

**UNIVERSIDAD DR. JOSÉ MATÍAS DELGADO**  
**FACULTAD DE AGRICULTURA E INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA “JULIA HILL DE**  
**O’SULLIVAN”**

**INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



UNIVERSIDAD DR. JOSÉ  
**MATÍAS DELGADO**  
SAN SALVADOR, EL SALVADOR C. A.

APROVECHAMIENTO DEL SUBPRODUCTO DE LA COLA DE CAMARÓN PARA  
REDUCIR SU DESPERDICIO E INCORPORARLO EN LA DIETA DE LOS POLLOS DE  
ENGORDE EN MINI AGENCIA GONZÁLEZ, AHUACHAPÁN.

**MONOGRAFÍA PRESENTADA PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**Ingeniero en Alimentos**

**PRESENTADO POR:**

González Cano, Karla Cristina

Granados Medrano, Karla Elisa

Tobar Romero, Daisy Alejandra

**ASESOR:**

Inga. MAE. Farah Alabí Hernández

**ANTIGUO CUSCATLÁN, LA LIBERTAD, 9 DE JUNIO DE 2021**

Publicado bajo la Licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual CC BY-NC-SA



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## **AUTORIDADES**

Dr. José Enrique Sorto Campbell

**RECTOR**

Dr. David Escobar Galindo

**RECTOR EMÉRITO**



UNIVERSIDAD DR. JOSÉ  
**MATÍAS DELGADO**  
SAN SALVADOR, EL SALVADOR C. A.

Ing. Luis Enrique Córdova Macias

**DECANO DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA E INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA**

**“JULIA HILL DE O’SULLIVAN”**

## **COMITÉ EVALUADOR**

Lic. Silvana Hernández

**COORDINADOR**

Ing. Antonia Beatriz Amador Medrano

**MIEMBRO DEL COMITÉ EVALUADOR**

Ing. Carlos Gerardo Vásquez Gallardo

**MIEMBRO DEL COMITÉ EVALUADOR**

Inga. MAE. Farah Alabí Hernández

**ASESOR**

**ANTIGUO CUSCATLÁN, LA LIBERTAD, 9 DE JUNIO DE 2021**



UNIVERSIDAD DR. JOSÉ  
MATÍAS DELGADO  
Facultad de Agricultura e Investigación  
Agrícola "Julia Hill de O'Sullivan"

## ORDEN DE IMPRIMATUM DE LA MONOGRAFIA

ORDEN: 26-2021

<b>Tema:</b>	"APROVECHAMIENTO DEL SUBPRODUCTO DE LA COLA DE CAMARÓN PARA REDUCIR SU DESPERDICIO E INCORPORARLO EN LA DIETA DE LOS POLLOS DE ENGORDE EN MINI AGENCIA GONZÁLEZ, AHUACHAPÁN"
--------------	--

### PRESENTADO POR:

#### NOMBRE

#### CARRERA

<b>Egresado 1:</b>	Karla Cristina González Cano	Ingeniería en Alimentos
<b>Egresado 2:</b>	Karla Elisa Granados Medrano	
<b>Egresado 3:</b>	Daisy Alejandra Tobar Romero	
<b>Asesor:</b>	Ing. Farah Silvana Alabí Hernández	

OMNIA CUM HONORE



Ing. Luis Enrique Córdova  
DECANOCOORDINADORA

Ing. Mirna Vargas

Ing. María Teresa Valencia  
CATEDRÁTICA

## **Agradecimiento**

Agradezco principalmente a Dios todo poderoso por ser un pilar fundamental en mi vida, ya que siempre me brindo la sabiduría necesaria para poder culminar con esta etapa, sosteniéndome de la mano para jamás rendirme, porque todo lo obtenido es gracias a él.

También quiero agradecer de corazón a nuestra asesora Inga. MAE. Farah Alabí Hernández por su apoyo tiempo y dedicación, ya que siempre estuvo al pendiente desde el momento en que obtuvimos a los pollitos hasta el final.

A mis compañeras y amigas de investigación, Elisa y Ale agradecerles por todo el tiempo compartido a lo largo de la carrera, ya que sin el esfuerzo y dedicación de cada una de ustedes esto no sería una realidad, gracias por siempre estar en las buenas y malas, dándonos ánimos para siempre salir adelante y sobre todo por su paciencia, comprensión y cariño.

Continuando quiero agradecer profundamente a mi familia. A mi padre Jorge, por todo el apoyo que me ha brindado desde un principio y por siempre estar para mí, a mi madre Karla por siempre creer en mi potencial, dándome palabras de aliento para seguir adelante y jamás rendirme. A mis hermanas, Katherine y Fabiola por ser un apoyo fundamental, porque siempre me han apoyado en mis noches de desvelo y proyectos. Y por último a mis abuelos, tíos, primos y amigos de corazón, en donde el apoyo y la motivación jamás faltaron. A todos ustedes infinitas gracias por ser una pieza fundamental durante esta etapa.

*Karla Cristina González Cano*

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa tan importante al lado de personas maravillosas como lo son mis compañeras y amigas de investigación y toda mi formación académica.

Al igual que sé que mis compañeras están agradecidas, quiero agradecer a nuestra asesora Inga. MAE. Farah Alabí por todos sus consejos, tiempo, dedicación y comprensión hacia nuestra investigación, sin ella esto no hubiera sido posible.

También quiero agradecer a mi familia, mi madre y abuela, por su apoyo incondicional por siempre ayudarme y motivarme a seguir adelante y nunca desconfiar de mis capacidades y por el contrario darme el valor y apoyo que muchas veces necesite para tomar decisiones importantes. A mi abuelo quien me hubiera encantado que aun estuviera en esta vida para compartir este logro conmigo, y sin duda leer este proyecto, pero sé que donde ahora él se encuentra sigue sintiéndose orgulloso de mi como en vida siempre me repitió. A mis tíos Ricardo y Francisco quienes siempre han estado dispuestos a ayudarme siempre que lo necesite y sin importar el momento o las prisas. A mis otros tíos Luis y Claudia quienes me acogieron como a otra hija y nunca podre agradecerles lo suficiente todas sus acciones hacia mi persona. A mi hermano y primo quienes en muchos momentos de estrés ellos llenaban mi vida de alegrías. Cada uno me motivo y ayudo a su manera a nunca rendirme.

También quiero agradecer de forma muy especial al Lic. Artiga, mi novio quien nunca fue un freno en mi vida sino por el contrario un gran apoyo sin importar las circunstancias ni la distancia.

Y, por último, pero para nada menos importante quiero agradecer al Ing. Vásquez por su tiempo y asesoría de calidad para nuestra investigación.

*Karla Elisa Granados Medrano*

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por todas las bendiciones recibidas a lo largo de toda mi vida, por ser mi luz y guiarme en todo momento.

Quiero agradecer de forma especial a nuestra asesora Inga. MAE. Farah Alabí Hernández, por el tiempo dedicado al trabajo de investigación y por cada una de las recomendaciones efectuadas para lograr culminar con éxito.

Agradecer a mis compañeras de estudio y amigas, Elisa y Cristina. La finalización de esta etapa es gracias a su apoyo y dedicación. Quienes más allá del aspecto académico, son dos de las personas más importantes en mi vida a quienes admiro y respeto. Estamos por lograrlo, gracias por permitirme cerrar esta etapa junto a ustedes.

En tercer lugar, quiero agradecer a mi familia. A mi mamá Daisy, gracias por siempre ser tan positiva, por ayudarnos a mantener la calma y recordarnos que todo es posible cuando se hace con esfuerzo y corazón. A mi papá Ernesto, gracias por tu apoyo constante, por comprometerte en mis proyectos y tratarlos como si fueran tuyos. Todo lo que soy ahora se lo debo a ustedes. Gaby, mi pequeña hermana, a pesar de la distancia no te imaginas lo fundamental que has sido en todo este proceso. Has sido mi escape y mi zona segura cuando he necesitado un momento de desconexión.

Además, agradecer al Ing. Velasco, mi novio. Tú has sido mi pilar a lo largo de todos estos años, gracias por siempre ayudarme, por dedicarme un tiempo tus domingos y buscar la manera de solucionar problemas que se presentaban a lo largo de estos 5 meses y aunque no conocieras en algunos casos que respuestas darme siempre buscabas la forma de guiarme. Gracias por todos tus consejos y por siempre animarme.

*Daisy Alejandra Tobar Romero*

## Índice

Resumen.....	12
Introducción .....	13
Capítulo I. Planteamiento del problema .....	15
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	15
1.2 Formulación del problema .....	16
1.2.1 Problema general .....	16
1.2.2 Problemas específicos .....	17
1.3 Objetivos .....	17
1.3.1 Objetivo general .....	17
1.3.2 Objetivos específicos .....	17
1.4 Justificación e importancia .....	17
1.5 Alcance.....	19
1.6 Limitaciones.....	20
1.7 Consideraciones éticas .....	21
1.8 Viabilidad del estudio .....	21
Capítulo II. Marco Teórico .....	22
2.1 Antecedentes .....	22
2.1.1 Antecedentes nacionales .....	22
2.1.2 Antecedentes internacionales .....	27
2.2 Bases teóricas.....	37
2.2.1 Estructura y características del camarón .....	37
2.2.2 Residuos del camarón .....	38
2.2.3 Aplicaciones tecnológicas de los subproductos del camarón.....	40
2.2.4 Tendencias tecnológicas reutilizando subproductos del camarón.....	42
2.2.5 Industria avícola en El Salvador.....	46
2.2.6 Razas de aves de corral más utilizadas en El Salvador .....	47
2.2.7 Crianza y manejo de las aves de corral: Hubbard.....	49
2.2.8 Nutrientes importantes en la dieta de pollos de engorde.....	53
2.2.9 Manejo de las aves de corral .....	53
2.2.10 Harina de camarón en la alimentación de pollos de engorde.....	54
2.2.11 Costo de la formulación de la harina y crianza de los pollos de engorde.....	56

<b>2.3 Marco conceptual</b> .....	57
<b>2.3.1 Economía circular</b> .....	57
<b>2.3.2 Secado al sol</b> .....	58
<b>2.3.3 Proceso de molienda</b> .....	59
<b>2.3.4 Métodos de obtención de harina de camarón.</b> .....	59
<b>2.3.5 Método de incorporación de harinas a concentrados para aves.</b> .....	63
<b>Capítulo III. Metodología de la Investigación</b> .....	63
<b>3.1 Tipo de investigación</b> .....	63
<b>3.2 Hipótesis</b> .....	64
<b>3.2.1 Hipótesis general</b> .....	64
<b>3.2.2 Hipótesis específicas</b> .....	64
<b>3.3 Diseño de la investigación</b> .....	64
<b>3.4 Población</b> .....	65
<b>3.5 Muestra</b> .....	65
<b>3.6 Criterios de selección</b> .....	66
<b>3.6.1. Criterios de selección de las aves de corral</b> .....	66
<b>3.6.2. Criterios de exclusión de las aves de corral</b> .....	66
<b>3.6.3. Criterios de selección de camarones</b> .....	67
<b>3.6.4. Criterios de exclusión de camarones</b> .....	67
<b>3.7 Operacionalización de las variables</b> .....	67
<b>3.7.1. Matriz Causa, efecto y aportes</b> .....	67
<b>3.7.2. Matriz de consistencia.</b> .....	68
<b>3.7.3. Matriz de operacionalización de las variables.</b> .....	70
<b>3.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	71
<b>3.8.1 Selección del lugar y preparación de la zona de alojamiento</b> .....	72
<b>3.8.2 Elaboración de la harina de camarón</b> .....	75
<b>3.8.3 Procedimiento para la elaboración de harina.</b> .....	77
<b>3.8.4 Flujograma del proceso</b> .....	77
<b>3.8.5 Mezcla de harina de caparazón con el concentrado comercial.</b> .....	82
<b>3.8.6 Recepción y manejo de los pollos de engorde</b> .....	83
<b>3.9 Procedimiento para la recolección de datos</b> .....	88
<b>3.10 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos</b> .....	89



<b>Capítulo IV. Resultados</b> .....	90
<b>4.1. Obtención de la harina a partir del caparazón de camarón</b> .....	90
4.1.1. Comparación con otros autores .....	92
<b>4.2. Determinación del valor nutricional de la harina de cola de camarón.</b> .....	93
4.2.1. Recolección de muestra .....	93
4.2.2. Resultados de análisis bromatológico a harina de camarón .....	93
4.2.3. La importancia de una dieta de calidad en las aves para la nutrición humana. ....	95
<b>4.3 Comparación de resultados obtenidos con T1 (5%), T2 (10%) y T3 (Control).</b> .....	96
4.3.1 Consumo de alimento promedio por ave .....	97
4.3.2 Peso vivo.....	100
4.3.3 Ganancia de peso.....	102
4.3.4 Conversión Alimenticia .....	103
4.3.5 Mortalidad .....	105
<b>4.4 Análisis sensorial</b> .....	107
<b>Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	113
<b>5.1 Conclusiones</b> .....	113
<b>5.2 Recomendaciones</b> .....	115
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	117
<b>Glosario</b> .....	122
<b>Anexos</b> .....	123
<b>Anexo I. Productos comercializados a nivel mundial.</b> .....	123
<b>Anexo II. Lista de chequeo</b> .....	125
<b>Anexo III. Concentrado iniciador utilizado en el experimento.</b> .....	129
<b>Anexo IV. Concentrado finalizador utilizado en el experimento.</b> .....	130
<b>Anexo V. Análisis sensorial, prueba de comparación pareada</b> .....	131
<b>Anexo VI. Análisis microbiológico realizado en CENTA</b> .....	133
<b>Anexo VII. Resultados del Análisis bromatológico realizado en CENTA</b> .....	134

## Índice de Figuras

Figura 1. Sistema de Información Hídrica (SIHI). .....	22
Figura 2. Salineras y camaronerías de El Salvador.....	23
Figura 3. Tendencias tecnológicas.....	42
Figura 4. Ejemplo de proceso para obtención de harina de camarón. ....	60
Figura 5. Diagrama de flujos de procesos de harina de camarón por método de secado de túnel.....	62
Figura 6. Matriz causa, efecto y aportes. ....	68
Figura 7. Dimensiones del trabajo de investigación. ....	72
Figura 8. Jaula A.....	73
Figura 9. Jaula B.....	74
Figura 10. Obtención de harina de caparazón.....	76
Figura 11. Pesaje de ave en pie.....	83
Figura 12. Control de temperatura en la jaula.....	86
Figura 13. Sacrificio de las aves. ....	107
Figura 14. Piel rojiza de aves.....	108
Figura 15. Color de la carne.....	109
Figura 16. Resultados del análisis sensorial .....	111
Figura 17. Análisis sensorial.....	112
Figura 18. Cápsulas de quitosano .....	123
Figura 19. Polvo de camarón .....	123
Figura 20. Bioplástico.....	124
Figura 21. Fertilizante de quitosano.....	124
Figura 22. Iniciador de engorde .....	129
Figura 23. Parte frontal. ....	129
Figura 24. Concentrado finalizador. ....	130
Figura 25. Parte frontal concentrado finalizador. ....	130
Figura 26. Resultado de análisis microbiológico.....	133
Figura 27. Resultado de análisis bromatológico.....	134

## Índice de Tablas

Tabla 1. Composición química del caparazón del camarón .....	40
Tabla 2. Patentes de los subproductos del camarón.....	43
Tabla 3. Especificaciones de dieta (Proteína).....	50
Tabla 4. Costos de la fase de experimento.....	56
Tabla 5. Matriz de consistencia .....	68
Tabla 6. Operacionalización de las variables.....	70
Tabla 7. Determinación de componentes nutricionales .....	80
Tabla 8. Batch de alimento T1.....	82
Tabla 9. Batch de alimento T2.....	82
Tabla 10. Análisis garantizado.....	93
Tabla 11. Prueba Anova: Consumo promedio de alimento (lb/ave).....	98

Tabla 12. Método Tukey: Consumo de alimento.....	99
Tabla 13. Prueba Anova: Peso vivo.....	100
Tabla 14. Método Tukey: Peso vivo.....	101
Tabla 15. Prueba Anova: Ganancia de peso .....	102
Tabla 16. Método Tukey: Ganancia de peso .....	103
Tabla 17. Prueba Anova: Conversión Alimenticia .....	104
Tabla 18. Método Tukey: Conversión Alimenticia .....	104
Tabla 19. Tabla Cruzada.....	109
Tabla 20. Prueba de Chi-cuadrado.....	110
Tabla 21. Ejemplos del aprovechamiento de subproductos del camarón .....	123
Tabla 22. Lista de chequeo: pollos de engorde alimento comercial (T3).....	125
Tabla 23. Lista de chequeo: pollos de engorde, harina al 5% (T1) .....	126
Tabla 24. Lista de chequeo: pollos de engorde, harina al 10% (T2) .....	127
Tabla 25. Lista de chequeo: Control ambiental .....	128
Tabla 26. Prueba de comparación pareada (M1A-M1B).....	131
Tabla 27. Prueba de comparación pareada (M2A-M2B).....	132

## Resumen

“Aprovechamiento del subproducto de la cola de camarón para reducir su desperdicio e incorporarlo en la dieta de pollos de engorde en mini agencia González, Ahuachapán” su objetivo principal fue evaluar el aprovechamiento del subproducto de la cola camarón, para reducir su desperdicio e incorporarlo en la dieta de los pollos de engorde. Se realizó un proceso de lavado, secado y molido del exoesqueleto para la elaboración de una harina, con la cual se alimentó a dos grupos de aves en diferentes proporciones cada uno (5% y 10%) de la raza Hubbard, el tercer grupo de aves fue alimentado con concentrado comercial sin adición de harina. La alimentación controlada de las aves comenzó a partir de los 15 días de nacidos y termino a los 42 días, se registraron pesos promedios de 2.3 kg a 2.5 kg utilizando harina y 1.7 kg en tratamiento control.

La harina se sometido a análisis microbiológico y bromatológico en los cuales los resultados fueron favorables, pues no se encontraron microorganismos patógenos y se determinó un alto valor nutricional de la harina como en el caso de proteína con un valor de 38.09 g/100g además de otros nutrientes como el calcio con 16.70 g/100g de muestra.

Para evaluar la carne de las aves se realizó a un análisis sensorial, prueba de comparación pareada, para determinar si existía diferencia o no en el sabor de los pollos, el cual únicamente resulto diferente cuando se utilizaba el 10% de harina, pero no se identificó ningún sabor a camarón.

**Términos claves:** caparazón, camarón, subproducto, reutilización.

## Introducción

El camarón es uno de los productos marinos con mayor demanda en el mundo. Razón por la cual se generan grandes volúmenes de residuos orgánicos que al no ser manejados adecuadamente tienen una disposición final en cuerpos de aguas, vías públicas, generando contaminación en el medio ambiente. Lo que motivó a llevar a cabo la presente investigación fue buscar una alternativa que permitiera la reducción de los residuos generados a partir del camarón. Por esta razón, la justificación práctica de este estudio fue evaluar si el caparazón podía ser aprovechado y transformado en harina para utilizarlo en la alimentación animal. Además de resaltar con el experimento en que se tiene la capacidad de generar valor agregado en los subproductos derivados de la alimentación humana y que esto pueda ser una fuente de ingreso al destinarse en otros usos. El objetivo general de la investigación fue evaluar si el subproducto (caparazón) de la cola de camarón podía ser aprovechado en la dieta de los pollos de engorde y de tal forma determinar si era una opción viable para reducir los desperdicios obtenidos de este tipo de producto marino. Además, se buscó elaborar una harina y determinar el valor nutricional que representaba para la alimentación animal. Se comparó los pesos finales y el tiempo de crianza necesaria al añadir la harina de caparazón y contrastar los resultados con la práctica tradicional.

Se eligió un diseño de investigación experimental cuantitativo para lograr los objetivos planteados. Utilizando 20 aves divididas en tres grupos y tres tipos de tratamientos diferentes: T1 al 5% de harina de caparazón y T2 al 10% de harina de caparazón, con una muestra de 7 aves en cada uno de ellos y T3 o tratamiento control (sin harina) para una muestra de 6 aves. Donde la variable independiente planteada fue el porcentaje de harina utilizado y la variable dependiente medida fue el aumento del peso de los pollos de engorde. El experimento tuvo una duración de 4

semanas, en el que se criaron aves con una edad inicial de 15 días y se alimentaron hasta los 42 días. Para la obtención de resultados se llevaba una lista de chequeo para el control semanal de las variables de ganancia de peso, peso vivo mínimo, máximo y promedio, consumo de alimento semanal, consumo de alimento acumulado y la conversión alimenticia. Además, se enviaron muestras de la harina elaborada para su análisis microbiológico y bromatológico en los laboratorios del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA).

El capítulo I detalla los aspectos generales de la investigación en donde se planteó si era posible reducir, aprovechar y aumentar el peso de los pollos de engorde con el subproducto de camarón. La duración de la investigación fue desde el 26 de enero al 21 de mayo del 2021.

El marco teórico forma parte del capítulo II, en donde se detallaron diferentes antecedentes nacionales del consumo de camarón y la importancia de la actividad camaronera en El Salvador. Se incluyó antecedentes internacionales de diferentes investigaciones que utilizan los subproductos del camarón en la dieta de distintos animales y otras áreas de estudio.

Por su parte el capítulo III abarca la metodología de la investigación, la cual fue experimental propiamente dicho. Para el análisis de todos los datos recolectados se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS que permitió determinar la efectividad del experimento.

Por último, se presentan los resultados en el capítulo IV. El experimento permitió el engorde efectivo de los pollos y que estos obtuvieran un mejor peso final al de la crianza tradicional, se estableció que la harina de caparazón tiene un aporte de 38.09 g de proteína el cual beneficia al desarrollo y crecimiento de las aves.

## **Capítulo I. Planteamiento del problema**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

En el mundo entero se consume camarón ya sea en ceviches o platillos variados según las diferentes culturas; este alimento tiene la característica de no poder aprovecharse completamente como en el caso de pollo, cerdo o res. En el caso de los crustáceos es de interés la carne, que está protegida por el caparazón el cual es un subproducto que es desechado directamente en mares, ríos y lagos sin haber sido sometido a tratamientos previos para que el impacto de este en el ambiente no sea tan contraproducente. Sin embargo, al no recibir ningún tratamiento, estos residuos tienden a producir malos olores y sobrecarga microbiana en los sitios donde son depositadas pues son productos de fácil descomposición.

En América Latina el camarón es considerado un plato con un alto costo en el mercado y aun así, es uno de los productos marinos más buscados por la población. Por tanto, genera grandes volúmenes de residuos procedentes de este y sin aprovechamiento ni tratamiento alguno.

En el caso de El Salvador el consumo de este producto ha ido en considerable aumento; la mayor parte de los camarones que se consumen son procedentes de la pesca y no de la camaronicultura interna ya que en el país, esta actividad solo es practicada por una minoría y los costos de los productos son más altos en comparación a los costos de los productos procedentes de la actividad pesquera. La producción a nivel nacional no logra abastecer la demanda de la población y grandes volúmenes de camarón son importados de diferentes países. Además, tiende a utilizarse con mayor frecuencia la cola de camarón, este tiene un costo menos elevado en comparación a los camarones de mayor tamaño, pero su desventaja es que se requiere mucho

más producto para poder completar porciones adecuadas, generando así un mayor porcentaje de caparazón que es desechado al no poder darle un mayor uso.

Al ser considerable la producción de residuos sólidos, estos son más difíciles de manejar en cuanto a desecharlos correctamente se refiere. Es común que las personas que se dedican a este rubro generen una preocupante contaminación ambiental y no existe una iniciativa para poder mejorar esta problemática.

La cantidad de subproductos procedentes del camarón en el municipio de Ahuachapán es significativa debido a negocios locales que se dedican a la venta de cocteles. De igual manera la crianza de pollos de engorde en dicho municipio ha ido en aumento. Los pollos de engorde son alimentados con diferentes alimentos balanceados desde su nacimiento hasta que alcanzan su completo desarrollo.

El caparazón de camarón es rico en minerales, vitaminas y otros nutrientes, al cual no se le da un aprovechamiento adecuado y solo es considerado como un descarte. Por lo tanto, una alternativa para su uso podría ser la incorporación de este en forma de harina en la dieta de los pollos de engorde y mediante un monitoreo constante, poder observar si el caparazón es viable para mejorar el rendimiento en cuanto a peso y tamaño de las aves. Contribuyendo de esta manera a reducir la contaminación ambiental producida por este residuo.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿El aprovechamiento del subproducto de la cola de camarón permitirá reducir su desperdicio y logrará ser incorporado en la dieta de los pollos de engorde?



## **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Podrá aprovecharse el caparazón de la cola de camarón para elaborar una harina?
- ¿De qué manera se determinará el valor nutricional de la harina obtenida a partir del subproducto de la cola de camarón?
- ¿De qué manera puede evaluarse que el aprovechamiento del subproducto de la cola de camarón es efectivo para la dieta de los pollos de engorde?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar el aprovechamiento del subproducto de la cola camarón, para reducir su desperdicio e incorporarlo en la dieta de los pollos de engorde.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Elaborar una harina a partir del caparazón de la cola de camarón.
- Determinar el valor nutricional de la harina obtenida del subproducto de la cola de camarón.
- Comparar los pesos obtenidos y el tiempo requerido para el engorde de los pollos, con un concentrado comercial para aves y la utilización de la harina del subproducto de cola de camarón.

## **1.4 Justificación e importancia**

Este trabajo de investigación permitió la evaluación de una alternativa para reducir los desperdicios procedentes de la cola de camarón; el cual consistió en la elaboración de una harina del exoesqueleto de esta especie de crustáceos que contribuyó en la alimentación de aves de corral.

Los productos obtenidos de la actividad pesquera y acuicultura generan en gran parte residuos orgánicos que pueden ser transformados en recursos, bajo el enfoque de modelos de economía circular, en el cual la reutilización forma parte de uno de sus principios. Esta es una medida que ayuda en la reducción del desperdicio masivo de elementos, siendo una opción para fabricar nuevos productos de alto valor agregado a partir de subproductos. La justificación práctica fue fabricar un alimento para animales con alto contenido de proteína obtenido del camarón y de esta forma reducir significativamente los desperdicios producidos por la camaronicultura.

La justificación social del trabajo de investigación se enfocó en crear una idea de aprovechamiento de la materia prima utilizada en Mini Agencia González y que ellos puedan tener la capacidad de generar un valor agregado a los subproductos. Por tanto, al tratarse de un proyecto que se ha enfocado en la gestión sostenible de subproductos generados de la comercialización de cocteles de camarón, permite una solución de reducción de la contaminación ambiental causada por el mal manejo de los residuos sólidos y la búsqueda del bienestar social.

Además, la justificación económica de este estudio fue la oportunidad de generación de nuevos empleos, ya que se requiere de mano de obra para la transformación de la materia prima y que pueda ser una fuente de ingreso para familias pertenecientes al departamento de Ahuachapán.

Para lograr los objetivos de la investigación se utilizó como instrumento una lista de chequeo elaborada por el grupo de trabajo, el cual permitió el control y registro de los resultados obtenidos por la incorporación de la harina de cola de camarón en la dieta de los pollos de engorde y su respectiva comparación con un concentrado comercial para aves, siendo esta la justificación metodológica. Para determinar que el producto final tiene un aporte de nutrientes y

es apto para la alimentación animal se tomaron muestras para su respectivo análisis bromatológico y análisis microbiológico para la detección de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, en los laboratorios del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA).

