



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Química

**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**

Edwin Estuardo Esmieu De León

Asesorado por el Ing. César Alfonso García Guerra

Coasesorado por la Licda. Ingrid Lorena Benítez

Guatemala, marzo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**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**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDWIN ESTUARDO ESMIEU DE LEÓN

ASESORADO POR EL ING. CESAR ALFONSO GARCÍA GUERRA
COASESORADO LICDA. INGRID LORENA BENÍTEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, MARZO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

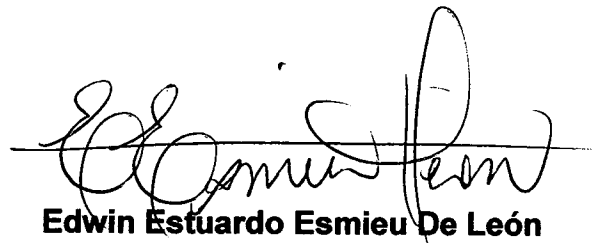
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez
EXAMINADORA	Inga. Telma Maricela Cano Morales
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DEL CONTENIDO EXTRACTABLE DE QUITINA OBTENIDA A
PARTIR DE DOS SECCIONES DEL EXOESQUELETO DEL CAMARÓN
(*Litopenaeus vannamei*) CEFALÓTRAX Y ABDOMEN, PROCEDENTE DE MAR
Y CULTIVADO EN VIVEROS Y COMPARACIÓN CON EL CONTENIDO DE
CARBONATO DE CALCIO Y CARBONATO DE MAGNESIO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 19 de marzo de 2012.



Edwin Estuardo Esmieu De León



USAC
TRICENTENARIA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Edificio T-5, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica

GUATEMALA OCTUBRE 2014.

INGENIERO
VICTOR MANUEL MONZÓN VALDEZ
DIRECTOR
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA USAC.

Respetable Ing. Víctor Monzón

Con un cordial saludo me dirijo a usted para informarle que he asesorado y aprobado el informe final del Trabajo de Graduación titulado **"EVALUACION DEL CONTENIDO EXTRACTABLE DE QUITINA OBTENIDA A PARTIR DE DOS SECCIONES DEL EXOESQUELETO DEL CAMARON (*Litopenaeus vannamei*) CEFALOTORAX Y ABDOMEN, PROCEDENTE DE MAR Y CULTIVADO EN VIVEROS Y COMPARACION CON EL CONTENIDO DE CARBONATO DE CALCIO Y CARBONATO DE MAGNESIO."**, desarrollado por el estudiante Edwin Estuardo Esmieu De León con número de carnet 2003-12702.

Por lo cual después de haber realizado la revisión del respectivo Informe Final y de haberle hechos las correcciones pertinentes considero que llena los requisitos exigidos para su aprobación.

Atentamente

Ing. Qco. Cesar Alfonso García Guerra

Asesor

Cesar Alfonso García Guerra
INGENIERO QUIMICO
COLEGIADO No. 145



USAC
TRICENTENARIA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Edificio T-5, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica

GUATEMALA OCTUBRE 2014.

INGENIERO
VICTOR MANUEL MONZÓN VALDEZ
DIRECTOR
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA USAC.

Respetable Ing. Víctor Monzón

Con un cordial saludo me dirijo a usted para informarle que he asesorado y aprobado el informe final del Trabajo de Graduación titulado **"EVALUACION DEL CONTENIDO EXTRACTABLE DE QUITINA OBTENIDA A PARTIR DE DOS SECCIONES DEL EXOESQUELETO DEL CAMARON (*Litopenaeus vannamei*) CEFALOTORAX Y ABDOMEN, PROCEDENTE DE MAR Y CULTIVADO EN VIVEROS Y COMPARACION CON EL CONTENIDO DE CARBONATO DE CALCIO Y CARBONATO DE MAGNESIO."**, desarrollado por el estudiante Edwin Estuardo Esmieu De León con número de carnet 2003-12702.

Por lo cual después de haber realizado la revisión del respectivo Informe Final y de haberle hechos las correcciones pertinentes considero que llena los requisitos exigidos para su aprobación.

