



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**ESTUDIO DE VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS  
CÁRNICOS USANDO EMPAQUES  
BIODEGRADABLES**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERA  
QUÍMICA**

**PRESENTA**

**RAQUEL TAPIA LÓPEZ**

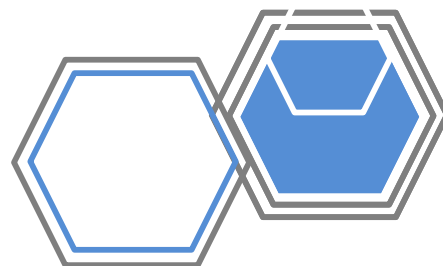
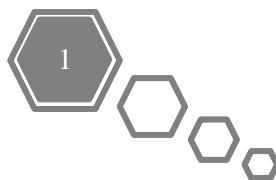
**ASESORA DE TESIS**

**DRA. EN C. ROSA MARÍA GÓMEZ ESPINOSA**

**COASESOR DE TESIS**

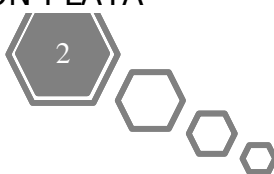
**DR. OCTAVIO DUBLÁN GARCÍA**

**ENERO 2023**



## **CONTENIDO**

RESUMEN	5
PALABRAS CLAVE	6
HIPÓTESIS	6
OBJETIVOS	7
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
JUSTIFICACIÓN	8
CAPITULO I	9
MARCO TEÓRICO	9
CAPITULO I MARCO TEÓRICO	10
1.1 FUNCIÓN DE UN EMPAQUE.	13
1.2 MATERIALES DE EMPAQUES UTILIZADOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS.	15
1.3 TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS A TRAVÉS DE SU EMPAQUE.	32
1.4 QUITOSANO COMO UNA NUEVA ALTERNATIVA DE EMPAQUE EN PRODUCTOS CÁRNICOS.	39
1.4.1 ¿QUÉ ES EL QUITOSANO?	39
1.4.2 OBTENCIÓN DEL QUITOSANO	42
1.4.3 PROPIEDADES DEL QUITOSANO	50
1.4.4 PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS Y ANTIBACTERIANAS DEL QUITOSANO.	52
1.4.5 QUITOSANO DOPADO CON PLATA	59

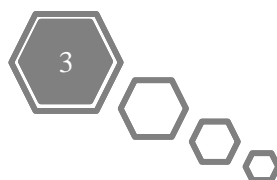


---

---

---

1.4.6 APLICACIONES DEL QUITOSANO	61
CAPITULO II PARTE EXPERIMENTAL	67
2. PARTE EXPERIMENTAL	67
2.1 MATERIALES	67
2.2 METODOLOGÍA	68
2.2.1 OBTENCIÓN DE SOLUCIÓN FORMADORA DE LOS EMPAQUES DE QUITOSANO.	69
2.2.2 OBTENCIÓN DE LOS EMPAQUES DE QUITOSANO AG <sup>+</sup> .	69
2.2.3 OBTENCIÓN DE LOS EMPAQUES DE QUITOSANO AG <sup>0</sup> .	70
2.2.4 SELECCIÓN Y CORTE DE LA CARNE DE RES.	72
2.3 APLICACIÓN DE LOS EMPAQUES COMERCIALES, Q-AG <sup>+</sup> Y Q-AG <sup>0</sup> EN CARNE DE RES CRUDA.	74
CAPITULO III	78
ANÁLISIS Y RESULTADOS	78
CAPITULO III ANÁLISIS Y RESULTADOS	79
3. RESULTADOS OBTENIDOS	79
3.1 APLICACIÓN DE LAS PELÍCULAS COMO EMPAQUE DE PRODUCTOS CÁRNICOS.	79
CAPITULO IV	95
CONCLUSIONES	95
CAPITULO IV CONCLUSIONES	96
CONCLUSIONES	96
CAPITULO V	97

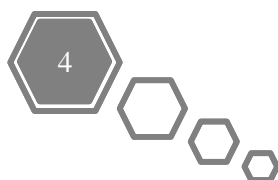


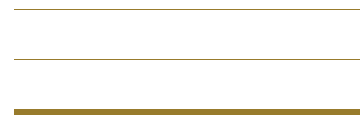
---

---

---

REFERENCIAS	97
REFERENCIAS CITADAS	98
ANEXOS	108
INDICES, ABREVIATURAS Y FORMULAS QUÍMICAS	108
ÍNDICE DE TABLAS	109
ÍNDICE DE FIGURAS	110
ABREVIATURAS	112



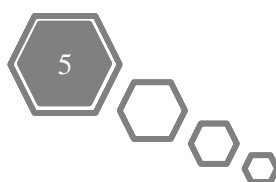


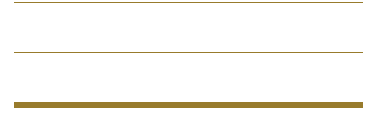
## RESUMEN

Los empaques poliméricos comerciales para productos cárnicos empleados actualmente producen desechos altamente contaminantes para el ambiente. Gran porcentaje de empaques que se desechan hoy en día es proveniente de los desperdicios que se generan en los alimentos y en su mayoría son vertidos en cuerpos de agua, suelos y espacios verdes. Los empaques poliméricos no reciben algún tratamiento que acelere su proceso de descomposición o bien su capacidad para prolongar el tiempo de vida útil de los alimentos, evitando así ser desechados en periodos de tiempo muy cortos.

En este trabajo se realizó una investigación de una posible alternativa del desarrollo de un empaque a través del uso del biopolímero quitosano. En el que se emplea un producto cárnico que permitirá el estudio de la funcionalidad del empaque, como un medio para prolongar la vida de anaquel de los productos cárnicos y estudio de su efecto antimicrobiano ante la incorporación de iones plata y plata metálica en el empaque de quitosano.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los empaques quitosano-plata demostraron prolongar la vida de anaquel de los productos cárnicos en comparación con un empaque de polietileno comercial, además de inhibir el crecimiento de bacterias y otorgar características de frescura y calidad en el producto. Adicional a esto, el empaque a base de quitosano es completamente biodegradable capaz de desintegrarse sin generar efectos contaminantes al medio ambiente.



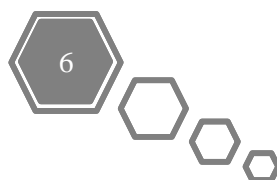


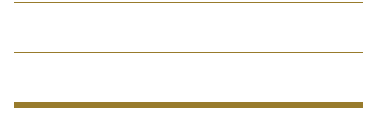
## **PALABRAS CLAVE**

Antimicrobiano, empaque, empaque biodegradable, plata, quitosano.

## **HIPÓTESIS**

El material biodegradable a base de quitosano-plata (Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup>) prolonga la vida de anaquel en comparación con el polietileno comercial.





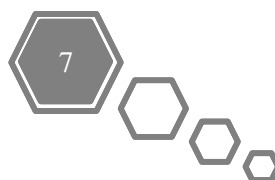
## **OBJETIVOS**

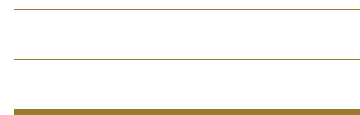
### **Objetivo General**

Diseñar un empaque biodegradable para prolongar la vida de anaquel de productos cárnicos.

### **Objetivos Específicos**

- I. Obtener un material biodegradable a base de quitosano y partículas bactericidas ( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Ag}^0$ ) .
  
- II. Evaluar el material biodegradable a diferentes tiempos (1-7 días) y condiciones (temperatura ambiente y baja temperatura) aplicado a un producto cárnico.





## JUSTIFICACIÓN

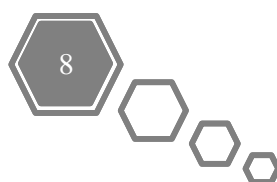
Hoy en día los plásticos convencionales presentan ciertas limitaciones, entre ellas destacando lo siguiente: son obtenidos a partir de procesamientos de combustibles fósiles como petróleo o gas natural, que como bien sabemos pertenecen a los recursos no renovables, lo que representa que en algunos casos su composición genere gran cantidad de residuos.

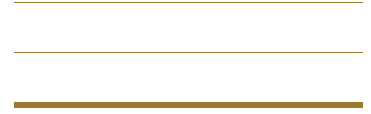
Los desperdicios de alimentos representan un problema mundial, según datos de la ONU se desperdician cerca de 121 kg de alimentos por consumidor estimando que 74 kg de estos pertenecen al desperdicio en los hogares (ONU, 2021).

Es por lo que las tecnologías usadas para los métodos de embalaje y transporte de alimentos son una de las medidas que mayor impacto puede causar en la reducción de desperdicio de alimentos en general.

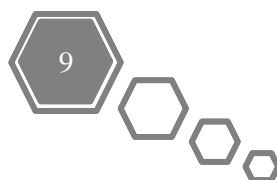
Los materiales de los envases desarrollan un papel fundamental en la contención del producto y la reducción de desperdicio de alimentos, además de alargar el tiempo de vida, brindan protección física, microbiana y evitan posibles alteraciones, ocupando el primer lugar los plásticos, pues poseen propiedades únicas como; fácil manejo, resistencia, ligereza y versatilidad.

Hoy en día los plásticos deben poseer las características de ser amigables con el medio ambiente y poseer un periodo de vida corto una vez que son desechados o bien que puedan ser reciclables y así contribuir a evitar las grandes cantidades de desperdicio de comida que se generan con los plásticos convencionales (Revista Cárnica No. 409 y 411, 2020).





Por esta razón con este proyecto se pretende diseñar un empaque biodegradable para prolongar la vida de anaquel de productos cárnicos.





# **CAPITULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

---

---

---

## CAPITULO I MARCO TEÓRICO

### 1. Historia de los Empaques.

La necesidad de transportar alimentos, agua y artículos de primera necesidad fueron unas de las principales causas que hizo que la gente pensara en el desarrollo de contenedores, o bien el desarrollo del packaging (empaque: aquel que está constituido de innumerables tipos de materiales y puede adoptar la forma, textura y color que desee teniendo como función principal proteger un producto o envase) (Alba, 2020).

Desde tiempos antiguos las familias y colonias obtenían contenedores y producían los mismos a través de los recursos proporcionados por la naturaleza, tales como los restos de pieles y órganos de los animales, conchas, caparazones, troncos huecos y la diversidad de hojas de los lugares en los que habitaban (Paula Hook, 2017).

Con la necesidad de almacenar y obtener los suficientes recursos surge el proceso del tejido de hierbas y más tarde de cañas abriendo paso a el desarrollo de uno de los principales métodos de empaque para la conservación y evitar la pérdida de alimentos.

A medida que transcurrió el tiempo se fueron descubriendo minerales y compuestos, que a su vez permitieron el desarrollo de otras formas de empaque hechos a base de metal y cerámica (Paula Hook, 2017).

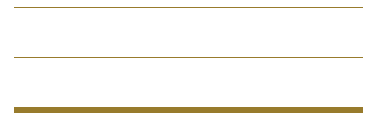


**Figura 1. Representación histórica de los envases (Dicoval, 2022).**

Los primeros en industrializar los empaques fueron los antiguos egipcios, quienes se encargaron de desarrollar y fabricar los primeros recipientes hechos a base de vidrio en el año 4000 a. C.

Históricamente por los siglos I o II el papel fue inventado por los chinos y se conoce como una de las formas más antiguas de empaque ya que era elaborado a partir de láminas de corteza de morera tratada (Alba, 2020).

Por su flexibilidad y practicidad para envolver los alimentos, este tipo de empaque es conocido como empaque flexible. Un empaque flexible es



aquel cuerpo tridimensional hecho de materiales complejos poco rígidos que se dejan enrollar, doblar, formar y fraccionar.

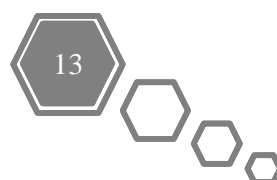
El siguiente hecho que marco la evolución del empaque se dio en 1817 año en el que se produjo la primera caja de cartón hoy en día conocido como "empaque semiflexible".

Esta nueva forma de empaque vino a reemplazar las cajas de madera comúnmente utilizadas para el comercio. Y en el caso de los cereales de los hermanos Kellogg fueron quienes impulsaron su desarrollo empleando cajas de cartón como principal medio de empaque.

Todo transcurrió así hasta que las bolsas de papel comerciales se fabricaron por primera vez en Bristol, Inglaterra en 1852, y fue hasta 1867 que se desarrolló el papel procedente de la pulpa de madera abriendo camino al futuro del embalaje.

Como el papel, las cajas y envases hechos de otros materiales presentaban problemas para transportar comida y mantenerla por largos periodos de tiempo se desarrollaron las latas "empaques rígidos" mejor conocidos hoy como aquellos que poseen una forma definida, no moldeable y rígida. La primera lata en fabricarse fue una lata de bebidas de acero estañado, hecha por Krueger Beer en 1935.

Finalmente el plástico surge en 1831 a través de la destilación de estireno de un árbol de bálsamo. Pero como los primeros productos se rompían con facilidad se tuvo que esperar hasta que en Alemania se perfeccionó el proceso en el año de 1833.





Con los continuos avances e innovación del plástico es creada la primera bolsa de plástico por Sten Gustaf Thulin, un empleado de una empresa llamada Celloplast en 1965 (Evans, 2019).

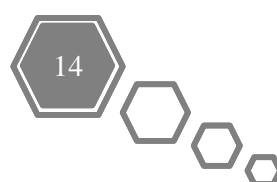
### **1.1 Función de un empaque.**

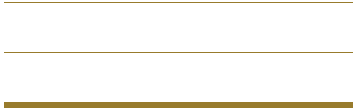
La función de un empaque comienza a partir de satisfacer diversas necesidades como es; proteger alimentos desde vegetales hasta diversos productos cárnicos, desde la etapa de producción, almacén y transporte, preservando las características requeridas por los diversos estándares de calidad al momento de ser almacenados y puestos a la venta.

Un empaque es de uso fundamental durante etapas de procesamiento, almacenamiento y distribución, debido a sus características fisicoquímicas que le permiten generar una barrera de protección de peligros químicos, biológicos y mecánicos (contaminantes microbianos, parásitos, contaminación por suciedad y sustancias tóxicas) (Robertson, 2012).

Esta barrera actúa contra la contaminación externa de la carne, aunque aun así no depende completamente del empaque.

Según la llamada estrategia de "tecnología de obstáculos" para que un empaque reduzca el tiempo de deterioro de la carne, debe ser sometido a otros tratamientos que en presencia de microorganismos limiten el crecimiento de los mismos (Piergiovanni & Limbo, 2010).




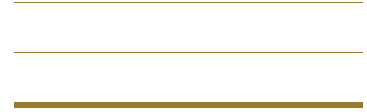


Un empaque no se limita solo a la contención y conservación de un producto, también juega otro papel importante; en la industria del marketing es muy común encontrar una diversidad de usos que van desde la presentación del producto hasta la publicidad y promoción del mismo, actuando como un vendedor silencioso (Piergiovanni & Limbo, 2010).

Hay una variedad de niveles de envasado entre ellos destacan los siguientes tres (Tabla 1):

**Tabla 1. Comparación de niveles de empaque (Robertson, 2012).**

<p><b>Envase Primario</b></p> <p>Es donde el material del empaque se encuentra en contacto directo con el producto evitando cualquier tipo de contaminación externa del medio ambiente.</p>	
<p><b>Envase Secundario</b></p> <p>El empaque figura como una unidad de venta otorgando protección contra los esfuerzos mecánicos durante su almacenamiento y transporte.</p>	

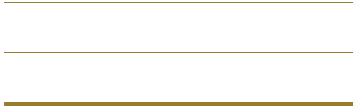


	
<p><b>Embalaje</b></p> <p>Aquí el empaque se encuentra en el exterior, y es el encargado de facilitar el manejo, paletización y transporte del producto.</p>	

## 1.2 Materiales de empaques utilizados para el almacenamiento de productos alimenticios.

Existen diferentes conceptos de empaque según el producto en particular y la etapa de procesamiento dentro de la cadena de valor agregado.

Esto significa que se requieren tecnologías y materiales de envasado diferentes, cuando se producen, por ejemplo, envases de transporte o maduración, de los que se requieren para los envases de venta al por menor para el consumidor final.



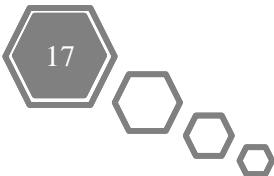
Además de las altas demandas de higiene y funcionalidad, uno de los objetivos más importantes de un envase es prolongar la vida útil del producto (Mazzola & Sarantopoulos, 2019).

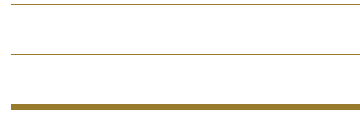
La elección de los materiales de envasado más adecuados para mantener la calidad y la seguridad de los alimentos en los envases comúnmente son los *plásticos flexibles*, *plásticos semirrígidos* y los *plásticos rígidos*, ya que representan el porcentaje más alto de los materiales más utilizados para empacar carnes.

En la siguiente tabla (Tabla 2) se detallan las características y materiales de los plásticos mencionados:

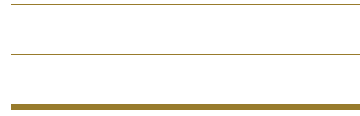
**Tabla 2. Características y materiales de los plásticos flexibles, semirrígidos y rígidos (KANGBEITE, 2006).**


Caracterización	Ejemplos comerciales	Materiales Plásticos
<b>Plásticos Flexibles</b>		





<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Alta flexibilidad,</li><li>❖ Fácil manejo para su almacenaje,</li><li>❖ Buena apariencia y,</li><li>❖ Bajo costo.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>❖ PE: Polietileno de alta y baja densidad,</li><li>❖ PET: Poli tereftalato de etileno – Poliéster,</li><li>❖ PP: Polipropileno,</li><li>❖ PA: Poliamida,</li><li>❖ BOPP: polipropileno biorientado, metalizado, transparente, mate.</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>Plásticos Semirrígidos</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Flexibilidad sin ruptura,</li><li>❖ Resistencia a la presión y,</li><li>❖ Alta resistencia a la humedad.</li><li>❖ Costos menores de distribución.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>❖ PVC: Policloruro de vinilo,</li><li>❖ PET: Tereftalato de polietileno.</li><li>❖ PVdC: Cloruro de polivinilideno.</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>Plásticos Rígidos</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Cero flexible,</li></ul>		



<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Fácil manipulación,</li><li>❖ Alta resistencia al deterioro,</li><li>❖ Sin pérdida o deterioro del producto.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>❖ HDPE: Polietileno de alta densidad,</li><li>❖ PP: Polipropileno.</li><li>❖ PA: Poliamida</li><li>❖ EVOH: Alcohol vinílico de etileno.</li></ul>
--	---	---

A continuación, una breve descripción de los plásticos de uso común para aplicaciones de envasado de productos alimenticios.

- **Polietileno (PE)**

El polietileno es un grupo de polímeros sintéticos compuestos formados al someter a presión al etileno, un gas que se encuentra en el carbón, con la estructura más simple y el material plástico de embalaje más utilizado.

Es de bajo costo, transparente, resistente, termosellable, impermeable a la humedad y resistente a las bajas temperaturas (Figura 2).



**Figura 2. Bolsa plástica de polietileno (Soluciones en Embalajes Flexibles, 2019)**

- **Polipropileno (PP)**

El polipropileno es un polímero multifuncional que se utiliza en estructuras de embalaje flexibles, rígidas y semirrígidas (KANGBEITE, 2006).

Es un material de empaque de plástico de resina sintética que se usa para calentar solo en microondas alimentos con bajo contenido de grasa y de azúcar; no termoestable para su uso en hornos convencionales.

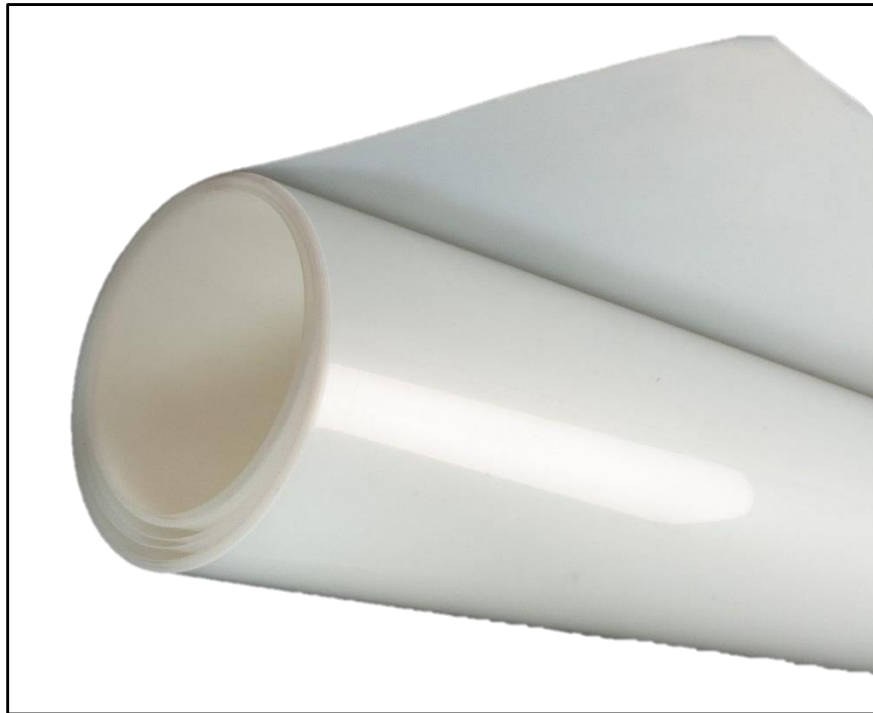
La Figura 3 muestra ejemplos del uso en empaques de este polímero.



**Figura 3. Bolsa plástica de polipropileno (Polidasa Empaques Flexibles, 2023)**

- **Poliamida (PA, nailon)**

El nailon es una familia versátil de resinas termoplásticas que varían desde productos relativamente flexibles hasta productos resistentes y materiales fuertes y rígidos; resistente a aceites y grasas; ampliamente utilizado para el envasado de carne y queso, para hervir bolsas y bolsitas (United States Department of Agriculture, 2014).