Por su parte la justificación legal se basó en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:17 para establecer si la harina elaborada por el grupo de trabajo cumplía con los límites permitidos para el subgrupo de alimento 9.3, de la norma en mención, al tratarse de un producto obtenido de crustáceos. Además, se utilizó el RTCA 65.05.52:11 para cumplir con el requerimiento reglamentario con relación a etiquetas para productos utilizados en la alimentación animal.

Por tanto, la importancia de esta investigación fue el impacto positivo que se puede obtener en la parte social, económica y medioambiental. La harina del caparazón de la cola de camarón es una fuente de proteína de calidad que puede ser implementado en la dieta de los pollos de engorde. Al mismo tiempo genera un valor agregado a los residuos orgánicos con el potencial de ser utilizado en la industria alimentaria y además de ser una estrategia que contribuya a reducir la contaminación ambiental provocada por el mal manejo de los residuos sólidos.

## **1.5 Alcance**

El presente trabajo se basó en la obtención del caparazón proveniente de la cola de camarón que utilizan las microempresas dedicadas a la comercialización de ceviches y cocteles. Se contó con el apoyo de Mini Agencia González ubicada en el municipio de Ahuachapán, departamento de Ahuachapán; quienes brindaron dichos recursos para poder elaborar la harina de

cola de camarón que se utilizó para incorporar a la dieta de los pollos de engorde con la edad de 15 días. En este estudio no se llevó a cabo la etapa de incubación. Además, únicamente fue de interés el subproducto generado del camarón, es decir, el caparazón. No fueron considerados ningún otro tipo de subproductos generados en la crianza de las aves (plumas, sangre, huesos, otros). La investigación se realizó entre el periodo comprendido del 26 enero al 21 de mayo del año 2021.

## **1.6 Limitaciones**

La desinformación en el país respecto al manejo sostenible de residuos de camarón es una limitante importante debido a que no se cuentan con normas, reglamentos, ni códigos que proporcionen parámetros a seguir en caso del manejo de este subproducto. Al ser una investigación experimental, pero de carácter doméstico, las dimensiones de esta fueron reducidas y no se pudo apreciar los efectos de la harina en una cantidad considerable de pollos, sino, en una población de aves muy reducida debido al espacio disponible para el experimento. De igual forma no se contó con equipo industrial para la elaboración de la harina de caparazón, por cual se utilizaron instrumentos y utensilios al alcance de los investigadores los cuales son ampliamente detallados en el capítulo III.

Es por esta razón que se deja abierta la posibilidad de que otros investigadores amplíen o profundicen en el estudio para llevar dicha investigación a una escala de mayor impacto industrial, como por ejemplo en una industria camaronera que tenga las posibilidades y recursos de producir su propia harina y así poder obtener un incremento en sus ganancias. Además, futuras investigaciones pueden realizar un plan HACCP que abarque aspectos de la fabricación de la harina y la crianza de las aves; evaluar el costo de la fabricación de la harina de camarón o

el diseño de planta para procesar el subproducto; también pueden ser abarcadas otras áreas de estudio como la elaboración de un plan de negocio.

## **1.7 Consideraciones éticas**

Para la realización de esta investigación se requirió de animales para comprobar la efectividad de la harina de cola de camarón, en todas las etapas del estudio se manipuló con respeto a los ejemplares garantizando su bienestar.

Durante la experimentación se aseguró de la utilización responsable de los recursos naturales y el manejo correcto de los desechos causados por la crianza de pollos evitando así, la contaminación del medio ambiente.

Además, el equipo de investigación se comprometió a hacer un buen uso de todas las fuentes consultadas para no cometer plagio, falsificación y respetar la propiedad intelectual.

## **1.8 Viabilidad del estudio**

Este trabajo de investigación fue posible realizarse, ya que se contó con todos los materiales y recursos necesarios para la obtención de resultados mediante el método de experimentación. En El Salvador el aprovechamiento del caparazón de la cola de camarón para su transformación en harina es un campo poco explorado, es por lo que este trabajo proporciona la oportunidad de contribuir a la sociedad brindando más información y al mismo tiempo brindar una solución que permita disminuir el impacto ambiental.

El estudio se realizó en 19 semanas, se experimentó la transformación de los residuos del camarón para la elaboración de harina de forma doméstica y que, al mismo tiempo, se incorporó a la dieta de los pollos con el fin de lograr el cumplimiento de los objetivos establecidos.

## Capítulo II. Marco Teórico

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Antecedentes nacionales

La actividad pesquera y acuicultura es un rubro importante para la economía de El Salvador, está beneficia a las comunidades que se dedican a la captura de diferentes especies marinas. De acuerdo con el Sistema de Información Hídrica-SIHI, la demanda hídrica a nivel nacional para uso agropecuario y acuícola es de 641.11 millones de metros cúbicos – MMC (MARN, ca. 2012). Se subdivide de la siguiente forma:

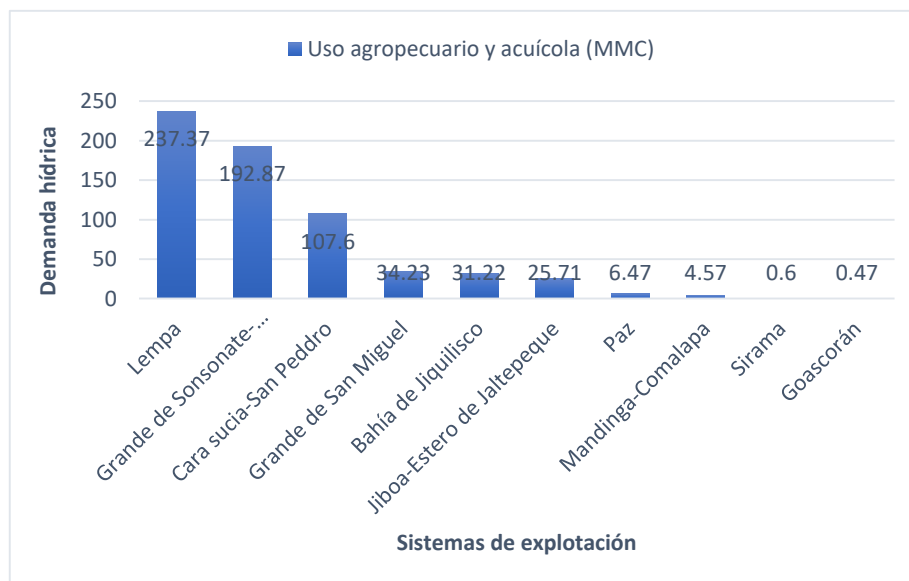


Figura 1. Sistema de Información Hídrica (SIHI).  
Recopilación de datos en relación con el uso de recursos hídricos en diferentes zonas de El Salvador, para la actividad agropecuaria y acuícola en escenarios para el año 2017. Cuya actividad principal es dentro de la industria salinera y camaronera.  
Fuente: Elaboración propia, datos proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN, ca. 2012).

La gráfica de la figura 1 representa los millones de metros cúbicos (MMC) disponibles y que a su vez demanda el sector agropecuario y acuícola, siendo la zona occidental y paracentral las zonas hidrográficas más significativas.

Sin embargo, solo una pequeña fracción de los recursos hídricos está destinada al cultivo y captura de camarón. A continuación, se presenta un mapa que especifica las diferentes regiones hidrográficas del país dedicadas a la actividad pesquera y a la camaronicultura:

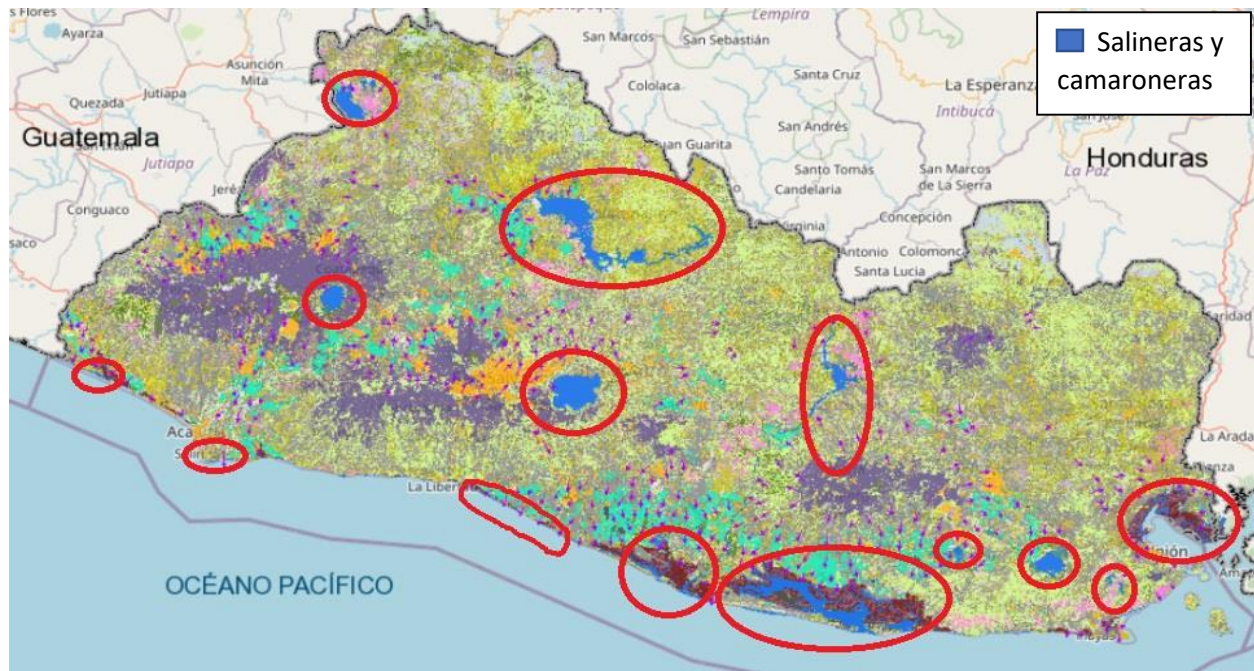


Figura 2. Salineras y camaroneras de El Salvador  
El mapa representa las zonas en donde se realiza la actividad pesquera y acuicultura.  
Fuente: Sistema de Información Hídrica (MARN, ca. 2012).

Los productos obtenidos se clasifican según la zona de captura en: camarón marino y camarón de agua dulce. Otra forma de clasificación es según el tamaño del crustáceo: camarón grande, camarón mediano, cola de camarón.

En septiembre de 2019 se registró que semanalmente se capturaron 900 lb de camarón de forma artesanal, siendo de los productos de mayor interés para los pescadores e incluso con un volumen de captura mayor en comparación al pescado. Además, en el mismo año se capturaron alrededor de 397 lb de chacalín por semana, el cual es de interés ya que se comercializa la cola (OSPESCA, 2019).

Uno de los aspectos importantes a considerar es que mayormente el camarón no tiene ningún tipo de procesamiento, ya que existe una preferencia por los productos marinos frescos que es comprado por mayoristas y minoristas para posteriormente venderlos a restaurantes, hoteles, supermercados y al consumidor final.

La demanda es tan alta que el volumen de captura en el país no es suficiente, es por esta razón que también se importa camarón. De acuerdo con datos proporcionados por la Dirección General de Economía Agropecuaria, las estadísticas señalaron un volumen de importación de camarón total anual de 335,852 kg para el 2018 (MAG, 2019, p. 58).

Con todos los datos planteados se puede determinar que:

1. El Salvador al poseer diferentes zonas hidrográficas permite el desarrollo de la pesca artesanal e industrial para la obtención de diferentes mariscos, además de la acuicultura que beneficia a pequeños productores económicamente principalmente por el rubro de cultivo de camarón.
2. El camarón es un producto con un gran valor en el mercado y es utilizado por locales en creaciones culinarias. En la zona costera del país los diferentes restaurantes preparan el camarón de forma empanizada, cocteles, ceviche, entre otros.
3. La cola de camarón tiene un precio más accesible y es utilizado en la venta de cocteles o ceviches en diferentes puntos del país.
4. No tiene ningún tipo de procesamiento industrial.

Por tanto, al ser grandes volúmenes de producción e importación, al ser comercializados frescos, conservan el caparazón y cabeza (en algunos casos) que son considerados como residuos.



El principal problema radica en la mala gestión de los desechos obtenidos de las diferentes actividades humana y en el caso del camarón su exoesqueleto es considerado un residuo sin valor alguno. En algunos casos el caparazón, cabeza, esqueleto, vísceras o sangre de las diferentes especies marinas es arrojado a los cuerpos de agua causando una gran contaminación ambiental.

Se debe considerar que algunos residuos pueden ser reutilizados, para transformarlos en un recurso. Actualmente los subproductos pesqueros son utilizados en la medicina, cosmética, por ejemplo, el aprovechamiento de la piel de pescado para la extracción de colágeno.

De igual forma los subproductos de especies marinas se destinan para la alimentación animal. El caparazón del camarón tiene un gran potencial, al igual que el esqueleto del pescado, para elaborar harinas y ser utilizado en la dieta de animales que son de interés para la producción de carne y sus derivados.

De acuerdo con el Reglamento Técnico Salvadoreño, RTS 65.01.01:13 la alimentación animal puede ser elaborada con materia prima de origen vegetal como cereales, semillas oleaginosas, semillas leguminosas, tubérculos, raíces y/o forrajes. Además, se puede utilizar materia prima de origen animal: leche y productos lácteos, pescados, otros animales marinos y subproductos (2013, pp. 35-38).

A nivel nacional no se han explotado del todo los subproductos de las especies de crustáceos, incluso la reglamentación solo menciona la harina de pescado para la alimentación animal y es necesario explorar otros subproductos marinos.

Perlera realizó una investigación titulada “Aprovechamiento integral del camarón de cultivo de la Bahía de Jiquilisco, departamento de Usulután, para su desarrollo industrial bajo

normas de calidad e inocuidad” Realizada en Santa Ana, El Salvador. En dicha investigación se utilizó, cabeza, exoesqueleto y musculo de camarón. El objetivo principal de la investigación fue crear una harina a base de subproductos de camarón, con el fin de darle un valor agregado significativo con el cual se pudiera conseguir innovación y un beneficio (2017, p. 1).

En dicha investigación se utilizaron todos los subproductos que el camarón ofrece, la primera harina desarrollada fue con las cabezas, la segunda con exoesqueleto y la tercera con musculo, siendo todas sometidas a análisis microbiológicos y todas demostrando resultados favorables sin presencia de microorganismos patógenos y con la posibilidad de ser introducidas en la alimentación tanto humana como animal.

Dichos alimentos con los que se experimentó adicionando porcentajes de harinas son destinados para consumo humano. Se diferencia del presente estudio, ya que el propósito de la investigación se fundamentó en la generación de nuevos productos destinados a la dieta de las aves de corral a partir de caparazón de la cola de camarón que son desperdiciados y que pudieran ser una fuente de proteína utilizada para el engorde de los pollos.

De esta forma si se procesa adecuadamente los residuos de la cola de camarón puede ser transformado en harina generando un valor agregado, beneficiando económicamente a productores por ser una propuesta generada a partir de subproductos y contribuir a la reducción de la contaminación ambiental.

En El Salvador la demanda de consumo de carne de pollo ha aumentado en los últimos años. Según los datos de AVES (2019) en el país la producción de libras de pollo aumento cerca de 323,6 millones de libras. Para la crianza de pollos es importante contar con espacios adecuados para los animales, los cuales deben contar con buena ventilación, un ambiente limpio,

también tienen que contar con una fuente de calor, que generalmente se utilizan focos. Los pollos deben contar con comederos y bebederos para poder alimentarse durante el día, se debe realizar limpiezas periódicamente para garantizar higiene y evitar provocarles cualquier enfermedad.

## **2.1.2 Antecedentes internacionales**

- **Manejo de los subproductos destinados para la alimentación animal.**

Según La Alianza de Controles Preventivos para la Inocuidad Alimentaria (FSPCA), las compañías de alimentos a menudo utilizan los subproductos para la alimentación animal, ya que estos en muchas ocasiones no poseen la calidad necesaria para el consumo humano, pero no necesariamente son descartes en su totalidad, si no que estos pueden tener un uso inocuo y de calidad en alimentación animal (2016, p. 65).

Naturalmente, los subproductos enviados a la cadena productiva de alimentos animal deben de cumplir con las buenas prácticas de manufactura necesarias tanto desde la recolección, como en el procesamiento para lograr nuevos productos, hasta el almacenamiento y distribución de dicho alimento. Algunas de las BPM que se mencionan son: al momento de recolección hacerlo con indumentaria completamente limpia y desinfectada, mantener los subproductos en recipientes completamente limpios y lugares seguros evitando la contaminación del entorno.

Los animales productores de alimentos destinados para el consumo humano deben contar con alimentos inocuos y de calidad, además deben recibir una nutrición adecuada para cumplir con los objetivos de productividad; pero también para lograr cumplir con el bienestar animal y además garantizar que la carne obtenida de ellos es tanto aptos para la alimentación humana, como nutritivos. Esta es la esencia de la seguridad alimentaria, es decir, que los alimentos estén

disponibles para todos, que sean de fácil acceso y que el cuerpo humano pueda aprovecharlos biológicamente.

Por esta razón que los Sistemas de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos (SGIA) deben garantizarse en toda la cadena productiva, incluidos los alimentos para animales que son destinados para la alimentación humana.

Al tratarse de un subproducto los requisitos son los mismos, se deben incluir programas de prerequisites, la capacitación del personal, la buena comunicación entre todas las partes interesadas y el cumplimiento de los principios del análisis de peligros y puntos críticos de control.

- **La situación actual del consumo de camarón en el mundo.**

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura (FAO), para el año 2018 hubo un total de 5.7 millones en captura de crustáceos y que sumada la captura de peces se obtuvo una participación del 42.5% en relación que la actividad pesquera y acuícola representa en todo el mundo. Se estima que en el mismo año hubo un promedio anual de 943 miles de toneladas (peso vivo) en producción de diferentes especies de camarón a nivel mundial (2020, pp. 7-14).

De todas las especies marinas que son cultivadas en la acuicultura, el camarón es el más representativo y dominante en producción. Este crustáceo juega un papel importante en la economía de los países en desarrollo, tal es el caso de Asia y América Latina, ya que no solamente se maneja el camarón para el consumo interno de un país, si no también es un producto con tanta demanda en el mercado internacional que países como Estado Unidos y Europa importan grandes cantidades de productos pesqueros para su utilización.

¿Cómo se comercializa los productos obtenidos de la camaricultura para su exportación? Estos son productos frescos o congelados, sin ningún tipo de procesamiento y pueden ser en presentaciones de: camarones enteros, camarones sin cabeza o camarón pelado (es decir sin caparazón). Cualquiera sea la forma de comercialización de este crustáceo, no se debe ignorar el hecho de que al movilizar grandes volúmenes de camarón a nivel mundial existe, además, miles de toneladas de residuos y de no contar con una correcta gestión de los desechos en un foco importante de contaminación ambiental afectando principalmente las zonas costeras, manglares y otras zonas hidrográficas del mundo.

Además, en los últimos años se ha considerado la aplicación del modelo de economía circular que utiliza diversos principios, para reducir los residuos producidos por las diferentes actividades humanas y buscar su transformación en recursos para un desarrollo más sostenible en el mundo. ¿Cómo se ha utilizado el caparazón del camarón en el mundo?

Esmieu (2015, p. 25) llevó a cabo un estudio titulado “Evaluación del contenido extractable de quitina obtenida a partir de dos secciones del exoesqueleto del camarón (*Litopenaeus vannamei*) cefalotórax y abdomen, procedente de mar y cultivado en viveros y comparación con el contenido de carbonado de calcio y carbonato de magnesio” en Ciudad de Guatemala, Guatemala. Para el desarrollo de la investigación utilizó los desechos de camarón: cabeza y caparazón, procedentes del mercado municipal.

El objetivo general de la investigación fue la evaluación fisicoquímica de los componentes que se encuentran en los residuos que se obtienen de la producción de camarón marino y cultivado. El investigador además estableció tres objetivos específicos, uno de ellos fue determinar qué cantidad de carbonatos alcalinotérreos están presentes en la cabeza y caparazón del camarón. Además, busco establecer qué relación existe entre la composición de quitina con

los diferentes minerales presentes (carbonatos cálcicos y carbonatos magnésicos). Por último, buscó establecer si existía o no una diferencia significativa de contenido de quitina y carbonatos en las muestras.

La materia prima fue molida y posteriormente congelada con temperatura próxima a  $-20^{\circ}$  C. Estos parámetros fueron necesarios para la aplicación de un tratamiento técnico que permitiría la extracción de la quitina. Para el estudio se realizó un análisis químico proximal y un análisis estadístico para evaluar el rendimiento en la extracción de quitina de los desechos del camarón y establecer la eficiencia del proceso. Las variables consideradas fueron las secciones de la materia prima utilizadas comparadas con el origen del camarón y de esta forma conocer si hay una diferencia en la proporción de quitina. Los resultados obtenidos establecieron que no hubo una diferencia significativa de quitina presente en la cola y cabeza, pero si hay una diferencia entre el contenido presente en el camarón según sea su origen, siendo mayor en los procedentes del mar.

Esta investigación permite conocer que los desechos del camarón son un recurso con compuestos que pueden beneficiar en la alimentación, cosmética y otros rubros. Principalmente el exoesqueleto de los crustáceos es de interés en la farmacéutica, pero este residuo es una fuente de proteína y con los métodos adecuados puede tener un aprovechamiento distinto, como en la alimentación de las aves de corral.

Tal como lo propone Ochoa (2014, p. 14), quien realizó una investigación titulada “Propuesta para la elaboración y comercialización de sopa instantánea a partir del extracto de harina de cabeza de camarón” en Guayaquil, Ecuador. En su trabajo utilizó los desperdicios del camarón blanco (*Penaeus vannamei*), obtenidos de productores del Ecuador. Para la recolección de datos utilizó el cuestionario como instrumento, además realizó entrevistas y cuestionarios a personal del área de control de calidad en la industria pesquera de su país.

Se planteó como objetivo general establecer una propuesta del aprovechamiento de la cabeza de camarón para elaborar una sopa instantánea. La investigación pretendió determinar si existía un mercado interesado por este tipo de alimentos, además de proporcionar un material que explicará el procedimiento para obtener la harina de los residuos del camarón. Por último, el enfoque de su estudio fue establecer estrategias que permitieran comercializar el producto en el mercado.

El propósito del trabajo de investigación fue proponer una alternativa del aprovechamiento de subproductos para disminuir el impacto ambiental negativo y utilizarlo para la alimentación humana. Para la elaboración de la harina se llevó a cabo el prensado de la materia prima y de esta forma se logró obtener un concentrado, el cual fue secado y empacado al vacío para su almacenamiento. Se determinó que es un recurso con mucho potencial y que beneficiaría no solo social o económicamente a las comunidades, sino también al medio ambiente.

Este estudio plantea la importancia y la necesidad de buscar oportunidades de crear nuevos productos con responsabilidad social. La industria alimenticia produce grandes volúmenes de residuos y que en su mayoría son orgánicos, lo que los hace factibles para ser orientados a diferentes procesos de recuperación. De no recibir un tratamiento van directamente al mar, ríos o son desechados en el mismo lugar donde se manipulan, acumulándose y generando más contaminación.

Los subproductos también pueden ser incorporados en la alimentación animal, tal como lo propone Calero (2017, p. 5) quien presentó su investigación titulada “Evaluación de diferentes niveles de harina de cabezas de camarón en la alimentación de conejos neozelandés en las etapas de crecimiento – engorde”, en Riobamba, Ecuador. Se utilizó 64 ejemplares de conejos y se

elaboró una harina con el exoesqueleto del camarón, se realizó un análisis bromatológico y además del control constante de los animales con relación a su peso. Los objetivos del estudio fueron evaluar de forma experimental la utilización de diferentes harinas de cabeza de camarón (4, 8 y 12%) y determinar cuál era la concentración más adecuada para el engorde de los conejos.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la concentración de 12 y 8% de harina beneficio de mejor forma la dieta de los ejemplares, las variables que fueron controladas a lo largo del proyecto fueron la ganancia de peso, el consumo de concentrado, consumo total de alimento y la conversión alimenticia. La harina fue combinada con otras materias prima como maíz amarillo, afrecho de trigo, torta de soya, entre otros. Además, el análisis bromatológico demostró que el alimento elaborado presenta una composición nutricional con 45.44% de proteína, teniendo así un buen rendimiento para el engorde de los conejos.

Con este estudio se comprueba que el exoesqueleto es una fuente importante de proteína y que al combinarse con otras materias primas se puede obtener un producto apto para la alimentación animal. Es necesario que en toda investigación que utiliza animales para la obtención de resultados, se realice de forma respetuosa y responsable garantizando un ambiente saludable e higiénico, con alimentos de calidad y siempre llevar un control constante para el registro de todos los datos que aportan para el análisis final de la propuesta.

Otra investigación realizada por Bustamante, Quiñones, Salcedo y Chalapud (2018, pp. 9-14), que lleva por título “Ensayo in vivo de un concentrado para peces, elaborado con harina de Matarratón (*Gliricidia Sepium*) y cáscara de camarón en la etapa de engorde de peces comerciales: Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus*), Sábalo (*Prochilodus nigricans*) y Cachama negra (*Colossoma macropomum*)”. Utilizó para el ensayo el follaje del matarratón y la cáscara de camarón, se evaluó los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua del estanque



de los peces y se llevó un control de las medidas biométricas para poder determinar la cantidad de concentrado requerida por la especie marina en relación con el crecimiento. El objetivo del ensayo fue analizar si el concentrado elaborado podía ser beneficioso para el engorde de los peces.

Se consideraron tres variables para la discusión de resultados que fueron la tasa de supervivencia de los peces, el aumento de la biomasa y el factor de conversión del alimento. Para elaborar la harina se realizó una primera deshidratación de la materia prima utilizando un horno eléctrico, el cual duro alrededor de 12 horas. Posteriormente se realizó la reducción de partículas entre 2 a 10 mm a través de la molienda y una vez obtenida la muestra nuevamente se secó el producto para poder ser empacado. Los resultados demuestran que el concentrado elaborado tuvo un aporte de proteína y nutrientes necesarios para el engorde de los peces, obteniendo así un rendimiento adecuado.

Un aspecto importante que demuestra esta investigación es que, al contar con poca capacidad para la deshidratación en el horno eléctrico optaron por un proceso de secado al sol, siendo factible la elaboración de harina. Para las comunidades dedicadas al manejo de producto marino es una ventaja demostrar que no se requiere de equipos industrializados para fabricar un producto destinado al consumo animal y esto permite la reducción de costos. Sin embargo, todo producto alimenticio debe cumplir con los requisitos propuestos por la legislación nacional y/o internacional. Una de las desventajas del secado al sol es que las condiciones atmosféricas no pueden controlarse, en muchas ocasiones puede ser necesario más de un día para deshidratar la materia prima y se debe prestar mucha atención para evitar la contaminación del alimento.