Atentamente

Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco

Co-Asesor.

Licda. Ingrid Lorena Benítez P.
Química
Maestría Ciencia y Tecnología
del Medio Ambiente
Colegiado No. 1974



Guatemala, 13 de enero de 2015.
Ref. EIQ.TG-IF.001.2015.

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **283-2011** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **Edwin Estuardo Esmieu De León**.

Identificado con número de carné: **2003-12702**.

Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

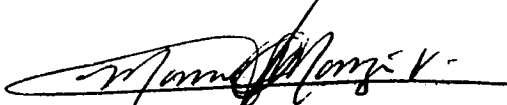
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

EVALUACIÓN DEL CONTENIDO EXTRACTABLE DE QUITINA OBTENIDA A PARTIR DE DOS SECCIONES DEL EXOESQUELETO DEL CAMARON (*Litopenaeus vannamei*) CEFALOTORAX Y ABDOMEN, PROCEDENTE DE MAR Y CULTIVADO EN VIVEROS Y COMPARACIÓN CON EL CONTENIDO DE CARBONATO DE CALCIO Y CARBONATO DE MAGNESIO

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **César Alfonso García Guerra**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo

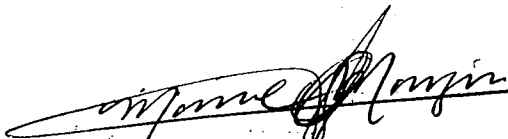


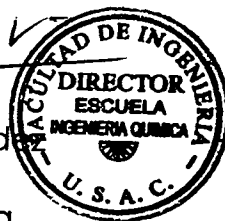


Ref.EIQ.TG.033.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **EDWIN ESTUARDO ESMIEU DE LEÓN** titulado: **"EVALUACIÓN DEL CONTENIDO EXTRACTABLE DE QUITINA OBTENIDA A PARTIR DE DOS SECCIONES DEL EXOESQUELETO DEL CAMARÓN (LITOPENAEUS VANNAMEI) CEFALÓTRAX Y ABDOMEN, PROCEDENTE DE MAR Y CULTIVADO EN VIVEROS Y COMPARACIÓN CON EL CONTENIDO DE CARBONATO DE CALCIO Y CARBONATO DE MAGNESIO"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Víctor Manuel Monzón Valdés
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, marzo 2015

Cc: Archivo
VMMV/ale



Formando Ingenieros Quimicos en Guatemala desde 1939



DTG. 118.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación 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 CARBONATO DE CALCIO Y CARBONATO DE MAGNESIO**, presentado por el estudiante universitario: **Edwin Estuardo Esmieu De León**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 17 de marzo de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por guiarme en todo momento y permitirme culminar este sueño.
Mis padres	Julio Cesar Esmieu y Miriam De León.
Mis hermanos	Julio y Osvaldo Esmieu, Vicky De León, y en especial a mi hermana Zónia Araceli Esmieu, por su incondicional apoyo.
Mis sobrinos	María Fernanda, Sara y Julio Esteban Esmieu, por alegrarme los días.
A mi novia	A mi amada Shirley Pantaleón, por apoyarme y darme fuerza.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por darme la vida y bendecirme con una familia maravillosa, quienes comparten conmigo esta alegría que responde a sus sacrificios.

Mis padres

Por su esfuerzo, sacrificio, confianza, apoyo, consejos, principios y valores que me han permitido salir adelante. Por ser parte importante de mi vida, convirtiéndome en lo que ahora soy y por el amor incondicional que siempre me han brindado, deseándome siempre lo mejor.

Mis hermana

Zonia Esmieu, gracias por siempre estar allí.

Mis amigos

Por su amistad, apoyo y cariño brindado durante todo este tiempo.

Ing. César García

Por su asesoría, conocimientos brindados, tiempo y empeño dedicado durante la realización de esta investigación.

Licda. Ingrid Benítez

Por su amistad, apoyo, colaboración y tiempo dedicado en la asesoría de esta investigación.