**Figura 4. Rollo plástico de nailon (Materials World, 2023)**

El nailon generalmente tiene una alta resistencia a la tracción, buena resistencia a la perforación y resistencia a la abrasión, y buena hermeticidad (Figura 4).

La humedad en la estructura de nailon rompe los enlaces entre las cadenas y afecta negativamente sus propiedades, incluidas las propiedades de barrera a los gases.

El nailon generalmente se lamina con polietileno para proporcionar termosellado (KANGBEITE, 2006).

- **Tereftalato de polietileno (PET)**

---

---

---

El tereftalato de polietileno es el poliéster termoplástico de muy alta calidad, es un polímero de condensación producido mediante un proceso de polimerización en fase fundida continua.



**Figura 5. Empaque de Tereftalato de Polietileno (Arapack, 2018)**

Lo que hace que sea utilizado en el envasado de alimentos principalmente en botellas de bebidas y bandejas de alimentos diseñadas para microondas y hornos convencionales (Figura 5) (Envasados a Terceros, 2017).

- **Cloruro de polivinilo (PVC)**

Reemplazó al celofán como el envoltorio de carne preferido utilizado en los supermercados, como se puede observar en la Figura 6; el cloruro de polivinilo es un miembro de la familia del vinilo elaborado a partir de un compuesto que se encuentra en el petróleo.



**Figura 6. Empaque de cloruro de polivinilo (ULMA, 2023).**

Bajo costo, protege contra la pérdida de humedad, pero tiene algo de permeabilidad al oxígeno, por lo que permite que la carne "florezca" (permanezca roja y con un aspecto fresco). Se usa PVC de manera común en forma de película para envolver carne roja en los supermercados (KANGBEITE, 2006).

Aunque, de acuerdo con el recycling codes for plastic los empaques a base de cloruro de polivinilo no son del todo seguros para el uso alimentario, pues a medida que transcurre el tiempo es posible que exista una filtración de sustancias químicas (Journal Method, 2023).

- **Cloruro de polivinilideno (PVdC)**

---

---

---

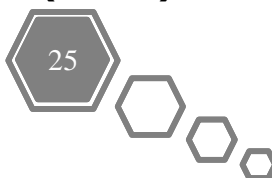
Es un polímero termoplástico que puede soportar una mayor temperatura que el polietileno; especialmente útil para cubrir utensilios al calentar alimentos en el microondas; a prueba de humedad y transparente (United States Department of Agriculture, 2014).



**Figura 7. Plástico de cloruro de polivinilideno (Todo en Polímeros, 2019)**

El PVC que no es plastificado se utiliza en forma de molde rígido, y en otras ocasiones como una membrana para envases. Evita la entrada de oxígeno al emplearse grosores menores de Saran. Se usa PVC de manera común en forma de película para envolver carne roja en los supermercados (Figura 7).

- **Alcohol vinílico de etileno (EVOH)**



---

---

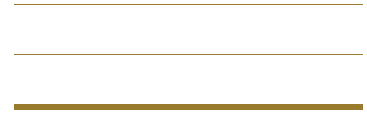
---

Surge de la copolimerización del alcohol polivinílico (PVOH) con etileno para formar EVOH. Formándose un material con menos sensibilidad a la humedad, este material tiene buenas propiedades de procesamiento, por lo que es adecuado para procesar en películas y estructuras de plástico (Figura 8).



**Figura 8. Empaques de alcohol vinílico de etileno (Polietilenos Unidos de México, 2019)**

El EVOH siempre se lamina en forma de película, generalmente de aproximadamente 5 micrones de espesor, intercalado entre polímeros hidrófobos (como polietileno o polipropileno) para proteger el polímero de la humedad. El EVOH también tiene alta resistencia mecánica, alta resistencia a aceites y solventes orgánicos y alta estabilidad térmica (KANGBEITE, 2006).



Como se ha mencionado los plásticos convencionales por su composición química son polímeros, es decir macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas que se repiten en toda una cadena formadas principalmente por monómeros.

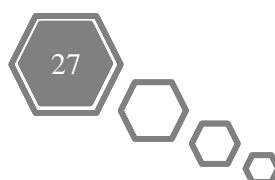
En función de los monómeros se clasifican los tipos de polímeros ya sea, homopolímeros que están formados por un mismo monómero en toda su cadena; y los copolímeros, que están formados por al menos dos monómeros diferentes (Coreño Alonso & Méndez Bautista, 2010).

Estos monómeros reaccionan dando paso a que ocurran algunas polireacciones que a su vez permitirán la formación de las cadenas del polímero. En función de cómo se encuentren entrelazadas los materiales resultantes que se obtienen son: termoplásticos, elastoméricos y termoestables.

Las características principales de un polímero son:

- ✓ **Bajo punto de fusión:** permite que el material sea fácil de procesarlo y también de moldearlo.
- ✓ **Baja densidad:** son altamente ligeros, lo que les permite ser de gran utilidad en las diferentes industrias.
- ✓ **No conductores de calor:** poseen una baja conductividad térmica y eléctrica que permite que sean empleados como material aislante.
- ✓ **Poca reactividad química:** en contacto con diversos productos químicos hasta alimentos no generan riesgos potenciales.

### **Empaques en los productos cárnicos.**



---

---

---

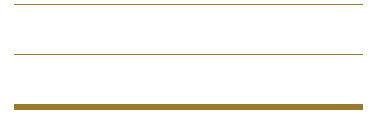
El consumo de los productos cárnicos se remonta al comienzo de la historia humana, y se cree que las primeras actividades carniceras antiguas comenzaron alrededor del año 10,000 a. C. Para ese tiempo la conservación y el transporte de productos cárnicos aún eran escasos, pues se empleaban metodologías rudimentarias como la salazón y el secado, limitando la industria a comercios ubicados en grandes aglomerados sociales (Mazzola & Sarantopoulos, 2019).

Tras reinventarse el mercado de las actividades carniceras se encontró que existía una gran variedad de productos que se podían aprovechar y maximizar en el mercado al dividir el cuerpo de los vacunos, ovinos y porcinos en diferentes tipos de cortes.

La Figura 9 muestra un ejemplo que generaliza la división y despiece de la carne de vacuno durante la época antigua y la época actual.



**Figura 9. Despiece del vacuno (Super Amara, 2019).**

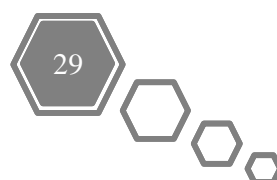


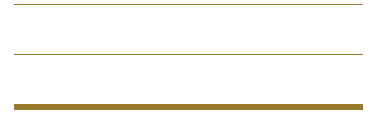
Existe una razón para la división de cada uno de los cortes, y es con la finalidad de poder sacarle el máximo partido a cada parte para su uso en la cocina y venta en el mercado. Por lo tanto cada corte es seleccionado bajo diferentes parámetros que consisten en lo siguiente:

### **Cortes de categoría**

- 1. Solomillo:** Este tipo de corte es considerado como la parte suprema del vacuno por su muy valorada ternera y variedad para ser preparada, al ser una pieza selecta que consta de varias partes como son; cabeza, rosario, el centro y la punta. Lo cual la pone como una de las partes más importantes del despiece del vacuno para venta en el mercado (Super Amara, 2019).
- 2. Lomo alto:** Caracterizado por ser una carne jugosa y tierna de gran sabor que permite obtener el entrecot del corte deshuesado y los chuletones del corte con hueso (Super Amara, 2019).
- 3. Lomo bajo:** Es un tipo de carne magra pero muy tierna. Este corte permite obtener las cintas de las costillas más cortas del vacuno (Super Amara, 2019).

### **Cortes de primera tipo A**





**4. Tapa:** Son todos los cortes de la pierna de esta se obtienen los escalopes y escalopines, es una carne muy blanda (Super Amara, 2019).

**6. Babilla:** Se encuentra situada en la cara interior del muslo, va desde la rodilla hasta la cadera. Es una carne de buena calidad que incluso se le puede dar los mismos usos que el solomillo (Super Amara, 2019).

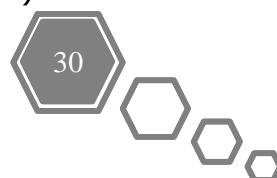
**10. Cadera:** Se ubica en la parte más alta de la pierna entre el lomo y la tapilla, se divide en rabillo, cantero y corazón. Esta carne es jugosa pero posee muy poca grasa (Super Amara, 2019).

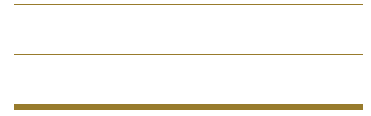
**12. Redondo:** Este corte posee este nombre por su forma, es una carne sin nervios, con poca grasa y muy tierna lo que resulta que suele ser reseca (Super Amara, 2019).

**15. Contra:** Esta pieza es una de las que menos grasa posee por lo tanto es muy reseca, por lo que es común utilizarse para filetes empanados, guisos y estofados (Super Amara, 2019).

## Cortes de primera tipo B

**7. Aguja:** Esta pieza une al lomo con el pescuezo en la zona anterior de las primeras vertebras, por lo que resulta ser una pieza no muy jugosa (Super Amara, 2019).





**8. Espaldilla:** Este corte se encuentra dividido en la parte cantera y la parte plana, donde una es jugosa y otra grasa. Lo que los hace ideales para hacer filetes, asado y estofado (Super Amara, 2019).

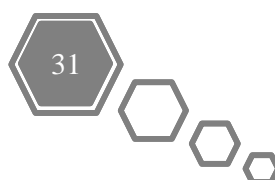
### Cortes de Segunda

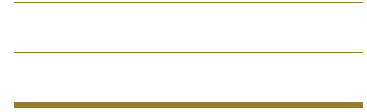
**11. Brazuelo:** Ubicado en la parte superior de la extremidad delantera, es una mezcla de carne magra con grasa con alto contenido de colágeno y menos nervios que el mocillo (Super Amara, 2019).

**9. Morcillo:** Se encuentra en la parte alta de las patas delanteras y traseras posee una gran cantidad de nervios y un poco de grasa. Cuando se corta con el hueso se le conoce como osobucco (Super Amara, 2019).

### Cortes de Tercera

**14. Pescuezo:** La carne de este tipo de corte se caracteriza por su aspecto seco, con nervios y mucho tejido conjuntivo ya que se trata del cuello del vacuno (Super Amara, 2019).

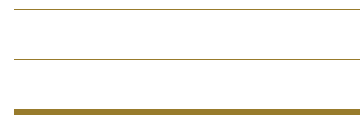




- 13. Falda:** Este corte es del tipo económico, se trata de la parte baja de la costilla donde no hay huesos. Esta pieza resulta ser bastante jugosa a la hora de cocinarse (Super Amara, 2019).
- 5. Costillar:** Este corte está compuesto por todas las costillas del animal, poseen muy poca carne siendo prácticamente huesos cartilagosos (Lyon, 2021).
- 16. Rabo:** Ubicado en la parte trasera del animal, característico por ser una carne gelatinosa con bastante grasa perfecta para guisos (Lyon, 2021).

De esta forma tras ser clasificada la carne por tipos y categorías por la década de 1700, el primer matadero en comercializar estos diferentes productos comenzó a empacar carne en los Estados Unidos, fomentando el crecimiento de la industria en torno al ganado vacuno y porcino, pero aun así la conservación y el transporte eran limitados y desafiantes (Mazzola & Sarantopoulos, 2019).

Se dice que las primeras empresas de comercio de hielo se establecieron en Virginia Occidental y con el avance de los sistemas de enfriamiento por refrigeración, se diseñaron nuevos contenedores y almacenes para conservar productos perecederos y así expandir su movimiento entre los países. De esta forma se lograron establecer cadenas logísticas para transportar productos cárnicos refrigerados y congelados de manera segura y eficiente.



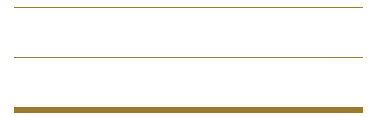
Otro hallazgo interesante durante esta era fue el impacto del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la conservación de la carne; este hecho ocurrió durante el envío de productos cárnicos de Australia a Inglaterra donde se descubrió que el uso de CO<sub>2</sub> sólido prolongó la vida útil de la carne más que la carne mantenida bajo hielo (Farber, 2018).

En ese momento, se usaban materiales de empaque rudimentarios para reducir las posibilidades de contaminación desde el centro de producción hasta los consumidores.

Por la década de 1950 ocurrió una importante revolución pues las ventas a granel disminuyeron; surgiendo un nuevo modelo de ventas basado en los supermercados con productos compitiendo entre sí por los consumidores (Farber, 2018).

Fue así que, con esa nueva dinámica de venta, los envases ganaron una función importante en los alimentos, pues su función ya no solo estaba limitada a proteger físicamente los productos cárnicos pues también desempeñaron la función de comunicar las características de los animales (edad, nutrición, condiciones de crianza) condiciones sanitarias de las instalaciones de sacrificio, almacenamiento y condiciones de transporte (Robertson, 2012).

Actualmente en México, se cuenta con un sello que se coloca en los empaques de los productos cárnicos, este sello certifica la calidad y procedencia de los productos cárnicos del país, conocido como sello TIF: certificación Tipo Inspección Federal (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016).



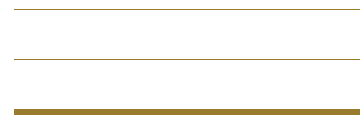
Hoy en día el empaque forma una parte fundamental en la protección y conserva de los productos cárnicos y amenazas ambientales durante el periodo de vida útil de estos.

Con la creciente demanda de alimentos frescos, altamente nutritivos y de aceptación sensorial, la cadena de producción de productos cárnicos ha invertido en programas de tecnología de salud animal, así como en métodos de transporte controlados para extender la vida útil del producto y mejorar la calidad del producto en el momento del consumo.

Un diseño de empaque adecuado ciertamente puede contribuir al control microbiano y, cuando se asocia con las condiciones de almacenamiento adecuadas, puede preservar productos cárnicos frescos de buena calidad hasta 10 veces en comparación con los productos sin envasar, un elemento clave para reducir el desperdicio de alimentos (Mazzola & Sarantopoulos, 2019).

Hasta ahora los avances tecnológicos que se han tenido en los materiales, la metodología y la maquinaria para empacar productos cárnicos, ha significado un avance importante en la conservación de este alimento.

Sin embargo, se debe considerar como un factor principal conocer las tendencias del consumo de un producto determinado, tiempo esperado de comercialización, condiciones de la misma, tipo de consumidores al que se dirige el alimento, entre otros, con el fin de ofrecer un producto en condiciones óptimas de calidad (Belcher, 2006).



### **1.3 Técnicas de conservación de productos cárnicos a través de su empaque.**

A partir de que un alimento abandona su lugar de procedencia u origen y es expuesto a manipulación externa ocurren una serie de reacciones químicas, microbiológicas y físicas. Estas reacciones podrían dañar la calidad del producto y convertirlo en no apto para su consumo.

El proceso de descomposición en carnes, frutas y verduras ocurre demasiado rápido de ahí la necesidad de envasarlas de manera que su conservación se prolongue por más tiempo, y sea posible garantizarse productos de calidad y buen estado desde su almacenamiento, transporte y venta (Juárez, 2022).

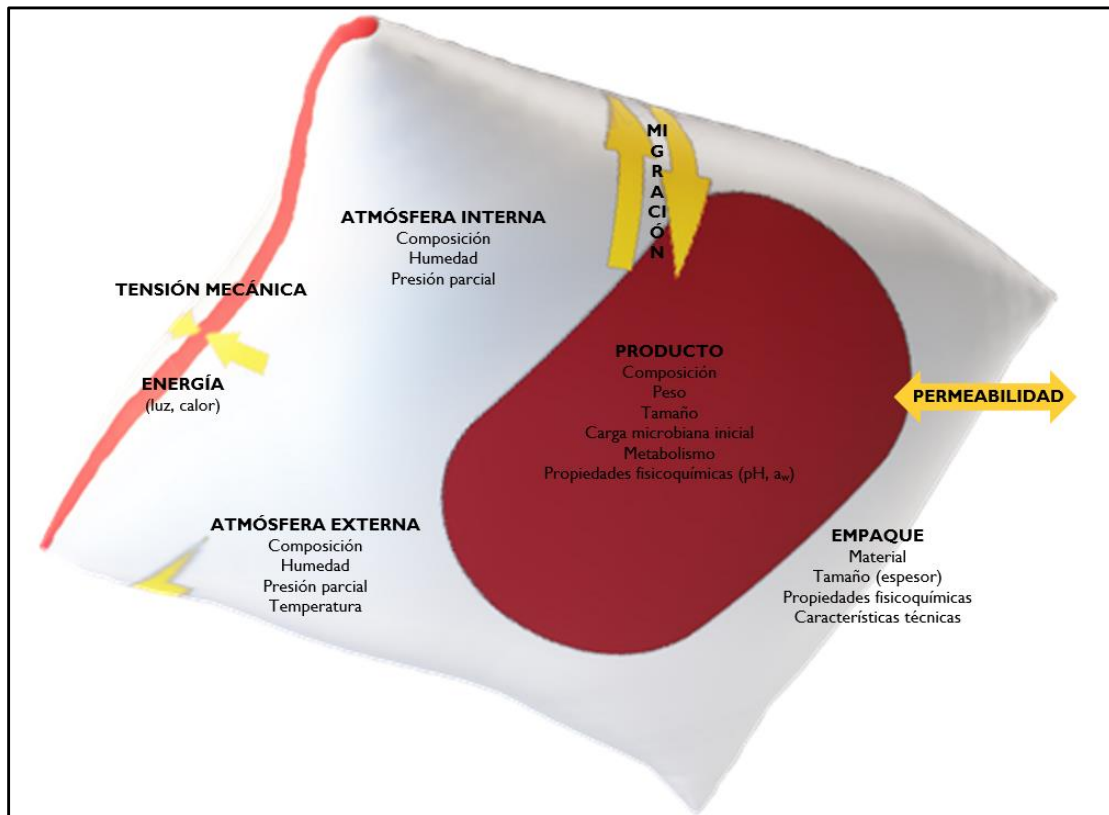
El empaçado es uno de los procesos más importantes en la industria alimenticia, ya que mantiene la calidad del producto durante el transporte, almacenado y uso final.

La Figura 10 muestra algunas de las funciones de un empaque para alimentos donde se destacan cuatro funciones principales correlacionadas: contención, protección, comodidad y comunicación (Juárez, 2022).

Actualmente existen muchos sistemas de envasado de carne, cada uno con diferentes atributos y aplicaciones.

Estos sistemas van desde el embalaje de sobreenvoltura para el almacenamiento refrigerado a corto plazo y/o la exhibición minorista, hasta una diversidad de sistemas específicos de embalaje en atmósfera modificada (MAP) para el almacenamiento refrigerado a largo plazo y/o exhibición, hasta el envasado al vacío (Mathew, *et al.*, 2017), el lavado

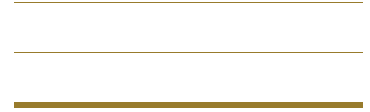
de gas a granel o MAP sistemas que utilizan 100 % de dióxido de carbono para el almacenamiento refrigerado a largo plazo.



**Figura 10. Función y propiedades de un empaque. Elaboración propia, basado en (Lechevalier, 2016).**

Los sistemas de envasado se clasifican según la forma o el tipo de material de envasado, el proceso de elaboración del envase y el proceso por el cual se elimina el oxígeno del envase (Astaiza, 2010).

La tecnología que se ha utilizado para empacar la carne fresca y los productos cárnicos procesados ha consistido principalmente en el



*empacado permeable al aire, atmósfera modificada y empaque al vacío.* Este último es considerado por algunos autores como una forma de empackado en atmósferas modificadas (Belcher, 2006).

A continuación, se describen algunos:

- **Empaque Permeable al Aire**

Este tipo de empaque resulta ser una técnica de empaque comúnmente empleada en el mercado de la carne un claro ejemplo de ello es la charola de espuma de poliestireno convencional (Figura 11) que posee una película de cloruro de polivinilo como medio envolvente, por la facilidad de su utilización, tecnología sencilla y bajo costo (Astaiza, 2010).

Sin embargo, la vida útil del producto no se prolonga considerablemente debido a que facilita la proliferación de microorganismos aunque, por otra parte, para los productos procesados, sobre todo para los de baja humedad, como los chorizos, este es un empaque adecuado (Belcher, 2006).



**Figura 11. Charola de Poliestireno** (Álvarez, 2010)

- **Empaque de Atmosfera Modificada (MAP)**

Consiste en eliminar el aire dentro del empaque que contiene la carne o producto cárnico, para posteriormente inyectar un gas o mezcla de gases.

Se ha modificado el ambiente gaseoso a fin de reducir el % de oxígeno y con ello disminuir el crecimiento microbiano y, por lo tanto, retrasar el deterioro debido a la producción de metabolitos microbianos y a la actividad enzimática residual de la carne; con ello se logra un mayor periodo de anaquel del producto (García Iglesias, *et al.*, 2006).

---

---

---

La vida útil de la carne empacada en atmósferas modificadas aumenta entre 10 y 15% cuando se utiliza una película con permeabilidad al O<sub>2</sub> por debajo de 2 cm<sup>3</sup>\*m<sup>2</sup>\*día\*atm<sup>-1</sup> (Taik, 2010), teniendo cuidado de que la carne empacada no sea expuesta a altas concentraciones de O<sub>2</sub>, ya que acelera el crecimiento de microorganismos aerobios y favorece la oxidación de lípidos y mioglobina (Garcia Iglesias, *et al.*, 2006).

- **Empaque al vacío**

El hecho de mantener la carne bajo condiciones libres de O<sub>2</sub>, extiende la vida de anaquel considerablemente. Empacar al vacío no ha sido un método exitoso para la venta de carne, posiblemente porque ésta adquiere un color púrpura, oscuro y con presencia de exudado visible en el empaque (Figura 12).

Esta técnica se ha mejorado usando doble película, donde la superficial es impermeable y desprendible (empaque madre) y la interior permite la penetración de O<sub>2</sub>, por lo que la carne adquiere un color rojo brillante (Charles, *et al.*, 2006).



**Figura 12. Representación de empacado al vacío (Besser Vacuum, 2022)**

Las nuevas tecnologías de envasado permiten tener cierto control sobre reacciones químicas, microbianas y enzimáticas que son las principales causantes del inicio del deterioro de los alimentos durante y después de su almacenamiento y comercialización.