Pero, siguiendo todas las medidas higiénicas y cumpliendo todos los parámetros requeridos puede sin ningún problema crearse un producto nuevo que, como estudios anteriores

demuestran, puede ser utilizado tanto en alimentación humana como alimentación animal. De acuerdo con Castro (2014, p. 14), en su trabajo de investigación titulada “Evaluación del comportamiento del pollo broiler durante el proceso productivo, alimentado con harina de camarón a diferentes niveles (7, 14, 21 y 28%) en sustitución parcial de la torta de soya como fuente de proteína en la formulación de balanceado” realizado en Quito, Ecuador. Los resultados fueron obtenidos a través de la medición de ciertas variables las cuales fueron: ganancia de peso, conversión alimenticia, porcentaje de mortalidad, entre otros. Además, se llevó a cabo un análisis sensorial de la carne de los pollos al finalizar el proceso.

El objetivo fue determinar qué efecto se producía al sustituir parcialmente la proteína de la soya en la alimentación de los pollos broiler por harina de camarón. También fueron planteados la determinación de los parámetros productivos, el costo beneficio de la producción y compartir la información obtenida con productores avícolas.

Con el estudio se logró determinar que la incorporación de harina de camarón en la dieta de los pollos no altera el sabor de la carne, en comparación a la harina de pescado que se transfiere ciertas características organolépticas y por esta razón se limita su uso. Se estableció que incluir este producto en la alimentación animal es una propuesta acertada para el aumento de peso y el que mejor resultado obtuvo fue con la concentración del 28% de harina. Pero para obtener una mejor rentabilidad con el proyecto, se recomienda utilizar una proporción del 7% de residuo de camarón y aun así es una fuente significativa de proteína.

Hay muchos recursos que no han sido explotados y es una oportunidad para generar nuevos ingresos a todas los implicados en la transformación del camarón. Su exoesqueleto es una fuente de diferentes nutrientes y está siendo desaprovechado a nivel mundial. En El Salvador no

hay ningún programa o plan enfocado al aprovechamiento de subproductos y es un potencial desperdiciado.

Salas, Chacón, Zamora (2016, p. 1) en su investigación titulada “La harina de Cefalotórax de camarón en raciones para gallinas ponedoras”. Realizada en San José, Costa Rica utilizó camarones procesados el mismo día de su recolección. En su investigación su principal objetivo fue el monitoreo de las gallinas ponedoras mientras estas eran alimentadas con harina de cefalotórax, y culés eran los beneficios que pudieran llegar a observarse mediante ese cambio en su alimentación. Para llevar a cabo la investigación utilizaron 140 gallinas las cuales fueron alimentadas con concentrados con diferentes porcentajes de harina, los porcentajes utilizados fueron: 0%, 5%, 10% y 15%.

Las gallinas se alimentaron de esta forma durante cuatro semanas y teniendo como resultado un aumento en el peso de los huevos de las gallinas que fueron alimentadas con 5% de harina. Las muestras de harina fueron sometidas a diversos análisis microbiológicos y bromatológicos, los cuales demostraron que esta era rica en los aminoácidos felalanina, leucina, arginina, ácido glutámico, alanina, isoleucina y glicina, aminoácidos que generalmente no incluyen los alimentos balanceados de aves de corral comerciales.

En las conclusiones de la investigación, los investigadores dejan abierta la posibilidad de poder seguir analizando las gallinas alimentadas con 15% de proporción de harina sin estas tener problema alguno. En la presente investigación se planteó la alimentación de pollos de engorde con y sin porcentaje de harina de cola de camarón al igual que en la investigación de Salas, con la diferencia de que no se utilizaron tantos porcentajes en la dieta y no se analizaron tamaño y peso de los huevos, sino el crecimiento de los pollos.

Carranco (2017, p. 1) en su investigación titulada “Cambios de la fracción hidrosoluble de huevos de gallina, alimentadas con harina de camarón almacenada a diferentes tiempos y temperaturas”. Se utilizaron 30kg de harina de cabeza de camarón para realizar dietas balanceadas para ponedoras. Su objetivo fue determinar si las diferencias en las condiciones de almacenamiento de la harina de cabeza de camarón podían hacer que los huevos de ponedoras que habían sido alimentadas con esta harina (15 y 30 días a 20°C y 4°C respectivamente) presentaran alguna variable en cuanto a productividad y calidad de los huevos de estas.

En la investigación se utilizó 90 gallinas Isa-Brown de 32 semanas de edad, se dividieron en dos grupos los cuales se alimentó un grupo con un porcentaje de 20% de harina de cabeza de camarón y el otro grupo de forma convencional, este proceso duro cuatro semanas y en total se recolectaron 250 huevos los cuales se dividieron en dos grupos para observar los cambios en estos, los grupos estaban divididos entre los huevos de gallinas alimentadas con harina de camarón y las que no. Al finalizar el estudio se demostró que las condiciones de almacenamiento (tiempo y temperatura) si afectan en apariencia y en composición los huevos. La harina de cabeza de camarón fue sometida a análisis bromatológicos y microbiológicos demostrando resultados favorables.

Martínez (2019, p. 2) En su estudio titulado “Utilización de harina de residuo de camarón (*Litopenaeus yannamei*) en novillas” realizado en Sinaloa, México utilizo harina de subproductos de camarón para alimentar novillas. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de alimentar novillas con harina de camarón y como este podría o no tener efectos en la productividad y reproducción de estas. Para realizar la investigación se utilizaron 12 novillas de edades entre 10 y 14 meses de edad, eligieron dos grupos conformados por 6 novillas cada uno

para poder monitorear los cambios de las que serían alimentadas con los residuos de camarón en una proporción de 30% de harina.

Al finalizar el estudio se pudo observar que las novillas alimentadas con residuos de camarón presentaban un incremento diario en su peso, presentaron una disminución en el estrés calórico, disminución en el pH de la orina y un tiempo de gestación menor. Por lo tanto, se pudo concluir que la utilización de la harina si resulto beneficioso para las novillas en cuanto a la productividad y reproducción.

Santos (2020, p. 1) presento su investigación titulada “Efecto de la harina de cefalotórax de camarón sobre el factor de conversión alimenticia en pollos boiler cobb-500 en etapa inicial.” utilizó como materia prima cefalotórax de camarón proveniente de una camaronera. Como objetivo principal de la investigación fue monitorear la conversión de alimentos (harina de cefalotórax) en pollos broiler en su etapa inicial de vida. La investigación consistió en alimentar pollos broiler en etapa inicial elegidos al azar mediante un diseño unifactorial con tres tratamientos y tres repeticiones del proceso y se midió la conversión alimenticia mediante la ecuación  $FC=AC/PPV$ , al finalizar la investigación se pudo observar un incremento considerable en el peso de los pollos en los tres procesos, pudiendo concluir que la harina de cefalotórax no supone ningún problema en la dieta de los pollos y por el contrario puede considerarse beneficioso.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Estructura y características del camarón**

El camarón (*Caridea*) es un producto marino obtenido de la pesca y acuicultura, se clasifica como una especie de los denominados: crustáceos. Su característica principal es que

poseen un exoesqueleto formado principalmente de quitina. Su tamaño puede ser entre 2 y 35 milímetros de longitud, su estructura se divide en tres zonas principales: el cefalotórax, el abdomen y telson.

### **2.2.1.1 Especies de camarón que más se consumen**

De acuerdo con la FAO (2008) en El Salvador los sistemas de cultivos de camarón se dan en estanques. En Ahuachapán, se cultiva camarón de mar con un volumen de 40 m<sup>3</sup>. Sonsonate en estanques extensivos se cultiva camarón de mar con un volumen 37 m<sup>3</sup>, en Cuscatlán se cultiva camarón de agua dulce con un volumen de 2 m<sup>3</sup>, Cabañas camarón de agua dulce con un volumen de 2.7 m<sup>3</sup>, en La Paz camarón de mar con 8.2 m<sup>3</sup> de volumen, y La Unión camarón de mar con un volumen de 50 m<sup>3</sup>.

En el país la especie de camarón de mar con mayor importancia es el camarón blanco (*Penaeus vannamei*) el cual ha tenido un incremento en los últimos años, y el camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*.

En el mercado municipal #2 de Ahuachapán los vendedores trabajan con cola de camarón llamado chacalín destinado a la venta de cola, debido a que no alcanza el tamaño óptimo para venderlo como producto entero. Los precios que manejan varían según la temporada, si es temporada alta la libra tiene un costo alrededor de \$4.00 a \$6.00 y si es temporada baja la libra de cola ronda cerca de los \$2.00 a \$3.50.

### **2.2.2 Residuos del camarón**

La industria alimentaria posee una gran responsabilidad ya que al realizarse las diferentes actividades agroindustriales se generan diferentes clases de residuos, siendo uno de ellos los residuos orgánicos.

Si bien los residuos orgánicos tienen la característica de ser biodegradables, por su naturaleza se vuelve un problema ya que se están generando grandes cantidades en todo el mundo, de acuerdo con la encuesta GOAL (2019) existe una producción de camarón de hasta 4.5 millones de toneladas a nivel mundial por año, los residuos obtenidos de la actividad se acumulan produciendo un impacto negativo en el medioambiente, contaminando suelo, aire y agua.

Del camarón, como se ha mencionado en los apartados anteriores se obtiene principalmente como residuos: la cabeza y el caparazón. El exoesqueleto es considerado con un peso total aproximado del 75% de los crustáceos conformado principalmente por proteína, minerales, carotenoides y quitina, siendo este último el de mayor interés para su aprovechamiento en medicamentos, cosmética o aditivos alimentarios. (Salas, Gálvez, Rosas, 2017, párr. 7).

Optar por la reutilización de los residuos orgánicos procedentes de los productos pesqueros es una medida que además permite la revalorización de desechos. Solo a nivel nacional, en El Salvador por ser un país costero, tiene una demanda significativa por restaurantes, hoteles y pequeños negocios que utilizan como materia prima el camarón, muy pocos lugares tienen una disposición final adecuada de los residuos. Una parte va a los rellenos sanitarios, pero como se mencionaba estos no reciben ningún tipo de tratamiento y otra parte es arrojada a los mares, ríos, sin ningún tipo de cuidados o responsabilidad; a la demanda local se le suma también la captura industrial de camarón. El caparazón posee productos de gran valor que lo conforman, es por lo que hay mucho interés con relación al aprovechamiento de estos recursos. Su composición química promedio es:

**Tabla 1. Composición química del caparazón del camarón**

<b>Compuesto químico</b>	<b>Porcentaje</b>
Proteínas	40%
Quitina	27%
Carbonato de Calcio	30%
Carotenos	3%

El residuo del camarón tiene un gran potencial para ser reutilizado en diferentes procesos debido a su composición (Barriga, 2016, p. 5).

El caparazón es un residuo viable para su aprovechamiento es por esta razón que se les denomina subproductos, ya que tienen la característica necesaria para poder ser implementadas para distintos fines mejorando así la situación socioeconómica y ambiental.

Es necesario crear más información a nivel nacional y guías prácticas para la transformación de residuos de crustáceos en recursos, mejorando así la situación socioeconómica y ambiental.

### **2.2.3 Aplicaciones tecnológicas de los subproductos del camarón**

En el año 2018 la producción de camarón tuvo un aumento considerable del 11% a partir de este año, se estima que existe un aumento del 5% cada año de acuerdo con los datos recolectados por la encuesta GOAL realizada en el año 2019. En los últimos años se ha experimentado un mayor interés por los subproductos derivados del camarón principalmente para la obtención de la quitina y quitosano presentes en el exoesqueleto.



- **Quitina**

La celulosa es el polisacárido más abundante en la Tierra, ocupando el segundo lugar la quitina. Su obtención es de interés ya que puede ser utilizada para elaborar fibra, plásticos, se puede emplear en la cosmética y farmacéutica. Dentro de las aplicaciones más populares de la quitina es en la cicatrización de heridas y tratamientos de quemaduras. Además, en la agricultura uno de sus usos es para la absorción de metales (SIC, 2013, p.13).

- **Quitosano**

Se encuentra principalmente en el exoesqueleto de los crustáceos y es un derivado importante de la quitina, el cual por sus propiedades fisicoquímicas es de interés en diferentes campos. El quitosano presenta una actividad antimicrobiana por lo que se ha convertido de interés en la agricultura para ser empleado como fungicida, además en la medicina y cosmética es utilizado como aditivo bactericida para la elaboración de jabones o cremas. En la industria alimentaria el quitosano se utiliza en diferentes tecnologías emergentes como en el caso de recubrimiento comestibles de alimentos, de igual forma es ampliamente utilizado como aditivo alimentario cuya clase funcional se clasifica en: espesantes, gelificantes y emulsificantes. Incluso el quitosano se emplea para el tratamiento de aguas residuales actuando como coagulante primario o floculante (Ubaque y Hernández, 2018, p. 23).

- **Astaxantina y harina de camarón**

El carotenoide Astaxantina es un pigmento natural que se presenta en el exoesqueleto del camarón. Su principal característica es que actúa como un agente antioxidante utilizado por la industria farmacéutica y cosmética. Además, la industria alimenticia lo utiliza como colorante en diferentes productos, por ejemplo, en embutidos o en piensos para animales.

Por su parte la cabeza y el caparazón pueden tener un proceso de deshidratación que permite posteriormente su molienda para la obtención de harina, principalmente se utiliza como fertilizante en la agricultura. En la industria alimenticia tal como se mencionó en la sección 2.1 del presente trabajo de investigación, es empleado como insumo para dietas formuladas para novillos, cerdos y pescados, incluso las últimas investigaciones proponen su uso para la alimentación de gallinas ponedoras para evaluar su efecto en el color del huevo.

### 2.2.4 Tendencias tecnológicas reutilizando subproductos del camarón.

Las tendencias tecnológicas relacionada al aprovechamiento de los diferentes subproductos del camarón es bastante amplio. Se han desarrollado diferentes investigaciones que permiten la obtención de compuestos como la quitina y el quitosano los cuales son de mayor interés por su versatilidad siendo utilizados en fertilizantes, suplemento alimenticio, aditivo alimentario, entre otros.

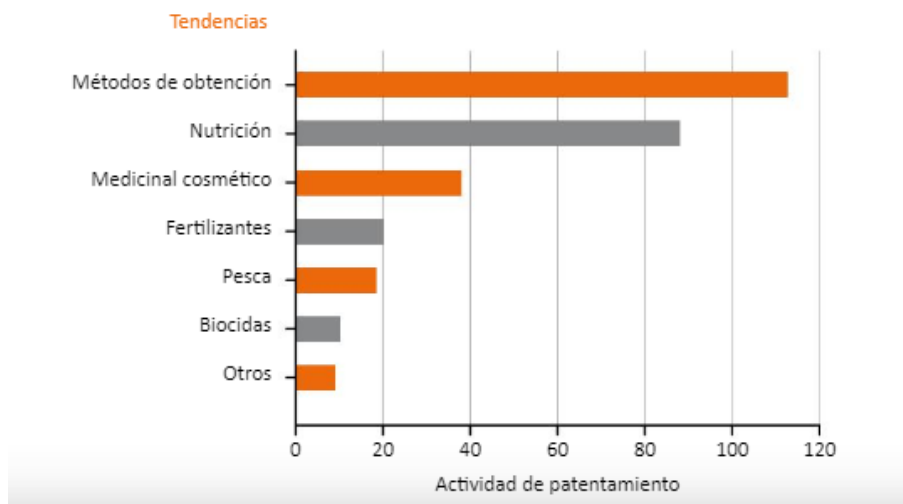


Figura 3. Tendencias tecnológicas  
Diferentes tendencias relacionadas a la reutilización de los subproductos procedentes del camarón y la actividad de solicitud de patentamiento a nivel mundial.  
Fuente: Superintendencia de Industria y Comercio (SIC, 2013, p. 38)

Como se muestra en la gráfica anterior actualmente hay diferentes enfoques relacionados con la reutilización de los residuos de la actividad camaronera y además se puede concluir que:

- El mercado clave se sitúan en la creación de diferentes métodos para la obtención de la quitina, quitosano, astaxantina y proteína de los residuos del camarón, la mayor parte de las patentes tienen este enfoque.
- Los mercados potenciales son para usos en la medicina, la cosmética y fertilizantes que a pesar de tener pocas actividades de patentamiento y pueden generar un gran impacto.
- Por su parte los mercados emergentes más significativos son los orientados a usos biotecnológicos como el caso del tratamiento de aguas residuales o creación de recubrimientos comestibles.

Algunos ejemplos de patentes internacionales que tratan sobre invenciones para el uso de los subproductos del camarón son enlistados a continuación:

**Tabla 2. Patentes de los subproductos del camarón**

<b>País</b>	<b>Patente</b>	<b>Descripción</b>
España	ES2791827T3: Composición que comprende quitosano, glucosamina y aminoácidos para uso agrícola.	Invención orientada para regular el crecimiento de las plantas, aumentar los procesos defensivos de las plantas y aumento de la producción, haciendo uso del cefalotórax y exoesqueleto del camarón fermentado.

<p>México</p>	<p>MX2011012195A: Procedimiento para la determinación de la astaxantina por cromatografía de líquidos a Ultra-Alta Presión en subproductos de camarón y en películas con capacidad de liberación de astaxantina.</p>	<p>La invención pública en el 2013 tiene una aplicación en la biotecnología de alimentos. El cual propone un método para fabricar películas de polietileno de baja densidad con capacidad de liberar astaxantina obtenida del camarón, con propiedades antimicrobianas y antioxidantes.</p>
<p>China</p>	<p>CN103332970B: Método para producir fertilizantes funcionales mediante la utilización integral de caparazones de camarones y cangrejos.</p>	<p>El método se caracteriza por el uso de las conchas de camarones y cangrejos como un fertilizante rico en nutrientes. El caparazón es rico en carbonato de calcio y quitosano que aportan beneficios para las plantas.</p>
<p>OMPI-PCT (Aplicación Internacional, publicado bajo el Sistema Internacional de Patentes)</p>	<p>WO2010012039A1: Proceso de recuperación de proteínas de exoesqueletos de crustáceos.</p>	<p>La invención trata sobre el método de extracción de proteínas presentes en el exoesqueleto de los crustáceos, sometidos a la hidrólisis enzimática para su uso en alimentos para mascotas.</p>
<p>Estados Unidos</p>	<p>US2002147318A1: Método de preparación de Carboximetilquitosano soluble en agua (CM</p>	<p>La invención propone el uso de la cáscara de camarón y cangrejos para la obtención de quitosano y su utilización</p>

	quitosano) para prevenir la peroxidación lipídica.	como antioxidante grado alimenticio y como ingrediente en cosmética o medicina.
Taiwán	TWI387467B: Agente hemostático para uso tópico e interno.	Creación de un material hemostático elaborado con quitosano (del caparazón de crustáceos), fibras y similares para suturar o controlar el sangrado en procedimientos quirúrgicos.
Estados Unidos	US9096743B2: Proceso para formar películas, fibras y perlas a partir de biomasa quitinosa.	La invención reclama el uso de la quitina procedente de la concha de camarón y/o cangrejo obtenido por desmineralización ácida.
China	CN105124139A: Harina de camarón como aditivo para piensos.	La invención está relacionada con la elaboración de harina de camarón combinada con hojas de loto, hojas de morera y tallos de cebolla para la alimentación animal.
OMPI-PCT (Aplicación Internacional, publicado bajo el Sistema Internacional de Patentes)	WO2016204596: Proceso híbrido biotecnológico-químico para la obtención de quitina de alta pureza a partir de exoesqueletos de desechos de origen biológico.	La solicitud de patente describe el proceso para la obtención de quitina en hojuela y convertirlo en quitosano para poder ser utilizada como floculante de aguas.

Elaborado a partir de datos recolectados en Espacenet, Google Patents y Patentscope (López, 2020; López y Sánchez, 2013; Dayong, 2014; Kudan y otros, 2010; Fu y Fung-Jou, 2002; Hua, Zheng y Kirsch, 2013; Qin, Rogers, Daly, 2015; Xueshi, 2015; Rodríguez, Rodríguez y Díaz, 2016).

Alrededor de 420 patentes han sido publicados bajo a Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO-PCT) relacionadas al aprovechamiento de los subproductos principalmente de métodos para la obtención de quitina de acuerdo con datos recopilados con la búsqueda realizada, usando palabras clave como: Shrimp Shell, Chitin, Chitosan, subproductos de camarón, caparazón y quitina.

Además, se pueden encontrar diferentes productos comercializados a nivel mundial que hace uso de los residuos generados en la industria camaronera, por ejemplo, cápsulas de quitosano (suplemento alimenticio), aditivo alimentario (potenciador de sabor de la marca BADIA), empaque flexible antimicrobiano (Bioplástico CuanSave) y fertilizantes orgánicos sólidos o líquidos, los cuales pueden se detallan y amplían en el Anexo I.

### **2.2.5 Industria avícola en El Salvador**

La avicultura es una de las actividades agropecuarias que a través del tiempo ha ido incrementado, convirtiéndose en una industria muy importante a nivel mundial. En El Salvador la crianza de pollos era inicialmente de forma artesanal, no fue hasta finales de la década de los 50 e inicio de la década de los 60 que hubo un interés por la industrialización de la producción avícola ya que la crianza doméstica no era suficiente para abarcar la demanda nacional. La producción de pollos ha tenido un incremento significativo desde 1990, en el cual se registró un total de 72 millones de libras de pollo, hasta el año 2019 en el que se obtuvo una producción de 323.6 millones de libras de pollo de acuerdo a los datos estadísticos presentados por la Asociación de Avicultores de El Salvador (AVES, ©2021).

Los productos obtenidos de la crianza de aves de corral forman parte importante de la dieta de los salvadoreños y además tiene una contribución importante a la economía del país. De acuerdo con un estudio realizado por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá el

consumo de huevos representa un 85% en los hogares del país, mientras que el consumo de la carne de pollo es de un valor del 70% en la dieta de las familias salvadoreñas (INCAP, 2011, p. 14).

## **2.2.6 Razas de aves de corral más utilizadas en El Salvador**

La crianza de aves puede tener tres enfoques diferentes: para la producción de carne, producción de huevos o de doble propósito (carne y huevo). En el país se utilizan varios tipos de líneas los cuales surgen por el cruzamiento de razas para lograr una mayor eficiencia y mejor resultado para la producción avícola comercial, clasificadas como se indica a continuación:

### **2.2.6.1 Líneas de aves ponedoras**

- **Hy-Line Brown:** es un ave ponedora de huevos color marrón, produce entre 453 a 467 huevos durante su período de postura, iniciada en la semana 18 y el cual se extiende hasta las 100 semanas.
- **Shaver Starcross 288:** la edad de puesta inicia a los 141 días y el período de postura dura entre 18 a 100 semanas. Se puede obtener una producción de hasta 472 huevos por ejemplar. Estas son gallinas productoras de huevo color blanco.
- **Shaver Starcross 579:** esta raza es ponedora de huevos marrones, la edad de puesta inicia a los 145 días y pueden llegar a tenerse una producción de hasta 462 huevos por ave.

### **2.2.6.2 Líneas de aves de carne**

- **Arbor Acres:** considera una línea de aves con la característica de ser buenas productoras de carne, ganan peso con rapidez y alcanzando el tamaño adecuado en 6 semanas.

- **Hubbard:** el pollo Hubbard tiene la característica de tener una alta tasa de crecimiento inicial y un buen rendimiento de producción total de carne. Tienen la capacidad de adaptarse a cualquier ambiente ya sea clima templado, así como también a clima tropical.

Además de las líneas genéticas mencionadas anteriormente, también se utilizan ciertas razas de aves para doble propósito

### 2.2.6.3 Razas de aves de doble propósito

Además de las líneas genéticas mencionadas anteriormente, también se utilizan ciertas razas de aves para doble propósito, dentro de las cuales se encuentran:

- **Rhode Island Red:** es conocida como la raza de aves de doble propósito con una mejor producción de huevos marrones (entre 200 a 300 huevos al año). Las gallinas tienen un peso promedio de 6.5 libras (2.9 kg) y los gallos alrededor de 8.7 libras (3.9 kg).
- **Plymouth Rock:** consideradas como una raza pesada, es decir, tienen una producción de alta calidad y valor de su carne. Además, pueden llegar a producir hasta 200 huevos por año. El peso de la gallina puede variar entre 3 kg a 3.5 kg, mientras que el peso del gallo ronda de 3.5 kg a 4.5 kg.
- **New Hampshire Red:** son aves de tamaño mediano, el gallo puede llegar a pesar hasta 3.5 kg y las gallinas hasta 2.9 kg. Pueden ser también utilizadas como productoras de huevos marrones, pero son de mayor interés para la producción de carne.
- **Buff Orpington:** aves de gran tamaño y son muy buenas resistentes al frío. El peso de los gallos puede alcanzar hasta los 4.5 kg y en el caso de las gallinas hasta los 3.6 kg. Como productoras de huevos tienen buenos rendimientos, por año se pueden obtener alrededor de 175 a 200 huevos.



- **Jersey Black Giant:** por su tamaño son de mayor interés para la producción de carne, el peso promedio de los gallos es de 5.9 kg y las gallinas de 4.5 kg.
- **Criolla:** son gallinas criadas por familias rurales, campesinas o indígenas en los patios de sus casas, su taza productiva es inferior a la de otras razas y líneas utilizadas en la avicultura.

### **2.2.7 Crianza y manejo de las aves de corral: Hubbard.**

En la presente investigación se utilizó la línea de aves Hubbard, estos pollos de engorde tienen un tamaño mediano y un plumaje que en su mayoría es de color blanco. Durante la primera semana el peso vivo del ave aumenta entre 4.2 a 4.5 veces.

#### **2.2.7.1 Temperatura ambiente**

Los pollos de un día de edad al estar expuesto a temperaturas inferiores de 32 °C no tienen la capacidad de mantener y regular su temperatura corporal, por tanto, requieren de un alojamiento en donde sea controlado la temperatura a lo largo de su ciclo de vida, principalmente en la primera semana en la que sus condiciones físicas son más delicadas. Se necesita una observación constante del comportamiento de la cría. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) establece que si los pollitos se agrupan hacia un solo lado del corral indica que existe una entrada de corriente de aire; si la temperatura es muy caliente tienden a distribuirse a los costados evitando las zonas donde la temperatura sea muy elevada; en el caso de ser un ambiente frío los pollos se agrupan entre ellos para lograr general calor y concentrándose en las zonas más tibias. Se debe buscar, por tanto, que la temperatura sea entre 32 a 33 °C durante la primera semana, si esta es la adecuada para los animales se distribuirán uniformemente a lo largo de todo el corral, nave o zona de alojamiento. Luego de los primeros 7 días de nacidos debe irse disminuyendo 3°C por semana.

### 2.2.7.2 Iluminación

El crecimiento adecuado de las aves dependerá también del tiempo de oscuridad en la que se encuentran. La iluminación favorece la alimentación y el consumo de agua de los pollos mejorando su tasa de conversión alimenticia, además evita la aglomeración en una sola zona lo cual puede causar lesiones entre las aves, estrés o el porcentaje de mortalidad.

Para los pollos de engorde Hubbard se recomienda un período de iluminación con relación a su edad. Entre 7 a 14 días de edad las horas de oscuridad varían de 4 a 12 horas. Desde la edad de 15 a 21 días se recomienda períodos sin iluminación de 4 a 10 horas, luego de los 21 días no se recomienda lapsos de 4 horas de oscuridad. Se recomienda además apagar la luz cada día a la misma hora para un mejor manejo y control del crecimiento. Además de estos factores, también debe cuidar la humedad siendo apropiado un rango ente 40 a 70% y la velocidad del aire debe ser entre 0.36 a 12.6 km/h (Hubbard, 2020, p. 4).