Mis revisores

Por su apoyo y tiempo dedicado en la revisión de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS	XVII
Hipótesis	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Quitina.....	3
2.2. Quitosano (quitosana o quitosan)	6
2.3. Camarón patiblanco del pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	7
2.3.1. Antecedentes históricos	7
2.3.2. Principales países productores	8
2.3.3. Ciclo de producción	10
2.3.4. Sistemas de producción	11
2.3.4.1. Producción en viveros	12
2.3.4.1.1. Suministro de alimento	13
2.3.4.2. Técnicas de cosecha.....	13
2.4. Método experimental para la obtención de quitina	14
2.4.1. Obtención de la materia prima	14
2.4.2. Acondicionamiento de la materia prima	15
2.4.3. Desproteínización de la materia prima	15

2.4.4.	Desmineralización de la materia prima	16
2.4.5.	Decoloración de quitina obtenida.....	16
2.5.	Propiedades de la quitina	17
2.5.1.	Grado de acetilación.....	17
2.5.2.	Peso molecular y viscosidad	18
2.5.3.	Solubilidad.....	19
2.5.4.	Biodegradabilidad.....	20
2.5.5.	Propiedades funcionales	20
2.5.6.	Propiedades antimicrobianas	22
2.5.7.	Propiedades biológicas. Efectos dietéticos y metabólicos	24
2.6.	Aplicaciones de la quitina	25
2.6.1.	Aplicaciones biomédicas	26
2.6.2.	Aplicación en la agricultura y operaciones poscosecha	27
2.6.3.	Tratamiento de aguas residuales.....	27
2.6.4.	Industria cosmética.....	27
2.6.5.	Industria alimenticia.....	28
2.7.	Caracterización del mercado mundial de quitina y quitosano	30
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	33
3.1.	Variables	33
3.1.1.	Variables de control	34
3.1.2.	Variables independientes	34
3.2.	Delimitación del campo de estudio	36
3.2.1.	Área de campo de estudio	38
3.2.2.	Proceso de investigación.....	38
3.2.3.	Etapas del proceso.....	38

3.2.4.	Ubicación para la recolección de la materia prima.....	38
3.2.5.	Clima para el desarrollo de la investigación	39
3.2.6.	Viabilidad para el desarrollo de la investigación	39
3.2.7.	Tipo de estudio	39
3.3.	Recursos humanos disponibles	39
3.4.	Recursos materiales disponibles	40
3.4.1.	Materia prima	40
3.4.2.	Cristalería, equipo y otros materiales	41
3.4.3.	Cristalería	41
3.4.4.	Equipo	42
3.4.5.	Otros materiales.....	43
3.4.6.	Reactivos	43
3.5.	Técnica cuantitativa	44
3.5.1.	Procedimiento de trabajo	44
3.5.2.	Etapas del proceso para la obtención de quitina	46
3.5.2.1.	Etapas del proceso para la obtención de quitina	46
3.5.2.2.	Documentación	46
3.5.2.3.	Obtención de la materia prima	46
3.5.2.4.	Acondicionamiento de la materia prima.....	47
3.5.2.5.	Procedimiento de la recolección y preparación de los exoesqueletos	48
3.5.2.6.	Procedimiento de la desproteínización	48
3.5.2.7.	Procedimiento de la desmineralización	49
3.5.2.8.	Procedimiento del blanqueo	49
3.5.3.	Análisis químico proximal.....	50