Aunque, para tener un excelente nivel de calidad deben considerarse determinados factores intrínsecos y extrínsecos que afectan fisicoquímicamente al producto (Gobantes, *et al.*, 2001).

### **Factores Intrínsecos**

- Propiedades fisicoquímicas de la carne como pH, actividad de agua, potencial redox, etc.

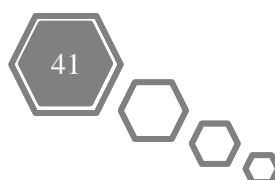
- 
- 
- 
- Composición del producto, entre ellos destacan los nutrientes que permiten el crecimiento de los microorganismos en presencia de componentes antimicrobianos y enzimas existentes en la naturaleza.
  - Características organolépticas, ya que los sistemas de envasado en atmosfera permeable al aire no son capaces de enmascarar los factores negativos de los productos.
  - Condiciones higiénico-sanitarias de la materia prima y del producto final antes de ser envasado.

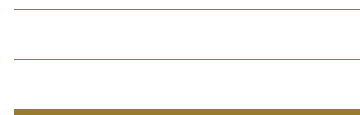
### **Factores Extrínsecos**

- La relación entre el volumen del alimento que se va a envasar.
- El material de envasado adecuado para que pueda salvaguardar las condiciones creadas dentro del empaque, y su permeabilidad frente a gases y la humedad.
- Empleo de técnicas de conservación que permitan prolongar la vida útil del alimento envasado, como el uso de aditivos y el almacenamiento a temperaturas de refrigeración.

Los envases plásticos convencionales son ampliamente utilizados en la conservación de diversos productos debido a su costo relativamente bajo, versatilidad y óptimo rendimiento.

Sin embargo, en las últimas décadas se han convertido en uno de los principales componentes que colaboran en la acumulación de residuos, pues la mayoría de ellos están formados por polímeros sintéticos no biodegradables derivados de fuentes fósiles como el petróleo o carbón, los cuales son muy estables.



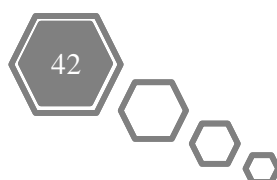


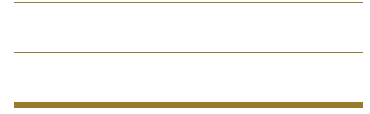
Lo que consecuentemente conlleva a una gran persistencia en la naturaleza durante varias décadas una vez que son desechados (pudiendo este periodo de eliminación incluso superar los 100 años dependiendo de las condiciones ambientales), constituyendo un serio problema ambiental (A. Guerrero, 2015).

Sin embargo, estos problemas abren camino al desarrollo de los polímeros biodegradables, como una nueva fuente de sustitución de los polímeros convencionales, la degradación de estos polímeros parte de reacciones resultantes de la acción de microorganismos que bajo condiciones naturales de la biosfera sufren el proceso de degradación en un periodo corto de tiempo liberando  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y sales minerales.

Los microorganismos involucrados en los polímeros biodegradables comúnmente provienen de bacterias, hongos, algas y restos marinos (A. Guerrero, 2015).

Actualmente se ha descubierto que es posible desarrollar un polímero biodegradable denominado quitosano, este polisacárido ha demostrado poseer las mismas propiedades que un polímero convencional ofrece, pero además posee una alta capacidad para degradarse en un corto tiempo sin contribuir a la generación de contaminantes plásticos en el medio ambiente.





## **1.4 Quitosano como una nueva alternativa de empaque en productos cárnicos.**

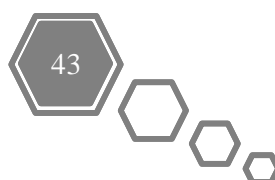
### **1.4.1 ¿Qué es el Quitosano?**

El quitosano es un polisacárido catiónico lineal de la familia aminoglucopirano, derivado del biopolímero quitina. Se obtiene a través de la desacetilación parcial de la quitina, es decir cuando el grado de desacetilación de la quitina es mayor o igual al 50% lo que se obtiene es quitosano. Cuando el grado de desacetilación alcanza el 100% entonces se denomina quitano (Pacheco López, 2010).

La quitina como principal componente se dice que es el segundo biopolímero natural más abundante en la naturaleza al igual que la celulosa. La quitina etimológicamente proviene del griego "chitón" que quiere decir capa, haciendo referencia a una envoltura con características superficiales duras (Moussian, 2019).

Según datos históricos su descubrimiento fue a inicios del año 1811 por el químico francés Henri Braconott tras aislar una sustancia insoluble en un medio alcalino sobre la química de los hongos.

Sin embargo, tras estudios intensos de investigación sobre la complejidad de la molécula y su contenido de nitrógeno, se determinó que la quitina es un componente constituido por unidades monoméricas de glucosamina acetilada químicamente enlazadas (Pankow, 1935).



---

---

---

Físicamente la quitina se puede encontrar como un compuesto proveniente de los exoesqueletos de animales artrópodos como lo son los camarones, cangrejos, calamares y moluscos pertenecientes al grupo crustácea, de los pertenecientes al grupo hexápoda se incluyen diferentes tipos de insectos, así como también nematodos y las paredes celulares de los hongos (Figura 13 a y b) (Ehrlich, *et al.*, 2007).

La quitina se identifica físicamente por su color blanco, duro y sin elasticidad ya que se encuentra acompañada de un 20 a 40% de proteínas provenientes de estos organismos y de un 20 a 50% de carbonato de calcio (Moussian, 2019).



**Figura 13. a) Quitina en desperdicios de camarón (Cluster Camaron, 2017). b) Quitina localizada en el antepecho de los hongos zetas (Flores, 2014).**

---

---

---

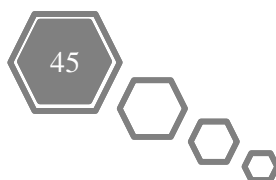
Los porcentajes en peso de quitina, lípidos, CaCO<sub>3</sub> y proteína presentes en los grupos de animales de los que se puede hallar la quitina son muy variados como se puede observar en la Tabla 3:

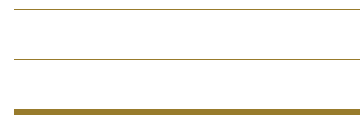
**Tabla 3. %w/w de quitina, lípidos, CaCO<sub>3</sub> y proteína presente en especies crustáceas, hexápodos, hongos etcétera (Pacheco López, 2010).**

<b>Fuente de obtención</b>	<b>Quitina %</b>	<b>Lípidos %</b>	<b>Proteína %</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> %</b>
<b>Camarón</b>	35 - 47	1-10	30-45	20-32
<b>Concha (langosta)</b>	15-30	2-6	20-45	20-50
<b>Cangrejo</b>	20-30	1-2	20-30	40-50
<b>Pared celular de hongos</b>	5-50	1-8	45-60	0.05-0.3
<b>Insectos</b>	15-70	1-10	35-50	30-50

La quitina es un compuesto mucho más abundante que el quitosano, pues este solo es posible encontrarlo en la pared celular de algunos hongos pertenecientes a la clase Zygomycetes así como en conchas de crustáceos marinos (De Azeredo, 2009).

Por su parte el quitosano posee características sumamente interesantes entre ellas; ser un polisacárido biodegradable, biocompatible, renovable,





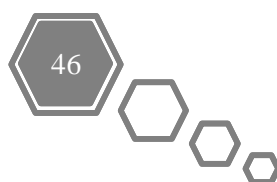
no tóxico e irritante lo que le permite entrar en el sector de uso como un bioplástico en las diversas aplicaciones de empaques industriales.

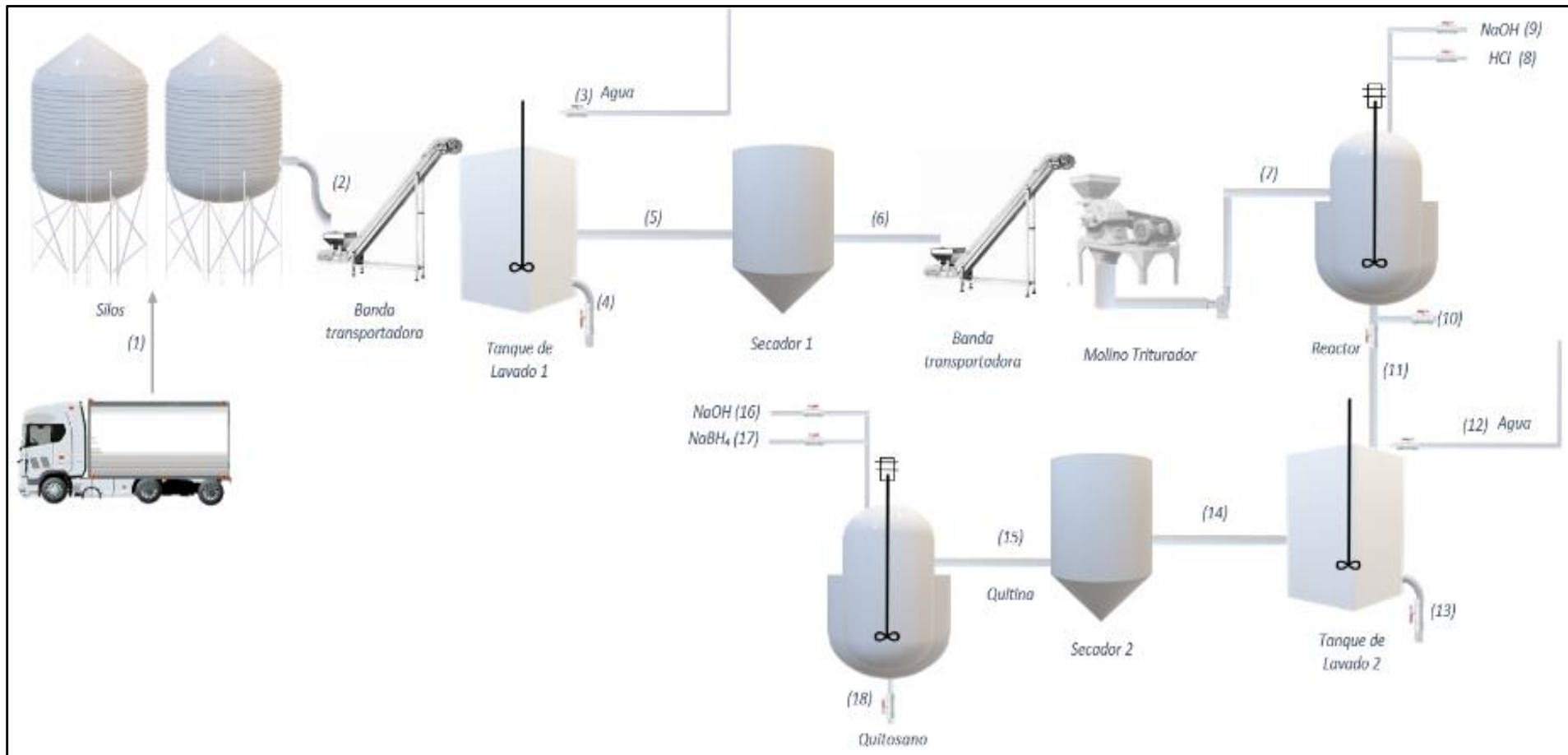
A través de las nuevas tecnologías y nanotecnologías se prevé que exista un posible desarrollo de empaques activos y bioactivos con características totalmente biodegradables, sostenibles y amigables con el ambiente (De Azeredo, 2009).

### **1.4.2 Obtención del Quitosano**

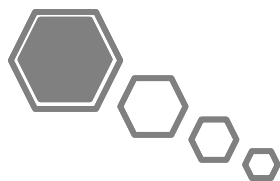
Para la obtención de quitosano comercial se llevan a cabo diversos procesos ya sea mediante un proceso químico o mediante un proceso biológico, que van desde extraer la materia prima inicial "quitina" a partir de los desechos de crustáceos como caparazones, tendones y capullos provenientes de cangrejos, langostas y camarones hasta la desproteinización y desmineralización de la materia prima (Carrillo Landell, *et al.*, 2016).

En la Figura 14 se muestra el diagrama de proceso de obtención del quitosano a partir de restos marinos.





**Figura 14. Diagrama de proceso para la obtención de quitina y quitosano a partir de exoesqueletos de crustáceos marinos (Carrillo Landell, *et al.*, 2016)**



La siguiente tabla (Tabla 4 ) explica cómo se llevan a cabo las etapas del proceso de obtención de quitina y las variables involucradas en cada línea de proceso.

**Tabla 4. Descripción de las corrientes esquemáticas de la planta piloto para la obtención de quitina y quitosano a partir de exoesqueletos de crustáceos marinos (Carrillo Landell, et al., 2016).**

No	Corrientes	Variables		
	Especificación	Temperatura aprox. dentro del equipo (°C)	Molaridad	Tiempo aprox. Dentro del equipo (h)
1	Recolección de la Mat. prima y almacenamiento en silos	0-6	-	-
2	Transporte de exoesqueletos de camarón e ingreso al tanque de lavado	25	-	4-6
3	Suministro de agua al tanque de lavado	25	-	-
4	Salida de agua con materia orgánica tanque de lavado 1	-	-	-
5	Entrada de exoesqueleto de camarón al secador 1	80	-	1-2
6	Entrada de exoesqueleto al molino triturador	30	-	-
7	Entrada de exoesqueleto triturado al reactor	25	-	-
8	Entrada d HCl al reactor	100	2	1-48
9	Entrada de NaOH al reactor	70-100	2.5	1-72
10	Salida de minerales y residuos líquidos neutralizados del reactor	-	-	-
11	Entrada de quitina libre de proteínas y minerales al tanque de lavado 2	80	-	6-10
12	Entrada de agua de lavado al tanque de lavado 2	25	-	-
13	Salida de agua con pigmentos orgánicos del tanque de lavado	25	-	-

	2			
14	Entrada de exoesqueleto libre de minerales al secador 2	80	-	1-2
15	Salida de quitina pura	25	-	-
16	Entrada de NaOH	100-160	1-2	70
17	Entrada de boro hidruro de sodio	100-160	-	70
18	Salida de quitosano	25	-	-

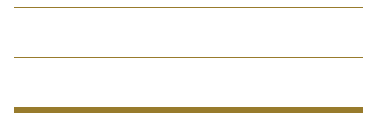
Como se observa en la Figura 14 el inicio del proceso de obtención de la quitina mediante un proceso químico empieza a partir de la recolección de exoesqueletos de camarón o restos de crustáceos marinos.

Una vez recolectada la materia prima es almacenada en silos o tanques que permitan mantener el producto en una temperatura no mayor a los 6°C (Carrillo Landell, *et al.*, 2016).

El siguiente paso es la limpieza de los exoesqueletos o materia prima, por medio de una banda transportadora son ingresados a un tanque de lavado acondicionado para la cantidad suministrada de materia prima, donde se agrega una cantidad proporcional que permita lavar y hacer una correcta limpieza en un tiempo estimado de por lo menos 4 horas a temperatura ambiente.

Mediante una corriente es eliminada el agua con restos de materia orgánica y residuos encontrados en la materia prima (Tuyishime, *et al.*, 2017).

Posteriormente el exoesqueleto libre de impurezas es llevado al primer tanque secador a una temperatura de al menos 80°C por al menos 2 horas hasta tener una humedad menor o igual al 0.1%.



Una vez seco el exoesqueleto es transportado a un molino triturador industrial donde se reducirá su tamaño de partícula en un rango aproximado de 2 a 5mm. Con ayuda de una bomba para solidos se transporta el sólido obtenido y se ingresa al reactor para iniciar las etapas de proceso para extraer la quitina (Tuyishime, *et al.*, 2017):

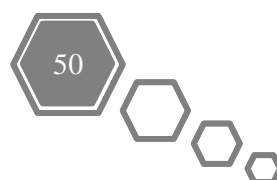
### **Desmineralización**

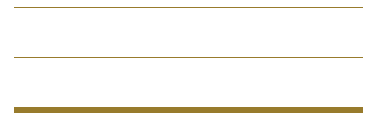
Esta etapa consiste en la eliminación de los minerales presentes en el exoesqueleto como es el carbonato de calcio, este mineral es uno de los más comunes y es tratado con compuestos ácidos orgánicos e inorgánicos como el ácido clorhídrico (HCl).

Este compuesto es una disolución acuosa fuerte y corrosiva en concentraciones altas, por lo que se diluye en concentraciones variables de 1M a 2M dependiendo la cantidad de biomasa tomando un tiempo de reacción de hasta 48 horas a una temperatura menor a los 100 °C (Hong & Eun , 1998).

Una vez ocurre la reacción entre el medio ácido y los minerales detectados el producto secundario serán sales solubles y dióxido de carbono, esta etapa es conocida por generar grandes cantidades de espuma por lo que requiere ser tratada con antiespumantes siliconados que colapsen la espuma desde un inicio para generar mayor calidad y alto rendimiento en el producto final.

### **Desproteínización**





Es considerada la etapa más crítica del proceso, en esta etapa se busca romper los enlaces químicos existentes entre las proteínas y la quitina ya que al permanecer proteínas remanentes es posible que ocurra una desacetilación parcial de la quitina o una hidrólisis que terminarían afectando la calidad y usos de la quitina.

Es por lo que en esta etapa se emplea una base fuerte como el hidróxido de sodio (NaOH) con una concentración no mayor a 2.5 M y una temperatura no mayor a los 100 °C.

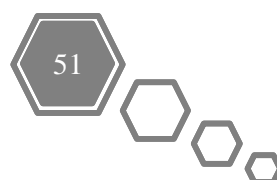
Este proceso puede tomar desde algunas horas hasta 3 días todo dependerá de la estructura nativa de la quitina (Younes & Rinaudo, 2015).

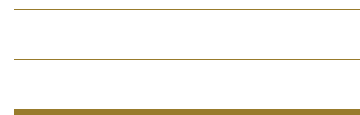
Finalmente, todos los residuos minerales y líquidos neutralizados son eliminados del reactor mediante una corriente de salida y la quitina obtenida pasa a una última etapa que consiste en la despigmentación del producto final.

En esta última etapa se ingresa la quitina al tanque de lavado en condiciones normales de temperatura y posteriormente pasa a un secador y se seca a 80 °C durante al menos 2 horas (Younes & Rinaudo, 2015).

Una vez que se extrae la quitina el siguiente paso es la obtención de su principal derivado, el quitosano. El quitosano es un polisacárido compuesto de N-glucosamina unido por enlaces  $\beta$ -1,4 a grupos glicosídicos que contienen unidades deacetiladas y acetiladas.

El principio de la derivación del quitosano es llevado a cabo mediante el proceso de N-deacetilación. Este proceso consiste en someter a la molécula a una reacción de hidrólisis en medio fuertemente alcalino como





lo es la solución acuosa de hidróxido de sodio entre 30-50% (N. Mati-Baouche, 2014).

En la industria se conocen dos procesos tradicionales que se pueden aplicar sobre la quitina sólida con un grado de acetilación entre 45-50% otorgando el rendimiento más alto de obtención de quitosano.

El primer método de obtención es a partir de un método homogéneo: este método se lleva en 2 etapas y a condiciones de temperatura baja.

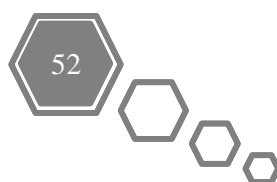
La primera etapa consiste en la solubilización de la quitina, se agrega la solución de NaOH al 10% p/v sobre la quitina puesta en el reactor y se mantiene durante 70 horas a temperatura ambiente para también disminuir la cristalinidad.

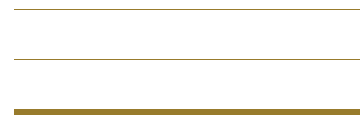
En la segunda etapa ocurre la derivación del quitosano, se deja la mezcla en presencia del NaOH diluido al 10% durante aproximadamente 24 horas a temperatura no mayor a los 40°C (Romero Serrano & Pereira, 2020).

El segundo método es a través del método heterogéneo: este método consiste en una sola etapa y es el más comúnmente preferido por la industria. Aquí la solubilización y deacetilación se llevan a cabo en un solo paso adicionando la solución de NaOH en un 40-50% p/v y la temperatura de proceso de reacción va desde 100-160°C (Romero Serrano & Pereira, 2020).

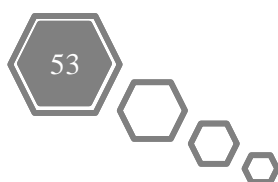
La reacción de deacetilación también suele llevarse a cabo en presencia de  $\text{NaBH}_4$  como un agente reductor para evitar la degradación del biopolímero.