### 2.2.7.3 Recomendación nutricional

La dieta de los pollos debe ser programada con relación al peso y período de crianza que se pretende emplear. La alimentación debe incluir proteína, calcio, fósforo, sodio y aminoácidos, para obtener buenos resultados y un apropiado desarrollo.

**Tabla 3. Especificaciones de dieta (Proteína)**

Peso al sacrificio	Período de engorde requerido	Fase y edad (días)	% de proteína	Alimento / ave (kg)
De 1.8 a 2.5 kg	Entre 30 a 34 días	Arranque: de 0 a 10 días de edad	Mínimo de 22.50% y un máximo de 23.10%	0.725 kg

		Crecimiento: desde 10 a 22 días de edad	Mínimo de 20.50% y un máximo de 21.10%	1.818 kg
		Finalización: 22 a 30-34 días	Mínimo de 19.05% y un máximo de 20%	1.932 kg
2.5 a 3 kg	Entre 39 a 45 días	Arranque: 0 a 10 días	Mínimo de 22.50% y un máximo de 23.10%	1.75 kg
		Crecimiento: desde 10 a 22 días de edad	Mínimo de 20.50% y un máximo de 21.10%	2.273 kg
		Crecimiento 2: de 22 a 38 días	Mínimo de 18.74% y un máximo de 19.69%	1.705 kg
		Finalización: de 38 a 45 días	Mínimo de 18.4% y un máximo de 19.2%	1.705 kg

Elaborado a partir de datos recolectados en Guía y especificaciones nutricionales de pollos productores de carne (Hubbard, 2020, p. 3).

#### 2.2.7.4 Tipos de concentrado

En el mercado existen diferentes empresas las cuales se dedican a la fabricación de concentrados para aves de engorde, entre las más conocidas a nivel nacional están:

**ALIANSA:** es una empresa reconocida a nivel de El Salvador, que se dedica a la elaboración de alimentos para pollos de engorde y cuentan con una variedad de concentrados los cuales se describen a continuación:

- **Vitaengorde pre-inicio:** es un alimento preiniciador para aves de engorde, en presentación peletizado y su uso es recomendado desde el primer día de nacidos los pollitos, hasta los 10 días de edad.

- **Vitaengorde inicio:** es un alimento peletizado, recomendado desde los 10 días de edad hasta los 21 días.
- **Vitaengorde fin:** es un alimento peletizado, el cual se utiliza para la alimentación de los pollos de 22 días de edad, hasta el destace.

**MOR:** es la primera empresa en El Salvador, que cuenta con una “Planta Total”, ya que ofrecen al mercado tres diferentes presentaciones de concentrado: peletizado, harina y extrusado. En la línea de concentrados para aves de engorde cuenta con los siguientes:

- **Pre-inicio pollo:** se utiliza para la alimentación de los pollos desde el primer día de nacidos hasta el décimo.
- **Finalizador pollo de engorde:** se utiliza para la finalización de la alimentación de los pollos de engorde, en un periodo comprendido aproximadamente de 28 y 42 días.
- **Precarnol:** se utiliza para la iniciación de los pollos desde su primer día de nacidos hasta completar los 21 días.
- **Fincarnol:** se utiliza para el engorde de pollos en su etapa final, alimentándolos desde los 22 días hasta los 42.

**CONCENTRADOS “LA ESPIGA”:** al igual que las anteriores es una empresa con una amplia experiencia en alimentos para animales. Cuentan con las siguientes líneas de concentrados:

- **Iniciador engorde:** es un alimento para pollos de 1 a 21 días de nacidos.
- **Finalizador engorde:** es un alimento para pollos de 21 días de edad, hasta el destace.

### **2.2.8 Nutrientes importantes en la dieta de pollos de engorde**

Los alimentos para pollos de engorde deben de ser frescos y de alta calidad estos pueden estar formulados a partir de diversos cereales como: maíz, trigo, soja, girasol, entre otros. La alimentación de los pollos en la etapa inicial de su vida es de mucha importancia, pues es la que determinara si estos podrán lograr un buen desempeño en cuanto a tamaño y peso. Los pollos de engorde por lo general necesitan en su alimentación grasas y aceites, ya que, estos junto a los carbohidratos son los encargados de aportarles una fuente y reserva de energía. Las proteínas les aportan diversos aminoácidos que contribuyen a la formación de sus propias proteínas responsables de la creación de tejido muscular en ellos. Se ha demostrado que el aumento en la ingesta de aminoácidos supone un crecimiento favorable en el tamaño de los pollos, lamentablemente es una opción cara hablando en términos económicos (FAO, 2013, p. 64).

En cuanto a los micronutrientes los pollos necesitan calcio y fosforo para tener un desarrollo adecuado del sistema ósea y una buena salud en pierna. El sodio, potasio y cloro son esenciales para el funcionamiento metabólico, la deficiencia de estos minerales puede afectar en el crecimiento y pH de la sangre.

De acuerdo con la revisión del desarrollo avícola publicada por la FAO, menciona que la carne de pollo es la que más fácilmente puede ser enriquecida. Esto es al mismo tiempo contrastado con investigaciones realizadas en China, como las del autor Yu realizado en el 2008 comprobó que, al adicionar Selenio en el pienso de las aves, la carne poseía un porcentaje más elevado de este mineral en comparación a la carne de aves alimentados sin este componente (2013, p. 4).

### **2.2.9 Manejo de las aves de corral**

Según la FAO el manejo de aves de corral implica el seguimiento de la salud de las aves, la garantía de que los alojamientos se mantienen en condiciones adecuadas para la incubación, y puesta, y de que se administran las vacunas recomendadas y se aplican los programas de alimentación oportunos. En los países en desarrollo, a menudo es difícil alcanzar un rendimiento óptimo de las aves debido a que las condiciones de alojamiento están por debajo del nivel óptimo y por la falta de alimentos de calidad, vacunas y personal capacitado. Los avicultores tienen que recompensar las condiciones climáticas inadecuadas manipulando los sistemas de control o modificando el alojamiento para garantizar que el bienestar y las necesidades ambientales de las aves. Las aves necesitan un espacio adecuado, alimento suficiente para satisfacer sus necesidades nutricionales y un suministro adecuado de agua de buena calidad. El suministro de agua limpia y fresca es fundamental en la producción de pollos de engorde. Sin un consumo de agua adecuado, consumo de alimento y, en consecuencia, el crecimiento de las aves disminuirá. En las explotaciones de pequeña escala, es importante mantener los bebederos llenos, limpiarlos y rellenarlos a diario. Se debe contar con espacio para el confinamiento de las aves. Una de las tareas de manejo fundamentales consiste en mantener limpias las naves, sus alrededores y el equipo, con el fin de mejorar la salud de las aves y así evitar cualquier contaminación microbiana, además es necesario contar con un plan de vacunación para garantizar la salud de las aves (2013, pp. 28-30).

### **2.2.10 Harina de camarón en la alimentación de pollos de engorde.**

La harina de camarón propuesta en el presente trabajo de investigación se utilizó el caparazón de la cola de camarón príncipe, el subproducto fue procedente de la mini Agencia González dedicada a la preparación y venta de cocteles en Ahuachapán. Su preparación consistió en el secado al sol, un método tradicional que permite la desecación de los alimentos y que

además, favorece su conservación. La principal desventaja de este método es que el proceso depende de las condiciones ambientales y no pueden ser controlados, provocando como otro inconveniente el tiempo necesario para reducir la actividad del agua presente en el producto.

La alimentación de los pollos se basó en dos tratamientos de harina de camarón de 5% y 10% respectivamente, adicionado al concentrado comercial para pollos. La harina se combinó con los concentrados comerciales iniciador de engorde y finalizador de engorde “La Espiga”.

### **2.2.10.1 Ingredientes principales del concentrado para pollos**

- **Harina de maíz amarillo**

El maíz amarillo es principalmente utilizado para la elaboración de ensilaje o concentrados. Su época de siembra es de los meses de mayo a junio y de agosto a septiembre. La harina de maíz amarillo (por cada 100 gramos de porción comestible) proporciona 6 gramos de proteína, 76.85 gramos de carbohidratos y 3.86 gramos de grasa total, además de la presencia de vitaminas y minerales (INCAP, 2012, p. 47).

- **Maicillo o sorgo**

En El Salvador es el segundo grano con mayor producción y es ampliamente utilizado para la alimentación animal y además para el consumo humano, por ejemplo, utilizado por la industria panificadora.

- **Harina de soya**

Se caracteriza por proporcionar alto porcentaje de proteína alrededor de 37 gramos por cada 100 gramos, es rico en minerales como hierro y calcio, además de ser fuente de vitaminas del complejo B.

La fórmula utilizada para alimentar los pollos aporta además vitaminas A, D, E, K y B12.

Incluye otros ingredientes como grasa animal, aceite vegetal, sal común y sales minerales.

### 2.2.11 Costo de la formulación de la harina y crianza de los pollos de engorde

El caparazón del camarón por tratarse de un subproducto poco reutilizado no tiene un valor en el mercado. Por tanto, se estableció un precio significativo acordado con mini Agencia.

Los detalles se presentan a continuación:

**Tabla 4. Costos de la fase de experimento**

<b>Costo de la alimentación de los pollos</b>			
<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Caparazón de camarón	20 libras	\$0.25	\$5.00
Concentrado Iniciador de engorde	60 libras	\$0.295	\$17.70
Concentrado Finalizador de engorde	100 libras	\$0.295	\$29.50
TOTAL			\$52.20
<b>Costo de la crianza de pollos</b>			
Pollitos de 15 día de edad	20 unidades	\$ 1.70	\$ 34.00
Tela de gallinero	10 yardas	\$ 1.95	\$ 19.50
Granza	1 saco (25 libras)	\$3.50	\$3.50
Cincho plástico	12 unidades	\$ 0.13	\$ 1.40
Bebederos	2 unidades	\$4.00	\$8.00



Comederos	2 unidades	\$6.50	\$13.00
Focos	2 unidades	\$0.60	\$1.20
Vitaminas (electrolitos)	1 unidad	\$2.00	\$2.00
TOTAL			\$82.60

Elaboración propia.

## 2.3 Marco conceptual

### 2.3.1 Economía circular

La economía circular puede explicarse como un modelo que está relacionado a la sostenibilidad. El propósito principal es la reducción de la contaminación generado por las diferentes actividades humanas y que a causa de éstas se producen miles de toneladas de desechos. La contaminación ambiental es un tema de mucha relevancia y es responsabilidad de las industrias el buscar alternativas que contribuyan al cuidado del medio ambiente.

De acuerdo con la nota redactada por la ONU (2018), la economía circular se realiza a través de las 4R: Reducir, Reutilizar, Reciclar y Recuperar. Busca en todo momento aprovechar al máximo todos los recursos y disminuir la cantidad de basura producida.

- Reducir: se puede explicar como la gestión correcta de la materia prima y otros insumos manejadas para la producción y evitar el despilfarro de recursos.
- Reutilizar: es darle un valor agregado a los denominados “residuos” y crear una oportunidad nueva para que no sean clasificados como basura.
- Reciclar: consiste en aprovechar los desechos y convertirlos algo nuevo.
- Recuperar: se enfoca a la recuperación de componentes para que puedan ser empleados nuevamente en la cadena.

Es necesario considerar estos sistemas porque no solamente se resguardan recursos y se enfoca en la disminuir la contaminación, sino que también económicamente es una buena opción ya que se generan oportunidades de empleos o creación de nuevos mercados.

Uno de los problemas, como es el caso del aprovechamiento de subproductos, es la técnica de recolección del recurso. Es necesario mantener la línea de calidad y requiera mucha atención para evitar su descomposición.

Tal es el caso del caparazón del camarón el cual es un producto perecedero y dentro de los parámetros que deben ser controlados están la higiene en los depósitos de recolección, el manejo de temperaturas que al ser una especie marina se recomienda la refrigeración para alargar la vida útil, también se debe de capacitar a las personas que se encarguen de su transformación y contar con el equipo necesario.

### **2.3.2 Secado al sol**

El Secado de los diferentes alimentos es una práctica muy antigua que se ha empleado a lo largo de la historia humana y su objetivo es la conservación de los productos.

Este es un método tradicional y económico, no se requiere de equipos sofisticados o de grandes inversiones. Sin embargo, es una técnica en la que las condiciones atmosféricas como la temperatura, velocidad del aire y la presión atmosférica no se pueden controlar, además del tiempo requerido para reducir al mínimo la actividad del agua presente en los alimentos.

Se recomienda además la utilización de barreras protectoras para evitar la contaminación del alimento a desecar, se requiere de un cuidado y atención mayor durante el proceso. Al estar expuesto al ambiente se debe evitar que la contaminación causada por el polvo, rocío, animales y roedores.

Una vez desecado el producto alimenticio debe ser empacado rápidamente para evitar que este absorba nuevamente humedad, se pueden utilizar recipientes de plástico o herméticos, bolsas selladas al vacío y otros que eviten el deterioro del alimento, que a su vez facilite su almacenamiento.

### **2.3.3 Proceso de molienda**

El proceso de molienda es una operación mediante el cual los alimentos son triturados y reducidos en partículas de diversos tamaños, separables entre sí por medios mecánicos. Existen diferentes tipos de molienda según el proceso que se requiera: molienda seca y molienda húmeda

### **2.3.4 Métodos de obtención de harina de camarón.**

#### **2.3.4.1 Método domestico**

**Obtención de materia prima:** el exoesqueleto que se designa para la extracción de harina debe de ser de camarón fresco para asegurar una materia prima de calidad y una obtención de harina inocua.

**Lavado:** luego de ser extraído el exoesqueleto, tiene que ser sometido a un lavado con suficiente agua con el fin de retirar el exceso de residuos de musculo de camarón y residuos líquidos de este, para garantizar una mayor vida útil del esqueleto y este pueda ser sometido a los demás procedimientos sin crecimiento microbiológico, ni contaminación de plagas.

**Pesado:** posterior al lavado y escurrido se tiene que someter a un pesado inicial del cascaron en donde se podrá ir monitoreando la perdida de humedad hasta llegar a un peso constante.

**Secado:** el secado del exoesqueleto puede realizarse mediante desecado al sol a temperatura ambiente o en horno con temperaturas y tiempos controlados, ya que el tiempo de exposición en horno debe de ser limitado de lo contrario la materia prima al ser tan frágil puede llegar a quemarse y tendría que repetirse el proceso desde la obtención de materia prima.

**Molienda:** cuando el exoesqueleto alcanza un peso constante y una textura quebradiza este ya está listo para ser sometido a la molienda en donde se obtendrá la harina de exoesqueleto de camarón.

**Tamizado:** al ser triturado el exoesqueleto en maquinaria no industrial este puede llegar a presentar un tamaño desigual en sus partículas y por lo tanto puede ser necesario que sea sometido a un proceso de tamizaje en donde se obtendrá como resultado un tamaño uniforme entre partículas.

**Pesado:** la harina resultante del tamizado es pesada para posteriormente ser almacenada en recipientes que impidan el paso de humedad.

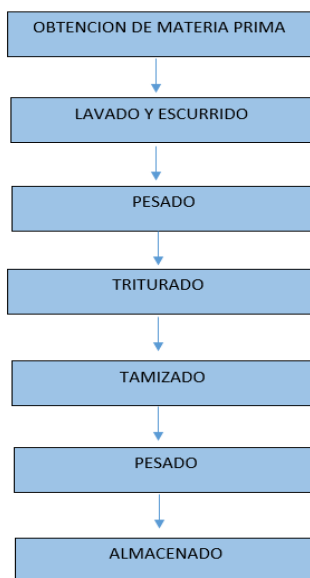


Figura 4. Ejemplo de proceso para obtención de harina de camarón.

Método doméstico para la elaboración de harina.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.4.2 Método de túnel

Al igual que en el método doméstico, se necesita recolectar materia prima en excelentes condiciones para poder asegurar una harina inocua libre de microorganismos, los cuales pueden llegar a causar un problema severo en el procesamiento de los residuos llegando al extremo de tener que ser desechados y comenzar de nuevo el proceso. Luego de la recolección de materia prima, esta tiene que atravesar tres etapas importantes las cuales son:

**Cocción/ precocido.** Consiste en someter los desperdicios a una cocción mediante vapor a altas temperaturas durante tiempos relativamente cortos generalmente 120°C durante 3 minutos. Posterior a esto los desechos son extruidos con el fin de reducir el porcentaje de humedad.

**Secado.** El secado se lleva a cabo mediante un cilindro el cual alcanza en un extremo temperaturas de hasta 80°C y en el otro extremo da como resultado un producto libre de humedad a 90°C.

**Molienda.** Posterior al secado los residuos pasan finalmente por un proceso de molienda, para obtener la harina del exoesqueleto de camarón.

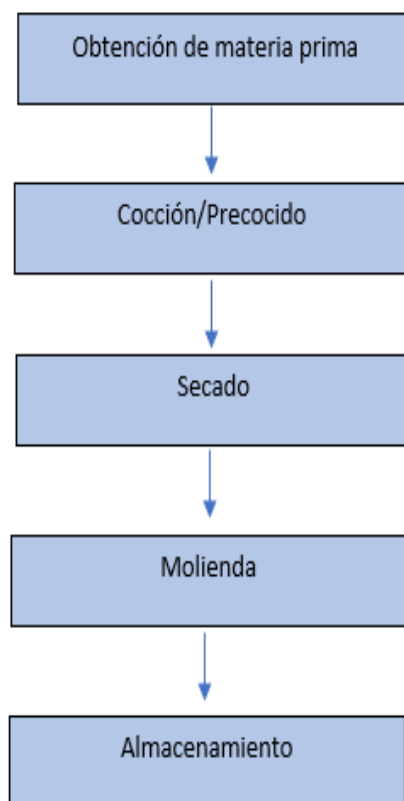


Figura 5. Diagrama de flujos de procesos de harina de camarón por método de secado de túnel.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.4.3 Método de tambor

Básicamente este método consta de un flujo de aire caliente impulsado por ventiladores los cuales están en una constante succión de dicho aire y una alimentación continua del tambor con los subproductos del camarón.

Los desechos son transportados hacia el tambor por medio de un tornillo sin fin que trabaja de forma intercalada depositando los residuos durante 3 segundos y dejando de hacerlo durante 19 segundos este proceso se repite continuamente, una vez los residuos han sido depositados y triturados estos atraviesan el tambor por medio de los tres cilindros con los que

este cuenta para lograr atravesarlo de extremo a extremo, mediante este recorrido los desechos de camarón son impactados por aire caliente alcanzando temperaturas de 640°C y como temperaturas mínimas 140°C, cuando los residuos finalizan el proceso como producto final se obtiene una harina de camarón a alta temperatura, la cual, luego tendrá que ser enfriada para su posterior almacenamiento.

### **2.3.5 Método de incorporación de harinas a concentrados para aves.**

La incorporación de la harina puede llevarse a cabo por proporciones peso: peso, ya sea en proporciones de mayor cantidad de concentrado y menor proporción de harina o viceversa mayor proporción de harina y menor de concentrado. Todo en base a los resultados que se deseen o los factores que se quieran estudiar en una investigación.

Los métodos de incorporación pueden dividirse en el procesamiento: pueden ser directamente en el proceso de manufactura, es decir, ser una parte del alimento directamente paletizado con los demás ingredientes o simplemente puede ser añadida al concentrado luego de que este ha sido terminado y está listo para ser utilizado.

## **Capítulo III. Metodología de la Investigación**

### **3.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación que se define en este trabajo es aplicada con un diseño experimental, en donde se logró dar solución al aprovechamiento del subproducto de la cola de camarón incorporándola en la dieta de los pollos, para determinar que existe diferencia en el peso de los pollos de engorde alimentados con concentrado comercial únicamente y el que contiene harina de camarón.

## **3.2 Hipótesis**

### **3.2.1 Hipótesis general**

El subproducto de la cola de camarón logrará ser incorporado en la dieta de los pollos de engorde y permitirá reducir su desperdicio.

### **3.2.2 Hipótesis específicas**

- Con el caparazón de la cola de camarón se logrará desarrollar una harina que se incorporará a la dieta de pollos de engorde.
- La harina obtenida del subproducto de la cola de camarón posee un alto valor nutricional para la alimentación de los pollos.
- La harina del subproducto de la cola de camarón produce un desarrollo efectivo en el peso de los pollos de engorde.

## **3.3 Diseño de la investigación**

En este estudio el diseño de investigación es: cuantitativo ya que los resultados se manejan de manera contable, es decir en cantidad. Experimental propiamente dicha, ya que se manipula la variable independiente para poder medir lo que ocasiona a la variable dependiente, por ende, en la incorporación de harina de camarón en la alimentación de los pollos se obtiene un aumento de peso en los pollos de engorde. Prospectivo debido a que los datos a manejarse se planificaron previo a su realización y es longitudinal ya las variables se midieron una vez finalizado el experimento, por medio de los datos registrados en las listas de chequeo.



### 3.4 Población

La población de estudio con la que se contó en este trabajo de investigación fueron 20 pollos de engorde de la raza Hubbard, los cuales se adquirieron de 15 día de edad en el Agroservicio “El Arado”, en el municipio de Ahuachapán, departamento de Ahuachapán.

### 3.5 Muestra

La muestra de la investigación fue extraída mediante la fórmula que a continuación se detalla tomando de base una población de 20 pollos, los cuales fueron divididos en 2 grupos con un régimen de alimentación diferente para cada grupo, dichos grupos estaban constituidos de 7 aves cada uno y se sometieron a diferentes tratamientos. Además, se manejó un grupo de 6 aves con un tratamiento control (alimentados de forma tradicional).

$$n = \frac{Z^2 * Npq}{e^2(N - 1) + Z^2pq}$$

Siendo:

n: tamaño de muestra.

Z: valor dado por tabla de distribución normal con un nivel de confianza de 95%.

P: probabilidad de éxito (valor establecido de 0.5).

q: probabilidad de éxito (valor establecido de 0.5).

e: máximo error de estimación (0.5).

N: cantidad total de población.

$$n = \frac{(1.96)^2 * (20 * 0.5 * 0.5)}{(0.5)^2(20 - 1) + (1.96)^2(0.5 * 0.5)}$$

***n* = 3.36**

Mediante la fórmula anteriormente planteada y tomando de base una población de 20 pollos se obtuvo un tamaño de muestra de 3.36 con aproximación a 3 pollos.

Por lo que, para el análisis sensorial se realizó con 3 muestras de pollos tomando uno de cada tratamiento correspondiente (T1: harina 5%, T2: harina 10%, T3: control).

### **3.6 Criterios de selección**

#### **3.6.1. Criterios de selección de las aves de corral**

Las aves que fueron sometidas a la investigación debían cumplir con los parámetros que se citan a continuación:

- Las 20 aves debían ser de la raza Hubbard.
- Poseer la edad de 15 días.
- No presentar mal formaciones corporales.
- Sin indicios de desnutrición.
- Peso uniforme entre aves.
- Sin señales de golpes o lesiones.

#### **3.6.2. Criterios de exclusión de las aves de corral**

- Aves pertenecientes a una raza diferente a la establecida para el estudio.
- Pollos menores a 15 días de edad.
- Que no cuenten con la vacuna contra la enfermedad de NewCastle.
- Animales enfermos o con malformaciones.

### **3.6.3. Criterios de selección de camarones**

Los camarones que se utilizaron para la elaboración de la harina debían contar con ciertos criterios:

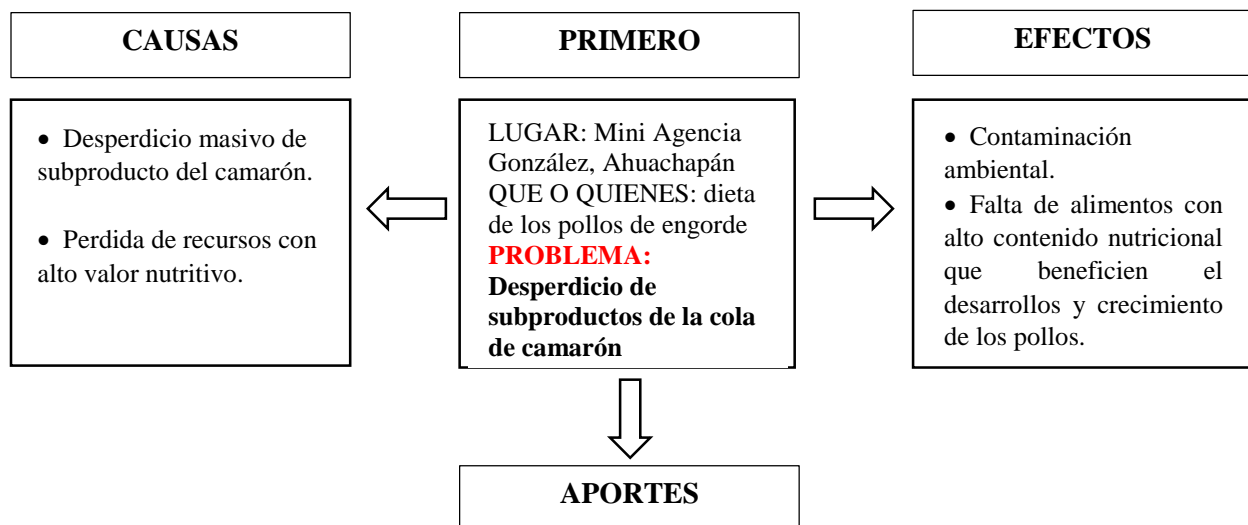
- Camarones no congelados.
- Sin indicios de lesiones con posibles infecciones.
- Firme al tacto.
- De una misma especie de camarones (príncipe/chacalín)
- Conservación del caparazón.

### **3.6.4. Criterios de exclusión de camarones**

- Camarones que no sean frescos.
- Camarones sin su caparazón.
- De color verde o café (indicio de descomposición).
- Textura muy blanda o que se aplaste fácilmente al contacto.

## **3.7 Operacionalización de las variables**

### **3.7.1. Matriz Causa, efecto y aportes.**



- Formulación de harina de cola de camarón.
- Elaboración de flujograma y descripción del proceso para la obtención de harina de caparazón de cola de camarón.
- Utilización del subproducto de la cola de camarón para el desarrollo de una harina, que tenga un aporte nutricional significativo en los animales para beneficiar su crecimiento y desarrollo.
- Alimentación de los pollos y la comparación de resultados entre dieta de pollos basado en concentrado comercial y dieta basada en harina del subproducto de cola de camarón.
- Análisis microbiológico y análisis bromatológico a la harina del subproducto de camarón.

Figura 6. Matriz causa, efecto y aportes.  
 Diseño y planificación del trabajo de investigación.  
 Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

### 3.7.2. Matriz de consistencia.

**Tabla 5. Matriz de consistencia**

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>
<b>Problema principal</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable dependiente</b>

¿El aprovechamiento del subproducto de la cola de camarón, permitirá reducir su desperdicio y logrará ser incorporado en la dieta de los pollos de engorde?	Evaluar el aprovechamiento del subproducto de la cola camarón, para reducir su desperdicio e incorporarlo en la dieta de los pollos de engorde.	El subproducto de la cola de camarón logrará ser incorporado en la dieta de los pollos de engorde y permitirá reducir su desperdicio.	Aumento del peso de los pollos de engorde.
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Variable independiente</b>
¿El caparazón de la cola de camarón podrá aprovecharse para elaborar una harina?	Elaborar una harina a partir del caparazón de la cola de camarón.	Con el caparazón de la cola de camarón se logrará desarrollar una harina que se incorporará a la dieta de pollos de engorde.	Porcentaje de harina incorporado en la dieta.
¿De qué manera se determinará el valor nutricional de la harina obtenida a partir de los subproductos de la cola de camarón?	Determinar el valor nutricional de la harina obtenida a partir de los subproductos de la cola de camarón.	La harina obtenida a partir de los subproductos de la cola de camarón posee un alto valor nutricional para la alimentación de los pollos.	
¿De qué manera puede evaluarse que el aprovechamiento del subproducto de la cola de camarón es efectivo para la dieta de los pollos de engorde?	Comparar los pesos obtenidos y el tiempo requerido para el engorde de los pollos con un concentrado comercial para aves y la utilización de la harina del subproducto de cola de camarón.	La harina del subproducto de la cola de camarón produce un desarrollo efectivo en el peso de los pollos de engorde.	