3.5.3.1.	Proteína cruda	50
3.5.3.1.1.	Procedimiento.....	51
3.5.3.2.	Grasa cruda.....	52
3.5.3.3.	Humedad	54
3.5.3.4.	Cenizas	56
3.5.3.5.	Fibra cruda	57
3.5.3.6.	Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	60
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	60
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	61
3.8.	Análisis estadístico.....	62
3.8.1.	Análisis de varianza.....	64
4.	RESULTADOS	65
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	79
CONCLUSIONES		83
RECOMENDACIONES		85
BIBLIOGRAFÍA		87
APÉNDICES		89
ANEXOS		113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Crustáceos, moluscos e insectos que poseen quitina en su estructura	3
2.	Molécula de quitina	4
3.	Molécula N-acetil-D-glucosamina	5
4.	Relación estructural entre el monómero de quitina y el monómero del quitosano	7
5.	Principales países productores de <i>Litopenaeus vannamei</i> (estadísticas pesqueras de la FAO, 2006)	9
6.	Ciclo de reproducción del camarón <i>Litopenaus vannamei</i>	11
7.	Esquema general del aprovechamiento y aplicaciones de la quitina y quitosano	26
8.	Composición del mercado mundial de quitina y quitosano	31
9.	Proyección anual del mercado de quitina y quitosano	31
10.	Materia prima de desecho de camarón	40
11.	Cristalería esencial para la obtención de quitina	42
12.	Equipo eléctrico esencial para la obtención de quitina	43
13.	Diagrama de procedimiento para obtención de quitina partir de camarón (<i>Litopenaeus vanamei</i>)	45
14.	Comparativos promedios en gramos obtenidos de quitina y mineralización a partir de muestra de cefalotórax de camarón procedente de vivero (muestra original 30,00 gramos de materia prima)	72

15.	Comparativos promedios en gramos obtenidos de quitina y mineralización a partir de muestra de abdomen de camarón procedente de mar (muestra original 30,00 gramos de materia prima)	73
16.	Comparativos promedio en gramos obtenidos de quitina y mineralización a partir de muestra de cefalotórax de camarón procedente de mar (muestra original 30,00 gramos de materia prima)	73
17.	Comparativos promedios en gramos obtenidos de quitina y mineralización a partir de muestra de abdomen de camarón procedente de vivero (muestra original 30,00 g de materia prima)	74
18.	Comparativa general en promedios de obtención de porcentajes de quitina a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero	74
19.	Comparativa general promedios en los porcentajes de mineralización de carbonato de magnesio (MgCO_3) a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero.....	75
20.	Comparativa general en los porcentajes de mineralización de carbonato de calcio (CaCO_3) a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero	75
21.	Medias marginales estimadas en la obtención de quitina según su origen y sección del exoesqueleto del camarón	76
22.	Medias marginales estimadas en la mineralización de carbonato de magnesio (MgCO_3) según su origen y sección del exoesqueleto del camarón	77

23.	Medias marginales estimadas en la mineralización de carbonado de calcio (CaCO_3) según su origen y sección del exoesqueleto del camarón	78
-----	--	----

TABLAS

I.	Definición operacional de las variables	34
II.	Definición operacional de las variables independientes, para la obtención de quitina a partir del exoesqueleto del camarón (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	35
III.	Ordenamiento y recolección de datos experimentales	61
IV.	División de factores en análisis estadístico	62
V.	Datos requeridos para análisis estadístico	63
VI.	Porcentaje de obtención de quitina a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero	65
VII.	Gramos recuperados de quitina a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero	66
VIII.	Porcentaje de carbonato de magnesio (MgCO_3) a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero	66
IX.	Gramos de mineralización recuperados como carbonato de magnesio (MgCO_3) a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero	67
X.	Porcentaje de mineralización recuperado como carbonato de calcio (CaCO_3) a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero	67

XI.	Gramos recuperados de calcio (Ca) a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero	68
XII.	Análisis estadístico según variable dependiente y fuente de variación. Prueba f	68
XIII.	Pérdidas totales en procedimiento de obtención de quitina a partir de muestra de cefalotórax de camarón procedente de vivero	69
XIV.	Pérdidas totales en procedimiento de obtención de quitina a partir de muestra de abdomen de camarón procedente de vivero.....	70
XV.	Pérdidas totales en procedimiento de obtención de quitina a partir de muestra de abdomen de camarón procedente de mar	70
XVI.	Pérdidas totales en procedimiento de obtención de quitina a partir de muestra de cefalotórax de camarón procedente de mar.....	71
XVII.	Resultados de análisis químico proximal de quitina obtenida experimentalmente y quitina comercial marca sigma	71

GLOSARIO

Biodegradabilidad

Conversión metabólica del material compostable en anhídrido carbónico. Se entiende como biodegradable el producto o sustancia que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales. En consecuencia, todas las sustancias son biodegradables, la diferencia radica en el tiempo que tardan los agentes biológicos en descomponerlas en químicos naturales, ya que todo forma parte de la naturaleza.