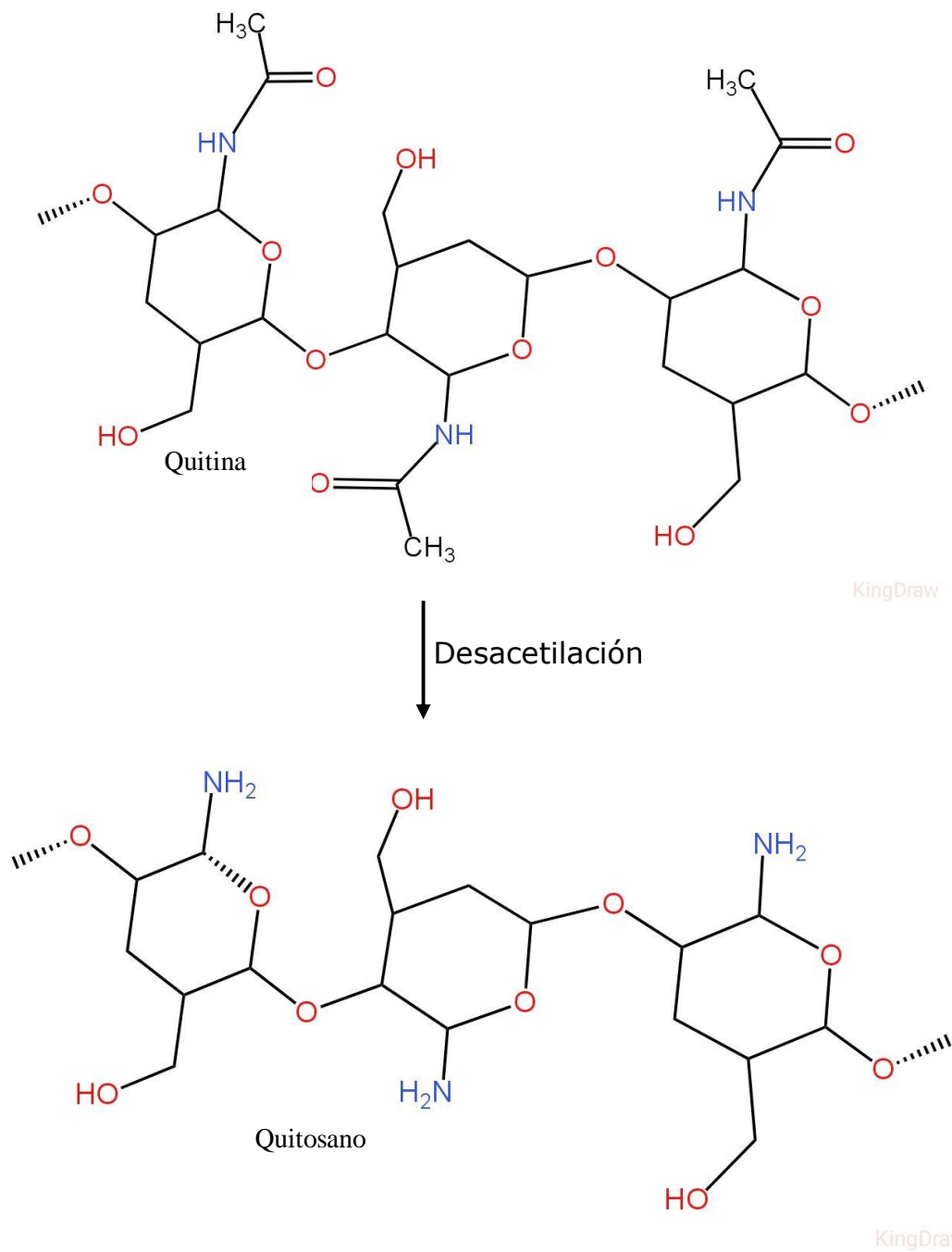
Cada variable que interviene en el proceso (tiempo, temperatura) son de vital importancia para garantizar un alto rendimiento y calidad deseados



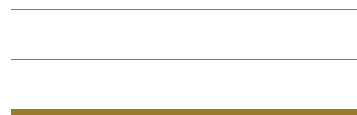


en la obtención de quitosano por lo que es importante que no existan variaciones en los tiempos de reacción y se mantengan temperaturas exactas (Romero Serrano & Pereira, 2020).





**Figura 15. Estructura química de la quitina y quitosano.  
Elaboración propia, basado en (Muxika, et al., 2017)**

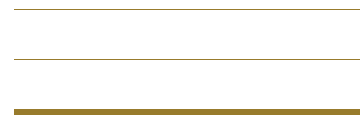


### 1.4.3 Propiedades del Quitosano

La quitina y el quitosano forman parte del grupo de polisacáridos naturales como son: la pectina, celulosa, dextrina, agar, carragenanos y agarosa entre los más conocidos. La diferencia entre la quitina, el quitosano y el resto de los polisacáridos mencionados es que, estos polisacáridos tienden a ser ácidos y la quitina y el quitosano son altamente básicos por lo que esta característica les incluye propiedades como se muestra en las tablas 5 y 6:

**Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas del Quitosano.**

<b>Propiedades Fisicoquímicas (Dutta PK, 2002).</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Soluble en ácido acético diluido.</li><li>• Alta viscosidad.</li><li>• Quelación de metales de transición.</li><li>• Posee grupos hidroxilo reactivos.</li><li>• Posee grupos amino reactivos.</li><li>• En presencia de grupos amino libres tiene un comportamiento polielectrolítico.</li><li>• Capaz de formar películas plásticas.</li><li>• Buenas características ópticas y estructurales.</li><li>• Formación de polioxisales.</li><li>• No toxico.</li><li>• No irritante.</li><li>• Capaz de mantener las mismas estructuras <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, y <math>\gamma</math>.</li></ul>



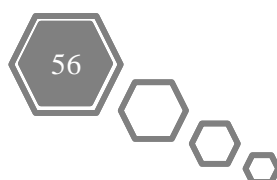
**Tabla 6. Propiedades Biológicas del Quitosano (Dutta PK, 2004).**

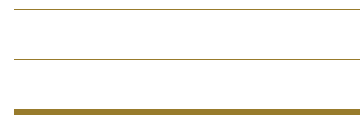
<b>Propiedades Biológicas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>● Biorenovable.</li><li>● Biocompatible.<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Es un polímero natural.</li><li>✓ Biodegradable por las constituciones normales del cuerpo.</li><li>✓ Seguro al manipularse.</li></ul></li><li>● Se liga rápidamente a las células mamíferas y microbianas formando enlaces muy fuertes.</li><li>● Posee efectos regenerativos sobre el tejido conjuntivo.</li><li>● Acelerante de la formación y remodelación de células osteoblastos.</li><li>● Agente eficaz para efectos hemostáticos.</li><li>● Posee efectos fungistáticos.</li></ul>

Las propiedades fisicoquímicas y biológicas del quitosano están sujetas al tamaño de cadena y a su grado de desacetilación (DDA) de la quitina como componente principal, cuando la DDA es mayor o igual al 50% se denomina quitosano y cuando es de 100% se denomina quitano.

Los puntos clave para que el biopolímero sea explotado potencialmente en diversas aplicaciones son el DDA y el peso molecular.

Para cualquier polímero la solubilidad y la viscosidad dependen completamente del peso molecular, ya que con grados de desacetilación mayores al 40% el biopolímero es soluble en soluciones acidas débiles





menores a un pH de 6 es decir, se protonan los grupos amino de los monómeros de la glucosamina y se rompen los puentes de hidrogeno.

Por lo tanto, la solubilización inicia cuando existe un balance entre las interacciones solvente-polímero y polímero-polímero (Domard A, 2001).

El quitosano también es soluble en disoluciones acuosas neutras cuando su DDA es cercano a un 50%, pero cuando su DDA pose valores menores al 40% el biopolímero posee la mayoría de las características de la quitina volviéndose completamente insoluble en agua (Cristobal, 2006).

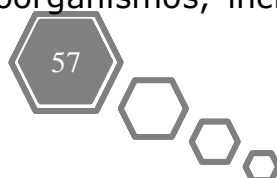
El quitosano posee un grado de ionización bastante interesante pues se disuelve alrededor de un valor de 0.5, permitiéndole formar complejos con iones metálicos.

La capacidad de interacción entre el quitosano y los metales varía con el grado de desacetilación, el número de grupos amino y el peso molecular del polímero (Guibal, 2004) por lo tanto, esta es una de las propiedades más destacables del biopolímero.

#### **1.4.4 Propiedades Antimicrobianas y Antibacterianas del Quitosano.**

El quitosano además de destacar por sus múltiples funciones y características como un polímero biodegradable posee propiedades antibacterianas, antimicrobianas y fungistáticas que lo potencializan en sus diferentes funciones.

Las propiedades antimicrobianas y antibacterianas del quitosano se han demostrado desde finales de la década de 1970; sin embargo, no se investigaron contra varios microorganismos, incluidas algas, bacterias,



---

---

---

levaduras y hongos, hasta principios de la década de 1990 (Ayala Valencia, 2015).

### **Actividad antimicrobiana**

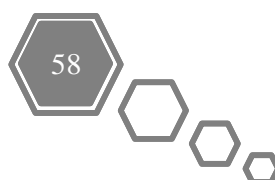
La actividad antimicrobiana del quitosano está influenciada por diversas características fisicoquímicas del compuesto y las condiciones ambientales en las que se realizan las pruebas.

Entre las propiedades fisicoquímicas más importantes del quitosano que influyen en su actividad antimicrobiana se encuentran la densidad de las cargas positivas en la molécula, la solubilidad y el peso molecular (Ayala Valencia, 2015).

Las dos primeras propiedades están directamente relacionadas con el grado de desacetilación del quitosano; cuanto mayor es el grado de desacetilación, mayor es el número de grupos amino libres. En soluciones en las que el pH es inferior al valor de disociación constante ( $pK_a \sim 6,3$ ), el quitosano puede protonarse y adquirir una carga positiva.

Es decir, por su propiedad quelante se liga directamente a los metales presentes interactuando con cargas negativas de la pared celular de los microorganismos, de esta forma genera un rompimiento de estructuras internas en los compuestos inhibiendo la producción de toxinas e incluso de enzimas debido a la interacción quitosano-ADN (Ayala Valencia, 2015).

El quitosano por sí solo posee la propiedad antimicrobiana, pero varía su funcionalidad conforme al microorganismo en estudio.



---

---

---

Es diferente la actividad antimicrobiana en hongos, bacterias Gram positivas y bacterias Gram negativas. Los factores que intervienen en la eficiencia de ser completamente antibacteriano son:

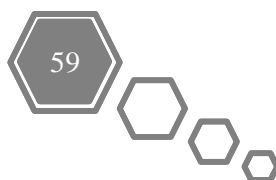
**Solubilidad:** Es un factor importante para la actividad antimicrobiana porque un compuesto insoluble en agua que es soluble en soluciones acuosas ácidas requiere que sus grupos amino libres asuman una carga positiva a  $\text{pH} \leq 6$ , lo que produce un polisacárido soluble y con carga positiva. Bajo estas condiciones el quitosano tiene propiedades antimicrobianas (Ayala Valencia, 2015).

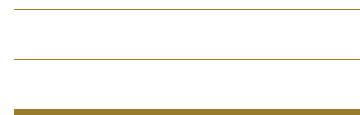
**Peso molecular:** Cuando la masa molecular del quitosano es menor a 4.6 kDa la actividad antimicrobiana del quitosano no es percibida por lo que, esta debe ser mayor a este número, pero no superior a los 100 kDa ya que se volvería insoluble e impediría la interacción con los microorganismos (Ayala Valencia, 2015).

**Grado de desacetilación:** Es uno de los factores más importantes para la adhesión del quitosano a la pared celular de los microorganismos, ya que a mayor grado de desacetilación mayor solubilidad y densidad de la carga protónica.

Tras estudios realizados sobre el efecto antimicrobiano sobre la bacteria *Staphylococcus aureus*, se reportó que el efecto antimicrobiano fue más fuerte usando quitosano con mayor grado de desacetilación (83.5% - 97.5%) (Ayala Valencia, 2015).

**Capacidad quelante:** La capacidad quelante del quitosano es una de las propiedades más interesantes y radica en la facilidad que tiene para formar complejos con iones de metales pesados ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  etc.).





Particularmente las membranas celulares de los microorganismos poseen iones de metales pesados como  $Mg^{2+}$  y  $Ca^{2+}$ , estos metales son susceptibles a ser desestabilizados por interacciones con el quitosano de tal forma que los metales son removidos de su lugar ocasionando una lisis en la membrana (Ayala Valencia, 2015).

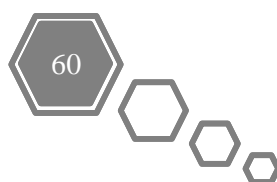
Varios estudios confirman que el quitosano además de combatir bacterias y microbios bajo las condiciones mencionadas anteriormente también posee propiedades antifúngicas, pues el efecto fungicida *in vitro e in situ* del quitosano en diversas familias de hongos como: *mucoraceae*, *pleosporaceae*, especies de *penicillium* entre muchas otras, demostraron ser afectadas por el polímero (Bautista Baños , *et al.*, 2017).

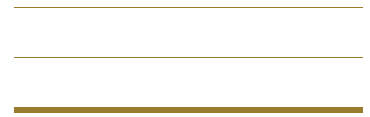
En la literatura se registra que el quitosano posee un amplio espectro de actividad antimicrobiana, por lo que en los hongos el quitosano suprime la esporulación y producción de la misma en hongos.

La fuerte unión del quitosano con la membrana de los microorganismos produce graves desequilibrios celulares por esta razón se producen reacciones enzimáticas que afectan la respiración fúngica y la fermentación impidiendo el crecimiento de hongos (Dutta, *et al.*, 2009).

Por otro lado, el efecto antimicrobiano del quitosano en bacterias actúa a través de mecanismos en contra de las bacterias Gram positiva y Gram negativa ocasionando cambios de permeabilidad celular de los microorganismos como se describe en el siguiente apartado.

### **Mecanismo de actividad antibacteriana del quitosano.**





El requisito clave del quitosano para mostrar actividad antimicrobiana es la forma policatiónica de la molécula. Se han propuesto varios mecanismos para explicar el efecto antibacteriano del quitosano.

Uno de los mecanismos más aceptados se basa en las propiedades del quitosano y su acción sobre la pared celular bacteriana.

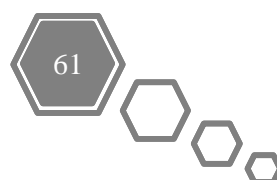
Según este modelo (Figura 16), el quitosano es una molécula cargada positivamente debido a la protonación de los grupos amino ( $\text{NH}_2^+$ ) de la glucosamina, mientras que la superficie de la pared bacteriana es aniónica debido a la presencia de lípidos y ácidos teicoicos.

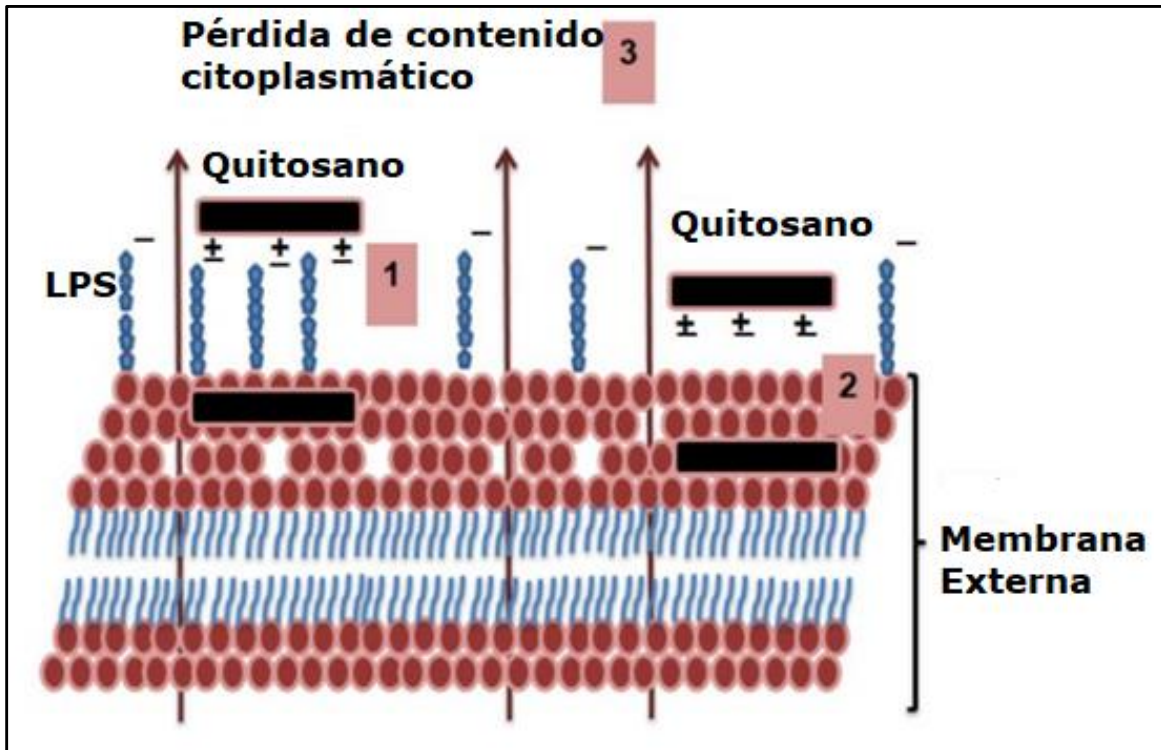
Así, la interacción de las cargas positivas del quitosano con los componentes de carga negativa de la membrana o pared celular bacteriana altera la integridad y funcionamiento de la pared (Ayala Valencia, 2015).

La desestabilización de la membrana interna afecta el desarrollo de procesos vitales, como la permeabilidad celular y la producción de energía, que contribuyen a la muerte celular.

De acuerdo con (Kong, *et al.*, 2010) en la figura 16 se muestra el mecanismo de acción de quitosano sobre la pared celular de las bacterias Gram negativas, como se describe a continuación:

- 1) Atracción electrostática entre el quitosano (carga +) y lipopolisacáridos de la membrana externa (LPS) (carga -).
- 2) Unión de moléculas de quitosano a la membrana externa.
- 3) Desestabilización y alteración de la membrana externa y salida de componentes celulares esenciales (Kong, *et al.*, 2010).

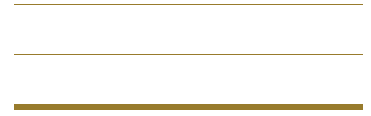




**Figura 16. Mecanismo de acción del quitosano sobre bacterias Gram negativas (Kong, *et al.*, 2010).**

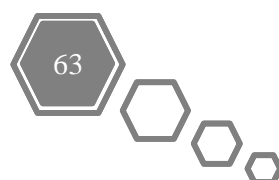
En las bacterias Gram positivas, el quitosano se une a la superficie celular, altera la interacción de la membrana con la pared celular e induce un desequilibrio osmótico de la célula, aunque la membrana y la pared celular permanezcan intactas (Ayala Valencia, 2015).

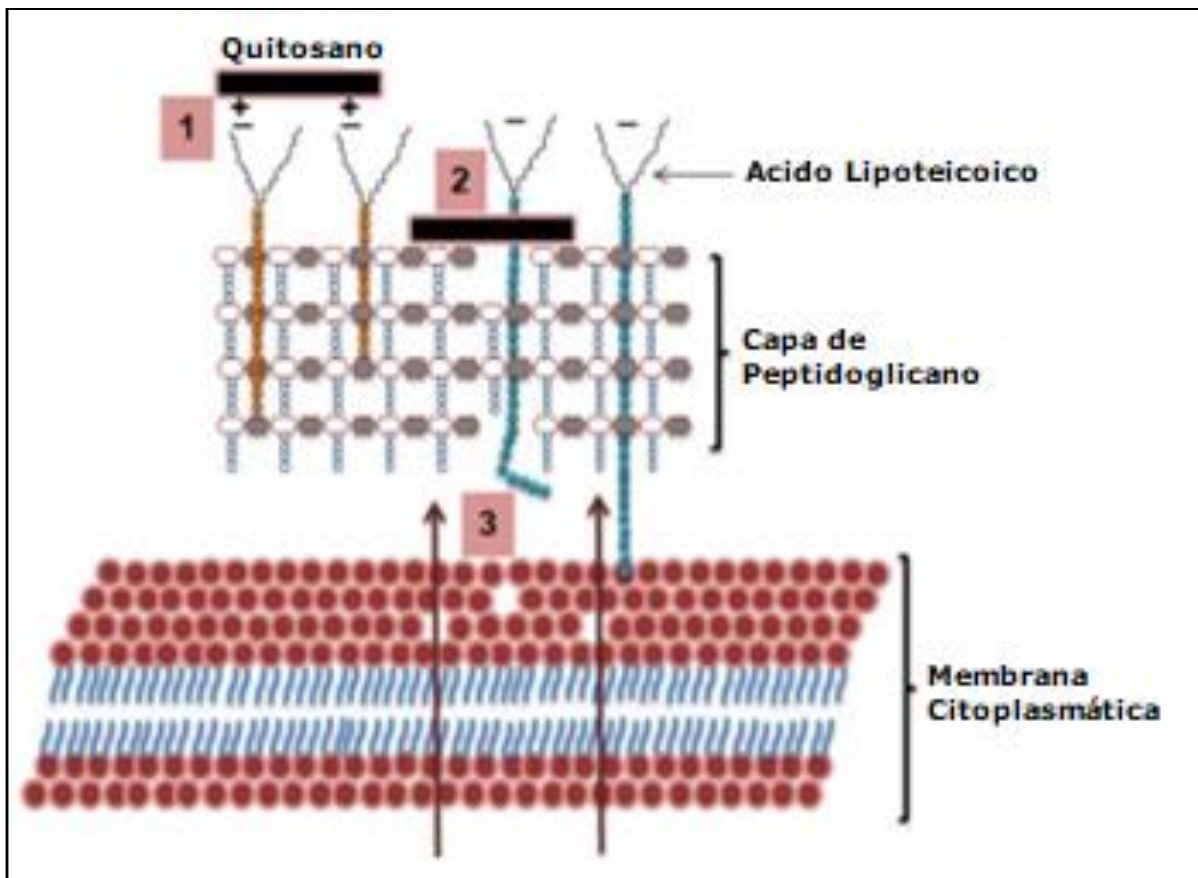
Debido a la naturaleza policatiónica del quitosano, este compuesto puede provocar la hidrólisis de la pared celular de peptidoglicanos, alterar la permeabilidad y estabilidad de la membrana bacteriana y promover el escape de iones y otras biomoléculas de bajo peso molecular (Figura 17),



por lo tanto provocando una lisis bacteriana y por lo tanto la muerte del microorganismo, dicho mecanismo se explica a continuación:

- 1) Atracción electrostática entre el quitosano (+carga) y el ácido lipoteicoico de la pared celular (- carga).
- 2) Unión de moléculas de quitosano a la pared celular.
- 3) Alterar la interacción entre la membrana y la pared celular y la salida de componentes celulares esenciales (Kong, *et al.*, 2010).





**Figura 17. Mecanismo de acción del quitosano sobre bacterias Gram positivas (Kong, *et al.*, 2010).**

El quitosano tiene actividad antibacteriana para valores de pH ácidos cuando asume una forma activa. Tanto en las bacterias Gram negativa y Gram positivas la desestabilización de las estructuras sufren el mismo rompimiento (lisis), de esta forma se generan salidas de los compuestos del interior de las células y microorganismos (Ayala Valencia, 2015).

En este sentido, se ha probado la actividad frente a bacterias Gram positivas y Gram negativas patógenas humanas en cuanto a propiedades antibacterianas *in vitro*, y el quitosano resulto ser activo frente a las

---

---

---

principales bacterias patógenas que se transmiten a través de la alimentación humana, como *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Shigella dysenteriae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Vibrio cholerae*, *V. parahaemolyticus* y *Campylobacter* (Bautista Baños , et al., 2017).

Aunque el quitosano posee por sí solo propiedades antimicrobianas, se busca sacar el mejor rendimiento de este, bajo cualquier grado de desacetilación, modificando sus propiedades fisicoquímicas que potencien su actividad antimicrobiana, bactericida o fungistática.

