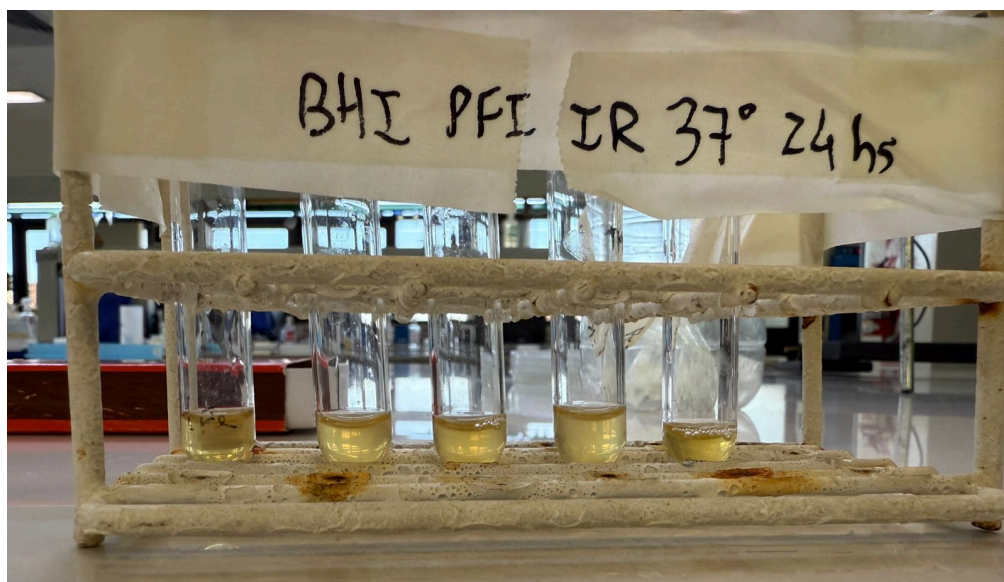


- Recuento de *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva

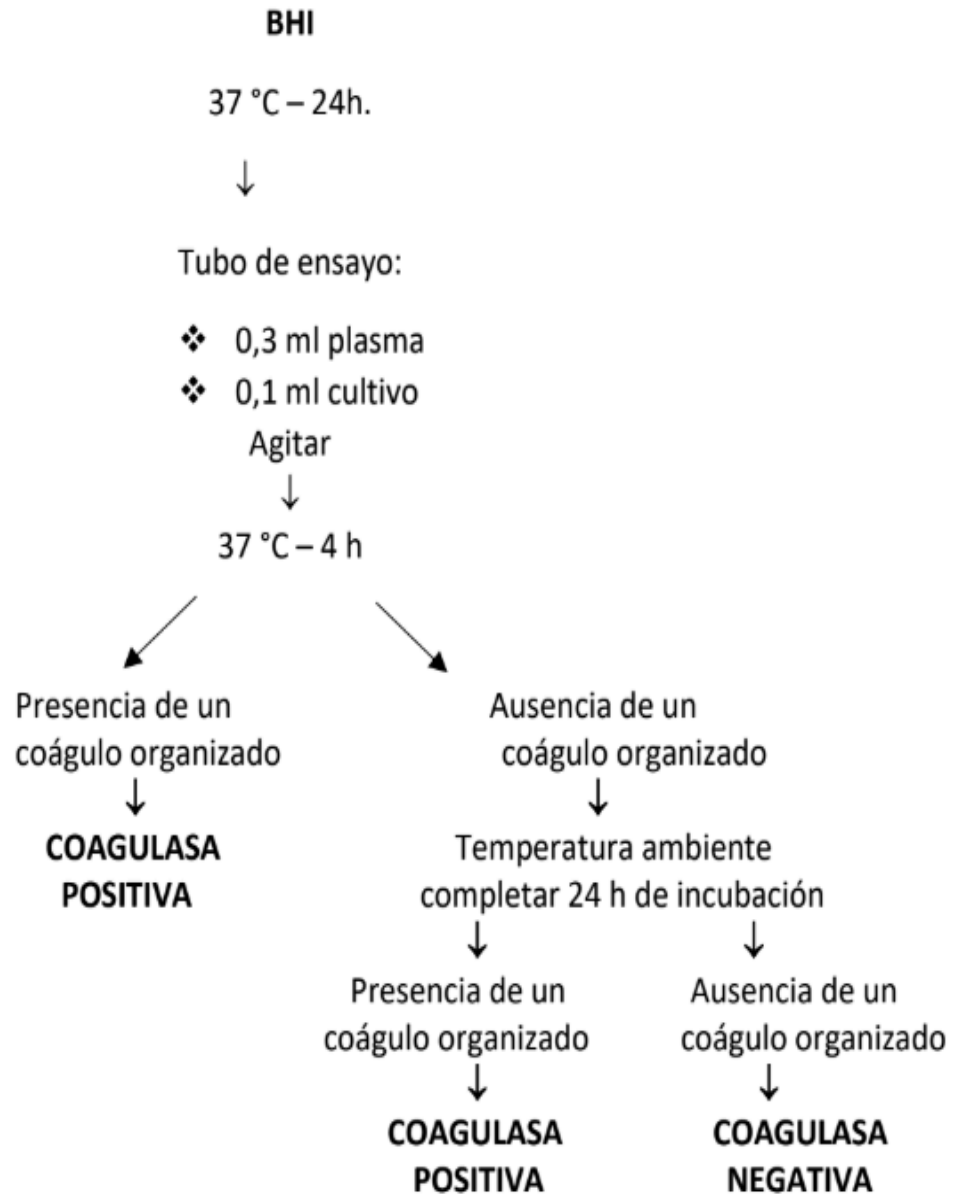




Anexo D: Prueba de la coagulasa



S I N O P S I S



Anexo E: Medida Mesh

El sistema de medidas Mesh es un sistema internacional de medición con origen en Estados Unidos que indica el número de aberturas (o huecos) presentes en una pulgada lineal (aproximadamente 2,54 cm) de una malla o zaranda. Una mayor numeración corresponde a aberturas más finas y, por ende, a una mayor capacidad de retención de partículas pequeñas. (Kramer Industries Inc, 2024).

US Mesh	Micrones	Pulgadas
5	4000 μm	0,157
10	2000 μm	0,0787
20	850 μm	0,0331
40	425 μm	0,016
60	250 μm	0,01
80	165 μm	0,0065

Anexo F: Cálculos

Cálculo de desechos de exoesqueleto por día:

Anuales: 2233,14 toneladas

Anuales destinadas a usar (80%) =

Anuales destinadas a reserva (20%) =

Mensuales: 2233,14 toneladas / 12 meses = 186,095 toneladas por mes

Diarios: 186,095 toneladas / 260 días laborables = 0,71575 toneladas por día

Anexo G: Cálculo de reactivos para bolsa de 5 Kg de quitosano

Cabe destacar que los cálculos se realizaron considerando una relación 1:10 para el uso de ácido clorhídrico (HCl) e hidróxido de sodio (NaOH).

Cálculo para obtener 50 L de HCl 1M =