Biopolímeros

Especies químicas de alto peso molecular, gran tamaño y forma predominantemente alargada que forman parte de las paredes celulares de células animales y vegetales así como de exoesqueletos (esqueleto exterior) de invertebrados y endoesqueletos (esqueleto interior) de vertebrados. Son los principales responsables de la capacidad biosorbente de las biomasas.

Caracterización

Establecimiento de las características determinadas a partir del estudio de sus propiedades físicas, químicas y estructurales.

Desacetilación

Consiste en lo contrario, es decir, en la eliminación de un grupo acetilo. Este proceso de transferencia del grupo acetilo (que resulta en un grupo acetoxi) a un compuesto, para ser específico, debe implicar la sustitución del grupo acetilo por un átomo de hidrógeno. Una reacción que implique la sustitución de dicho átomo de hidrógeno de un grupo hidroxilo con un grupo acetilo (CH_3CO) genera un éster específico, el acetato.

Desmineralización

Proceso mediante el cual se eliminan sólidos disueltos en el agua.

Exoesqueleto

Esqueleto externo continuo que recubre toda la superficie de los animales del filo artrópodos (arácnidos, insectos, crustáceos, miriápodos y otros grupos relacionados), donde cumple una función protectora, de respiración y otra mecánica, proporcionando el sostén necesario para la eficacia del aparato muscular. También se le llama exoesqueleto a la base, frecuentemente mineralizada, que secretan los corales.

Metamorfosis

Proceso biológico por el cual un animal se desarrolla desde su nacimiento (pasado el desarrollo embrionario) hasta la madurez por medio de grandes cambios estructurales y fisiológicos.

Nauplios	La larva nauplio (también llamada nauplius) es la primera larva característica de los crustáceos.
Polímero	Macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeras.
Polisacárido	Biomoléculas formadas por la unión de una gran cantidad de monosacáridos. Los polisacáridos son polímeros, cuyos monómeros constituyentes son monosacáridos.
Quitina	Segundo polímero más abundante después de la celulosa. Está constituida por moléculas de N-acetil-D-glucosamina, con enlaces (3 (b—>4) y forma parte del caparazón de crustáceos, moluscos, insectos y otros seres vivos, defendiéndolos del contacto con el medio externo.
Quitosano	Derivado de la quitina, es un polímero con propiedades tales como biocompatibilidad, biodegradabilidad y toxicidad nula, que lo hacen útil para el tratamiento de reconstrucción de la piel con quemaduras graves o con problemas, por medio de sus características humectantes y anti bactericidas.

Secado

Consiste en separar pequeñas partículas de agua de un material sólido para reducir el contenido de agua residual hasta un valor aceptablemente bajo. Si se trata de alimentos, se refiere a la remoción de agua del producto alimenticio; en la mayoría de los casos es acompañado por evaporación del agua que contiene el alimento.

RESUMEN

Para la ejecución de la investigación se dispuso del desecho de camarón (*Litopenaeus vannamei*) de origen marino y cultivado en vivero en regiones del pacífico, el cual se recolectó en puestos de venta al por mayor de este producto en el mercado municipal de la zona 4 de la ciudad de Guatemala y también de pescadores particulares del área del pacífico del país. Los desechos que se producen se acumulan como cabeza y caparazón de este crustáceo.

Como parte del procedimiento los desechos de camarón (materia prima) marino y cultivado, en ambas secciones del exoesqueleto, fueron molidos hasta obtener un tamaño de partícula aproximado de 1 milímetro, se congelaron a una temperatura aproximada de -20 grados Celsius hasta su tratamiento químico para la obtención de quitina.