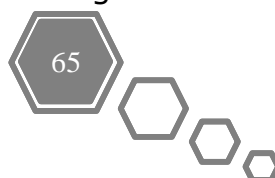
#### **1.4.5 Quitosano Dopado con Plata**

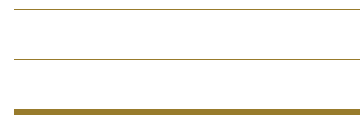
Los materiales antibacterianos del tipo orgánicos e inorgánicos como el quitosano generan un efecto bacteriostático en microorganismos, es decir disminuyen o eliminan por completo la actividad de crecimiento de estos (Tamayo, et al., 2014).

Se sabe que para que el quitosano sea completamente bactericida debe obtenerse bajo determinados parámetros y con determinadas características que le permitan generar este efecto.

Es por eso por lo que la biotecnología y la nanotecnología se han involucrado investigando las posibilidades y técnicas que permitan la síntesis de este polímero con funcionalidad completamente antimicrobiana.

Los materiales antibacterianos pueden provenir de dos grandes familias; materiales inorgánicos y materiales orgánicos.





Los materiales inorgánicos comúnmente pueden ser extraídos como producto de secreción de organismos vivos (vegetales, insectos, anfibios, mamíferos, etc.) ya que son producidos en defensa contra los microorganismos, ejemplo de ellos son los metales y óxidos metálicos, estos poseen la propiedad antibacteriana pero también estabilidad y bioseguridad (Tamayo, *et al.*, 2014).

Los materiales orgánicos incluyen materiales como la gramicidina y la curcumina entre los más utilizados como agentes antibacterianos.

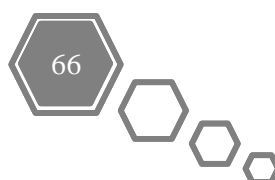
Estos materiales ofrecen la ventaja de actuar en concentraciones muy bajas que van de 1-4 mg/mL y proporcionan una actividad antibacteriana de amplio espectro (Betancur Henao, *et al.*, 2016).

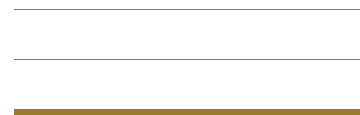
Dentro de los materiales mencionados, los materiales inorgánicos (metales y óxidos metálicos) han atraído la atención más que los orgánicos, debido a su alta estabilidad en contacto con sistemas biológicos.

Las nanopartículas antibacterianas inorgánicas que comúnmente se han estudiado y empleado en diversos experimentos son: la plata, el óxido de zinc, dióxido de titanio y actualmente se trabaja en las partículas de cobre (Betancur Henao, *et al.*, 2016).

Las nanopartículas de plata han sido el agente más estudiado durante estos últimos años por lo tanto, es del que se pose más información de sus mecanismos de actividad antimicrobiana en bacterias Gram positivas (*staphylococcus, aureus*) y bacterias Gram negativas (*escherichia coli*).

Este agente ha demostrado ser activo contra estas bacterias, su mecanismo de acción inicia bajo una liberación gradual de iones de plata





que inhiben la producción de adenosín trifosfato (ATP) y la replicación del ADN, estos son los principales factores de supervivencia celular que se ven afectados ya que las nanopartículas de plata generan especies reactivas de oxígeno que producen un estrés oxidativo y un daño directo a la membrana celular conduciendo a la muerte celular (Betancur Henao, *et al.*, 2016). Por lo anterior, dopar quitosano con nanopartículas de plata es una opción viable para otorgar al polímero un efecto completamente antibacteriano.

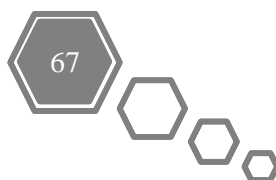
Los resultados que ofrece son bastante interesantes pues se trata de un material con alto potencial que permite ser aplicado en diversos campos de la industria, la medicina, y la tecnología.

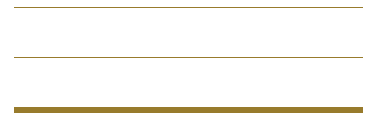
### **1.4.6 Aplicaciones del Quitosano**

Las múltiples características del quitosano le permiten tomar ventaja sobre la diversidad de aplicaciones que puede cubrir en la industria de la producción y transformación de recursos para cubrir necesidades y servicios.

El hecho de que el quitosano provenga de fuentes 100% naturales y posea características como biodegradabilidad, biorenovable, biocompatible y no tóxico; lo potencializan como un producto innovador por el cual apostar para reemplazar diferentes materiales utilizados como principales materias primas en la industria de la fabricación y desarrollo.

La amplia variedad en la que puede ser utilizado el quitosano va desde su uso en la industrias farmacéutica, alimentaria, química, de residuos y aguas residuales, ganadería y acuicultura intensiva, de fabricación textil





y transformación del papel entre muchas otras áreas en las que está generando presencia y destacando por sus versátiles usos como lo es en la inyección del plástico, el campo médico y de cuidado personal.

A continuación, se presentan las interesantes aplicaciones y usos del quitosano describiendo la versatilidad de usos que ofrece en cada campo:

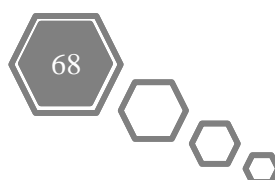
### **a) Agrícola**

Por su actividad bactericida y antifúngica demostrada en bacterias Gram positivas y Gram negativas el quitosano es el elemento ideal para ser ocupado en la agricultura, las funciones en las que actualmente se está empleando son:

- Se emplean películas de quitosano como recubrimiento para semillas o frutos para alargar su conservación durante el tiempo de almacenamiento y controlar el deterioro post cosecha (Bauer, *et al.*, 2022).
- Como agente bactericida y fungicida en sistemas liberadores de fertilizantes ayudando a la protección de plántulas y a combatir las plagas.

### **b) Alimentos**

La propiedad de formación de quelatos del quitosano permite que sea de gran funcionalidad en la industria alimentaria, sus principales usos van desde; conservador natural de frutas y verduras ayudando



---

---

---

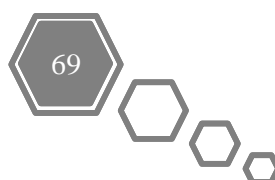
a regular la permeabilidad de oxígeno y dióxido de carbono como principal fuente que acelera la descomposición de los alimentos, aporta ingredientes nutricionales y antioxidantes y además es útil para la fabricación de geles y películas de empaque para la contención de alimentos y bebidas (Ortega Cardona & Aparicio Fernández, 2020).

### **c) Farmacéutica**

En la industria farmacéutica el quitosano abarca una variedad de campos que van desde la medicina, cosmética y cuidado de la salud hasta los nuevos materiales desarrollador por la bionanotecnología, biotecnología y biomedicina.

Las aplicaciones del quitosano en estas áreas están basadas en:

- Usar el quitosano como excipiente en formulaciones de medicamentos.
- En fármacos como membrana para transporte de material genético, de agentes anticancerígenos, para tratamientos de tumores, control del virus SIDA y medicamentos en microcápsulas y microesferas (Dutta PK, 2002).
- Funciona como agente antihipertensivo, anticoagulante, antialérgico, espermicida y acelerante de la formación ósea.
- Ayudante en la regeneración del tejido conjuntivo de las encías, esto permite que sea usado en la fabricación de cementos endodónticos, implantes orales, cremas dentales entre otras.

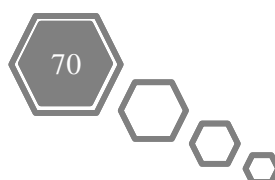


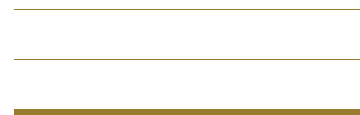
- 
- 
- 
- En la producción de gasas, vendajes y cremas tratadas con quitosano para el tratamiento de quemaduras (Dutta PK, 2004).
  - En la industria de cuidado e higiene personal, como aditivo bactericida en cremas, geles, pastas dentales, jabones, champús etcétera; además de que actúa como agente hidratante para la piel debido a que los geles de quitosano suministran agua y forman una película ayudando a evitar la sequedad (Rinaudo, 2006).

#### **d) Industria Química y Materiales**

En el campo de la industria química de la producción y el desarrollo de productos el quitosano sin duda juega un papel importante las características de biodegradabilidad, no toxicidad y biorenovabilidad le permiten ser utilizado para las siguientes aplicaciones:

- En la industria del papel y plástico: su función radica en el modificar la estructura química de empaques desarrollados a partir de celulosa y polímeros altamente contaminantes convirtiéndolos en empaques completamente biodegradables y amigables con el entorno.
- Funciona como aditivo por lo que permite un ahorro financiero y además incrementa el volumen de la producción.
- El quitosano reemplaza al papel y plásticos convencionales sin ningún problema, debido a que sus moléculas se asemejan



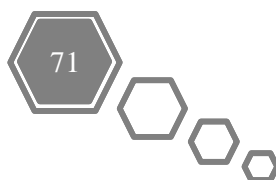


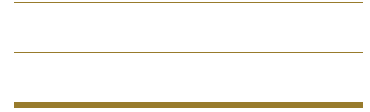
mucho a las de la celulosa, permite obtener un papel o película plástica con una superficie más lisa y resistente a la humedad (Dutta PK, 2004).

- En la industria textil el quitosano juega papeles importantes como; agente repelente de suciedad a los textiles.
- Es empleado como agente deodorizante para enmascarar o eliminar el olor adherido a los hilos y telas.
- Funciona como agente floculante y adsorbente de tintas reduciendo tiempos de secado y entintado.
- En la industria textil, la quitina puede usarse en preparaciones de impresión y acabado, mientras que el quitosano es capaz de eliminar los tintes para el tratamiento de efluentes (Rinaudo, 2006).
- Para el desarrollo de nuevos materiales el quitosano funciona en intercambiadores de iones, como absorbedor de iones de metales pesados y de ácidos y en la fabricación de electrodos específicos para metales y cromatógrafos (Dutta PK, 2004).

### **e) Tratamiento de aguas**

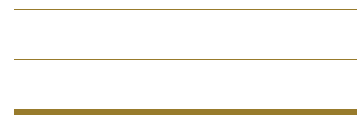
El quitosano es capaz de secuestrar iones metálicos pesados especialmente derivados de ácidos alquenodióicos, por lo que su empleo es ideal para tratar suelos contaminados y aguas residuales. El empleo del quitosano en los suelos actúa secuestrando los iones metálicos evitando efectos dañinos sobre las semillas y plantas (Pillai CKS, 2009).





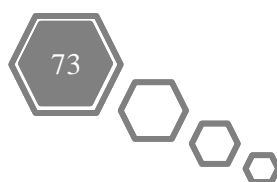
En el tratamiento de aguas residuales el quitosano se utiliza como coagulante primario en aguas de alta alcalinidad y turbidez. Sirve como floculante para remover aceites de pescado, partículas coloidales sólidas, metales pesados y pesticidas en soluciones acuosas (Rinaudo, 2006).

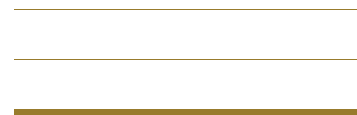
El quitosano ha sido estudiado desde hace varios años atrás, hoy en día se puede decir que es posible emplearse para innumerables trabajos desde la fabricación industrial hasta el consumo del mismo, pues demuestra otorgar grandes ventajas y beneficios a sus consumidores.



# Capitulo II

## Parte Experimental





## CAPITULO II PARTE EXPERIMENTAL

### 2. Parte Experimental

#### 2.1 Materiales

##### Obtención de empaques de quitosano.

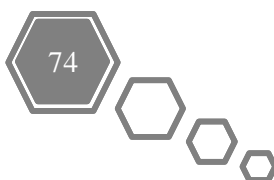
- ✓ 100 mL de agua desionizada.
- ✓ Quitosano caracterizado como poli (D-glucosamina) (Sigma-Aldrich).
- ✓ Ácido acético glacial.

##### Obtención de empaques de quitosano-iones plata (Q-Ag<sup>+</sup>)

- ✓ Cajas Petri de poliestireno.
- ✓ Solución de quitosano.
- ✓ Nitrato de plata (AgNO<sub>3</sub>) (Fermont) con grado de pureza del 99.8%.

##### Obtención de empaques de quitosano-plata metálica (Q-Ag<sup>°</sup>)

- ✓ Cajas Petri de poliestireno.
- ✓ Plata metálica en solución (AgNO<sub>3</sub>) 10<sup>-2</sup> M.
- ✓ Solución de quitosano.



- 
- 
- 
- ✓ Borohidruro de sodio ( $\text{NaBH}_4$ ).

## **Elaboración de empaques experimentales**

- ✓ 2 empaques de quitosano  $\text{Q-Ag}^0$ .
- ✓ 2 empaques de quitosano  $\text{Q-Ag}^+$ .
- ✓ 2 empaques de plástico de polietileno comercial.
- ✓ 200 a 300 gramos de carne de res cruda.
- ✓ Cinta transparente.
- ✓ Termómetro.

## **2.2 Metodología**

La metodología empleada para la preparación de las muestras experimentales consistió en, dividir la elaboración de los empaques en tres etapas.

### **Etapas I**

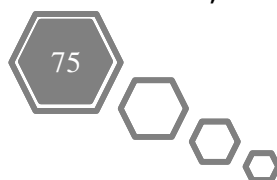
Consiste en la solubilización de quitosano y la preparación de soluciones para la obtención de los empaques de quitosano dopados con iones plata y plata metálica.

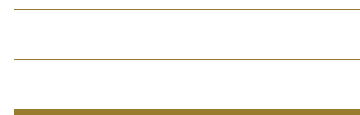
### **Etapas II**

Consta de la selección y corte de la carne de res y su preparación para ser envasada con los empaques elaborados de quitosano.

### **Etapas III**

Aplicación de los empaques de quitosano dopados con iones plata y plata metálica y empaques de polietileno comercial, en carne de res.





## **ETAPA I**

### **2.2.1 Obtención de solución formadora de los empaques de quitosano.**

Se solubilizo quitosano caracterizado como poli (D-glucosamina) (Sigma-Aldrich) en una solución de ácido acético glacial, se adiciona agua desionizada como solvente con respecto al quitosano y mediante agitación magnética constante se integraron los compuestos, hasta obtener una mezcla completamente homogénea.

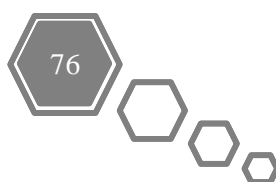
Posteriormente, se filtró la solución con ayuda de un tamiz del número 100 con la finalidad de eliminar restos de quitosano insoluble.

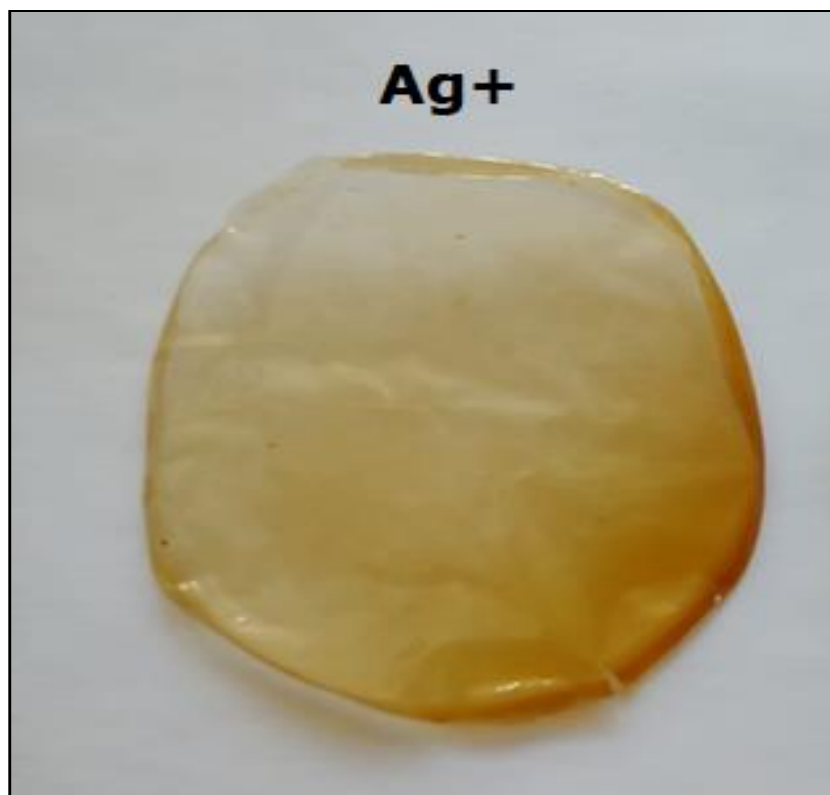
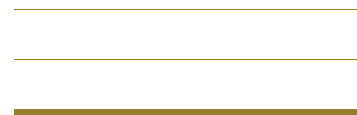
### **2.2.2 Obtención de los empaques de quitosano Ag<sup>+</sup>.**

La solución obtenida de quitosano solubilizado se llevó a agitación constante y se calentó para una mejor manipulación, se agregó la cantidad correspondiente de nitrato de plata (Fermont) con grado de pureza del 99.8%.

Las nanopartículas fueron dispersadas mediante agitación mecánica, una vez obtenida la mezcla homogénea se dejó enfriar hasta completarse la reacción química.

La solución obtenida para la formación del empaque se vertió en cajas petri de poliestireno, y se llevaron a una estufa para ser secadas a temperatura constante hasta obtener una solución plástica de aproximadamente 10 cm de diámetro (Figura 18) ideal para ser manipulada y formar un empaque.



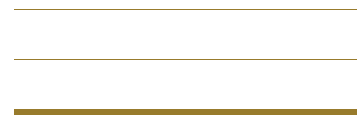


**Figura 18. Empaque plástico de Q-Ag<sup>+</sup>.**

### **2.2.3 Obtención de los empaques de quitosano Ag<sup>0</sup>.**

Para preparar los empaques de Q-Ag<sup>0</sup> se procedió de la misma manera; se solubilizó quitosano caracterizado como poli (D-glucosamina) (Sigma-Aldrich) en una solución de ácido acético glacial, con agua desionizada como solvente y mediante agitación mecánica constante se incorporaron los compuestos hasta obtener una mezcla homogénea.

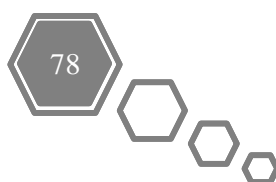
Se filtró la solución con ayuda de un tamiz para eliminar los restos de quitosano insoluble, una vez lista la solución se agregó la cantidad



correspondiente de nitrato de plata metálica en solución (Fermont) y se adicióno borohidruro de sodio a la solución.

Mediante agitación mecánica se dispersaron los compuestos, una vez obtenida la mezcla homogénea se dejó reposar hasta completar la reacción química.

La solución obtenida para la formación del empaque se vertió en cajas petri de poliestireno, y se llevaron a una estufa para ser secadas a temperatura constante hasta obtener una solución plástica de aproximadamente 10 cm de diámetro (Figura 19) ideal para ser manipulada y formar un empaque.





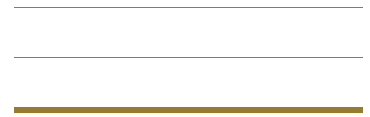
**Figura 19. Empaque plástico de Q-Ag°.**

## **ETAPA II**

### **2.2.4 Selección y corte de la carne de res.**

Una vez elaborados los empaques plásticos de quitosano se procedió a preparar los trozos de carne que serían envueltos con los empaques de quitosano-plata y empaque comercial.

Se seleccionó el corte de carne del tipo solomillo (Figura 20), que es una carne de gran ternera y alto consumo en el mercado por su diversidad



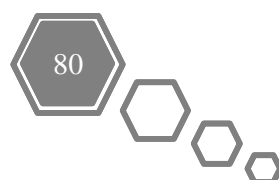
para ser ocupada en la preparación de diferentes tipos de platillos que van desde la parrilla hasta guisos y estofados.

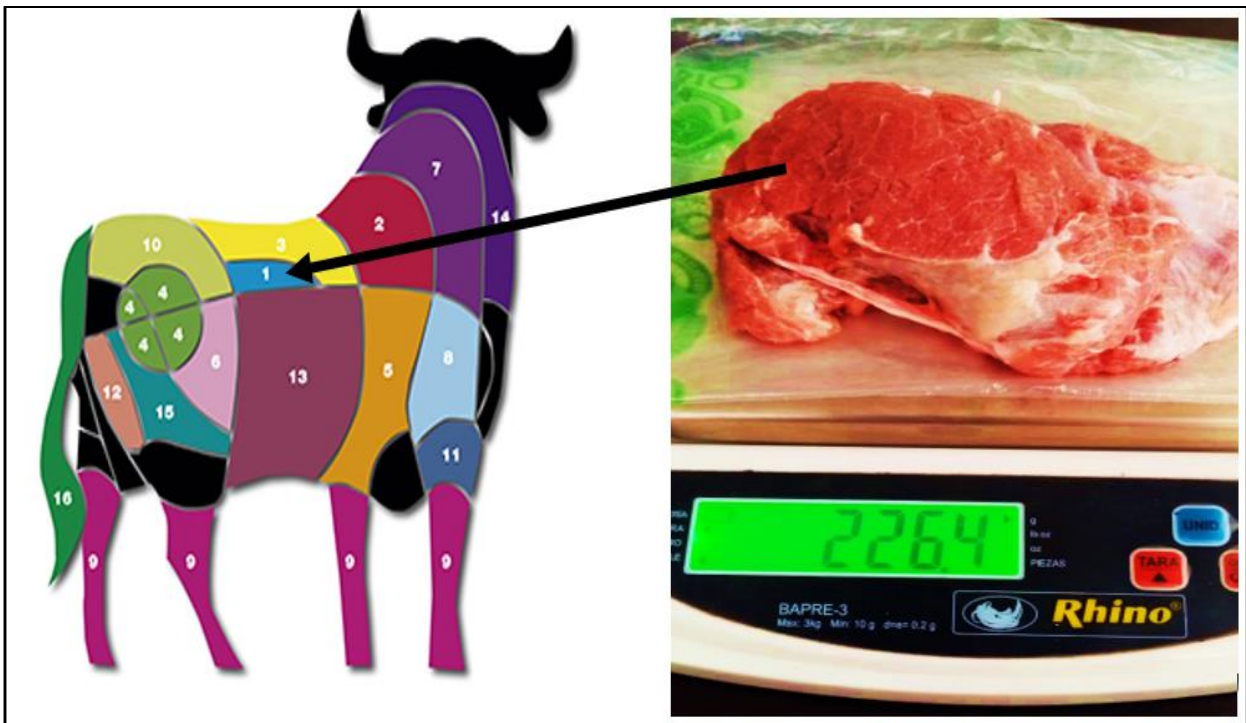
Una de las características clave para determinar que una carne es adecuada para consumirse es el color.