Elaboración propia.

### 3.7.3. Matriz de operacionalización de las variables.

**Tabla 6. Operacionalización de las variables**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><b>VARIABLE A:</b> Aumento del peso de los pollos de engorde</p>	<p>Los autores Girón y Vásquez (2018) definen el aumento de peso de los pollos como: un parámetro cuantitativo determinado por diferentes factores, siendo uno de ellos la incorporación de alimentos con alto valor nutritivo durante la fase de crecimiento de los pollos y que es aprovechado por las aves para utilizarlo en sus funciones productivas.</p>	<p>Esta variable se midió mediante un experimento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Pre-test:</b> Alimentación con concentrado comercial desde la edad de 1 a 15 días de los pollos.</li> <li>• <b>Experimento:</b> Elaboración de la harina y la selección de una muestra de aves para la incorporación del caparazón en su dieta.</li> <li>• <b>Post-test:</b> Comparación de los resultados finales entre camada de pollos alimentados con harina y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Pre-test:</b> Peso promedio obtenido hasta los 15 primeros días de nacidos, alimentados de forma tradicional.</li> <li>• <b>Experimento:</b> <b>Etapas iniciales:</b> -Formulación de harina de cola de camarón. <b>Segunda etapa:</b> -Mezcla de la harina de camarón con el concentrado comercial. -Alimentación de las aves.</li> <li>• <b>Post-test:</b> -Comparación del</li> </ul>
<p><b>VARIABLE B:</b> Porcentaje de harina</p>	<p>Los autores Camacho y Meneses (2018) definen el porcentaje de concentrado como: la cantidad de alimento proporcionado en la dieta y que permite</p>	<p>Esta variable se midió mediante un experimento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Post-test:</b> Comparación de los resultados finales entre camada de pollos alimentados con harina y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Post-test:</b> -Comparación del</li> </ul>

	cubrir los requerimientos nutricionales para el desarrollo adecuado de los pollos.		camada de pollos de control (alimentación tradicional).	crecimiento y desarrollo de los pollos, en base a los datos registrados en la lista de chequeo.
--	--	--	---	---

Elaboración propia.

### 3.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El presente trabajo de investigación utilizó como técnica el experimento, el cual permitió la observación y el control de las variables planteadas en el estudio para la recolección de datos.

La dimensión de la investigación se dividió de la siguiente forma:

1. **Pre-test:** para la selección de los pollos se utilizó como instrumentos la lista de selección y exclusión de las aves para garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos. Además, se registró el peso inicial al momento de la recepción de las aves, haciendo uso de la lista de chequeo para su posterior análisis. Las técnicas necesarias para el cumplimiento del pre-test fueron la selección del lugar y preparación de la zona de alojamiento.
2. **Experimento:** se empleó como técnica la elaboración de la harina de subproducto de cola de camarón y la mezcla con el concentrado comercial para los respectivos tratamientos. Para elaborar la harina del subproducto de camarón se utilizó como instrumento la lista de selección y exclusión del camarón. Posteriormente, se procedió a la alimentación de las aves y para ello se implementó como instrumento la lista de chequeo para medir las variables durante la crianza de los pollos.

**3. Post-test:** consistió en la comparación de los resultados finales obtenidos con el T1, T2 y T3, verificando a través de la lista de chequeo cual muestra de aves había obtenido un mejor desarrollo y crecimiento. La técnica empleada fue el análisis de los datos a través de un modelo matemático.

Además, se efectuó la recolección de las muestras de harina para llevar a cabo su respectivo análisis y conocer su valor nutricional, además de la ausencia de microorganismos patógenos. Por último, se sacrificaron algunas aves para establecer si había existido un cambio en el sabor de la carne a causa de la harina, el instrumento utilizado para su evaluación fue el análisis sensorial comparación pareada. Se presenta a continuación un diagrama resumen de todas las etapas en la que se dividió el trabajo de investigación:

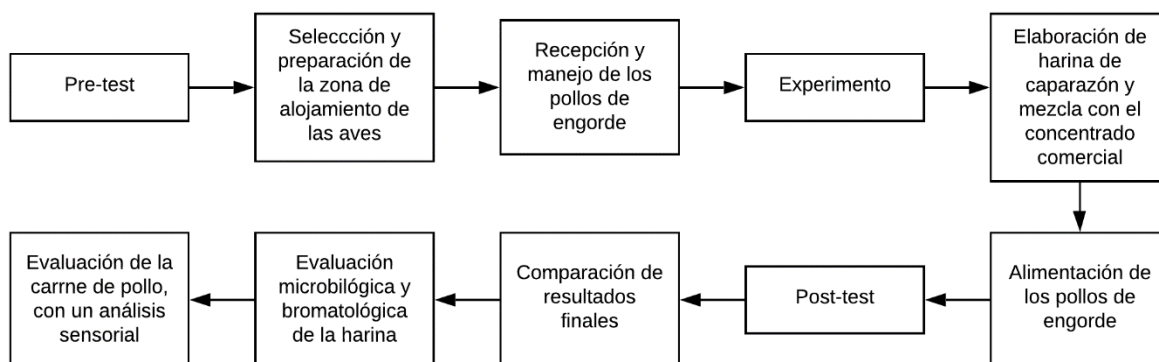


Figura 7. Dimensiones del trabajo de investigación. Resumen de todas las etapas en que se dividió el presente estudio. Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

Las técnicas correspondientes a cada una de las dimensiones de la investigación se detallan de forma amplia a continuación:

### 3.8.1 Selección del lugar y preparación de la zona de alojamiento

Para la crianza de los pollos se utilizaron dos jaulas, fueron colocadas en una zona donde hubiera sombra y con buena ventilación para generar un ambiente cómodo para los pollos. Ya que el experimento fue de carácter domestico realizado en Ahuachapán.



**Jaula A.** Tiene unas medidas de 94 cm de ancho y 75 cm de alto. Tiene como base 4 patas de madera las cuales tienen una altura de 70 cm. Se planifico alojar los dos grupos de aves alimentados con harina de camarón (T1: 5% y T2: 10%). Esta jaula fue reutilizada para la crianza de aves de corral y dividida en dos zonas, para su limpieza se utilizó agua tibia y un paño limpio un día previo a la recepción de las aves.



Figura 8. Jaula A  
Alojamiento de aves alimentadas con harina de camarón.  
Fuente: Fotografía tomada por el grupo de trabajo.

**Jaula B.** Fue diseñada para alojar un grupo de 6 aves para el tratamiento de control, es decir, con una dieta basada en alimentación tradicional (T3). Esta jaula, a diferencia de la jaula A, fue construida por el grupo de trabajo. Para su elaboración se utilizaron materiales reciclados. Para la base se usó una plataforma de madera (palé) de 101 cm de ancho x 95 cm de largo, la cual fue montada sobre una estructura de tubos PVC para evitar que estuviera directamente en el suelo, además se requirió de 10 yardas de malla para gallinero, la altura de la jaula fue de 143 cm lograda por un marco de madera reciclada. El utilizar elementos reciclados ayudo a reducir el costo del experimento.

Se colocó madera plywood de 2x3 pies en la parte interna de la jaula, sobre esta se incorporó granza y esta tiene la función de proporcionar calor en la cama para los pollos, además permite un mayor control de la higiene en la jaula. Previo a la recepción de los pollos se limpió con agua tibia y un paño limpio.



Figura 9. Jaula B  
Fabricada con materiales reciclados.  
Fuente: Fotografía tomada por el grupo de trabajo.

Tanto la jaula A como la jaula B fueron equipadas con bebederos y comederos, algunos de estos se elaboraron con material reciclable como botellas y recipientes de plástico. Se colocaron cortinas para evitar el paso de corrientes frías de aire, las cuales se mantuvieron abajo durante la noche y se retiraban a lo largo del día para evitar la generación de calor dentro de las jaulas.

Además de utilizar cortinas para regular la temperatura, se utilizó luz artificial durante la noche para esto se empleó una extensión de 7 metros y un foco de 60 watts. Para el control del

tiempo de oscuridad y luz empleada en los pollos se empleó un temporizador o Timer análogo de 24 horas, podía ser programado para encender automáticamente el foco por lapsos de 30 minutos.

### **3.8.2 Elaboración de la harina de camarón**

El caparazón fue secado al sol, para ello se colocó en bandejas desde horas tempranas del día para aprovechar al máximo las horas de luz. Ya que la harina fue elaborada dentro de la mini Agencia se tuvo un mayor control en el manejo del subproducto. Se utilizaron recipientes limpios para la recepción del subproducto, los utensilios fueron desinfectados antes y después de ser utilizados, buscando en todo momento el cumplimiento de las buenas prácticas de higiene en la elaboración del producto.

La cáscara seleccionada para elaborar la harina no debía tener ningún tipo de manchas debía ser de un color uniforme, además se identificaba su frescura por el aroma característico a mar. Si cumplía con estas características se destinaba para su procesamiento.

Una vez seleccionado el subproducto a procesar, era pesado. Posteriormente se llevaba a cabo un lavado con agua potable para eliminar residuos de heces o carne de camarón.

Luego se realizó un escaldado, el cual consiste en la inmersión de la materia prima en agua a altas temperaturas por un corto tiempo para facilitar su manipulación. La función principal de su uso en este proceso es para eliminar la sangre y otros residuos presentes en el camarón que podrían ocasionar un problema en las etapas posteriores como producción de larvas, presencia de insectos o su descomposición, ya que se expondría por largas horas al sol y así facilitar su manejo.

El tiempo requerido para disminuir al máximo la actividad del agua presente en el subproducto fue entre 1 a 2 días de exposición solar. El tiempo de secado varió dependiendo de la temperatura, la velocidad del aire y humedad relativa presente en el ambiente.

Los instrumentos básicos requeridos para elaborar la harina fueron: recipientes de plástico, bandejas, basculas, molino y recipientes herméticos. Además, se hizo uso de mallas para la protección de la materia prima al ser expuestos al medio ambiente y evitar su contaminación por partículas de polvo, insectos, roedores y otros animales.

Las características que determinan si el caparazón estaba seco era porque al tomar una muestra fácilmente se quebraba y se hacía polvo, además de la pérdida de peso significativa que indica la desecación del producto. La siguiente etapa consistió en la molienda del caparazón hasta obtener una harina uniforme.



Figura 10. Obtención de harina de caparazón  
Etapa de lavado, secado y molienda de caparazón  
Fuente: Fotografía tomada por el grupo de trabajo

La preparación de la harina se realizó con un mes de anticipación a la recepción de los pollos, por esta razón eran almacenados en recipientes herméticos para evitar la absorción de humedad, la harina de camarón es un producto higroscópico y requiere de un manejo eficiente para alargar su vida útil.

### 3.8.3 Procedimiento para la elaboración de harina.

**Lavado:** el caparazón a utilizarse se lavó con agua potable para eliminar residuos y partículas no deseadas.

**Escaldado:** Se sumergió el caparazón en agua a 95 °C por 5 minutos.

**Ecurrido:** luego del escaldado se eliminó el exceso de agua con ayuda de un colador.

**Pesado:** se registró el peso inicial del caparazón.

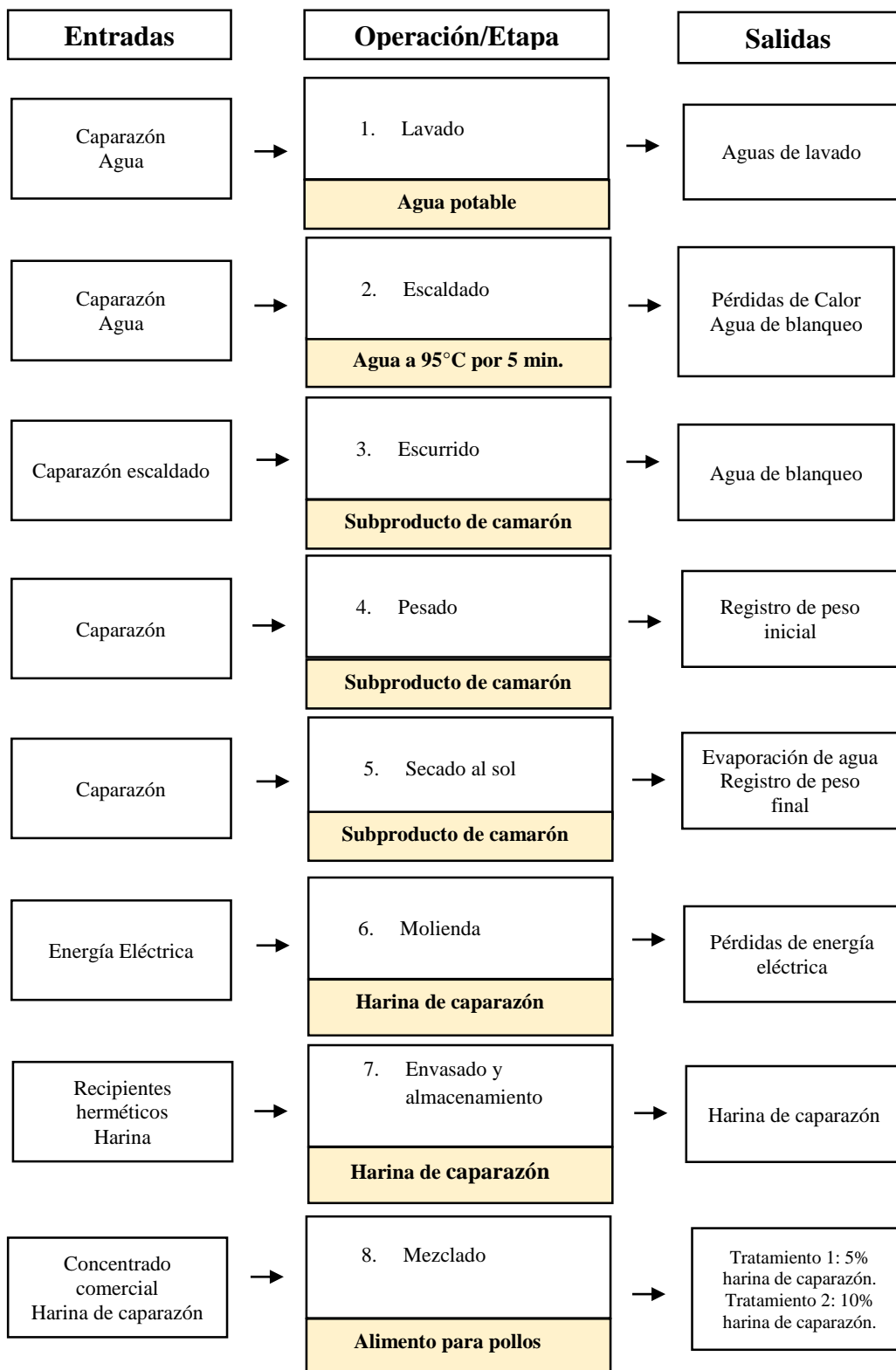
**Secado al sol:** la materia prima se expuso al sol para desecarlo, el proceso necesito entre 1 a 2 días.

**Molienda:** con ayuda de un procesador doméstico de alimentos se trituro el caparazón hasta reducirlo a una harina.

**Empacado:** se colocaron en recipientes herméticos para proteger la harina, ya que es un alimento higroscópico.

**Mezclado:** la harina obtenida se añadió al concentrado comercial para la formulación de 5% y 10%.

### 3.8.4 Flujograma del proceso



Fuente: Elaboración propia



A la harina de camarón obtenida se realizaron análisis microbiológicos y análisis bromatológico, para el cual se tomó una muestra de 1 libra para cada respectivo análisis con ayuda de una espátula de metal desinfectada y cada muestra fue llevada a los laboratorios de CENTA en bolsas ziploc.

**Análisis microbiológico:** se analizaron muestras de harina en CENTA para determinar el cumplimiento de los límites establecidos en la norma RTCA 67.04.50:17. Es necesario aclarar que las harinas de productos marinos no forman parte de los subgrupos de alimentos detallados en la norma, por esta razón los parámetros microbiológicos establecidos para este estudio fueron basados en la categoría 9.3 grupo de alimentos: moluscos y crustáceos, precocidos, cocidos salados o ahumados, productos marinos y de agua dulce. Considerando que: para *Escherichia coli*. el límite mínimo es de 10 UFC/g y el límite máximo es de  $10^2$  UFC/g. Mientras que para *Salmonella spp.* debe existir una Ausencia/ 25 g (2018, p. 279).

De forma general, se detallan a continuación los medios de cultivo y métodos utilizados en los análisis microbiológicos y bromatológicos basados en la AOAC.

- **Medio de cultivo EMB Agar.**

Se caracteriza por ser un medio selectivo y de diferenciación que posee dos tipos de colorantes: el Azul de Metileno y Eosina Y. Estos tienen la función de inhibir tipos de bacterias gran-positiva y además de actuar como indicadores diferenciales cuando la lactosa y sacarosa es fermentada a causa de los microorganismos. Tiene un pH de 7.2, +/- 0.2, para su uso se toma una cantidad de 36 g/L del agar, esterilizados en autoclave por 15 minutos a 121 °C y se vierte en placas para posteriormente incubar la muestra entre 18 a 24 horas a 35 °C. Las características

morfológicas de la E. coli: colonias grandes, color negro azulado y presentan un brillo verde metálico (BD, 2013, pp. 2-3).

- **Diagnóstico microbiológico de Salmonella spp.**

De acuerdo con González, Pereira, Soto, Hernández y Villareal (2014, pp. 76-77), el diagnóstico basado en la AOAC se determina en cuatro etapas: etapa de pre-enriquecimiento (uso de medios de cultivo no selectivos, como caldo nutritivo, para facilitar el desarrollo de los microorganismos), etapa de enriquecimiento selectivo (utilización de medios que permitan el crecimiento de salmonella spp. inhibiendo el crecimiento de otros), etapa de aislamiento en medios selectivos (se diferencia la colonia de interés de otras bacterias, por ejemplo, si se usa Agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD) se tornan color rosado con o sin centro negro) y pruebas bioquímicas diferenciales (pruebas complementarias basadas en la actividad metabólica de la bacteria).

1. **Análisis bromatológico:** permite conocer el valor nutricional de los alimentos, estableciendo su composición de carbohidratos, proteína, extracto etéreo, humedad, fibra cruda, cenizas, calcio, fósforo, potasio y otros minerales.

**Tabla 7. Determinación de componentes nutricionales**

Componentes nutricionales	Explicación del método	Ecuación
Humedad	La determinación de humedad es una técnica de gran interés e importante que permite establecer el índice de estabilidad y conservación de un producto. Este método utiliza como instrumentos estufa a una temperatura de 105 °C por 24 horas, desecador en el cual se	$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$ <p>Donde: pérdida de peso = (peso inicial de muestra) – (peso de muestra desecada).</p>



	deja reposar la muestra por 30 minutos y balanza analítica para pesar y registrar los datos.	
Ceniza	Para su determinación se procede a incinerar las muestras para la destrucción de la materia orgánica. Se requiere de instrumentos un horno mufla a una temperatura de 600 °C por 2 horas, desecador (30 minutos) y balanza analítica.	$\% \text{ de ceniza} = \frac{\text{peso de ceniza (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$ <p>Donde:                      Peso de ceniza = (peso de crisol con cenizas) – (peso de crisol vacío).</p>
Proteína	El método micro Kjeldahl se realiza en tres fases: digestión (uso de ácido sulfúrico concentrado), destilación (adición de ácido bórico para liberar amoníaco) y titulación (se emplea ácido clorhídrico como indicador en una mezcla de bromocresol y rojo de metilo). Los instrumentos utilizados son tubo digestor tecator, equipo digestor Kjeldhal, equipo de destilación y Erlenmeyer.	$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{volumen de HCL ml}) \times N \text{ de HCL} \times 0.014 \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$ <p>Donde:                      0.014 = Miliequivalente de nitrógeno</p> $\% \text{ de proteína cruda} = \% \text{ Nitrógeno} \times 6.25$
Extracto Etéreo	Su determinación se basa en la evaporación y condensación continua de la muestra, al completar el proceso el éter se destila y recolecta para que la grasa cruda que queda en el balón pueda ser secada en estufa a 100 °C por 1 hora y posteriormente ser pesada. El período de extracción es de 8 horas.	$\% \text{ Extracto Etéreo} = \frac{\text{peso de extracto etéreo}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$ <p>Donde:                      Peso de muestra = (peso de papel filtro con muestra) – (peso de papel filtro vacío)</p> <p>Peso de extracto etéreo = (peso de balón con extracto etéreo) - (Peso de balón vacío)</p>
Fibra cruda	Se utiliza la muestra desengrasada y se adiciona ácido sulfúrico (1.25%) e hidróxido de sodio (1.25%), el material se lava con agua destilada hasta eliminar el ácido. Posteriormente se lava con etanol, se seca a 130 °C por 2 horas y se calcina el residuo a 600 °C por 30 minutos.	$\% \text{ fibra cruda} = \frac{\text{Pérdida de peso después de calicnar}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$

Carbohidratos	Para poder establecer el % de extracto libre de nitrógeno (E.L.N) debe haberse calculado previo los compuestos anteriores.	% E.L.N = 100% - (% cenizas + % nitrógeno + % Extracto etéreo + % Fibra cruda)
---------------	--	--

Métodos utilizados para determinar macronutrientes, humedad y ceniza (Rivera y Pineda, 2016, pp. 70-80).

### 3.8.5 Mezcla de harina de caparazón con el concentrado comercial.

Consistió en la formulación de la dieta incorporando la harina de caparazón a utilizarse para la alimentación de los pollos de engorde. Categorizadas de la siguiente forma:

- **Tratamiento 1 (T1):** experimento con 7 pollos de engorde, utilizando el 5% de harina.

**Tabla 8. Batch de alimento T1**

Ingredientes	%	Materia prima (lbs)	Materia prima (grs)
Concentrado comercial	95%	9.5	4,275
Harina de caparazón de cola de camarón	5%	0.5	225
TOTAL	100%	10 lbs	19 grs

Elaboración propia.

- **Tratamiento 2 (T2):** experimento con 7 pollos de engorde, con una dieta compuesta por el 10% de harina de cola de camarón.

**Tabla 9. Batch de alimento T2**

Ingredientes	%	Materia prima (lbs)	Materia prima (grs)
--------------	---	---------------------	---------------------

Concentrado comercial	90%	9	4,050
Harina de caparazón de cola de camarón	10%	1	450
TOTAL	100%	10 lbs	4,500 grs

Elaboración propia.

### 3.8.6 Recepción y manejo de los pollos de engorde

**Recepción.** Se compraron y seleccionaron pollos Hubbard de 15 días de edad, en total se contó con una camada de 20 pollos. La primera semana de edad fueron alimentados de forma tradicional y una vez cumplido los 15 días fueron trasladados a la zona de alojamiento en cajas de cartón (jaula A y jaula B) para iniciar el experimento. Se evaluó que los pollos no presentaran ningún tipo de malformaciones en su cuerpo, sin ningún tipo de golpes o lesiones, se buscó obtener una camada con un peso lo más uniforme posible. Se registró como peso mínimo de 225 gr y un peso máximo de 325 gr en el grupo de pollos para el T3, para el T1 (5%) el peso mínimo



Figura 11. Pesaje de ave en pie  
Día de recepción de pollos, con 15 días de edad.

Fuente: Fotografía tomada por el grupo de trabajo.

fue 269 gr y el peso máximo de 340 gr, para el T2 (10%) se registró un peso mínimo de 187 y un peso máximo de 389, al momento de la recepción.

Las jaulas ya estaban equipadas, limpias y preparadas para alojar a las aves, se dividieron en tres grupos mencionados anteriormente: T1 y T2 con 7 aves respectivamente, T3 con 6 aves. Las primeras dos horas se recibieron únicamente con agua, para que se pudieran adaptar a las nuevas jaulas y el nivel de estrés por el traslado descendiera. Posterior a ese lapso se les proporciono alimento, es decir, a las aves del tratamiento control (T3) se les incorporo concentrado comercial y a las aves para el tratamiento 1 y 2 se les incorporo la mezcla de concentrado comercial con harina de caparazón en los porcentajes correspondientes.

**Manejo de pollos de edad de 15 a 42 días.** Las aves utilizadas en el experimento recibieron la vacuna contra la enfermedad de Newcastle, recibida a los 8 días de edad. Debido a las condiciones en que fue llevado el experimento y al no estar cercano a ninguna granja avícola, se decidió no administrar ningún otro tipo de tratamiento en los pollos para la realización de la investigación.

Luego 21 días de edad, se realizó el cambio de concentrado de iniciador a finalizador. Durante esta transición las aves pueden tener una reducción en el consumo habitual, por esta razón se proporcionó promotor para aves como un suplemento alimenticio. Las dosis fueron de 1 cm por litro por 5 días.

Además de la atención importante en el cuidado y alimentación de los pollos, es necesario controlar el ambiente en el que se encuentran los pollos para garantizar el bienestar animal. Los aspectos básicos por cuidar son: la limpieza, la temperatura en el interior de la jaula, el agua, el alimento y el comportamiento de las aves.

**Limpieza.** Para facilitar la limpieza de la jaula se incorporó granza para cubrir el suelo con el que está en contacto el ave. La granza o cascarilla de arroz, debe cubrir la base lo suficientemente grueso (se recomienda como mínimo 10 cm de espesor) para generar confort en las aves. Tiene la función de absorber la humedad en el interior de la jaula, actuando para el control de la materia fecal, ya que tiende a desecarlo más rápido y además regula la temperatura. Se debe verificar que los bebederos no tengan ningún tipo de fuga o que la cama este completamente seca, ya que de existir humedad estos son focos de contaminación para el animal, se genera una humedad elevada que pueda permitir el crecimiento de microorganismos que afecten la salud del ave. Para este trabajo de investigación se cambiaba la granza cada 3 días. Otras formas de limpieza es la fumigación con yodo, esto permite mantener la cama al menos por 7 días (esto no fue aplicado en este experimento).

**Temperatura de la jaula.** Las aves pueden llegar a sufrir estrés calórico e incluso las altas temperaturas pueden ocasionar la muerte. Durante el día las cortinas que cubrían la jaula se levantaban para que hubiera una mejor circulación del aire y que el ave tuviera un ambiente óptimo. Durante la noche se corre el riesgo que las corrientes de aire sean demasiado frías y esto puede provocar problemas en la salud de los pollos como ronquera o moquillo. Para evitar esto las cortinas eran bajadas y además se colocó un foco para calentar a los pollos durante las horas más frías de la noche. Se registro la temperatura ambiente máxima y mínima del día, la humedad relativa y la velocidad del viento, para generar un análisis más profundo de los resultados obtenidos (ver Anexo II, tabla 19).