Las variables evaluadas definidas para la investigación se dividen respectivamente en las dos secciones del exoesqueleto de camarón, cabeza y caparazón (cola) y, según la procedencia del camarón, ya sea cultivado en viveros artificiales con suministro de alimento programado o de pesca natural proveniente de mar del pacífico, se evalúa el contenido de quitina extractable y se establece una relación con el contenido de minerales presentes como CaCO_3 y MgCO_3 . Estos resultados indican la relación entre el camarón procedente de mar y cultivado en vivero, establece la mineralización total dependiendo el hábitat de crecimiento del camarón.

El rendimiento promedio obtenido con el método de obtención utilizada en porcentaje de recuperación de quitina fue de 35,35 por ciento en la cola de camarón de mar; 35,03 por ciento en la cabeza de camarón de mar; 39,98 por ciento en cola de camarón de vivero; y 38,46 por ciento en cabeza de camarón de vivero.

Los porcentajes promedio de minerales obtenidos en la investigación como carbonato de calcio (CaCO_3) en el exoesqueleto del camarón fueron de 20,57 por ciento en cola de camarón de mar; 16,72 por ciento en cabeza de camarón de mar; 25,12 por ciento en cola de camarón de vivero; y 24,58 por ciento en cabeza de camarón de vivero.

El contenido de carbonato de magnesio (MgCO_3) presente es de 8,57 por ciento en cola de camarón de mar; 10,03 por ciento en cabeza de camarón de vivero; 5,82 por ciento en cola de camarón de vivero; y 6,14 por ciento en cabeza de camarón de vivero.

Con los desechos de camarón (cabeza y cola, mar y cultivado), de la quitina experimental obtenida y de la quitina comercial se realizó un análisis químico proximal para establecer la composición de porcentaje de humedad, cenizas, nitrógeno libre, grasa y proteína para establecer relación entre materia prima y producto final obtenido y comparar este con un estándar comercial.

En el análisis estadístico para datos obtenidos del contenido extractable de quitina y de mineralización a partir del exoesqueleto del camarón de mar y el exoesqueleto de camarón de vivero se realizó a través de un análisis de varianza (ANOVA) para un experimento factorial 22 completamente al azar.

Con los resultados obtenidos en esta investigación se demuestra la eficiencia del método para la obtención de quitina a partir del exoesqueleto del camarón patiblanco del pacífico (*Litopenaeus vannamei*), recuperando porcentajes mayores del 35 por ciento en peso de quitina, con lo cual se pretende reducir considerablemente la contaminación que provocan los desechos de esta industria en las zonas habitacionales cercanas a la región pesquera y de tratamiento de camarón.

OBJETIVOS

General

Evaluar fisicoquímicamente los componentes presentes en el exoesqueleto del camarón, cefalotórax y abdomen provenientes del desecho de la producción de camarón marino y cultivado (*Litopenaeus vannamei*).

Específicos

1. Determinar la proporción del fragmento de mineralización (carbonatos alcalinoterreos) del desecho seleccionado (cabeza y caparazón) en función de la fuente de producción de camarón marino y cultivado (*Litopenaeus vannamei*).
2. Establecer la relación de composición de quitina/carbonatos alcalinotérreos y la relación carbonatos cálcicos/magnésicos presente en el desecho seleccionado de la cabeza y caparazón en función de la fuente de producción de camarón marino y cultivado (*Litopenaeus vannamei*).
3. Establecer la significancia estadística entre la diferencia de contenido de quitina y carbonatos del desecho de camarón cultivado en vivero y de pesca marítima.

Hipótesis

Hipótesis de trabajo

Existe diferencia al evaluar el contenido de quitina extractable según el origen (procedencia) de materia prima.

Hipótesis estadística

Hipótesis nula (H₀)

- No existe diferencia significativa entre el contenido de quitina según la procedencia del camarón, mar y cultivado en vivero.
- No existe diferencia significativa entre el contenido de quitina según la sección del cefalotórax del camarón, cabeza y abdomen (cola).
- No existe diferencia significativa entre el contenido de quitina según la interacción de las variables evaluadas: origen y sección del camarón.
- No existe diferencia significativa entre el contenido de MgCO₃ según la procedencia del camarón, mar y cultivado en vivero.
- No existe diferencia significativa entre el contenido de CaCO₃ según la sección del cefalotórax del camarón, cabeza y abdomen (cola).