Cuando una carne posee un color rojo cereza brillante se percibe que es una carne sana con propiedades organolépticas aptas para su consumo (Vallejo Dominguez, 2019).

El color de la carne es una de las características físicas y más importantes que influye en la decisión de compra del consumidor; y es que a medida que transcurre el tiempo las moléculas de mioglobina que se encuentran presente en el musculo de la carne brindando el color a la misma en presencia de oxígeno sufre un proceso de oxidación de oximioglobina convirtiéndose en metamioglobina.

Este cambio se ve reflejado en el color de la carne que a medida que transcurre el tiempo cambia a un color marrón indeseable para el consumidor (Vallejo Dominguez, 2019).





**Figura 20. Carne de res cruda, corte tipo solomillo.**

Se recolectó la carne cruda de una carnicería y se procedió a su lavado eliminando la sangre y contaminantes de polvo. Una vez limpia la carne se pesó un trozo aproximado de 226.4 gramos aproximadamente (figura 20).

Del trozo seleccionado y pesado en báscula se cortaron 8 pedazos pequeños con dimensiones de 3cm de largo x 2cm de ancho y peso de 6 gramos aproximadamente como se observa en la Figura 21.

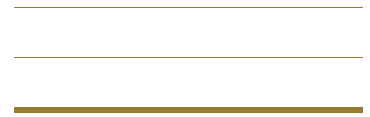


**Figura 21. Trozo de carne de res cruda.**

### **ETAPA III**

#### **2.3 Aplicación de los empaques comerciales, Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>o</sup> en carne de res cruda.**

Con los empaques plásticos obtenidos (Figura 18 y 19) elaborados a partir quitosano Q-Ag<sup>o</sup> y Q-Ag<sup>+</sup> se seleccionaron 4, dos de Q-Ag<sup>o</sup> y dos de Q-Ag<sup>+</sup> y se elaboró un empaque que pudiera contener las muestras de carne preparadas.



Las porciones de carne preparadas se tomaron para ser recubiertas.

Con ayuda de cinta transparente dos primeras muestras fueron recubiertas por separado con el empaque de  $\text{Q-Ag}^+$  como se muestra en la Figura 22.



**Figura 22. Muestras recubiertas con empaque de  $\text{Q-Ag}^+$ .**

Dos segundas muestras se recubrieron por separado con el empaque de  $\text{Q-Ag}^0$ , como se muestra en la Figura 23.

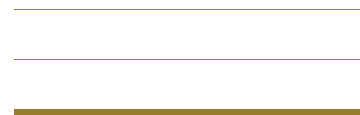


**Figura 23. Muestras recubiertas con empaque de Q-Ag<sup>o</sup>.**

Dos terceras muestras se recubrieron por separado con una bolsa comercial de polietileno que se adquirió en el supermercado (Figura 24).



**Figura 24. Muestras recubiertas con empaque de polietileno comercial.**



Las últimas dos muestras de carne se dejaron sin empaque como se muestra en la Figura 25.

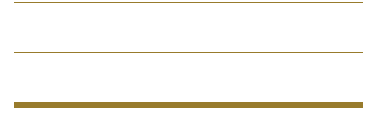


**Figura 25. Muestras de carne sin empaque.**

Se tomaron 4 muestras de las preparadas una sin envoltura, una recubierta con  $Q-Ag^+$ , una recubierta con  $Q-Ag^0$  y una última recubierta con plástico de polietileno comercial.

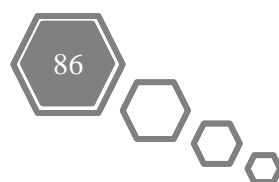
Estas 4 muestras fueron llevadas a refrigeración a  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 5 días. Y las 4 muestras restantes se dejaron expuestas a temperatura ambiente durante los mismos 5 días.

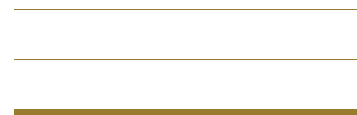
Cabe mencionar que para confirmar que la plata no se liberó del empaque se realizó una sonicación de este empaque en agua observándose que no hubo presencia de plata en el agua, por lo tanto esto asegura que no existe una liberación de la plata.



# **CAPITULO III**

## **ANÁLISIS Y RESULTADOS**





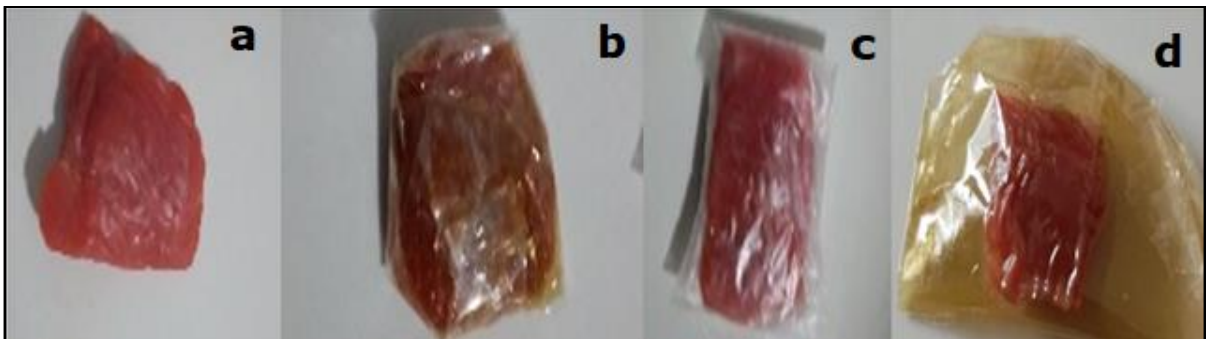
## CAPITULO III ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 3. Resultados Obtenidos

#### 3.1 Aplicación de las películas como empaque de productos cárnicos.

Se analizó el efecto de las películas de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> como empaque para productos cárnicos, con la finalidad de evaluar cuál de los empaques era capaz de alargar más la vida de anaquel de los productos cárnicos. La prueba se realizó a temperatura ambiente y a temperatura de refrigeración (6°C) por un periodo de 5 días.

El empaqueo de la carne consistió en colocar pequeños trozos de carne de res como se observa en la Figura 26 en diferentes condiciones de empaque: (a) sin empaque (SE), (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) bolsa comercial de polietileno (BCP) y (d) Q-Ag<sup>0</sup>.



**Figura 26. Fotografía día 1, temperatura ambiente (21.5°C) (a) SE, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) BCP y (d) Q-Ag<sup>0</sup>.**

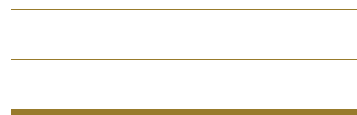
Los empaques utilizados para cubrir los diferentes trozos de carne de res fueron monitoreados para evaluar su efectividad a diferentes condiciones de almacenamiento.

La información contenida en las siguientes tablas contiene un análisis de seguimiento comparativo del tiempo de vida de anaquel que otorgan los diferentes empaques seleccionados, además las ventajas y desventajas de uso en diferente periodo de tiempo.

En las Tablas 7 y 8 se registra el seguimiento de empaqueo de la carne a temperatura ambiente y temperatura de refrigeración del día 1.

Se observa como principal factor que el peso de la muestra de carne para ambos casos no presento cambios, mientras que la apariencia física de cada muestra si presento ligeros cambios como se observa en las Figuras 27 y 28.

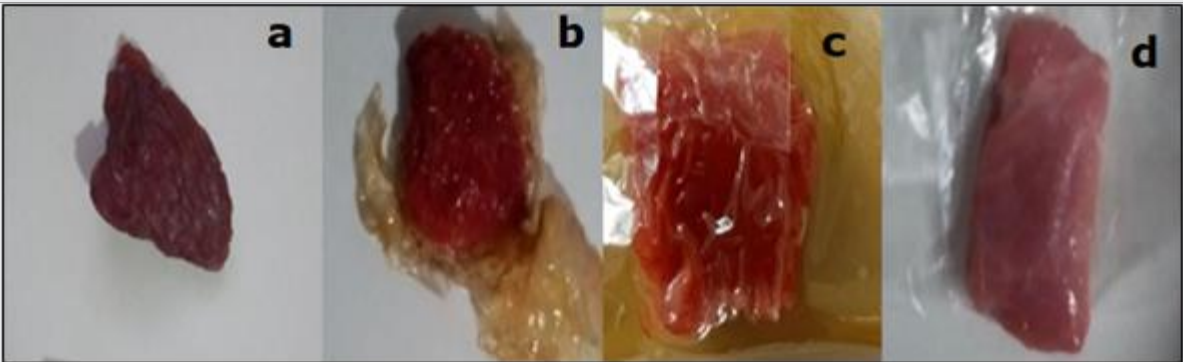
Se notó que la muestra sin bolsa presento cambios de color y textura a temperatura ambiente y temperatura de refrigeración, en las muestras



de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> se observó que para ambos se adhirió al empaque afectando el porcentaje de humedad.

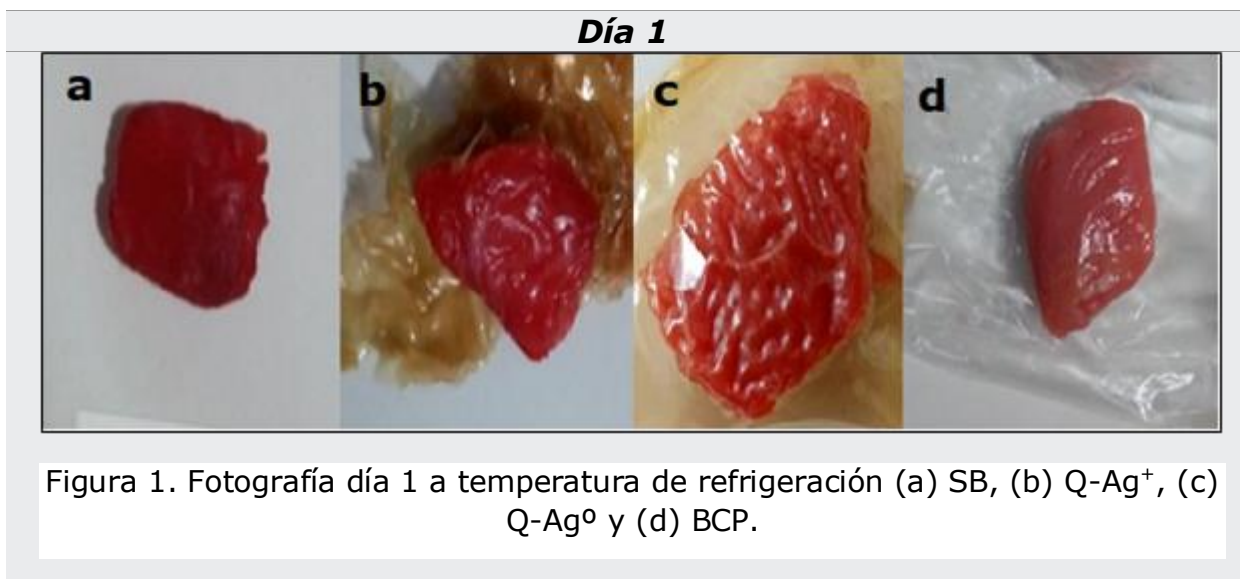
En el caso de las muestras a temperatura ambiente mantuvieron un olor débil característico mientras que las muestras en refrigeración neutralizaron su olor. Finalmente, en las muestras colocadas en bolsa comercial de polietileno se observa que la muestra a temperatura ambiente presentó inmediatamente presencia de crecimiento de bacterias por su aspecto y olor característico, mientras que la muestra en refrigeración mantuvo su condición inicial.

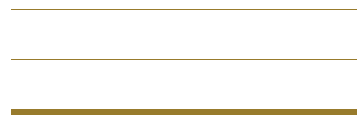
**Tabla 7. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> a temperatura ambiente durante el primer día.**

<i>Día 1</i>	
	
<b>Figura 27. Fotografía día 1 a temperatura ambiente de (a) SB, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP.</b>	
<i>Peso de Muestra inicial (gr): 6</i>	<i>Temperatura Ambiente (21.5 °C)</i>
<i>Peso de Muestra final (gr)</i>	<i>Características</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme al tacto.</li> </ul>	

(a)	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color rojo cereza oscuro.</li> <li>• Olor débil característico.</li> </ul>
(b)	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura consistente, fresca, la bolsa se adhirió a la carne presentando menor humedad.</li> <li>• Olor débil característico.</li> <li>• Color rojo cereza.</li> </ul>
(c)	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura consistente fresca, la bolsa se adhirió a la carne pero no afecto la humedad.</li> <li>• Olor débil característico.</li> <li>• Color rojo cereza.</li> </ul>
(d)	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura consistente fresca con presencia de humedad en la bolsa y ligeras manchas blancas.</li> <li>• Color rojo cereza.</li> <li>• Olor fuerte característico.</li> </ul>

**Tabla 8. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> a temperatura de refrigeración durante el primer día.**

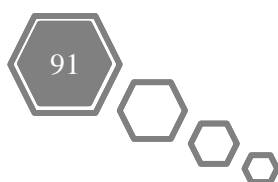




<i>Peso de Muestra inicial (gr): 6</i>	<i>Temperatura de Refrigeración: (6 °C)</i>
<i>Peso de Muestra final (gr)</i>	<i>Características</i>
(a) 6	<ul style="list-style-type: none"><li>• Textura consistente.</li><li>• Color rojo cereza.</li><li>• Olor característico.</li></ul>
(b) 6	<ul style="list-style-type: none"><li>• Textura consistente fresca, la bolsa se adhirió a la carne pero no afectó la humedad.</li><li>• Olor característico.</li><li>• Color rojo cereza.</li></ul>
(c) 6	<ul style="list-style-type: none"><li>• Textura consistente fresca, la bolsa se adhirió a la carne pero no afectó la humedad.</li><li>• Olor débil característico.</li><li>• Color rojo cereza.</li></ul>
(d) 6	<ul style="list-style-type: none"><li>• Textura consistente fresca, con presencia de humedad.</li><li>• Color rojo cereza.</li><li>• Olor característico.</li></ul>

En las Tablas 9 y 10 se registra la evolución de los empaques del segundo día, se detecta pérdida de peso en las muestras SE y las de Q-Ag<sup>+</sup>, Q-Ag<sup>0</sup> para ambos casos temperatura ambiente y temperatura de refrigeración (Figura 29 y 30).

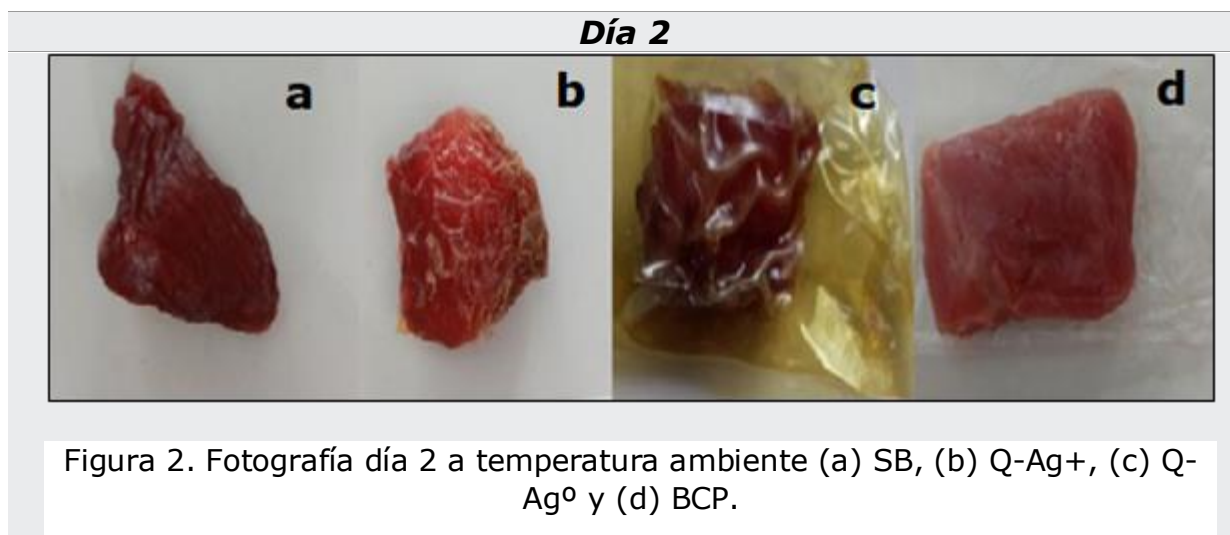
Para el caso de BCP se observa que a temperatura ambiente incrementó su peso debido a que se detecta presencia de jugos e indicios de crecimiento de bacterias y a la temperatura de refrigeración se mantiene el peso inicial.



Las características físicas de aspecto como color y olor son similares a las del día uno salvo las muestras de Q-Ag<sup>0</sup> que presentaron un color más oscuro al del día uno a temperatura ambiente.

Para la muestra empacada en BCP a temperatura ambiente se detectó cambio de color y continuidad del crecimiento de bacterias.

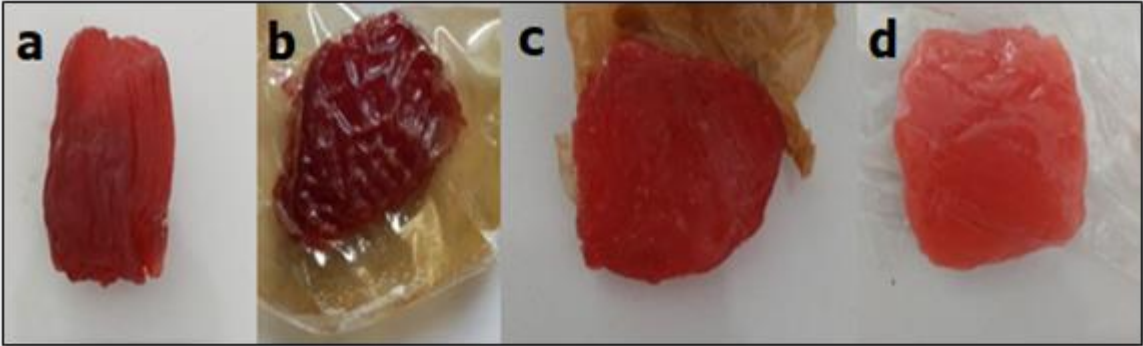
**Tabla 9. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> a temperatura ambiente durante el segundo día.**



<i>Peso de Muestra inicial (gr)</i> 6		<i>Temperatura Ambiente (22 °C)</i>
<i>Peso de Muestra final (gr)</i>	<i>Características</i>	
(a) 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme al tacto.</li> <li>• Color rojo cereza oscuro.</li> <li>• Olor débil característico.</li> </ul>	
(b) 4.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura consistente, apariencia semifresca de las orillas y fresca del centro, se observa pérdida de humedad.</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Olor débil característico.</li> <li>• Color rojo cereza.</li> </ul>
(c)	4.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura consistente fresca, la bolsa continuó adherida a la carne y se observa pérdida de humedad.</li> <li>• Olor débil característico.</li> <li>• Color rojo cereza oscuro.</li> </ul>
(d)	6.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura consistente fresca, se observa presencia de jugos en la bolsa y ligeras manchas blancas.</li> <li>• Color rosado.</li> <li>• Olor fuerte característico.</li> </ul>

**Tabla 10. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> a temperatura de refrigeración durante el segundo día.**

<i>Día 2</i>		
		
Figura 3. Fotografía día 2 a temperatura de refrigeración (a) SB, (b) Q-Ag <sup>+</sup> , (c) Q-Ag <sup>0</sup> y (d) BCP.		
<i>Peso de Muestra inicial (gr): 6</i>		<i>Temperatura de Refrigeración: (6 °C)</i>
<i>Peso de Muestra final (gr)</i>		<i>Características</i>
(a)	5.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme seca al tacto.</li> <li>• Color rojo cereza.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Olor característico.</li> </ul>
(b)	5.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura consistente, disminuyó la presencia de humedad.</li> <li>• Olor característico.</li> <li>• Color rojo cereza.</li> </ul>
(c)	5.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura consistente, disminuyó la presencia de humedad.</li> <li>• Olor débil característico.</li> <li>• Color rojo cereza.</li> </ul>
(d)	6.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura fresca suave al tacto, con presencia de humedad.</li> <li>• Color rosado.</li> <li>• Olor característico.</li> </ul>

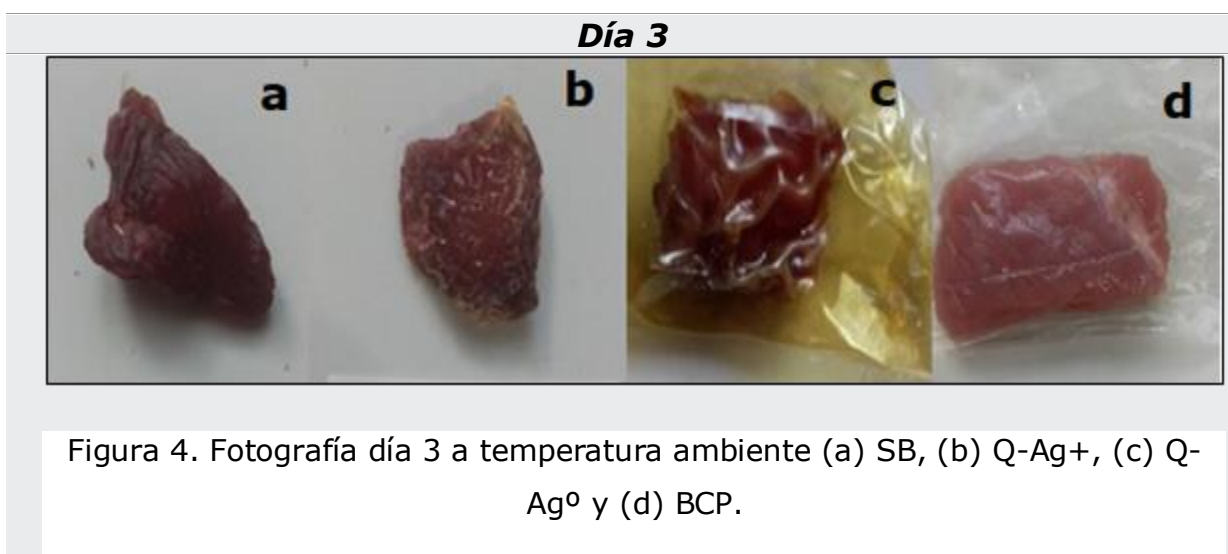
Observando las Tablas 11 y 12 que contiene el seguimiento de la evolución de las muestras al tercer día, se ve que las muestras con los empaques a temperatura ambiente en la Figura 31 presentan más variaciones de características físicas que los empaques a temperatura de refrigeración (Figura 32), principalmente se observa la pérdida de peso en cada caso destacando que las muestras más afectadas son las muestras SE y BCP.