Figura 12. Control de temperatura en la jaula  
Uso de foco y cortinas para garantizar el bienestar animal.  
Fuente: Fotografía tomada por el grupo de trabajo

**Agua.** Todos los días es necesario cambiar el agua, para que esta se mantenga lo más fresca posible. Es fundamental que tenga disponible suficiente agua ya que esto estimula el consumo de alimento en los pollos. Se debe verificar que los bebederos no tengan fugas y que estén a la altura del pecho de los pollos. Se llevó un registro del agua ingerida por semana, para el cual se utilizó tazas medidoras para medir el agua que se les proporcionaba por día.

**Alimento.** Los comederos deben colocarse a la altura del pecho de los pollos para que sea más fácil su consumo. Todos los días se pesaba la cantidad de concentrado que se les daba a los pollos y además el alimento rechazado por día para estimar el consumo real de alimento. Los depósitos utilizados eran limpiados todos los días, para retirar residuos y que este no fuera un foco de contaminación.

**Comportamiento de las aves.** Se debe monitorearse todos los días el estado de las aves, para revisar su comportamiento y la detección pronta de enfermedades o deficiencia en los pollos. Uno de los problemas que se tuvieron durante el experimento es que durante las horas de

la tarde la temperatura era más alta y podrían sufrir de estrés térmico. Para ayudarles se levantaban las cortinas para permitir la circulación del aire y se instalaron las jaulas en zonas donde hubiera sombra, además de proporcionarles agua suficiente.

El instrumento utilizado durante todo el experimento fue una lista de chequeo, en el cual se registró semanalmente:

- Total, de pollos en pío por semana: recuento de animales vivos con los que se contaba por semana.
- Porcentaje de mortalidad semanal: para el cálculo de esta variable se dividió el número de aves muertas en la semana entre el número de aves iniciales y el resultado es multiplicado por 100%.
- Consumo de alimento semanal y acumulado: se registró cuanto alimento era proporcionado por día, para luego establecer el consumo semanal de los pollos. Para el cálculo del consumo de alimento acumulado se dividió el consumo total de alimento semanal entre el número de ave por tratamiento.
- Peso vivo mínimo: se registró el peso de las aves por semana y luego se determinó cual fue el peso mínimo en cada caso.
- Peso vivo máximo: se registró el peso vivo máximo por grupo de ave.
- Peso vivo promedio: se obtuvo de la sumatoria del peso de todas las aves, en cada uno de los tratamientos, dividido entre el número de aves vivas por semana.
- Ganancia de peso semanal: se obtiene restando el peso promedio de la semana actual menos el peso promedio de la semana anterior.
- Conversión alimenticia: para obtener este dato se debe dividir el consumo de alimento acumulado entre el peso promedio por semana.

- Consumo de agua semanal: se llevó un control de la cantidad de agua proporcionada a las aves.

Además, se llevó un control de los factores ambientales de: temperatura mínima y máxima ambiental (°C), humedad relativa mínima y máxima del ambiente (%), velocidad del viento mínima y máxima (km/h) (Ver Anexo II).

### **3.9 Procedimiento para la recolección de datos**

Para llevar a cabo el presente estudio se midió si era posible reducirse el desperdicio de caparazón del camarón basado en el aumento de peso de los pollos, es decir, que fue posible incorporar la harina en la dieta de las aves y representaron una ganancia de peso adecuado hasta la etapa de destace.

Para poder medir las variables se hizo un registro de todos los factores involucrados en la crianza de las aves, para finalmente establecer los siguientes indicadores:

**Índice de consumo de alimento:** mide cuanto alimento consumen las aves en un determinado periodo de tiempo.

**Índice de aumento de peso:** para poder controlar este factor es necesario llevar un constante monitoreo del peso de las aves de preferencia semanalmente para lograr apreciar los incrementos en peso de las aves.

**Índice de mortalidad:** este indicador es uno de los más importantes, pues ayuda a medir las pérdidas en aves que se dan constantemente y de esta forma poder encontrar patrones o medidas correctivas.



El instrumento utilizado fue la lista de chequeo, en el cual semanalmente se hizo un registro de todos los datos de control en la crianza y engorde de los pollos. Esto se realizó de la misma forma tanto para la muestra de aves que solo tuvieron una dieta basa en concentrado comercial, como para los pollos que fueron alimentados con la mezcla de concentrado comercial y harina de caparazón de camarón.

Finalizado el experimento se procedió a comparar los resultados obtenidos y evaluar si hubo un mejor rendimiento en las muestras de pollos con harina de camarón.

Además, se llevó a cabo un análisis sensorial para determinar si la harina de camarón influía en el sabor de la carne de pollo. Para ellos se realizó la prueba de comparación pareada en el que se presentó a los panelistas muestras pareadas, con dos repeticiones y se solicitó establecer si el sabor de ambas muestras era diferente o igual.

Las muestras pareadas se codificaron de la siguiente manera:

M1A-M1B: donde M1A es pollo con el T3 y M1B es el pollo con T1.

M2A-M2B: donde M1A es pollo con T3 y M2B es el pollo con T2.

El objetivo del análisis sensorial era determinar si existe un sabor diferente o un sabor igual entre las muestras de carne, cuyas aves habían recibido un tratamiento con o sin harina. Además, se incluyó una pregunta extra para conocer si el panelista lograba percibir o no un sabor a camarón (Ver Anexo V).

### **3.10 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos**

Los resultados obtenidos en la investigación se sometieron a un análisis de varianza de diseño completamente al azar por bloques, para establecer que grupo de aves tuvo un mejor

crecimiento en función del tratamiento recibido. Para el análisis y comparación de los resultados obtenidos con cada uno de los tratamientos se utilizó un nivel de confianza de 95% (significancia del 5%). Los cálculos se desarrollaron en el paquete estadístico IBM SPSS.

Tomando como variables fijas: tipo de tratamiento y semana de crianza. Mientras que las variables dependientes analizadas fueron: el consumo de alimento semanal, peso vivo, ganancia de peso semanal

Para el análisis estadístico de la prueba sensorial se establecieron las siguientes hipótesis:

- a) Hipótesis nula ( $H_0$ ) = “No hay diferencia entre muestras” ( $M.A = M. B$ )
- b) Hipótesis alternativa ( $H_1$ ) = “Si hay diferencia entre muestras” ( $M.A \neq M.B$ )

Para el análisis estadístico de la prueba se realizó la prueba de Chi-cuadrado, con el paquete estadístico de IBM SPSS. Cuando el valor de significancia calculado es menor a 0.05 se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, mientras que si la significancia calculada es mayor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

## **Capítulo IV. Resultados**

### **4.1. Obtención de la harina a partir del caparazón de camarón**

Para la obtención de la harina a partir del caparazón de camarón se utilizó principalmente el exoesqueleto y una pequeña parte las cabezas de estos, la recolección del caparazón se realizaba una vez a la semana, obteniendo así 2 libras de exoesqueleto de camarón por semana. Luego de la recepción del exoesqueleto se procedía al lavado, escaldado, continuando con el pesado y al final se exponía al sol entre 1 y 2 días, hasta mantener un peso constante hasta alcanzar la mínima actividad de agua presente. Para poder obtener 1 libra de harina de cola de

camarón se requieren 4.44 libras de caparazón. En la presente investigación fueron procesados un total de 20 libras de caparazón, la cual una vez estaba desecada y molida se almacenó en recipientes herméticos para evitar que absorbiera humedad.

En el proceso de secado influyen distintos factores ambientales, tal como es la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento. Los factores ambientales son claves, si estos no son adecuados los tiempos de secado se alargan, así como sucedió en el presente experimento donde se contó con días nublados y el proceso de obtención de la harina era más lento. Para poder verificar que el exoesqueleto estaba listo, bastaba con manipular una pequeña parte, y esta se descascaraba de manera fácil.

Una de las principales características que predominaron en la harina, fue el característico olor a camarón y el color naranja, que se mantuvo a pesar de los tratamientos de escaldado, secado al sol y de la molienda.

Durante cada una de las etapas se garantizaron los siguientes aspectos:

- Recepción de la materia prima: se seleccionó caparazón de camarón que no presentaran manchas y se llevó a cabo una evaluación sensorial para descartar producto en descomposición o de baja calidad.
- Almacenamiento de la materia prima: utilización de recipientes limpios e identificados para el subproducto.
- Fases del procesamiento (lavado a molido): control del ambiente, es decir protección del producto de la contaminación cruzada donde el producto que ya era lavado y escaldado o de etapas posteriores, no se colocara en los recipientes donde se manejaba el producto fresco sin procesar; asegurar la higiene de los encargados

de elaborar la harina; todos los instrumentos y utensilios utilizados en el proceso debían ser limpios, para así garantizar la inocuidad.

El manejo del subproducto se hizo de forma responsable y cumpliendo con los requisitos del FSPCA para que el alimento utilizado en la dieta de los pollos fueran seguro y apto para su utilización. Por tanto, representara en el análisis microbiológico la ausencia de microorganismos patógenos.

#### **4.1.1. Comparación con otros autores**

Perlera (2017) en su trabajo de investigación, elaboro una harina, haciendo uso de manera integral los subproductos del camarón tal como la cabeza, exoesqueleto y también el musculo del camarón, que luego fueron sometidas a un análisis microbiológico, obteniendo así datos favorables sin presencia de microorganismo patógenos, tal es el caso de la harina que se elaboró a partir del exoesqueleto de camarón en esta investigación. La cual presento, al igual que el trabajo de investigación de Perlera ausencia de microorganismos tales como: *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes* (Ver anexo VI).

Se recolecto una muestra de 1 lb de harina de cola de camarón para ser llevado a CENTA, donde se efectuó el correspondiente análisis microbiológico y obteniendo como resultado ausencia de *Salmonella sp.*, y *Escherichia coli*.

Corroborando así, que se puede fabricar una harina a partir de los subproductos del camarón ya sea de la cabeza, exoesqueleto o el propio musculo, para luego ser utilizada como alimento para las aves de corral. Siempre y cuando se da el cumplimiento de las buenas prácticas de higiene y manufactura, garantizando que el producto es inocuo y seguro para ser proporcionado a los animales. Además de cumplir con la seguridad alimentaria, ya que un

alimento de calidad proporcionado a los pollos conlleva a la producción de carne de calidad, inocuo y óptimo para el consumo humano.

Una de las principales limitantes que se presentó en este trabajo de investigación para la elaboración de la harina fue la variación de temperatura durante el proceso de secado, lo cual alargaba el secado del exoesqueleto por más tiempo del esperado. Para futuras investigaciones o el seguimiento del mismo tema es recomendable contar con un control óptimo de temperatura y tiempo de secado.

## **4.2. Determinación del valor nutricional de la harina de cola de camarón.**

### **4.2.1. Recolección de muestra**

Para llevar a cabo el análisis bromatológico de la harina, el cual fue realizado en CENTA, el primer punto importante fue la recolección de una muestra de la harina elaborada; proceso que se realizó de la manera más estéril posible, con todos los instrumentos de recolección (espátula) de acero y desinfectada con alcohol. Se tomo una pequeña parte de harina de varios puntos hasta lograr recolectar 1 lb de muestra por cada una de las concentraciones a analizar (es lo que la institución solicita), la libra de harina fue transportada y entregada en una bolsa ziploc limpia y nueva. Una vez en CENTA el análisis bromatológico solicitado fue un análisis completo el cual va desde humedad hasta cenizas.

### **4.2.2. Resultados de análisis bromatológico a harina de camarón**

**Tabla 10. Análisis garantizado**

<b>Humedad</b>	<b>9.16</b>	<b>% máximo</b>
<b>Proteína</b>	<b>34.60</b>	<b>% mínimo</b>

<b>Grasa</b>	0.84	% mínimo
<b>Fibra</b>	20.96	% máximo
<b>Cenizas</b>	35.00	% máximo
<b>Calcio</b>	15.17 - 16.70	% mínimo/máximo
<b>Fósforo</b>	2.52	% mínimo

Elaborado a partir del resultado del análisis bromatológico, basado en el RTCA 65.05.52:11

El RTCA 65.05.52:11 establece que en el análisis garantizado se detalla la energía metabolizable. Pero en el presente trabajo de investigación no se midieron las pérdidas de energía en las heces de las aves o la pérdida de energía contenida en los gases y por tanto no fue posible el cálculo de la energía bruta utilizada por las aves.

Los resultados obtenidos en el análisis muestran altos contenidos en proteína teniendo valores de 34.60 g/100g de muestra y 38.09g/100g de muestra en base húmeda y base seca respectivamente, de igual manera se obtuvo una cantidad considerable de carbohidratos (23.61 g/100g de muestra en base húmeda y 25.99 g/100g de muestra en base seca), fibra (19.04 g/100g de muestra en base húmeda y 20.96g/100g de muestra en base seca). Además, se observa una cantidad notoria de micronutrientes como es el caso del fósforo y calcio teniendo cantidades de 2.52g/100g de muestra en base húmeda y 2.77g/100g de muestra en base seca, 15.17g/100g de muestra en base húmeda y 16.70 g/ 100g de muestra en base seca respectivamente. Otro resultado importante de mencionar es la cantidad abundante de cenizas que la muestra presentó (31.97 g /100g de muestra en base húmeda y 35.00 g/100g de muestra) con lo cual queda evidenciado lo presencia de abundantes macrominerales. Con dichos resultados del análisis puede percibirse que la harina del exoesqueleto del camarón es rica en nutrientes esenciales para las aves.

En comparación con los resultados de otras investigaciones como es el caso de Santos (2020) en su investigación titulada “Efecto de la harina de cefalotórax de camarón sobre el factor de conversión alimenticia en pollos broiler cobb-500 en etapa inicial” se puede observar que los niveles de proteínas, fibra, carbohidratos y cenizas son más bajos en los tres tratamientos analizados que los obtenidos en la presente investigación. Pero sin embargo los pollos sometidos a dichos tratamientos obtuvieron resultados favorables en cuanto a peso y tamaño.

### **4.2.3. La importancia de una dieta de calidad en las aves para la nutrición humana.**

La utilización del subproducto de camarón para la alimentación de los pollos puede hacer una gran diferencia para la nutrición del ser humano. La forma en que el ave es alimentado influye en la calidad de la carne obtenida. De acuerdo con la FAO (2013) el aporte nutricional proveniente de las aves de corral puede aumentar más fácilmente que en otro tipo de ganado. Si se proporciona alimentos de calidad a los pollos durante su crianza, la carne puede tener un incremento significativo de su valor nutricional garantizando de esta forma la seguridad alimentaria de las personas. Es decir, alimentos que en cantidad y en calidad sean adecuados para su consumo y que puedan ser aprovechados biológicamente.

La harina de camarón aporta un alto porcentaje de proteína, la cual es de alta calidad. En el estudio realizado por Salas, Chacón, Zamora (2015) demostraron que la harina del exoesqueleto del camarón tiene valores significativos de aminoácidos esenciales, como Fenilalanina, Leucina, Isoleucina, arginina. Tener en cuenta la calidad proteica que se le proporciona a las aves juegan un papel fundamental para el correcto desarrollo de los animales.

Por su parte, el contenido de fibra en el caparazón de camarón es bastante elevado (20.96%). La fibra ayuda a la digestibilidad en las aves, pero un alto porcentaje se cree que provoca sensación de saciedad en los pollos provocando una disminución del consumo del pienso. Sin embargo, en este estudio a concentraciones del 5% y 10% en el uso de la harina de camarón no representaron ningún problema. Al contrario, el consumo semanal de alimento fue en constante aumento, provocando la ganancia de peso en las aves con marcada diferencia respecto a los resultados obtenidos en las aves alimentados de forma tradicional (sin harina).

Es decir, no solamente existe un beneficio en relación con la producción de carne al incluir harina de caparazón en la dieta. Si no también, el alto aporte de nutrientes a las aves permite que la carne obtenida de ellas sea de mejor calidad. El uso del subproducto de camarón es un recurso viable ya que puede beneficiar tres ámbitos:

Mejorar la calidad de la carne de pollo.

Obtención de carne con un mayor valor nutricional: el cual las aves pueden sintetizar y aprovechar biológicamente para su crecimiento, pero que al mismo tiempo estén disponibles en la carne para el consumo humano y que puedan mejorar la calidad del alimento.

El tercero y más importante, abarcado en el presente trabajo de investigación, la posibilidad de reutilizar el subproducto para reducir el impacto ambiente negativo producto del mal manejo de la disposición final del subproducto.

### **4.3 Comparación de resultados obtenidos con T1 (5%), T2 (10%) y T3 (Control).**

El experimento tuvo una duración de 4 semanas, la crianza de los pollos fue desde la edad de 15 a 42 días. Sin importar el tipo de tratamiento, el desarrollo de los pollos fue óptima en el



período establecido. La harina de camarón fue proporcionada a las aves desde el primer día del experimento (edad de 15 días). Uno de los aspectos contemplados era el posible rechazo del alimento, ya que sus primeros quince días tuvieron una dieta tradicional. Sin embargo, no hubo una respuesta negativa hacia la nueva fórmula de alimento y siendo posible su utilización para el cumplimiento del estudio. Los pollos consumían casi en su totalidad el alimento proporcionado, el desperdicio fue mínimo.

Semanalmente se registró el peso vivo, consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia para poder determinar si la incorporación de la harina de camarón producía una diferencia significativa en el crecimiento y desarrollo de los ejemplares contrastando los resultados con una dieta tradicional (empleando únicamente concentrado comercial “La Espiga”).

Para establecer si el tipo de tratamiento empleado tiene resultados iguales o diferente, se realizó el análisis estadístico ANOVA Diseño por bloques completamente al azar con el programa IBM SPSS. Para obtener una información más específica acerca de las diferencias entre las medias de los tratamientos aplicados, se empleó el método de comparaciones múltiples de Tukey. El nivel de significancia es de 5% a un nivel de confianza del 95%. Donde se plantean las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula:  $H_0$ : las medias de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa:  $H_1$ = al menos alguna de las medias es distinta.

#### **4.3.1 Consumo de alimento promedio por ave**

Se estima que desde el día 15 al 42, cada uno de los pollos de los tres distintos tratamientos consumieron un promedio de 7.2967 libras. El análisis de los resultados obtenidos

para esta variable, indican que existe al menos una diferencia significativa, ya que sig. < 0.05 (nivel de significancia 5%).

**Tabla 11. Prueba Anova: Consumo promedio de alimento (lb/ave)**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	8,440 <sup>a</sup>	5	1,688	83,241	,000
Intersección	45,175	1	45,175	2227,598	,000
Tratamiento	,305	2	,152	7,513	,023
Semana	8,136	3	2,712	133,727	,000
Error	,122	6	,020		
Total	53,737	12			
Total corregido	8,562	11			

a. R al cuadrado = ,986 (R al cuadrado ajustada = ,974)

Elaborado a partir de los datos recolectados en el experimento.

Para el caso del consumo por semana es evidente la diferencia que existe (sig.: 0.000 < 0.005), a medida que el ave crece requiere de más alimento y por esta razón es que se muestra una variabilidad.

El resumen de los datos recolectados muestra que en la semana 4 las aves tuvieron un consumo menor a la semana 3 pero esta reducción se debe al período establecido para el experimento, en la semana final esta únicamente conformada por 4 días e influyendo en un consumo de alimento menor. Siendo esta la razón de la existencia de una diferencia en el análisis estadístico (Ver anexo II).

De acuerdo con los resultados del análisis ANOVA hay una diferencia significativa del consumo de alimento en función del tratamiento aplicado. Esto se puede observar de forma específica por el método de comparación de Tukey.

**Tabla 12. Método Tukey: Consumo de alimento**

**Consumo de alimento promedio (lb/ave)**

HSD Tukey

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T3: control	4	1,773150	
T1: 5%	4	1,892850	1,892850
T2: 10%	4		2,154750
Sig.		,501	,090

Elaborado a partir de datos recolectados en el experimento

La comparación múltiple de medias establece que para el T3 y T1 el consumo de alimento promedio son iguales, no existe una variación en el resultado. Para el caso del T1 comparado con el T2 forman parte de un mismo subconjunto, lo que señala que tampoco existe una diferencia en estos tratamientos. Sin embargo, el T3 y T2 se agrupan en un subconjunto diferente; esto señala que se obtiene un mayor rendimiento con el T2 o que el consumo de las aves fue mayor cuando se incorporó la harina en un 10%.

Por tanto, con los análisis efectuados se determina que la incorporación de la harina en la dieta de los pollos no altera el consumo diario. De acuerdo con Zamora (2013) en su investigación donde utilizó harina de camarón para alimentar aves ponedoras hasta una proporción del 15%, determinó que su utilización no afecta en la crianza de las aves y que

mantiene un consumo normal. Lo cual respalda los datos encontrados con el experimento realizado.

### 4.3.2 Peso vivo

Con los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa (sig.:  $0.000 < 0.005$ ).

**Tabla 13. Prueba Anova: Peso vivo**

**Variable dependiente: Peso vivo (lb)**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Modelo</b>	197,036 <sup>a</sup>	5	39,407	160,285	,000
<b>Modelo corregido</b>					
<b>Intersección</b>	666,733	1	666,733	2711,879	,000
<b>Tratamiento</b>	44,667	2	22,333	90,839	,000
<b>Semana</b>	156,048	3	52,016	211,571	,000
<b>Error</b>	17,210	70	,246		
<b>Total</b>	873,925	76			
<b>Total corregido</b>	214,246	75			

a. R al cuadrado = ,920 (R al cuadrado ajustada = ,914)

Elaborado a partir de los datos recolectados en el experimento.

Existe una diferencia significativa en el peso vivo de las aves en el cual se tiene un aumento por semana y reforzando con este resultado que la harina de camarón no retrasa el crecimiento y engorde de los pollos.

Con relación a los tipos de tratamientos utilizados también se presenta una diferencia significativa entre las medias, las cuales se pueden observar de forma más específica con el método de Tukey.

**Tabla 14. Método Tukey: Peso vivo**

**Peso vivo (lb)**

**HSD Tukey**

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
<b>T3: control</b>	24	1,872667	
<b>T1: 5%</b>	27		3,341470
<b>T2: 10%</b>	25		3,549846
<b>Sig.</b>		1,000	,300

Elaborado a partir de datos recolectados en el experimento.

La dieta de los pollos basados en el T1 y T2 se agrupan dentro de un mismo subconjunto, esto se interpreta en que el uso de harina en un porcentaje del 5% y 10% no tienen una diferencia notable en sus resultados, ambos son tratamientos con un buen rendimiento para la alimentación de los pollos obteniendo pesos de hasta 2.5412 Kg con T1 y 2.7427 Kg con T2. La única diferencia significativa existente es para el T3 el cual tuvo una media baja en comparación a los otros dos tratamientos, con el cual el peso máximo obtenido fue de 2.0412 Kg (Ver Anexo II).

Calero (2017) en su trabajo de investigación en donde evaluó diferentes niveles de harina de cabeza de camarón en la alimentación de conejos, determino que existía una diferencia con relación a los pesos finales obtenidos, registrando un mejor peso en la utilización del 12% de harina, concluyendo que la harina de camarón es una fuente importante de proteína y otros

nutrientes que benefician al desarrollo de los animales. Esto logra justificar el incremento de peso existente entre las 14 aves perteneciente al grupo con T1 y T2 (7 pollos por grupo).

Para futuras investigaciones dedicadas al rubro de alimentos o agricultura se recomienda trabajar con proporciones de harina más elevados, permitirá observar una mejor diferencia de pesos utilizando rangos de porcentajes más amplios. Ya que al emplear entre 5% y 10% las medias no son tan diferentes y no se visualiza completamente el impacto que pueda tener la incorporación del caparazón, por tanto, si se emplean porcentajes más diferenciados se podría establecer si estos conllevan a una ventaja productiva.

### 4.3.3 Ganancia de peso

Las medias obtenidas para la variable de ganancia de peso semanal determinan que no existe una diferencia significativa, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ).

**Tabla 15. Prueba Anova: Ganancia de peso**

**Variable dependiente: Ganancia de peso semanal (lb)**

<b>Origen</b>	<b>Tipo III de suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Modelo</b>	2,309 <sup>a</sup>	5	,462	2,183	,185
<b>Intersección</b>	13,829	1	13,829	65,373	,000
<b>Tratamiento</b>	,357	2	,179	,845	,475
<b>Semana</b>	1,952	3	,651	3,075	,112
<b>Error</b>	1,269	6	,212		
<b>Total</b>	17,408	12			
<b>Total corregido</b>	3,578	11			

a. R al cuadrado = ,645 (R al cuadrado ajustada = ,350)

---

Elaborado a partir de datos recolectados en el experimento.

La significancia estadística para los tratamientos fue de  $0.475 > 0,005$ , los tratamientos mostraron un comportamiento similar. Los resultados obtenidos se contrastan con el estudio llevado a cabo por Castro (2014) en el que se evaluó el comportamiento del pollo broiler alimentado con harina de camarón el cual a lo largo de las 6 semanas de duración del experimento no hubo una variación en la ganancia de pesos de las aves, siendo así que los tratamientos no alteran el apetito de los pollos y estos se mantienen consumiendo con normalidad el alimento proporcionado.

**Tabla 16. Método Tukey: Ganancia de peso**

**Ganancia de peso semanal (lb)**

**HSD Tukey**

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto</b>
		<b>1</b>
<b>T3: control</b>	4	,835450
<b>T1: 5%</b>	4	1,145975
<b>T2: 10%</b>	4	1,239150
<b>Sig.</b>		,474

---

Elaborado a partir de datos recolectados en el experimento.

El método Tukey determina subconjuntos homogéneos, al igual que se indica con el análisis ANOVA. Además, se puede observar de forma específica que el T2 obtuvo un mejor resultado en comparación al T1 y T3.

#### **4.3.4 Conversión Alimenticia**

En el análisis de esta variable se establece que no existe una diferencia significativa entre los tipos de tratamientos aplicados ( $\text{sig.} = 0.382 > 0.05$ ), se acepta la  $H_0$  y se rechaza la  $H_1$ .

**Tabla 17. Prueba Anova: Conversión Alimenticia**

Variable dependiente: Conversión Alimenticia

<b>Origen</b>	<b>Tipo III de suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Modelo</b>	,751 <sup>a</sup>	5	,150	3,548	,077
<b>Modelo corregido</b>					
<b>Intersección</b>	17,304	1	17,304	408,837	,000
<b>Tratamiento</b>	,096	2	,048	1,135	,382
<b>Error</b>	,254	6	,042		
<b>Total</b>	18,309	12			
<b>Total corregido</b>	1,005	11			

a. R al cuadrado = ,747 (R al cuadrado ajustada = ,537)

Elaborado a partir de datos recolectados en el experimento.

Los resultados obtenidos reflejan que con el T3 (control) los pollos obtuvieron una conversión alimenticia más elevada de 1.78 en la semana 4, mientras que en el T1 fue de 1.33 y para el T2 fue de 1.40 (Ver Anexo II). Esto es reflejado por el método de Tukey, que detalla con media mayor el tratamiento control.

**Tabla 18. Método Tukey: Conversión Alimenticia**

**Conversión Alimenticia**

**HSD Tukey**

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto</b>
		<b>1</b>
<b>T1: 5%</b>	4	1,1175



<b>T2: 10%</b>	4	1,1600
<b>T3: control</b>	4	1,3250
<b>Sig.</b>		,387

---

Elaborado con datos recolectados en el experimento.