- No existe diferencia significativa entre el contenido de $MgCO_3$ según la interacción de las variables evaluadas: origen y sección del camarón.
- No existe diferencia significativa entre el contenido de $CaCO_3$ según la interacción de las variables evaluadas: origen y sección del camarón.

Hipótesis alternativa (H_a)

- Existe diferencia significativa entre el contenido de quitina según la procedencia del camarón, mar y cultivado en vivero.
- Existe diferencia significativa entre el contenido de quitina según la sección del cefalotórax del camarón, cabeza y abdomen (cola)

INTRODUCCIÓN

La quitina es un polímero natural que se clasifica dentro del tipo polisacárido, considerado a menudo como un derivado de la celulosa por sus características, pero con ciertas diferencias en su estructura molecular. La quitina es blanca, dura, inelástica y es la mayor fuente de contaminación superficial de las áreas cercanas al mar. El quitosano, derivado de la quitina, es un polímero con propiedades tales como biocompatibilidad, biodegradabilidad, toxicidad nula entre otros.

La quitina fue aislada por primera vez por Braconnot en 1811, a partir de hongos superiores, y por su origen la denominó fungina. El nombre quitina del griego *xitwuv*, significa cubierta o envoltura, se debe a Odier quien en 1923 la aisló a partir de escarabajos en soluciones alcalinas.

Es un compuesto insoluble en la mayoría de los disolventes comunes, la quitina fue más bien una curiosidad de laboratorio durante muchos años, sin embargo, en la actualidad la quitina y sus derivados han pasado a ser polímeros de gran aplicabilidad en los diversos campos de la actividad humana.

La quitina se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza, tanto en el reino animal como en el vegetal, de hecho es el segundo polímero natural más abundante, sólo superado por la celulosa, por lo que constituye un importante recurso renovable. Este polímero está compuesto por amino azúcares unidos entre sí por enlaces glicosídicos $\beta(1\rightarrow4)$ formando una cadena lineal de unidades de N-acetil-2-amino-2-desoxi-D-glucosa.

La quitina se encuentra presente en artrópodos, insectos, arácnidos, moluscos, hongos y algas, entre otros organismos. En los animales aparece asociada a otros constituyentes, tales como lípidos, colorantes, carbonato de calcio y proteínas. Se estima que solamente la cantidad de quitina de crustáceos presente en el medio marino asciende a 1 560 millones de toneladas.

Aunque la quitina de los hongos presenta algunas ventajas como son: una mayor uniformidad en su composición, disponibilidad durante todo el año y ausencia de sales en la matriz, está asociada a otros polisacáridos como la celulosa, glucano, manano y la poligalactosamina, lo que dificulta su aislamiento.

La quitosana también se encuentra presente en cantidades significativas en algunos hongos, tales como *Mucor rouxii* y *Choanephora cucurbitarum* con un 30 y 28 por ciento de quitosana en base seca, respectivamente, aunque también asociada a otros polisacáridos.

La industria pesquera guatemalteca genera grandes cantidades de desechos de camarones en sus plantas procesadoras, lo que constituye un desecho rico en proteína y quitina que puede ser valorizado si se diseña y aplica un método de extracción de estos componentes de los caparazones para su posterior utilización en diversas esferas de actividad.

Del total de camarones producidos, más del 80 por ciento se exporta pelado y sin cabeza, lo que corresponde a una tercera parte de la masa bruta de los crustáceos, esto significa que en el país quedan más de 1 500 toneladas anuales de estos residuos, que permanecen en las zonas costeras de Guatemala.

Guatemala es un país con una riqueza de biomasa marina incalculable, pero lamentablemente este recurso se explota muchas veces irracionalmente, sin tomar en cuenta las implicaciones medio ambientales que esta genera. Con la apertura de los mercados, las empresas nacionales del sector farmacéutico se ven en la obligación de dirigir sus esfuerzos hacia la investigación y el desarrollo de productos innovadores que les permitan mantenerse compitiendo frente a las grandes empresas a nivel mundial.