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

En donde:

C1 = 12 M (concentración de HCl comercial al 37%)

V1= ? (volumen de ácido concentrado a emplear)

C2=1 M (concentración deseada)

V2=50 L (volumen final de la solución)

$$12M * V2 = 1M * 50 L$$

$$V2 = 4,16 L = 4,20 L \text{ aproximadamente}$$

Por lo tanto, se requieren aproximadamente 4,20 L de HCl al 37%, que deben diluirse cuidadosamente en agua hasta completar un volumen final de 50 L.

Cálculo para obtener 50 L de NaOH 1M partiendo de NaOH 50% =

Calcular cuántos gramos de NaOH necesito para 50 L a 1M

- Peso molecular del NaOH = 40 g/mol.
- 1 M = 40 g en 1 L.

$$40 \text{ g/L} * 50 \text{ l} = 2.000 \text{ g de NaOH} = 2 \text{ kg de NaOH}$$

Calcular cuánta solución de NaOH 50% necesito

En 100 g de solución hay 50 g de NaOH, necesito saber cuantos gramos de solución hay para 2000 g de NaOH =

$$((2000 \text{ g NaOH} * 100 \text{ g de solución}) / 50 \text{ g de NaOH}) = 4.000 \text{ g de solución}$$

Pasar a volumen (usando densidad)

- Masa de solución = 4000 g.
- Densidad = 1,53 g/mL

$$4000 \text{ g de solución} / 1,53 \text{ g / ml} = 2614 \text{ mL} = 2,6 \text{ L de NaOH}$$

Por lo tanto, se necesitan 2,6 L de NaOH al 50% que se diluyen con agua hasta alcanzar un volumen de 50 L, que es el volumen deseado.