Sin embargo, los niveles de conversión alimenticia (C.A) obtenido con la harina de camarón se encuentran dentro de los rangos medidos en otras investigaciones como en el caso de Castro (2014) donde el promedio fue de 0.848 en la semana 1 y de 1.498 en la semana 4. Siendo visible el buen manejo de la camada de aves a lo largo del experimento realizado en el presente estudio y que puede obtenerse hasta 1.5 de C.A con la harina de camarón hasta la edad de 42 días.

Uno de los factores que pudieron influir a una conversión alimenticia y la ganancia de pesos es la temperatura en la que se encuentran los animales, a lo largo de las 4 semanas de crianza de los pollos se alcanzaron temperaturas de hasta 34° C y esto puede influir mucho en el rendimiento productivo.

Se considera que una conversión alimenticia (C.A) bajo es mejor comparado a un C.A muy elevado, ya que quiere decir que el animal requiere de menor cantidad de alimento para ganar 1 kg de peso vivo.

Siendo de esta manera, los resultados con harina de caparazón los más convenientes y con mayor ventaja para la crianza de aves, la cual puede ser implementado por los productores locales ya que es más eficiente y permitiría reducir los costos que conlleva alimentar a las aves.

#### **4.3.5 Mortalidad**

En la semana 2 del experimento se registró la muerte de un ave, perteneciente al grupo del T2 (10%). Esta no fue por presencia de enfermedades, si no de un percance dentro de la jaula en el

que una de las tablas no estaba colocada de forma correcta. La inseguridad que producía lo que dividía el grupo del T1 con el grupo del T2, conllevó a obtener una tercera jaula. Lo cual permitió un manejo más fácil de las tres camadas y garantizando de esta forma el bienestar animal. La higiene y el control mantenido a lo largo de la investigación permitió no tener una mortalidad alta o problemas en la salud de los pollos.

Con las variables analizadas se logró dar cumplimiento al objetivo planteado de este trabajo de investigación. Si es posible incorporar harina de caparazón en la dieta de los pollos de engorde. Los pesos obtenidos rondan los 2.5 kg recomendados en programas con duración de 42 días de engorde. Incluso en la comparación realizada con la alimentación tradicional, la harina elaborada influye en un mejor desarrollo de las aves y es una opción recomendable para la reutilización del subproducto del camarón y de esta forma reducir su desperdicio.

Los campos dedicados a la investigación de mercados, economía o negocios podrían llevar a cabo futuros estudios que midan las oportunidades que representan la harina de caparazón para ser comercializada. Además, evaluar si este proyecto es rentable para una empresa dedicada a la venta de productos marinos y que representaría la incorporación de la transformación del subproducto en un recurso, en su cadena productiva.

El presente estudio tuvo como limitante la cantidad de caparazón recolectada, al trabajar con una microempresa dedicada a la venta de caparazón los volúmenes no eran tan grandes y esto causó que únicamente se pudieran evaluar dos tratamientos de harina con los pollos. Como se mencionaba anteriormente se puede desarrollar una investigación que aplique más tratamientos y una población de pollos más grande para cuantificar de mejor forma los resultados obtenidos e incluso podría ser evaluado su uso en la dieta de otros animales.

#### 4.4 Análisis sensorial

Las aves fueron sacrificadas con 42 días de edad, se utilizó una muestra de 3 aves para el desarrollo del análisis (un ave por tratamiento efectuado). El análisis sensorial se realizó en tres grupos diferentes, uno de 9 panelistas y dos grupos de 8 personas, para un total de población de 25 panelistas.

Para el sacrificio de los pollos se dejó de proporcionar alimento por 8 horas y únicamente se les brindó agua, esto para evitar que no haya alimento acumulado en el aparato digestivo y que pudiera causar una contaminación durante el proceso. El sacrificio consistió en la inmovilización del ave en sus patas con un lazo y que este facilita el colgado del pollo para realizar el sangrado, con un corte en el cuello. Una vez realizado estas etapas se procede al escaldado para efectuar el desplumado, luego la etapa de eviscerado y lavado de la canal.



Figura 13. Sacrificio de las aves.  
Etapas de sangrado, escaldado y desplumado de los pollos.  
Fuente: Fotografías tomadas por el grupo de trabajo.

Una de las características observadas en la carne de los pollos tratados con harina de caparazón, es que presentaban una ligera coloración rojiza. Pero este color era más intenso en el ave viva, principalmente notorio en la parte trasera.

Salas, Chacon y Zamaro (2016) comprobaron que al incorporar la harina de camarón entre 5% al 15% en gallinas ponedoras el color de la yema de huevo adquirió tonalidades naranja-rojizo. En su estudio se concluyó que esto se debía a la astaxantina presente en el cefalotórax del camarón y sus resultados fueron comparados con el estudio de otro autor (Chavarría, 1993) quien estableció que una dieta con el 10% de harina de camarón presentan una coloración con tonalidad naranja.



Figura 14. Piel rojiza de aves.  
Pollos alimentados con harina de caparazón.  
Fuente: Fotografía tomada por el grupo de trabajo.

La astaxantina es un carotenoide presente en el exoesqueleto del camarón utilizado por la industria como colorante (Ver Capítulo II). La pigmentación de la carne se debe entonces, a la presencia de este pigmento natural en la harina elaborada en el presente estudio. Se recomienda que futuras investigaciones a través de métodos instrumentales establezcan la diferencia en el pigmento de la carne de pollo alimentados con harina, usando espectrofotómetros o colorímetros para el análisis de las muestras.



Figura 15. Color de la carne.  
De izquierda a derecha: T3 (control), T2 (10%).  
Fuente: Fotografía tomada por el grupo de trabajo.



Figura 16. Canal de las aves.  
De izquierda a derecha: T3 (control), T1 (5%), T2 (10%).  
Fuente: Fotografía tomada por el grupo de

Se llevo a cabo la prueba de comparación pareada, donde se planteó la siguiente interrogante:

¿Considera que ambas muestras tienen un sabor igual o tienen un sabor diferente? La prueba

tuvo dos repeticiones, en donde se presentaron muestras pareadas (M1A = sin harina y M1B=

harina 5%; M2A = sin harina y M2B= harina 10%).

**Tabla 19. Tabla Cruzada**

			¿Considera que el sabor de ambas muestras es diferente o es igual?		Total
			Diferente	Igual	
Muestras de carne de pollo	M1A-M1B	Recuento	10	15	25
		Recuento esperado	15,0	10,0	25,0
		% dentro de ¿Considera que el sabor de ambas muestras es diferente o es igual?	33,3%	75,0%	50,0%
	M2A-M2B	Recuento	20	5	25
		Recuento esperado	15,0	10,0	25,0
		% dentro de ¿Considera que el sabor de ambas	66,7%	25,0%	50,0%

		muestras es diferente o es igual?			
<b>Total</b>	Recuento		30	20	50
	Recuento esperado		30,0	20,0	50,0
	% dentro de ¿Considera que el sabor de ambas muestras es diferente o es igual?		100,0%	100,0%	100,0%

Elaborado a partir de los datos obtenidos en el análisis sensorial.

En el anterior cuadro resumen se determina que 30 personas consideran que el sabor de las muestras es diferente (recuento de las dos muestras pareadas) y 20 personas consideran que el sabor de las muestras presentadas es igual.

**Tabla 20. Prueba de Chi-cuadrado**

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
<b>Chi-cuadrado de Pearson</b>	8,333 <sup>a</sup>	1	,004		
<b>Corrección de continuidad<sup>b</sup></b>	6,750	1	,009		
<b>Razón de verosimilitud</b>	8,630	1	,003		
<b>Prueba exacta de Fisher</b>				,009	,004
<b>Asociación lineal por lineal</b>	8,167	1	,004		
<b>N de casos válidos</b>	50				

a. 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 10,00.

b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

Elaborado a partir de datos obtenidos en el análisis sensorial.

El nivel de significación es de 0.004 ( $p < 0.005$ ) con lo que se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , la cual establece que existe una diferencia significativa entre las muestras. Los resultados

reflejan que, entre las muestras pareadas, la que presenta mayor diferencia en el sabor son las M2A y M2B (carne de pollo alimentado con el 10% de harina de camarón).

Por su parte, la carne de pollo alimentado con un 5% no presente una diferencia de sabor en comparación a la carne de pollo alimentado de forma tradicional.

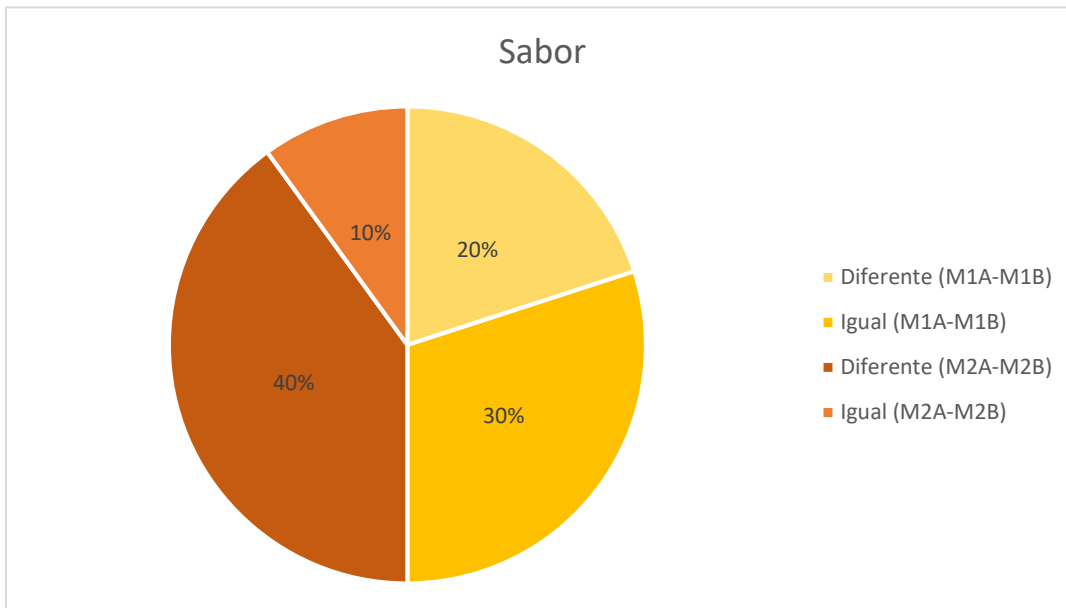


Figura 16. Resultados del análisis sensorial  
La diferencia fue más notable en las muestras M2A-M2B  
Fuente: Elaborado a partir de datos recolectados en el análisis sensorial.

En el gráfico se reflejan las observaciones realizadas por los panelistas, donde se establece que para las muestras M1A (sin harina) y M1B (harina 5%) el sabor de las carnes es igual, con un porcentaje de respuesta del 30% presentado en la gráfica, que corresponde a 15 personas de 25 jueces. El 10% de los panelistas respondieron que las muestras tenían un sabor diferente, lo que es un total de 10 personas. Mientras que para las muestras pareadas M2A (sin harina) y M2B (harina 10%) el 80%, es decir 20 personas, opino que si tenían un sabor diferente. Mientras que 5 personas, representado con 10% en la gráfica consideran que tenía un sabor igual.

Algunos de los comentarios realizados por los panelistas es que la M2B tenía más sabor que el resto, uno de los panelistas menciono que incluso sentía más “salado”, considerando que

ninguna las muestras se le añadió sal con la intención de que fueran lo más natural posible para llevar a cabo el análisis sensorial.

Se concluye que con un porcentaje más elevado de harina más altera el sabor del pollo, pero en un aspecto positivo ya que hubo aceptabilidad del producto por parte de jueces. Además, se les pregunto a los participantes si alguna de las muestras presentaba sabor a camarón, los 25 panelistas respondieron que no. Se concluye que la harina de caparazón no altera el sabor de la carne.



Figura 17. Análisis sensorial.  
Jueces desarrollando la prueba de comparación pareada.  
Fuente: Fotografía tomada por el grupo de trabajo.



## Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

El objetivo principal de la investigación era comprobar que el caparazón de la cola de camarón podría ser incorporado en la alimentación de las aves de corral lo cual fue posible al transformar, el mal considerado residuo, en un producto valor. Los pollos no rechazaron el alimento proporcionado y lograron pesos finales, que en algunos casos superaron los 2.5 kg. Probando de esta forma que, si contribuye al engorde de las aves y además puede ser una opción para reducir el desperdicio, el cual genera un impacto ambiental negativo ya que estos llegan a los mares, ríos o vías públicas generando contaminación. Con su reutilización puede ser una opción viable para contribuir a reducir los efectos producidos por la mal disposición final de residuos orgánicos.

Debido a que el caparazón de camarón es un residuo que generalmente se desperdicia y esto genera un foco de contaminación en ríos, mares, entre otros, provoca un impacto al medio ambiente negativo. Es por lo que gracias a este trabajo de investigación fue posible recolectar caparazón de cola de camarón para deshidratarla y así obtener la harina para poder incorporarla a la dieta de los pollos de engorde.

Nutricionalmente hablando, se pudo determinar que la harina obtenida del exoesqueleto del camarón resulto poseer características deseadas y beneficiosas para un acelerado desarrollo de las aves. Al poseer altos niveles de proteína esto beneficio a las aves en la creación de musculatura (carne) y aumento de tamaño, los valores altos en fibra las ayudaron a una mejor digestión, y si la digestión es buena la absorción de nutrientes de igual manera será buena, la alta presencia de minerales en la alimentación de las aves contribuyo a que estas pudieran desarrollar

un sistema óseo saludable, en cuanto a los niveles bajos de lípidos, los cuales son una fuente fundamental como reservas de energías estos se ven compensados por los altos niveles de carbohidratos.

Esto además justifica que el subproducto es un valioso recurso con alto valor nutricional que además de beneficiar el desarrollo de las aves, permite cumplir con la seguridad alimentaria proporcionando al ser humano una carne de pollo de calidad y con un importante aporte de nutrientes, el rol del Ingeniero en Alimentos es asegurar alimentos para todos, nutritivos y seguros. El pollo es una proteína de mayor consumo en el mundo por su precio accesible, en comparación a otras carnes, es importante mejorar la dieta de los pollos para garantizar una carne con proteína de calidad, es decir con la presencia de aminoácidos esenciales, además de la disponibilidad de otros nutrientes como vitaminas y minerales que puedan ser aprovechados por el cuerpo humano.

Por su parte, para el desarrollo de los pollos de engorde en 42 días permite la obtención de un peso de 2.5 kg por ave de acuerdo con los documentos técnicos HUBBARD. De acuerdo con los resultados obtenidos en el experimento de la presente investigación se concluye que el incorporar harina de camarón en la dieta de los pollos no afecta el cumplimiento de este parámetro. Ya que con el tratamiento del 5% se obtuvo un peso promedio final de 2.35 kg y en el caso del tratamiento con un 10% de harina, se obtuvo un peso promedio final de 2.55 kg. Para evaluar que el aprovechamiento del subproducto de cola de camarón es efectivo se midieron distintas variables, siendo las más importante para el cumplimiento del objetivo de este estudio: la ganancia de peso, otra de las variables medidas fue la conversión alimenticia. Los resultados obtenidos permiten justificar que el caparazón de camarón beneficia la ganancia de peso e incluso se logró un mejor crecimiento y desarrollo de los pollos en comparación a la

alimentación tradicional (T3) en el que se obtuvo un peso promedio final de 1.73 Kg. Un aspecto importante que resaltar es que la conversión alimenticia de los grupos con T1 (5%) y T2 (10%), fue de 1.33 kg y 1.40 kg respectivamente, lo cual significa que el ave requiere de menos cantidad de alimento para producir 1 kg de carne y puede brindar una oportunidad a productores para reducir el costo en la crianza de los animales.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que para futuras investigaciones para la elaboración de harina se utilicen deshidratadores para alimentos, para poder llevar un control óptimo de temperatura y tiempo en el proceso de secado, así mismo controlar y evitar cualquier contaminación que pueda resultar por insectos o roedores. Y si se procede con el secado al sol, es importante llevar un control de peso permanente hasta llegar a un peso constante y así obtener la menor cantidad de agua presente. De igual manera se recomienda que si se pretende llevar a una escala industrial dicho procesamiento de subproductos de este rubro, probar con diferentes especies como por ejemplo el camarón blanco por ser el más utilizado en el mercado.
- Se recomienda que en futuras investigaciones en industrias avícolas la incorporación de la harina de camarón sea a una edad más temprana en las aves, como por ejemplo los primeros días de vida o como un iniciador de la alimentación ya que esa etapa es fundamental para las aves de corral para un correcto desarrollo de tamaño y peso. Pudiendo existir la posibilidad que el tiempo de crianza disminuya no solo en días sino en semanas antes del sacrificio de las aves.
- Se recomienda incorporar el estudio planteado para hacer posible la reutilización de caparazón de camarón dentro de una empresa dedicada a la transformación y comercialización de productos marinos, al tener grandes volúmenes de residuos estos pueden

ser aprovechados, darles un valor agregado y emplearlo dentro de la cadena productiva.

Futuras investigaciones dedicadas al rubro de alimentos, agricultura, biotecnología o relacionados pueden optar por trabajar de mano de una empresa y elevar los porcentajes harina de camarón en la dieta de los animales, observar el comportamiento de estos y demostrar si una proporcionar mayor al 10% conlleva a un mejor rendimiento productivo.

- Futuras investigación del área de estudio de negocios, economía y relacionados, pueden realizar un plan de negocio para conocer las oportunidades que la harina del subproducto del camarón y conocer si es un proyecto rentable o no.
- Ingenieros en Alimentos que realicen investigaciones futuras, podrían evaluar la calidad de la carne, de aves criadas utilizando harina de camarón y establecer el valor nutricional comparándolo con la carne de pollo, criados tradicionalmente.
- Se recomienda a investigadores del área de agricultura y ganadería o rubros similares, desarrollar un estudio que incluya subproductos generados de los pollos de engorde como plumas y sangre, además de realizar mediciones de heces y gases obtenidos en la crianza de las aves para conocer la energía metabolizable generada por la incorporación de harina de camarón en la dieta de las aves.
- Se recomienda que futuras investigación de Ingeniería en Alimentos o áreas relacionadas, realicen un estudio acerca de la posible presencia de alérgenos en la carne de pollo por la utilización de camarón en la dieta de las aves.

## Referencias bibliográficas

- ASOCIACIÓN DE AVICULTORES DE EL SALVADOR. ©2021. AVES de El Salvador. [Fecha de consulta: 12 marzo 2021]. Disponible en: <https://aves.com.sv/datos-estadisticos/>
- ANDERSON, James, VALDERRAMA, Diego, JORY y JORY, Darryl. 2019. GOAL: Revisión de la producción mundial de camarones. En: *Global Aquaculture Alliance*, [En línea]. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/goal-2019-revision-de-la-produccion-mundial-de-camarones/>
- BARRIGA GAIBOR, Karla Massiel. 2016. *Obtención de glucosamina por hidrólisis ácida a partir de quitina derivada de la cáscara de camarón*. [En línea] [Tesis de Ingeniería Química inédita]. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. [Fecha de consulta: 26 febrero 2021]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6885/1/T-UCE-0017-0022-2016.pdf>
- BUSTAMANTE MELO, Jesús, CHALAPUD NARVAEZ, Eduardo David, QUIÑONES ZAMBRANO, Ramiro Arturo, SALVEDO JURADO, Mario Andrés. 2018. *Ensayo in vivo de un concentrado para peces, elaborado con harina de Matarratón (Gliricidia Sepium) y cascara de camarón en la etapa de engorde de peces comerciales: Tilapia Roja (Oreochromis mossambicus), Sábalo (Prochilodus nigricans) y Cachama negra (Colossoma macropomum)*. *Revista SENNOVA*. [En línea]. Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación, 3 (1), 9-22. [Fecha de consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.23850/23899573.666>
- CALERO VÁSCONEZ, Dalembert Arquímedes. 2017. *Evaluación de diferentes niveles de harina de cabezas de camarón en la alimentación de conejos neozelandés en las etapas de crecimiento-engorde*. [En línea] [Tesis de Ingeniería zootécnica inédita]. Escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. [Fecha de consulta: 22 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7171>
- CASTRO MARTÍNEZ, Karla Vanessa. 2014. *Evaluación del comportamiento del pollo broiler durante el proceso productivo, alimentado con harina de camarón a diferentes niveles (7, 14, 21 y 28%) en sustitución parcial de la torta de soya como fuente de proteína en la formulación de balanceado*. [En línea] [Tesis de Ingeniería Agropecuaria inédita]. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. [Fecha de consulta: 23 febrero 2021]. Disponibles en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6716>
- CARRANCO, María. CARRILLO, Silvia. FUENTE, Benjamín. ÁVILA, Ernesto. SOLANO, María. 2017. *Cambios en la fracción hidrosoluble de huevos de gallina alimentadas con harina de camarón almacenada a diferentes tiempos y temperaturas*. [En línea] [Tesis de ingeniería agropecuaria, inédita]. Instituto nacional de ciencias médicas y nutrición Salvador Zuribán, México. [Fecha de consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242017000400365&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242017000400365&script=sci_arttext)
- Centroamérica. Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano (OSPESCA). 2019. Impacto sobre la pesca y la acuicultura. En: *Clima pesca*, [En línea]. [Fecha

de consulta: 21 febrero 2021]. Disponible en: <https://climapesca.org/2019/09/impacto-sobre-la-pesca-y-la-acuicultura-al-07-de-septiembre-de-2019/>

Colombia. Comisión Colombiana del Océano. Crustáceos: Camarones. En: *Actividad pesquera marina en Colombia*, [En línea]. [Fecha de consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.guiarecursospesqueros.org/crustaceos-camarones/>

CONCENTRADOS ALIANSA. 2016. Productos, aves. En: *Aliansa*, [En línea]. [Fecha de consulta: 24 marzo 2021]. Disponible en: <http://concentradosaliana.com/productos/aves/>

Diccionario de la Lengua Española. En: *Real Academia Española*, [En línea]. [Fecha de consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://dle.rae.es/>

DAYONG, Chan. 2014. *Método para producir fertilizantes funcionales mediante la utilización integral de caparazones de camarones y cangrejos*. [Patente] China, CN103332970B. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/CN103332970B/en?q=CN103332970B>

El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). ca. 2012. *Sistema de Información Hídrica*. [Proyección Cartográfica en línea]. © OpenStreetMap contributors. [Fecha de consulta: 20 febrero 2021]. Disponible en: [http://srt.snet.gob.sv/sihi/public/asig\\_reser](http://srt.snet.gob.sv/sihi/public/asig_reser)

El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Dirección General de Economía Agropecuaria. 2019. *Anuario de estadísticas agropecuarias*. [En línea]. Santa Tecla: MAG. [Fecha de consulta: 21 febrero 2021] Disponible en: <https://www.mag.gob.sv/direccion-general-de-economia-agropecuaria/estadisticas-agropecuarias/anuarios-de-estadisticas-agropecuarias/>

El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Dirección General de Ganadería. 2016. Guía para el manejo de pollos de engorde. En: *Portal de Transparencia* [En línea] [Fecha de consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en: [https://www.transparencia.gob.sv/system/documents/documents/000/119/836/original/Guia\\_manejo\\_de\\_pollos\\_de\\_engorde.pdf?1500371924](https://www.transparencia.gob.sv/system/documents/documents/000/119/836/original/Guia_manejo_de_pollos_de_engorde.pdf?1500371924)

ESMIEU DE LEÓN, Edwin Estuardo. 2015. *Evaluación del contenido extractable de quitina obtenida a partir de dos secciones del exoesqueleto del camarón (*Litopenaeus vannamei*) cefalótorax y abdomen, procedente de mar y cultivado en viveros y comparación con el contenido de carbonato de calcio y carbonato de magnesio*. [En línea] [Tesis de Ingeniería Química inédita]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. [Fecha de consulta: 22 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1976/>

FAO. 2013. *Revisión del desarrollo avícola*. [En línea] ISBN 978-92-5-308067-0 (PDF). [Fecha de consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf>

FAO. 2008. *El estado mundial de la pesca y acuicultura. Departamento de pesca y acuicultura*. [En línea]. Roma. [Fecha de consulta: 24 marzo 2021]. Disponible en: [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_elsalvador/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_elsalvador/es).

FAO. 2020. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. [En línea]. Roma. ISSN 2663-8649. [Fecha de consulta: 22 febrero 2021] Disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.