Las muestras SE se han secado y perdido peso rápidamente, mientras que las muestras BCP han ganado peso y generado líquidos.

La muestra a temperatura ambiente SE comienza a presentar inicios de crecimiento de bacterias, mientras que las muestras con quitosano-plata solo se ven afectadas por la humedad y su color característico que se torna más oscuro en las áreas donde el empaque se ha adherido al pedazo de carne.

En las muestras a temperatura de refrigeración, la muestra SE continúa perdiendo peso más rápido que el resto de las muestras, se observa en la Figura 32 que la muestra de Q-Ag<sup>0</sup> se mantiene más fresca que la de Q-Ag<sup>+</sup> aunque su color es más oscuro que la otra y en la muestra de empaque BCP se empieza a detectar el deterioro por su olor fuerte, la jugosidad y sobre todo el cambio de color.

**Tabla 11. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> a temperatura ambiente durante el tercer día.**



<i>Peso de Muestra inicial (gr) 6</i>		<i>Temperatura Ambiente (20 °C)</i>
<i>Peso de Muestra final (gr)</i>		<i>Características</i>
(a)	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme al tacto.</li> <li>• Color rojo cereza oscuro.</li> <li>• Olor débil característico.</li> <li>• Se detecta presencia de pequeños puntos blancos.</li> </ul>

(b)	3.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apariencia semifresca del centro y seca de las orillas, sin presencia de humedad.</li> <li>• Olor débil característico.</li> <li>• Color rojo cereza en el centro de la muestra.</li> </ul>
(c)	3.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apariencia semifresca, textura consistente no se detecta presencia de humedad.</li> <li>• Olor débil característico.</li> <li>• Color rojo cereza oscuro.</li> </ul>
(d)	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura consistente, suave al tacto, se observa presencia de jugos en la bolsa y ligeras manchas blancas.</li> <li>• Color rosado.</li> <li>• Olor putrefacto fuerte característico.</li> </ul>

**Tabla 12. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag+ y Q-Ag<sup>0</sup> a temperatura de refrigeración durante el tercer día.**

**Día 3**

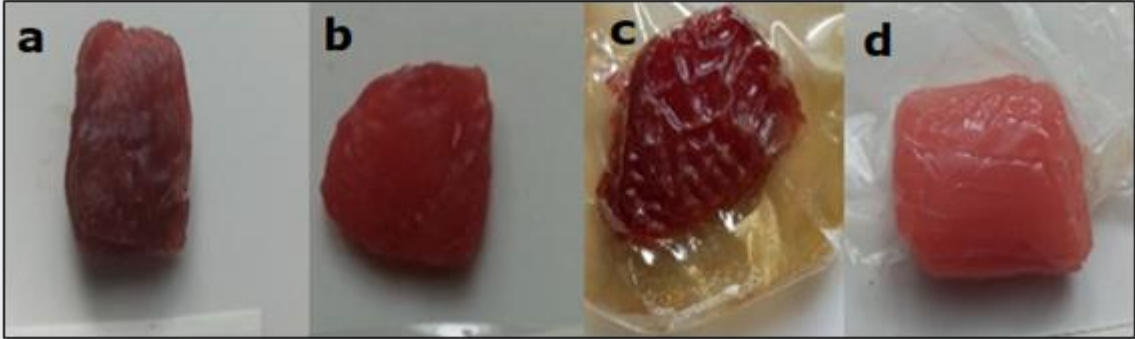


Figura 5. Fotografía día 3 a temperatura de refrigeración (a) SB, (b) Q-Ag+, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP.

<i>Peso de Muestra inicial (gr): 6</i>	<i>Temperatura de Refrigeración: (6 °C)</i>
<i>Peso de Muestra final (gr)</i>	<i>Características</i>
(a)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme seca al tacto.</li> </ul>

	4.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color rojo cereza oscuro.</li> <li>• Olor característico.</li> </ul>
(b)	4.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura consistente semifresca, disminuyó la presencia de humedad.</li> <li>• Olor neutro.</li> <li>• Color rosado.</li> </ul>
(c)	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme al tacto, semifresca.</li> <li>• Olor neutro.</li> <li>• Color rojo cereza.</li> </ul>
(d)	5.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura fresca suave al tacto, con presencia de jugosidad.</li> <li>• Color rosado.</li> <li>• Olor fuerte característico.</li> </ul>

Las Tablas 13 y 14 contienen la información plasmada respecto a las observaciones de los empaques del día 4.

El deterioro de la carne a temperatura ambiente es más notable, el color de las muestras pasa a una tonalidad rojo oscura y la presencia de bacterias sigue haciéndose presente en la muestra SE y de BCP.

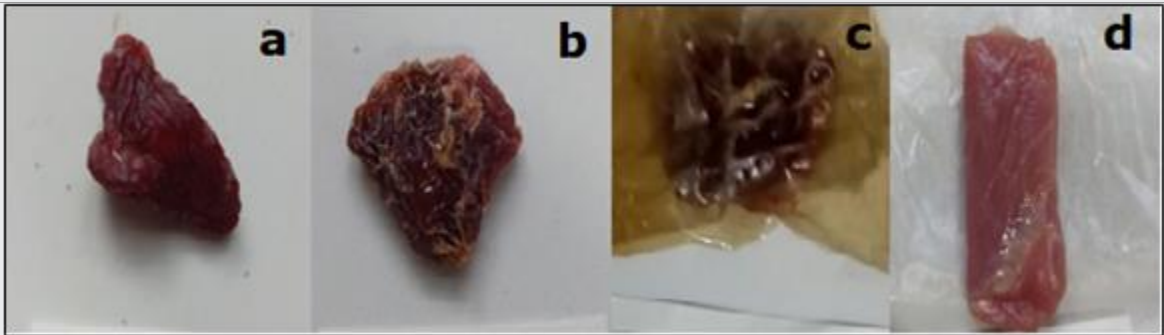
En el empaque de Q-Ag<sup>0</sup> como se puede observar en las Figuras 33 y 34, el empaque está totalmente adherido a la muestra de carne parra ambos casos probados a temperatura ambiente y a temperatura de refrigeración, lo que impide que factores externos interactúen en el interior de la muestra.

Las muestras a temperatura de refrigeración también se ven afectadas en su color sobre todo la muestra SE y la muestra de BCP donde su color es

más oscuro para la muestra SE y para la muestra de BCP su color es más pálido como se observa en la Figura 34.

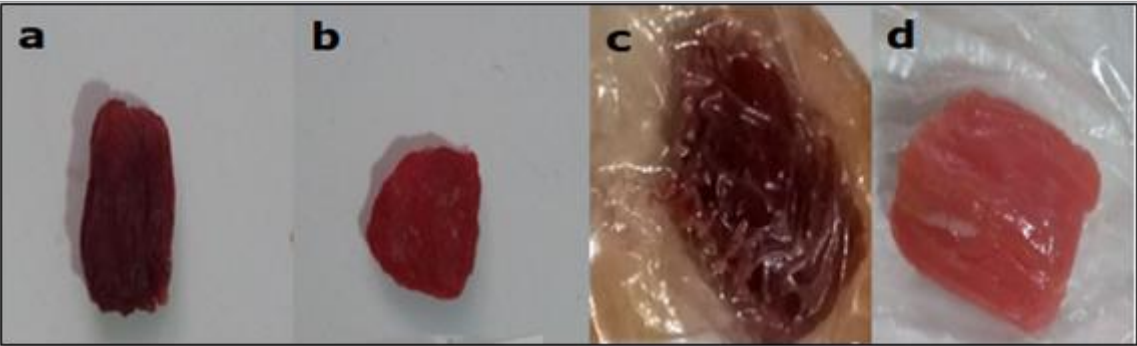
La muestra SE comienza a presentar ligera presencia de bacterias al igual que la muestra BCP a temperatura de refrigeración, mientras que las muestras de quitosano-plata continúan con un olor neutro, aspecto semifresco y sin presencia de bacterias.

**Tabla 13. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> a temperatura ambiente durante el cuarto día.**

		<b>Día 4</b>			
		<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>
					
Figura 6. Fotografía día 4 a temperatura ambiente (a) SB, (b) Q-Ag <sup>+</sup> , (c) Q-Ag <sup>0</sup> y (d) BCP.					
<i>Peso de Muestra inicial (gr)</i>		<i>Temperatura Ambiente (19 °C)</i>			
<i>Peso de Muestra final (gr)</i>		<i>Características</i>			
(a)	3.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme al tacto.</li> <li>• Color rojo cereza oscuro.</li> <li>• Olor característico putrefacto.</li> </ul>			

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se detecta presencia de bacterias en el interior de la muestra de carne.</li> </ul>
(b)	3.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apariencia semifresca del centro y seca de las orillas, sin presencia de humedad.</li> <li>• Olor débil característico.</li> <li>• Color rojo cereza en el centro de la muestra.</li> </ul>
(c)	3.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura seca al tacto.</li> <li>• Olor débil característico.</li> <li>• Color rojo cereza oscuro.</li> <li>• Se detectan inicios de presencia de bacterias.</li> </ul>
(d)	4.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura suave al tacto, se detecta un incrementó de presencia de bacterias.</li> <li>• Color rosado.</li> <li>• Olor putrefacto fuerte característico.</li> </ul>

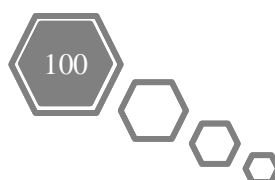
**Tabla 14. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> a temperatura de refrigeración durante el cuarto día.**

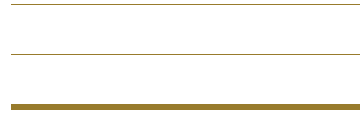
<b>Día 4</b>	
	
<p>Figura 7. Fotografía día 4 a temperatura de refrigeración (a) SB, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP.</p>	
<i>Peso de Muestra inicial (gr): 6</i>	<i>Temperatura de Refrigeración: (6 °C)</i>
<i>Peso de Muestra final (gr)</i>	<i>Características</i>

(a)	4.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme seca al tacto.</li> <li>• Color rojo cereza oscuro.</li> <li>• Olor débil característico.</li> </ul>
(b)	4.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme al tacto, semifresca, sin presencia de humedad.</li> <li>• Olor neutro.</li> <li>• Color rosado.</li> </ul>
(c)	4.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme al tacto, semifresca la presencia de humedad continuo disminuyendo.</li> <li>• Olor neutro.</li> <li>• Color rojo cereza.</li> </ul>
(d)	5.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura fresca suave al tacto, se detecta incremento de jugosidad y crecimiento de bacterias.</li> <li>• Color rosado.</li> <li>• Olor característico putrefacto.</li> </ul>

Las Tablas 15 y 16 registran el último día de seguimiento de las muestras y cómo se puede observar en las Figuras 35 y 36 para ambos casos experimentales temperatura ambiente y temperatura de refrigeración las muestras presentan una caracterización física completamente diferente a la inicial del día 1.

Las muestras llevadas a cabo a temperatura ambiente al fin de esta experimentación todas presentaron cambio de color tendiendo a ser un rojo oscuro, la pérdida de humedad se hizo presente principalmente en las muestras SE y de Q-Ag<sup>+</sup>, Q-Ag<sup>0</sup>, la presencia de bacterias y olor putrefacto estuvo presente como ultima observación destacando que en la muestra de Q-Ag<sup>+</sup> presento estas características hasta el quinto día como se puede observar en la Figura 35.

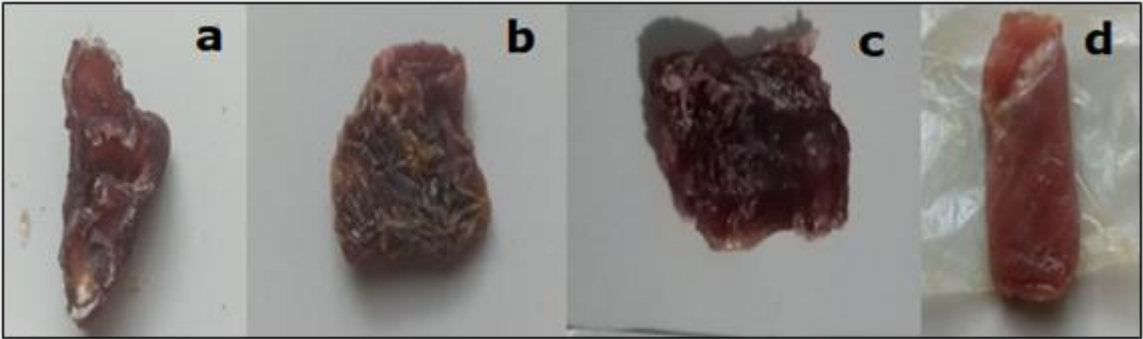




Para este día las muestras puestas a temperatura de refrigeración la apariencia física de las muestras no se vio tan afectada como en las muestras a temperatura ambiente.

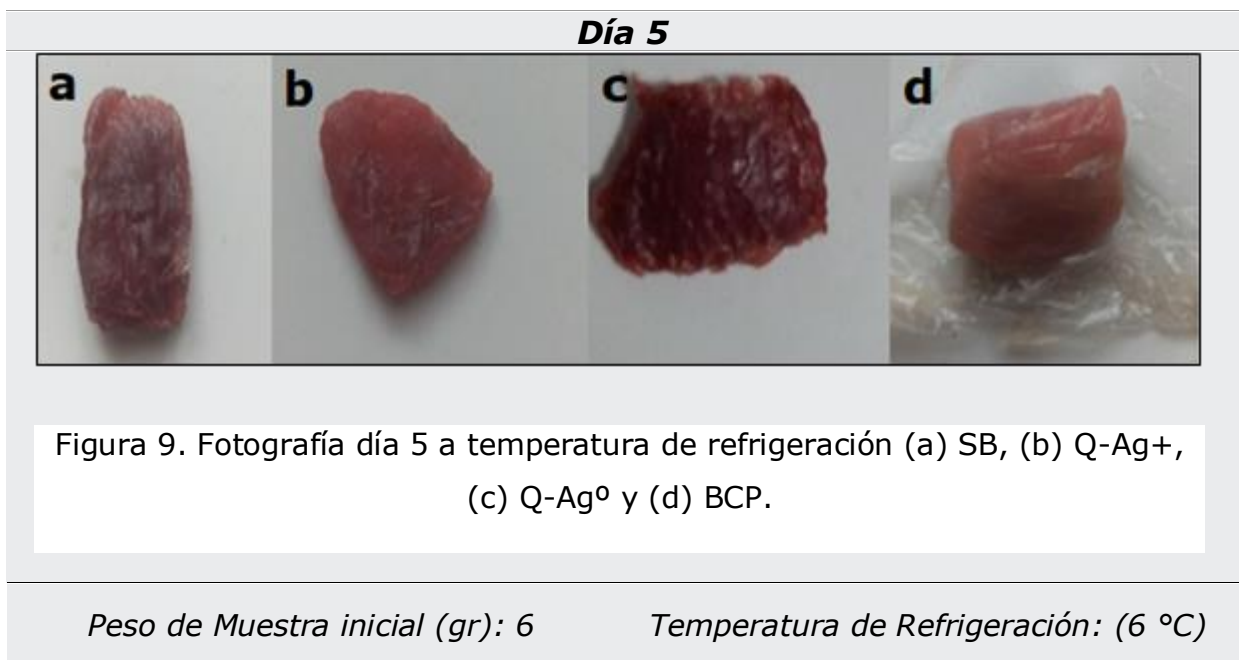
La presencia de bacterias solo se detectó en las muestras SE y BC, la eficiencia de los empaques de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> mostraron que se neutralizó el olor a ácido láctico de la carne disminuyendo su humedad y al mismo tiempo evitando el crecimiento rápido de las bacterias, sin embargo perdieron peso más rápido que la muestra puesta en el BCP.

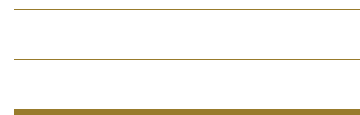
**Tabla 15. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> a temperatura ambiente durante el quinto día.**

<i>Día 5</i>	
	
Figura 8. Fotografía día 5 a temperatura ambiente (a) SB, (b) Q-Ag <sup>+</sup> , (c) Q-Ag <sup>0</sup> y (d) BCP.	
<i>Peso de Muestra inicial (gr)</i>	<i>Temperatura Ambiente (14 °C)</i>
<i>Peso de Muestra final (gr)</i>	<i>Características</i>
2.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme al tacto.</li> <li>• Color rojo oscuro.</li> </ul>

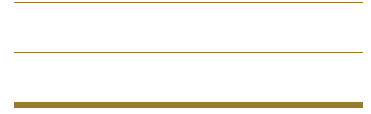
(a)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Olor característico putrefacto.</li> <li>• La presencia de bacterias ha disminuido el tamaño y peso de la muestra de carne.</li> </ul>
(b)	2.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme y seca al tacto.</li> <li>• Olor débil característico.</li> <li>• Color rojo cereza oscuro.</li> <li>• Se detectan inicios de presencia de bacterias.</li> </ul>
(c)	2.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura firme y seca al tacto.</li> <li>• Olor débil característico.</li> <li>• Color rojo cereza oscuro.</li> <li>• Se detectan inicios de presencia de bacterias.</li> </ul>
(d)	3.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura sin consistencia.</li> <li>• Color rosado amarillento.</li> <li>• Olor putrefacto fuerte característico.</li> </ul>

**Tabla 16. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> a temperatura de refrigeración durante el quinto día.**



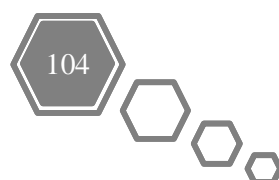


<i>Peso de Muestra final (gr)</i>		<i>Características</i>
(a)	3.2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Textura firme seca al tacto.</li><li>• Color rojo cereza oscuro.</li><li>• Olor débil característico.</li></ul>
(b)	4.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Textura firme seca al tacto.</li><li>• Olor neutro.</li><li>• Color rosado.</li></ul>
(c)	4.4	<ul style="list-style-type: none"><li>• Textura firme al tacto, semifresca.</li><li>• Olor neutro.</li><li>• Color rojo cereza.</li></ul>
(d)	4.8	<ul style="list-style-type: none"><li>• Textura fresca suave al tacto, se detecta descomposición de la carne por la presencia de bacterias.</li><li>• Color rosado pálido amarillento verdoso.</li><li>• Olor fuerte putrefacto.</li></ul>



# **CAPITULO IV**

## **CONCLUSIONES**



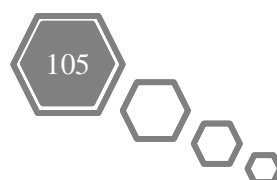


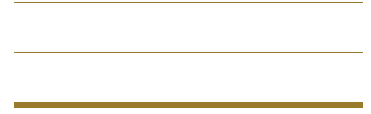
## CAPITULO IV CONCLUSIONES

### Conclusiones

Se desarrolló un empaque a base de quitosano con plata con características antimicrobianas.

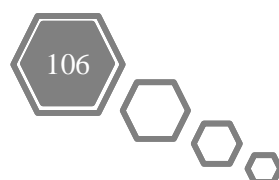
Las muestras con empaque de quitosano-plata almacenadas a bajas temperaturas permitieron prolongar las características físicas de la carne, siendo una alternativa viable para su uso como empaque amigable.





# **CAPITULO V**

# **REFERENCIAS**



---

---

---

## REFERENCIAS CITADAS

A. Guerrero, C. C. G. M., 2015. *Envases alternativos biodegradables*. [En línea]

Available at: [https://www.researchgate.net/profile/Ana-Guerrero-15/publication/281776621\\_Envases\\_alternativos\\_biodegradables\\_y\\_activos\\_con\\_aceites\\_esenciales\\_para\\_productos\\_carnicos/links/55f7fb6108aec948c4763c61/Envases-alternativos-biodegradables-y-activos-con-aceite](https://www.researchgate.net/profile/Ana-Guerrero-15/publication/281776621_Envases_alternativos_biodegradables_y_activos_con_aceites_esenciales_para_productos_carnicos/links/55f7fb6108aec948c4763c61/Envases-alternativos-biodegradables-y-activos-con-aceite)

[Último acceso: 27 enero 2022].

Alba, 2020. *Historia del Packaging*. [En línea]

Available at: <https://luzmala.com/historia-del-packaging/#:~:text=La%20historia%20del%20packaging%20comenz%C3%B3,paquete%20de%20consumo%20de%20marca.>

[Último acceso: 22 Octubre 2022].

Álvarez, C., 2010. *La bandeja blanca de poliestireno*. [En línea]

Available at: <https://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/10/la-bandeja-blanca-de-poliestireno.html>

[Último acceso: 09 marzo 2023].

Arapack, 2018. *Usos y ventajas de los envases PET*. [En línea]

Available at: <https://www.arapack.com/uso-y-ventajas-de-los-envases-pet/>

[Último acceso: 7 abril 2023].

Astaiza, G., 2010. *Tecnología de Carnicos*. [En línea]

Available at:

---

---

---

<http://tecnologiaticarnicos.blogspot.com/2010/05/empaques.html>

[Último acceso: 25 noviembre 2022].

Ayala Valencia, G., 2015. Antimicrobial effect of chitosan: a review. *Scientia Agroalimentaria*, Volumen 2, pp. 32-38.

Bauer, J. L., Villegas, L. F. & Zucchetti, A., 2022. Applications of chitosan in agriculture, industry and health.. *South Florida Journal of Environmental and Animal Science.*, 2(2), p. 41.