FU, Cho, FUNG-JOU, Lu. 2002. *Método de preparación de carboximetilquitosano soluble en agua que tiene capacidad anti-peroxidación lipídica*. [Patente] Estados Unidos, US20020147318A1. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US20020147318A1/en?q=US2002147318A1>

FSPCA. 2016. *Controles preventivos de alimentos para humanos*. [En línea]. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2021]. Disponible en: [https://d1vy0qa05cdjr5.cloudfront.net/c6f30ca0-84ae-4613-bec0-5439702d4b9e/FSPCA%20-%20Human%20Food/FSPCA%20Instructor%20Resource%20Portal/FSPCA%20Preventive%20Controls\\_Public%20Version\\_V1.2%20\(S1\)%20Spanish.pdf?752](https://d1vy0qa05cdjr5.cloudfront.net/c6f30ca0-84ae-4613-bec0-5439702d4b9e/FSPCA%20-%20Human%20Food/FSPCA%20Instructor%20Resource%20Portal/FSPCA%20Preventive%20Controls_Public%20Version_V1.2%20(S1)%20Spanish.pdf?752)

GUTIÉRREZ, María de los Ángeles. 2020. El Salvador: autosuficiente en producción de carne pollo y huevos. En: *AviNews, América Latina*. [En línea] [Fecha de consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://avicultura.info/el-salvador-autosuficiente-produccion-pollos-huevos/>

GONZALEZ, José y otros. 2014. *Aislamiento microbiológico de Salmonella spp. y herramientas moleculares para su detección*. [En línea]. Salud Uninorte. Barranquilla (col.). 30 (1). [Fecha de consulta: 15 de marzo 2021]. IBBN 0120-5552. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/sun/v30n1/v30n1a09.pdf>

HUA ZHU, Young, ZHENG YANG, Chang, KIRSCH, Wolff. 2013. *Agente hemostático para uso tópico e interno*. [Patente] Taiwán, TWI387467B. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/TWI387467B/en?q=TWI387467B>

HOLLAND, Jason. 2019. *Plastic 2. Ocean: Empaque de productos de mar, hecho de mariscos*. [imagen digital]. Global Aquaculture Advocate™. [Consultado: 21 marzo 2021]. Disponible de: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/plastic-2-ocean-empaque-de-productos-de-mar-hecho-de-mariscos/>

INCAP. 2ª edición, 2012. *Tabla de composición de Alimentos de Centroamérica*. [En línea]. Guatemala: INCAP/OPS. 128 pp. [Fecha de consulta: 13 marzo 2021] ISBN 99 922-880-2-7. Disponible en: <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/tablacalimentos.pdf>

KUDAN y otros. 2010. *Proceso de recuperación de proteínas de exoesqueletos de crustáceos*. [Patente] OMPI-PCT, WO2010012039A1. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/WO2010012039A1/en?q=WO2010012039A1>

LOPEZ- CERVANTES, Jaime. 2020. *Composición que comprende quitosano, glucosamina y aminoácidos para uso agrícola*. [Patente] España, ES2791827T3. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/ES2791827T3/es?q=ES2791827T3>

LOPEZ- CERVANTES, Jaime, Sánchez Dalia. 2013. *Método para determinar astaxantina mediante cromatografía líquida a Ultra Alta presión en subproductos de camarón y en películas con capacidad de liberación de astaxantina*. [Patente] México, MX2011012195A. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/MX2011012195A/es?q=MX2011012195A>

- MARTINEZ, Roberto. GARCIA, Roberto. GUERRA, Juan. GUTIERRES, Delfín. 2019. *Utilización de harina de residuo de camarón (Litopenaeus yannamei) en novillas* [En línea] [Tesis de ingeniería Agropecuaria, inédita]. Universidad Autónoma de Sinaloa, México. [Fecha de consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942019000100068](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000100068)
- OCHOA REZA, Astrid Carolina. 2014. *Propuesta para la elaboración y comercialización de sopa instantánea a partir del extracto de harina de cabezas de camarón*. [En línea] [Tesis de Química y Farmacéutica, inédita]. Universidad de Guayaquil, Ecuador. [Fecha de consulta: 22 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8046>
- ONU Medio Ambiente. 2018. ¿Qué es a economía circular y cómo cuida del medio ambiente? En: *Noticia ONU*, [En línea]. [Fecha de consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://news.un.org/es/interview/2018/12/1447801>
- PERLERA, E. PACHECO, M. CALDERON V. 2017. *Aprovechamiento integral del camarón de cultivo de la Bahía de Jiquilisco, departamento de Usulután para su desarrollo industrial bajo normas de calidad e inocuidad*. [En línea] Universidad católica de El Salvador. [Fecha de consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.diyys.catolica.edu.sv/wp-content/uploads/2018/01/5CamaronPAyDSVol6.pdf>
- PINEDA, Guillermo, RIVERA, Edwin. 2016. *Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en pupusas a base de Zea mays (maíz), comercializadas dentro y en los alrededores del campus central de la Universidad de El Salvador*. [En línea] [Tesis de Química y Farmacia, inédita]. Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. [Fecha de consulta: 27 febrero 2021]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/12932/1/16103692.pdf>
- PIÑERO, Ezequiel. 2018. Camarón. En: *ANIMAPEDIA*. [En línea]. [Fecha de consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://animapedia.org/animales-acuaticos/camaron/>
- Pollos. Guía y especificaciones nutricionales* [En línea] 2020. Estados Unidos: © Hubbard Breeders.12. [Fecha de consulta: 13 marzo 2021]. Disponible en: [https://www.hubbardbreeders.com/media/es\\_hubbard\\_efficiency\\_plus\\_broiler\\_guide.pdf](https://www.hubbardbreeders.com/media/es_hubbard_efficiency_plus_broiler_guide.pdf)
- QIN, Ying, ROGERS, Robin, DALY, Daniel. 2015. *Proceso para formar películas, fibras y perlas a partir de biomasa quitinosa*. [Patente] Estados Unidos, US9096743B2. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US9096743B2/en?q=US9096743B2>
- Chitosan Fungicide Liuquid Fertilzer* [imagen digital en línea]. © Qingdao Haijingling Seaweed Biotechnology Group Co., Ltd. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.chitosanfertilizer.com/chitosan/chitosans/chitosan-liquid-bio-fertilizer-liquid-organic.html>
- Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 65.01.01:13. Tomo No. 401, 2013. *Producción, procesamiento, comercialización y certificación de productos orgánicos*. [En línea]. San Salvador: Diario Oficial, 229. [Fecha de consulta: 21 febrero 2021] Disponible en:



[http://www.osartec.gob.sv/index.php?option=com\\_jdownloads&Itemid=0&view=finish&cid=317&catid=4](http://www.osartec.gob.sv/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=0&view=finish&cid=317&catid=4)

RODRÍGUEZ, Fernando, RODRÍGUEZ, Gustavo, DÍAZ, Alejandro. 2016. *Proceso híbrido biotecnológico-químico para la obtención de quitina de alta pureza a partir de exoesqueleto de desechos de origen biológico*. [Patente] OMPI-PCT, WO2016204596. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en:

<https://patents.google.com/patent/WO2016204596A1/es?q=WO2016204596>

SALAS DURAN, Catalina. CHACON VILLALOBOS, Alejandro. ZAMORA SANCHES, Laura. 2016. *La harina de cefalotórax de camarón en raciones para gallinas ponedoras* [En línea] [Tesis de ingeniería Agropecuaria, inédita]. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. [Fecha de consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en:

[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212015000200333](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212015000200333)

SALAS, Roger, GALVÉZ, Didiana, ROSAS, Raymundo. 2017. La Quitina: lo mejor de los desechos marinos. En: *Ciencia UANL*, [En línea]. [Fecha de consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=7170>

SANTOS, Cecilia. 2020. *Efecto de la harina de cefalotórax de camarón sobre el factor de conversión alimenticia en pollos boiler cobb-500 en etapa inicial*. [En línea] [Tesis de Magister en Agroindustria] Escuela superior politécnica agropecuaria, Ecuador. [Fecha de consulta: 28 febrero 2021] disponible: <http://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/1346>

SARAM S.A. DE C.V. Alimentos para aves. En: *MOR*. [En línea]. [Fecha de consulta: 24 marzo 2021]. Disponible en: <https://mor.com.sv/portal/alimentos-para-aves/>

SILVA, Luis, Bermúdez, Andrea. 2013. *Boletín Tecnológico. Subproductos del camarón: quitina, quitosán, astaxantina, harina y proteína de camarón*. [en línea]. Bogotá, Colombia: Superintendencia de Industria y Comercio. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/23758222-Boletin-tecnologico-subproductos-del-camaron-quitina-quitosan-astaxantina-harina-y-proteina-de-camaron-industria-y-comercio-superintendencia.html>

*Shrimp Powder*. © 2021 [imagen digital en línea]. Badia Spices, Inc. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://badiaspices.com/product/shrimp-powder-121-oz/>

*Suplemento Alimenticio*. © 2016 [imagen digital en línea]. Tiens México. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: [https://issuu.com/tiensmexico/docs/chitosan\\_tiens\\_m\\_xico](https://issuu.com/tiensmexico/docs/chitosan_tiens_m_xico)

UBAQUE, Camila, HERNANDEZ, Marcela. 2018. *Extracción de quitosano a partir de exoesqueleto de camarón para elaborar recubrimientos para alimentos*. [En línea]. 1ª ed. Bogotá: ©Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. ISBN 978-958-15-0481-7. Disponible en: <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/5686>

XUESHI, Gu. 2015. *Harina de camarón como aditivo para piensos*. [Patente] China, CN105124139A. [Fecha de consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/CN105124139A/en?q=CN105124139A>

## Glosario

**Desechos:** Elementos que sobran después de escoger lo mejor o que sea de utilidad para el fin.

**Recursos:** Son los elementos disponibles para cubrir las necesidades y/o que se implementan dentro de las diferentes industrias.

**Colágeno:** Es una proteína fibrosa, que tiene la característica de transformarse en gelatina al aplicar elevadas temperaturas.

**Forraje:** Son hierbas, pasto seco, cereales y otros recursos que se emplean para la alimentación animal.

**Subproducto:** Es un producto derivado de la materia prima y se obtiene del proceso industrial, el cual es de menor valor.

**Crustáceos:** Dicho de un animal: perteneciente al grupo de los artrópodos, cuya característica principal es que está cubierto por un caparazón y con dos pares de antenas.

**Exoesqueleto:** Es un tejido orgánico duro, que protege el cuerpo de los artrópodos y otros invertebrados.



**Quitina:** Es un carbohidrato, color blanco, insoluble, se encuentra en las diferentes especies de crustáceos y membranas celulares de hongos y bacterias.



**Sostenibilidad:** De los diferentes recursos para cumplir las necesidades actuales, sin poner en riesgo los recursos para las generaciones futuras.

## Anexos

### Anexo I. Productos comercializados a nivel mundial.

**Tabla 21. Ejemplos del aprovechamiento de subproductos del camarón**

Nombre del producto	País productor	Subproducto utilizado	Descripción	Imagen
CHITOSAN	China	Quitosano	Suplemento alimenticio elaborado con el caparazón de los crustáceos (cangrejo y camarón). Su función principal es equilibrar la flora microbiana intestinal.	 <p data-bbox="1024 806 1338 953">Figura 18. Cápsulas de quitosano Suplemento alimenticio Fuente: © 2016 por TIENS CDMX STORE</p>
Shrimp Powder (polvo de camarón)	Estados Unidos	Caparazón de camarón	Potenciador de sabor para preparar diferentes alimentos como sopas y pastas.	 <p data-bbox="1057 1264 1338 1444">Figura 19. Polvo de camarón Marca: BADIA. País de origen: Estados Unidos. Fuente: © Badia Spices Inc 2012-2020</p>

<p>Bioplástico CuanSave</p>	<p>Escocia</p>	<p>Quitina</p>	<p>Empaque flexible antimicrobiano, elaborado con quitina extraído de las conchas de langostinos.</p>	 <p>Figura 20. Bioplástico Desarrollado por la compañía escocesa de biotecnología CuanTec. Fuente: Global Aquaculture Advocate (Holland, 2019)</p>
<p>U-LEMEI Chitin</p>	<p>China</p>	<p>Quitosano</p>	<p>Fertilizante orgánico que por medio de hidrolisis bioenzimática se extra el quitosano del caparazón de camarón y cangrejo.</p>	 <p>Figura 21. Fertilizante de quitosano Pesticida y fungicida elaborado de caparazón de camarón y cangrejo. Fuente: © Qingdao Hai jingling Seaweed Biotechnology Group Co., Ltd.</p>

Elaboración propia basado en datos tomados de diversas fuentes.

## Anexo II. Lista de chequeo

**Tabla 22. Lista de chequeo: pollos de engorde alimento comercial (T3)**

**LISTA DE CHEQUEO: POLLOS DE ENGORDE ALIMENTO COMERCIAL T3 (Control)**

NÚMERO DE POLLOS INICIAL: 6 RAZA: Hubbard PESO PROMEDIO INICIAL: 275 FECHA DE FINALIZACIÓN: 12/05/2021  
 EDAD INICIAL: 15 días MARCA DE ALIMENTO: La Espiga FECHA DE LLEGADA: 16/04/2021

CONTROL DE AVES												
SEMANA	FECHA	EDAD	No. TOTAL DE POLLOS/SEMANA	MORTALIDAD SEMANAL (%)	CONSUMO DE ALIMENTO SEMANAL (gr/ave)	CONSUMO DE ALIMENTO ACUMULADO (gr/ave)	PESO VIVO MÍNIMO (gr)	PESO VIVO MÁXIMO (gr)	PESO VIVO PROMEDIO (gr)	GANANCIA DE PESO SEMANAL (gr)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA	CONSUMO DE AGUA SEMANAL (LITROS)
1	25/04/2021	24 días	6	0	491.6667	491.6667	355	760	589.1667	314	0.83	10
2	02/05/2021	31 días	6	0	600.0000	1070.0000	680	1350	1108.3333	519	0.97	15
3	09/05/2021	38 días	6	0	1350.00	2420.0000	870	1590	1403.3333	295.0000	1.72	18
4	12/05/2021	42 días	6	0	750.000000	3170.0000	1020	2025	1779.1667	375.8333	1.78	10

Elaborado a partir de los datos obtenidos durante el experimento.

**Tabla 23. Lista de chequeo: pollos de engorde, harina al 5% (T1)**

**LISTA DE CHEQUEO: POLLOS DE ENGORDE, INCORPORANDO HARINA DE COLA DE CAMARÓN T1 (5%)**

NÚMERO DE POLLOS INICIAL: 7 RAZA: HUBBARD PESO PROMEDIO INICIAL: 276 FECHA DE FINALIZACIÓN: 12/05/2021

EDAD INICIAL: 15 días % DE HARINA DE CAMARÓN UTILIZADA: 5% FECHA DE INICIO: 16/04/2021

CONTROL DE AVES												
SEMANA	FECHA	EDAD	No. TOTAL DE POLLOS/SEMANA	MORTALIDAD SEMANAL (%)	CONSUMO DE ALIMENTO SEMANAL (gr/ave)	CONSUMO DE ALIMENTO ACUMULADO (gr/ave)	PESO VIVO MÍNIMO (gr)	PESO VIVO MÁXIMO (gr)	PESO VIVO PROMEDIO (gr)	GANANCIA DE PESO SEMANAL (gr)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA	CONSUMO DE AGUA SEMANAL (LITROS)
1	25/04/2021	24 días	7	0	578.5714	578.5714	330	835	609.7143	334.2	0.95	10
2	02/05/2021	31 días	7	0	610.7143	1189.2857	738	1562	1111.5714	501.9	1.07	15
3	09/05/2021	38 días	7	0	1157.14	2346.4286	1995	2271	2100.2857	988.7	1.12	18
4	12/05/2021	42 días	7	0	771.4285	3117.8571	2100	2520	2338.2857	238.0	1.33	10

Elaborado a partir de los datos obtenidos durante el experimento.

**Tabla 24. Lista de chequeo: pollos de engorde, harina al 10% (T2)**

**LISTA DE CHEQUEO: POLLOS DE ENGORDE, INCORPORANDO HARINA DE COLA DE CAMARÓN T2 (10%)**

NÚMERO DE POLLOS INICIAL: 7 RAZA: HUBBARD PESO PROMEDIO INICIAL: 283 FECHA DE FINALIZACIÓN: 12/05/2021  
 EDAD INICIAL: 15 días % DE HARINA DE CAMARÓN UTILIZADA: 10% FECHA DE INICIO: 16/04/2021

CONTROL DE AVES												
SEMANA	FECHA	EDAD	No. TOTAL DE POLLOS/SEMANA	MORTALIDAD SEMANAL (%)	CONSUMO DE ALIMENTO SEMANAL (gr/ave)	CONSUMO DE ALIMENTO ACUMULADO (gr/ave)	PESO VIVO MÍNIMO (gr)	PESO VIVO MÁXIMO (gr)	PESO VIVO PROMEDIO (gr)	GANANCIA DE PESO SEMANAL (gr)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA	CONSUMO DE AGUA SEMANAL (LITROS)
1	25/04/2021	24 días	7	0	578.5714	578.5714	329	696	576.7143	293	1.00	10
2	02/05/2021	31 días	6	7	712.5000	1291.0714	1022	1349	1243.5000	667	1.04	15
3	09/05/2021	38 días	6	0	1350.00	2641.0714	2105	2289	2207.6667	964.1667	1.20	18
4	12/05/2021	42 días	6	0	900.0000	3541.0714	2257	2721	2532.0000	324.3333	1.40	10

Elaborado a partir de los datos obtenidos durante el experimento.

**Tabla 25. Lista de chequeo: Control ambiental**

<b>CONTROL AMBIENTAL</b>							
<b>SEMANA</b>	<b>FECHA</b>	<b>TEMPERATURA MÍNIMA (°C)</b>	<b>TEMPERATURA MÁXIMA (°C)</b>	<b>HUMEDAD RELATIVA MÍNIMA (%)</b>	<b>HUMEDAD RELATIVA MÁXIMA (%)</b>	<b>VELOCIDAD DEL VIENTO MÍNIMA (km/h)</b>	<b>VELOCIDAD DEL VIENTO MÁXIMA (km/h)</b>
1	25/04/2021	21 °C	33 °C	31%	88%	5.3 Km/h	16.7 Km/h
2	02/05/2021	21 °C	34 °C	31%	92%	4.1 Km/h	17.1 Km/h
3	09/05/2021	20 °C	33 °C	43%	96%	4.1 Km/h	16.9 Km/h
4	12/05/2021	21 °C	33 °C	37%	87%	7.7 Km/h	14.1 Km/h

Elaborado a partir de los datos obtenidos durante el experimento



### Anexo III. Concentrado iniciador utilizado en el experimento



Figura 23. Parte frontal.  
Concentrado de inicio.

Fuente: Fotografía tomada por el grupo de trabajo.

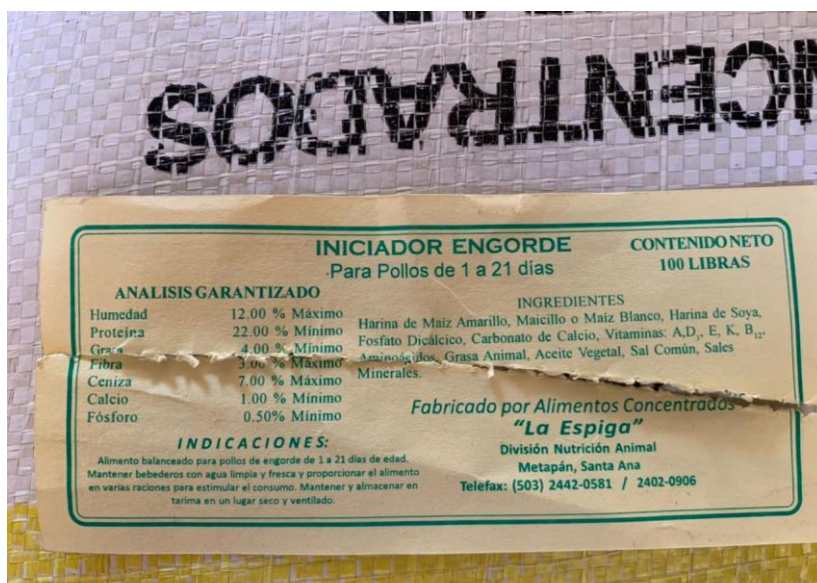


Figura 22. Iniciador de engorde  
Análisis garantizado del concentrado.  
Fuente: Fotografía tomada por el grupo de trabajo.

## Anexo IV. Concentrado finalizador utilizado en el experimento



Figura 25. Parte frontal concentrado finalizador.  
Fuente: Fotografía tomada por el grupo de trabajo.

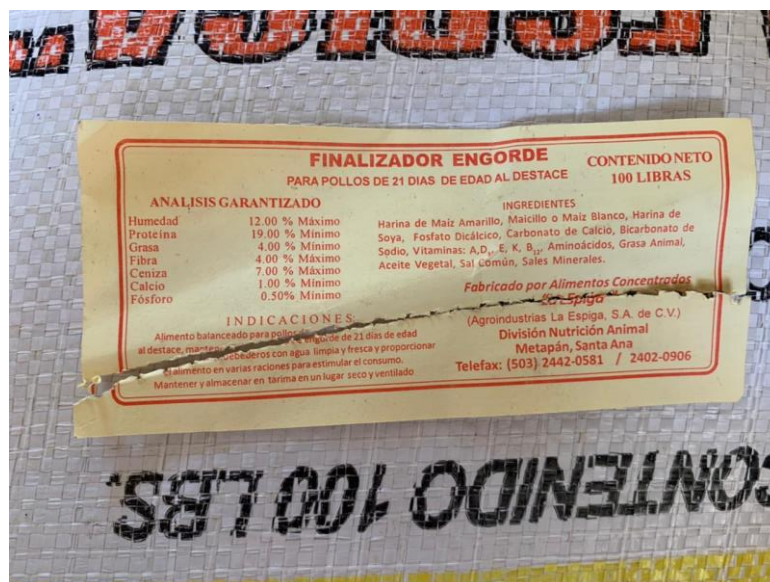
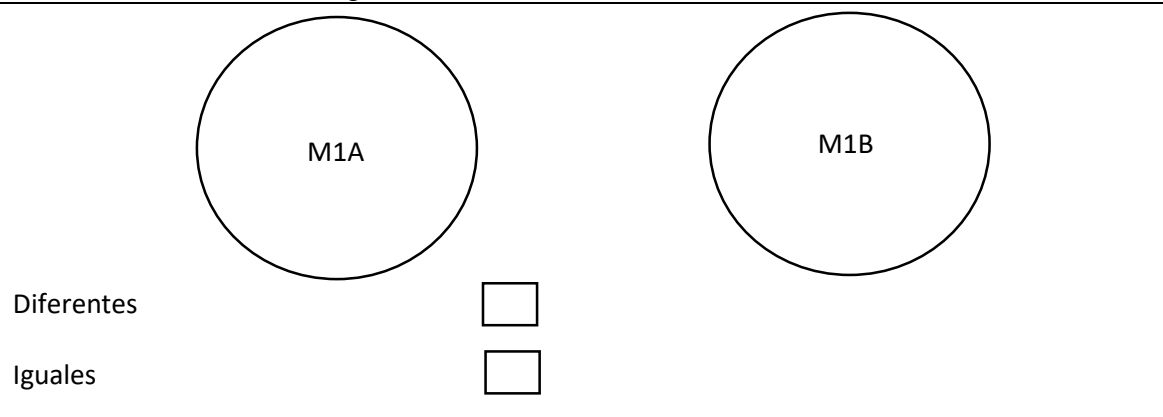


Figura 24. Concentrado finalizador.  
Análisis garantizado.  
Fuente: Fotografía tomada por el grupo de trabajo.

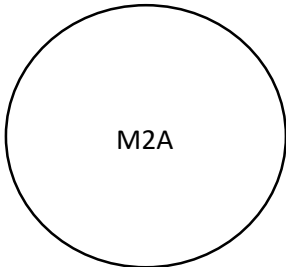
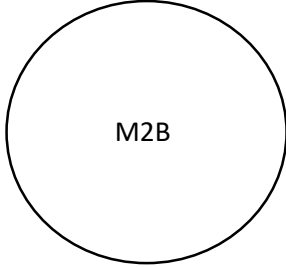
## Anexo V. Análisis sensorial, prueba de comparación pareada

Tabla 26. Prueba de comparación pareada (M1A-M1B)

<b>Universidad Dr. José Matías Delgado</b> <b>Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola</b> <b>Prueba de comparación pareada</b>	
Sexo: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M	Fecha:
<b>INSTRUCCIONES:</b> A continuación, se presentan las muestras M1A y M1B, usted debe probarlas de izquierda a derecha. Es necesario que enjuague su boca antes de ingerir cada muestra. Marque con una X en la casilla correspondiente, si usted considera que ambas muestras tienen un sabor igual o si tienen un sabor diferente.	
	
¿Percibe sabor a camarón en alguna de las muestras? SI ___ No ___ Si su respuesta fue SI, marque con una X la muestra en la que percibe sabor a camarón.	
<input type="checkbox"/> M1A	<input type="checkbox"/> M1B
<b>COMENTARIOS:</b>	

Elaboración propia.

**Tabla 27. Prueba de comparación pareada (M2A-M2B)**

<b>Universidad Dr. José Matías Delgado</b> <b>Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola</b> <b>Prueba de comparación pareada</b>	
Sexo: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M	Fecha:
<b>INSTRUCCIONES:</b> A continuación, se presentan las muestras M2A y M2B, usted debe probarlas de izquierda a derecha. Es necesario que enjuague su boca antes de ingerir cada muestra. Marque con una X en la casilla correspondiente, si usted considera que ambas muestras tienen un sabor igual o si tienen un sabor diferente.	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>M2A</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>M2B</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div>Diferentes <input type="checkbox"/></div> <div>Iguals <input type="checkbox"/></div> </div>	
¿Percibe sabor a camarón en alguna de las muestras? SI ___ No ___ Si su respuesta fue SI, marque con una X la muestra en la que percibe el sabor a camarón. <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px 15px;">M2A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px 15px;">M2B</div> </div>	
<b>COMENTARIOS:</b>  	

Elaboración propia.



## Anexo VI. Análisis microbiológico realizado en CENTA



CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL  
“Enrique Álvarez Córdova”



### LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

CLIENTE: Daisy Alejandra Tobar  
MUESTRA: Harina de camarón  
LOTE: No específica  
FECHA DE PRODUCCIÓN: No específica  
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11/mayo/2021.  
FECHA DE ANÁLISIS: 11/mayo/2021  
RESPONSABLE DE TOMA Y TRASLADO DE MUESTRA: Cliente  
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA: Textura, color y olor característico.

### RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Análisis	Resultado	Límite permitido*	Límite permitido**
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/g	-	< 10 UFC/g
<i>Salmonella</i> spp	Ausencia/25 g	Ausencia/25 g	Ausencia/25 g
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	10 <sup>2</sup> UFC/g	10 UFC/g
<i>Listeria monocytogenes</i>	-	Ausencia/25 g	Ausencia/25 g

Técnica: Placas Petrifilm. g= gramos UFC: Unidades Formadoras de Colonias. spp: especies

\*REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 67.04.50:17. ALIMENTOS. CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS PARA LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS. 9.3 Subgrupo del alimento: moluscos y crustáceos, precocidos, cocidos, salados o ahumados.

\*\*REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 67.04.50:17. ALIMENTOS. CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS PARA LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS. 9.5. Subgrupo del alimento: productos marinos y de agua dulce envasados pasteurizados.

#### COMENTARIO:

Según los resultados del análisis microbiológico practicado a la muestra entregada al laboratorio, los valores cumplen con lo establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano en los subgrupos de alimentos consultados.

Inga Aurora Valle  
Analista



Licda. Patricia López de Esquivel  
Coordinadora del Laboratorio de Tecnología de Alimentos

Km 33 <sup>1/2</sup> carretera a Santa Ana, Ciudad Arce, La Libertad, El Salvador. CENTA  
Laboratorio de Tecnología de Alimentos  
Conmutador 2397-2200 ext. 246 www.centa.gob.sv

Figura 26. Resultado de análisis microbiológico.

Fuente: Laboratorio de Tecnología de Alimentos, CENTA.

## Anexo VII. Resultados del Análisis bromatológico realizado en CENTA



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

# CENTA

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL  
"ENRIQUE ÁLVAREZ CÓDOLA"

---

### LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

labquimica@centa.gob.sv / gracia.henriquez@centa.gob.sv

San Andrés, 21 de mayo de 2021.

**DATOS GENERALES**

Nombre del proyecto: "Aprovechamiento del subproducto de la cola de camarón para reducir su desperdicio e incorporarlo en la dieta de los pollos de engorde". Universidad José Matías Delgado

Nombre de las solicitantes: Daisy Alejandra Tobar Romero, Karla Elisa Granado Medrano, Karla Cristina González Cano

Muestra: Harina de Camarón

Lugar de recolección: Ahuachapán

Fecha de Recibida: 11/05/2021

No. Análisis: 167P

**RESULTADO**

ANÁLISIS	BASE HÚMEDA P/P	BASE SECA P/P	UNIDADES	Metodología
Humedad	9.16		g/100g de muestra	Método de Secado a 105°C
Proteína Cruda	34.60	38.09	g/100g de muestra	Método Kjeldahl
Grasa (Extracto Etéreo)	0.84	0.92	g/100g de muestra	Método Soxhlet
Cenizas	31.79	35.00	g/100g de muestra	Incineración a 600°C
Carbohidratos	23.61	25.99	g/100g de muestra	Diferencia
Fibra Cruda	19.04	20.96	g/100g de muestra	Digestión Ácido Base
Fósforo (P)	2.52	2.77	g/100g de muestra	Espectrofotometría VIS
Calcio (Ca)	15.17	16.70	g/100g de muestra	Absorción Atómica <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Métodos Oficiales de la A.O.A.C 15ª edición 1990.

Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso de muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químico Analista: Lic. Héctor Shunico




Ing. Gracia Henríquez de Chávez  
Jefa del Laboratorio de Química Agrícola

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA)  
 km. 33 N Carretera a Santa Ana, San Andrés, La Libertad, El Salvador, Centroamérica.  
 Teléfono: (503) 2397-2200 ext. 263  
 www.centa.gob.sv

Figura 27. Resultado de análisis bromatológico.  
Fuente: Laboratorio de Química Agrícola, CENTA.