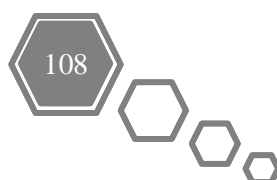
Bautista Baños , S., Ventura Aguilar, R. I., Correa Pacheco, Z. & Corona Rangel, M. L., 2017. Quitosano: un polisacárido antimicrobiano versátil para frutas y hortalizas en poscosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 23(2), pp. 104-117.

Belcher, J., 2006. Industrial Packaging developments for the global meat market. *Meat Science*, 74(1), pp. 143-148.

Besser Vacuum, 2022. *Envasado al Vacío y Tiempos de Almacenamiento de Comida*. [En línea] Available at: <https://besservacuum.com/mx/empaque-al-vacio/> [Último acceso: 7 abril 2023].

Betancur Henao, C. P., Hernández Montes, V. & Buitrago Sierra, R., 2016. Nanopartículas for antibacterial materials and titanium dioxide applications. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 35(4), pp. 387-402.

Cardenas Treviño, G., 2019. *Geles de Quitosano (A) Conteniendo Nanopartículas Metálicas de Cobre, Plata y Antibióticos (ciprofloxacino, cefataxime, gentamicina y cloxacilina)*. Chile, Patente nº WO 2019/232656 A1.



---

---

---

Carrillo Landell, F. G., Soto Alcocer, J. L., González Ponce, M. d. R. & Castro Urbina, D., 2016. Diseño de una planta a nivel piloto para la obtención de perlas deshidratadas elaboradas a base de hidrogel de quitosano.. *Revista de Ciencias de la Salud*, 3(7), pp. 21-30.

Charles, N., Williams, S. K. & Rodrickt, G. E., 2006. Effects of Packaging Systems on the Natural Microflora and Acceptability of Chicken Breast Meat. *Poultry Science*, Issue 85, pp. 1798-1801.

Cluster Camaron, 2017. *Camaron sin desperdicio*. [En línea] Available at: <https://camaron.ebizaro.com/camaron-sin-desperdicio-champu-de-cascaras-de-camaron/> [Último acceso: 28 marzo 2022].

Contreras,, F., Ariza, W. & Bonilla , S., 2019. Los Empaques Biodegradables, una respuesta a la conciencia Ambiental de los Consumidores. *Realidad Universal*, Issue 13.

Coreño Alonso, J. & Méndez Bautista, M. T., 2010. Relación estructura-propiedades de polímeros. *Educación Química - UNAM*, 21(4), pp. 291-299.

Cristobal, L. V., 2006. Quitina y quitosano: Materiales del pasado para el presente y el futuro. *Avances en química*, Volumen 1, pp. 15-21.

De Azeredo, H., 2009. Nanocomposites for food packaging applications. *Food Research International*, 42(9), pp. 1240-1253.

Dicoval, 2022. *Historia de los envases de vino*. [En línea] Available at: <https://dicoval.com/blog/post/historia-de-los-envases-del-vino.html> [Último acceso: 07 noviembre 2022].

---

---

---

Domard A, D. M., 2001. Chitosan: structure-properties relationship and biomedical. *Polymeric biomaterials*, Volumen 2, pp. 187-212.

Dutta PK, D. J. T. V., 2004. Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications. *Journal of scientific and industrial research*, 63(1), pp. 20-31.

Dutta PK, R. M. D. J., 2002. Chitin and chitosan for versatile applications. *Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews*, 42(3), pp. 307-354.

Dutta, P. K., Tripathi, S., Mehrotra, G. K. & Dutta, J., 2009. Perspectives of chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114(4), pp. 1173-1182.

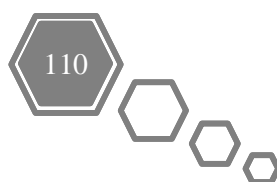
E, G., 2004. Interactions of metal ions with chitosan-based sorbents: a. *Separation and purification technology*, 38(1), pp. 43-74.

Ehrlich, H. y otros, 2007. First evidence of chitin as a component of the skeletal fibers of marine sponges. Part I. Verongidae (demospongia: Porifera).. *JOURNAL OF EXPERIMENTAL ZOOLOGY*, 308(4), pp. 347-356.

Envasados a Terceros, 2017. *Tipos de film para envases*. [En línea] Available at: <https://www.ensvasados.es/tipos-de-film-para-envases/> [Último acceso: 2 febrero 2022].

Evans, P., 2019. *Historia de las Bolsas de Plástico*. [En línea] Available at: <https://plastic.education/history-of-plastic-bags-how-did-we-get-here/>

[Último acceso: 23 Octubre 2022].



---

---

---

Farber, J., 2018. *Principles of Modified-Atmosphere and Sous Vide Product Packaging*. 2 ed. Lancaster: Routledge.

Flores, 2014. *Quitina*. [En línea]  
Available at: <https://www.flores.ninja/quitina/>  
[Último acceso: 28 marzo 2022].

Garcia Iglesias, E., Gago Cabezas, L. & Fernandez Nuevo, J. L., 2006. *Tecnologías de envasado en atmosfera protectora*, Madrid: Fundación CEIM.

Gobantes, I., Gómez, R. & Choubert, G., 2001. Envasado de alimentos. Aspectos técnicos del envasado a vacío y bajo atmósfera protectora.. *Alimentación, equipos y tecnología.*, Volumen 1, pp. 75-80.

H. Ehrlich, M. M. K. D. S. C. E. T. H. R. B. C. G. P. S. S. H. a. H. W., 2007. H. Ehrlich, M. Maldonado, K. D. Spindler, C. Eckert, T. Hanke, R. Born, C. Goebel, P. Simon, S. Heinemann, and H. Worch, "First Evidence of Chitin as a Component of the Skeletal Fibers of Marine Sponges. *Journal*, 308(B), pp. 347-356.

Hong, K. N. & Eun , Y. H., 1998. Control of Foam Formation by Antifoam during Demineralization of Crustacean Shell in Preparation of Chitin. *Agricultural and Food Chemistry*, 46(9), pp. 3844-3846.

Journal Method, 2023. *Recycling 101- What do the Plastic Codes Mean?*. [En línea]  
Available at: <https://methodrecycling.com/world/journal/recycling-101-what-do-the-plastic-codes-mean>  
[Último acceso: 21 Junio 2023].



---

---

---

Juárez, C., 2022. *The Food Tech*. [En línea]  
Available at: <https://thefoodtech.com/maquinaria-para-ensado-y-procesamiento/ensado-de-carnes-hasta-su-punto-de-evaporacion/>  
[Último acceso: 29 Marzo 2023].

KANGBEITE, 2006. Guía definitiva para el ensado en atmosfera modificada MAP. *Maquinaria de Embalaje Kangbeite*.

Kong, M., Chen, X. G., Xing, K. & Jin Park, H., 2010. Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: A state of the art review. *International Journal of Food Microbiology*, 144(1), pp. 51-63.

Lechevalier, V., 2016. Principles and Technology. En: *Handbook of Food Science and Technology 2*. s.l.:s.n., pp. 269-315.

Lyon, C., 2021. *Despiece de vacuno: partes y su uso en la cocina*. [En línea]  
Available at: <https://mrmeat.es/despiece-de-vacuno-partes-y-su-uso-en-la-cocina/>  
[Último acceso: 15 enero 2023].

M. Yadav, P. G. K. P. M. K. N. P. a. V. V., 2019. M. Yadav, P. Goswami, K. Paritosh, M. KuSeafood waste: a source for preparation of commercially employable chitin/chitosan materials. *Bioresources and Bioprocessing*, 6(8), pp. 1-20.

Materials World, 2023. *Servei Estació*. [En línea]  
Available at: <https://serveiestacio.com/es/rollo-de-nylon.html>  
[Último acceso: 7 abril 2023].

---

---

---

Mathew, R., Dorothy, J. & Research, S., 2017. Packaging and Storage Practices of Meat. *Global Journal of Biology, Agriculture & Health Sciences*, 6(40), pp. 34-35.

Mazzola, N. & Sarantopoulos, C. I., 2019. Packaging Design Alternatives for Meat Products. En: A. V. D. a. G. D. P. I. Romina Alina Marc, ed. *Food Processing*. Brazil: Intech Open.

Moussian, B., 2019. Targeting Chitin-containing Organisms. En: Q. Y. a. T. Fukamizo, ed. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. Singapore: Springer.

Muxika, A. y otros, 2017. Chitosan as a bioactive polymer: Processing properties and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105(2), pp. 1358-1368.

N. Mati-Baouche, P. E. H. B. G. P. C. D. a. P. M., 2014. Chitosan as an adhesive. *European Polymer Journal*, Volumen 60, p. 198-212.

ONU, 2021. *Se desperdicia el 17% de todos los alimentos disponibles a nivel del consumidor.* [En línea] Available at: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/onu-se-desperdicia-17-de-todos-los-alimentos-disponibles#:~:text=A%20nivel%20mundial%2C%20per%20c%C3%A1pita,per%20c%C3%A1pita%20regionales%20y%20nacionales.> [Último acceso: 07 noviembre 2022].

Ortega Cardona, C. E. & Aparicio Fernández, X., 2020. Quitosano: una alternativa sustentable para el empaque de alimentos.. *Revista Digital Universitaria*, 21(5), pp. 3-6.

---

---

---

Pacheco López, N. A., 2010. *Extracción biotecnológica de quitina para la producción de quitosanos: caracterización y aplicación*, Iztapalapa México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Pankow, K. H. M. y. G. W., 1935. Sur la constitution et la structure de la chitine. *Helvetica*, Volumen 18, pp. 589-598.

Paula Hook, J. E. H., 2017. *A History of Packaging*. [En línea] Available at: <https://ohioline.osu.edu/factsheet/cdfs-133> [Último acceso: 22 Octubre 2022].

Piergiovanni, L. & Limbo, S., 2010. *Food Packaging-Materiali, Tecnologie e Soluzioni*, Milano, Italy: Springer.

Pillai CKS, P. W. S. C., 2009. Chitin and chitosan polymers: Chemistry solubility and fiber formation. *Progress in polymer science*, 34(7), pp. 641-678.

Polidasa Empaques Flexibles, 2023. *Bolsas de Polipropileno*. [En línea] Available at: <https://polidasa.com.mx/polipropileno/> [Último acceso: 7 abril 2023].

Polietilenos Unidos de México, 2019. *Productos Coextruidos con EVOH*. [En línea] Available at: <https://pumsa.com.mx/producto/productos-coextruidos-con-evoh/> [Último acceso: 6 abril 2023].

Revista Cárnica No. 409 y 411, 2020. *Tecnología Sostenible en los Envases Cárnicos*. [En línea] Available at: <https://comecarne.org/tecnologia-sostenible-en-los->

---

---

---

envases-carnicos/

[Último acceso: 27 enero 2022].

Rinaudo, M., 2006. Chitin and chitosan. *Properties and applications*. *Prog. Polym. Sci.*, Issue 31, pp. 603-6632.

Robertson, G. L., 2012. *Food Packaging: Principles and Practice*. 3rd ed. Abingdon, UK: Taylor & Francis.

Romero Serrano, A. & Pereira, J., 2020. Chitosan, a versatil biomaterial. State of the art from its obtaining to its multiple applications. *Revista INGENIERÍA UC*, 27(2), pp. 118-135.

Salguero R., S. I. & Gutiérrez, A., 2019. Sistema de empaque, envase, embalaje y etiquetas. *Guía para procesos de internacionalización empresarial*, pp. 4,6.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016. *Sello TIF, sinónimo de excelencia*. [En línea]

Available at: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/sello-tif-sinonimo-de-excelencia>

[Último acceso: 20 Junio 2023].

Soluciones en Embalajes Flexibles, 2019. *Embalagem IDEAL*. [En línea]

Available at: <https://www.embalagemideal.com.br/plastico-polietileno>

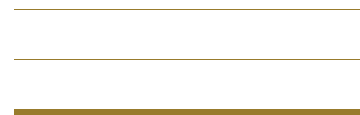
[Último acceso: 7 abril 2023].

Super Amara, 2019. *Despiece de la carne de vacuno*. [En línea]

Available at: <https://www.superamara.com/despiece-de-la-carne-de-vacuno.htm>

[Último acceso: 14 enero 2022].





Taik, L., 2010. Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials. *Meat Science*, Issue 86, pp. 138-150.

Tamayo, L. A., Zapata, P. A., Vejar, N. D. & Azócar, M. I., 2014. Release of silver and copper nanoparticles from polyethylene nanocomposites and their penetration into *Listeria monocytogenes*. *Materials Science and Engineering C*, Volumen 40, pp. 24-31.

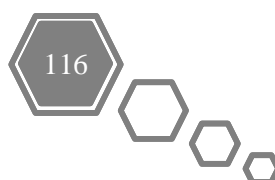
Todo en Polímeros, 2019. *Cloruro de polivinilideno*. [En línea] Available at: <https://todoenpolimeros.com/2019/02/20/cloruro-de-polivinilideno/> [Último acceso: 4 abril 2023].

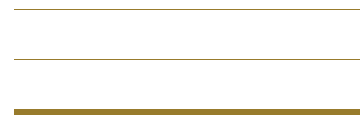
Tuyishime, P., Byong H, L. & Nsanzabera, F., 2017. Current Status and New Perspectives on Chitin and Chitosan as Functional Biopolymers. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Volumen 181, pp. 1314-1317.

ULMA, 2023. *Soluciones de envasado para productos cárnicos*. [En línea] Available at: <https://www.ulmapackaging.com/es/soluciones-de-ensado/carnico> [Último acceso: 5 abril 2023].

United States Department of Agriculture, 2014. Meat and Poultry Packaging Materials. *Food Safety Information*, pp. 5-7.

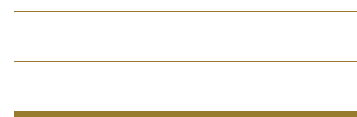
Vallejo Dominguez, D., 2019. *Repositorio Institucional BUAP*. [En línea] Available at: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/4690/810719T.pdf?sequence=1> [Último acceso: 22 Enero 2023].





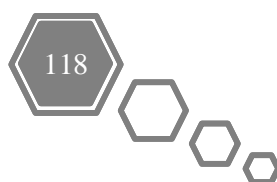
Younes, I. & Rinaudo, M., 2015. Chitin and Chitosan Preparation from Marine Sources Structure, Properties and Applications. *Marine Drugs*, 13(3), pp. 1133-1174.





# **ANEXOS**

## **INDICES, ABREVIATURAS Y FORMULAS QUÍMICAS**



---

---

---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de niveles de empaque (Robertson, 2012).	14
Tabla 2. Características y materiales de los plásticos flexibles, semirrígidos y rígidos (KANGBEITE, 2006).	16
Tabla 3. %w/w de quitina, lípidos, CaCO <sub>3</sub> y proteína presente en especies crustáceas, hexápodos, hongos etcétera (Pacheco López, 2010).	41
Tabla 4. Descripción de las corrientes esquemáticas de la planta piloto para la obtención de quitina y quitosano a partir de exoesqueletos de crustáceos marinos (Carrillo Landell, <i>et al.</i> , 2016).	44
Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas del Quitosano.	50
Tabla 6. Propiedades Biológicas del Quitosano (Dutta PK, 2004).	51
Tabla 7. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag <sup>+</sup> y Q-Ag <sup>0</sup> a temperatura ambiente durante el primer día.	81
Tabla 8. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag <sup>+</sup> y Q-Ag <sup>0</sup> a temperatura de refrigeración durante el primer día.	82
Tabla 9. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag <sup>+</sup> y Q-Ag <sup>0</sup> a temperatura ambiente durante el segundo día.	84
Tabla 10. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag <sup>+</sup> y Q-Ag <sup>0</sup> a temperatura de refrigeración durante el segundo día.	85
Tabla 11. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag <sup>+</sup> y Q-Ag <sup>0</sup> a temperatura ambiente durante el tercer día.	87
Tabla 12. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag <sup>+</sup> y Q-Ag <sup>0</sup> a temperatura de refrigeración durante el tercer día.	88
Tabla 13. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag <sup>+</sup> y Q-Ag <sup>0</sup> a temperatura ambiente durante el cuarto día.	90
Tabla 14. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag <sup>+</sup> y Q-Ag <sup>0</sup> a temperatura de refrigeración durante el cuarto día.	91
Tabla 15. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag <sup>+</sup> y Q-Ag <sup>0</sup> a temperatura ambiente durante el quinto día.	93

---

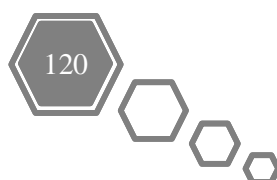
---

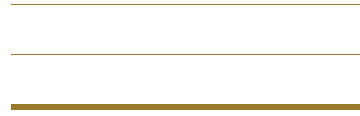
---

Tabla 16. Comparación de la vida de anaquel de los diferentes empaques comercial y de Q-Ag<sup>+</sup> y Q-Ag<sup>0</sup> a temperatura de refrigeración durante el quinto día. 94

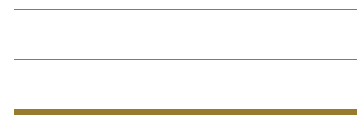
## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación histórica de los envases (Dicoval, 2022).	11
Figura 2. Bolsa plástica de polietileno (Soluciones en Embalajes Flexibles, 2019)	18
Figura 3. Bolsa plástica de polipropileno (Polidasa Embalajes Flexibles, 2023)	19
Figura 4. Rollo plástico de nailon (Materials World, 2023)	20
Figura 5. Empaque de Tereftalato de Polietileno (Arapack, 2018)	21
Figura 6. Empaque de cloruro de polivinilo (ULMA, 2023).	22
Figura 7. Plástico de cloruro de polivinilideno (Todo en Polímeros, 2019)	23
Figura 8. Empaques de alcohol vinílico de etileno (Polietilenos Unidos de México, 2019)	24
Figura 9. Despiece del vacuno (Super Amara, 2019).	26
Figura 10. Función y propiedades de un empaque. Elaboración propia, basado en (Lechevalier, 2016).	33
Figura 11. Charola de Poliestireno (Álvarez, 2010)	34
Figura 12. Representación de empackado al vacío (Besser Vacuum, 2022)	36
Figura 13. a) Quitina en desperdicios de camarón (Cluster Camaron, 2017). b) Quitina localizada en el antepecho de los hongos zetas (Flores, 2014).	40
Figura 14. Diagrama de proceso para la obtención de quitina y quitosano a partir de exoesqueletos de crustáceos marinos (Carrillo Landell, <i>et al.</i> , 2016)	43
Figura 15. Estructura química de la quitina y quitosano. Elaboración propia, basado en (Muxika, <i>et al.</i> , 2017)	49
Figura 16. Mecanismo de acción del quitosano sobre bacterias Gram negativas (Kong, <i>et al.</i> , 2010).	57
Figura 17. Mecanismo de acción del quitosano sobre bacterias Gram positivas (Kong, <i>et al.</i> , 2010).	58
Figura 18. Empaque plástico de Q-Ag <sup>+</sup> .	70
Figura 19. Empaque plástico de Q-Ag <sup>0</sup> .	71
Figura 20. Carne de res cruda, corte tipo solomillo.	73
Figura 21. Trozo de carne de res cruda.	74
Figura 22. Muestras recubiertas con empaque de Q-Ag <sup>+</sup> .	75
Figura 23. Muestras recubiertas con empaque de Q-Ag <sup>0</sup> .	75
Figura 24. Muestras recubiertas con empaque de polietileno comercial.	76
Figura 25. Muestras de carne sin empaque.	76





- Figura 26. Fotografía día 1, temperatura ambiente (21.5°C) (a) SE, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) BCP y (d) Q-Ag<sup>0</sup>. 79
- Figura 27. Fotografía día 1 a temperatura ambiente de (a) SB, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP. 81
- Figura 28. Fotografía día 1 a temperatura de refrigeración (a) SB, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP. 2
- Figura 29. Fotografía día 2 a temperatura ambiente (a) SB, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP. 2
- Figura 30. Fotografía día 2 a temperatura de refrigeración (a) SB, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP. 2
- Figura 31. Fotografía día 3 a temperatura ambiente (a) SB, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP. 2
- Figura 32. Fotografía día 3 a temperatura de refrigeración (a) SB, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP. 2
- Figura 33. Fotografía día 4 a temperatura ambiente (a) SB, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP. 2
- Figura 34. Fotografía día 4 a temperatura de refrigeración (a) SB, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP. 2
- Figura 35. Fotografía día 5 a temperatura ambiente (a) SB, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP. 2
- Figura 36. Fotografía día 5 a temperatura de refrigeración (a) SB, (b) Q-Ag<sup>+</sup>, (c) Q-Ag<sup>0</sup> y (d) BCP. 2



## **ABREVIATURAS**

Ag<sup>+</sup>: Iones plata

Ag<sup>0</sup>: plata metálica

AgNO<sub>3</sub>: Nitrato de plata

BCP: Bolsa comercial de polietileno

BOPP: Polipropileno biorientado

Ca<sup>2+</sup>: Calcio

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono

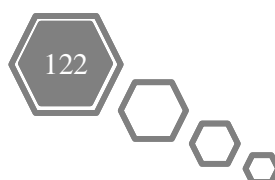
Cu<sup>2+</sup>: Cobre

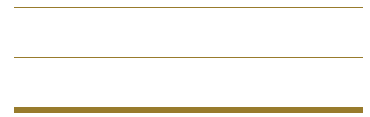
DDA: Desacetilación

EVOH: Alcohol vinílico de etileno

Fe<sup>2+</sup>: Hierro

HCl: Ácido clorhídrico





H<sub>2</sub>O: Agua

Mg<sup>2+</sup>: Magnesio

MAP: Atmosfera modificada

NaBH<sub>4</sub>: Borohidruro de sodio

NaOH: Hidróxido de Sodio

ONU: Organización de las Naciones Unidas

O<sub>2</sub>: Oxígeno

PA: Poliamida

PE: Polietileno de alta y baja densidad

PET: Poli tereftalato de etileno

PP: Polipropileno

PVC: Policloruro de vinilo

PVdC: Cloruro de polivinilideno

Q: Quitosano

Q-Ag<sup>0</sup>: Quitosano plata metálica

Q-Ag<sup>+</sup>: Quitosano iones plata

SE: Sin empaque