El desarrollo de una comunidad vecina a un relleno sanitario o vertedero de residuos (desechos) es un problema de difícil solución. Sin embargo, la utilización de algunos residuos como fuente de materias primas se ha planteado como una oportunidad viable para mejorar las condiciones socio-económico-ambientales de esas zonas.

1. ANTECEDENTES

En el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala se han realizado proyectos de investigación en obtención de quitina y quitosano a partir del exoesqueleto del camarón.

En 2002, el licenciado Leonel Carrillo Ovalle Msc., estuvo a cargo del proyecto titulado, *Evaluación de las características de desecho del camarón marino cultivado (Litopenaeus Vannamei) para su aprovechamiento como fuente de quitina y quitosano y la reducción del impacto medio ambiental del desecho del procesado.*

El proyecto proponía como objetivo principal solucionar el problema ambiental causado por la contaminación orgánica proveniente de la inadecuada disposición de los desperdicios del procesamiento pesquero; los cuales actualmente en su generalidad son vertidos al medio ambiente sin tratamiento previo.

Las variables de estudio de este proyecto se definieron en las dos secciones del exoesqueleto del camarón, cefalotórax y abdomen; y tres centros de procesamiento del mismo.

El proyecto que se plantea tiene como objetivo principal solucionar el problema ambiental causado por la contaminación orgánica proveniente de la inadecuada disposición de los desperdicios del procesamiento pesquero los cuales actualmente en su generalidad son vertidos al medio ambiente sin tratamiento previo alguno.

En 2006, en La Habana, Cuba, el Dr. Carlos Andrés Peniche Covas, realizó la tesis, *Estudios sobre quitina y quitosana*, trabajo presentado para optar el grado científico de doctor en ciencias. Presentando un estudio de obtención de quitina a partir del cangrejo marino y sus diferentes aplicaciones dentro de la industria.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Quitina

Como un escudo de alta eficiencia construido con pura química, es una sustancia que forma parte del caparazón que defiende a insectos, crustáceos, moluscos y otros seres vivos de su contacto con lo externo. La poseen en diversa cantidad jaibas, camarones, langostas, arañas y cucarachas, incluso algunos hongos y algas. Es un compuesto natural con varios beneficios, tanto para el ser humano, como para las industrias farmacéutica, de alimentos, cosmética y de empaques.

Figura 1. **Crustáceos, moluscos e insectos que poseen quitina en su estructura**



Fuente: Ronny Flores, Susana Barrera-Rodríguez. *Obtención de esponjas de quitina a partir de Cefalotórax de camarón para empaques biodegradables usados en la industria alimentaria*. (México: Alfa Editores Técnicos 2006).

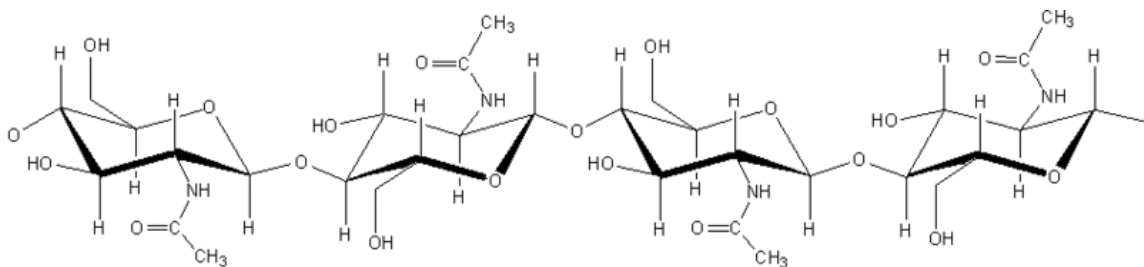
La quitina es considerada un desecho al referirla como una materia prima que filtra agua contaminada, ofrece consistencia a alimentos procesados, atrapa grasa, es bactericida y sirve como envoltura biodegradable.

Su nombre, derivado del griego kítos, significa cavidad o bóveda, y es el sitio en que se encuentra el caparazón de muchos artrópodos. También refiere su capacidad para enfrentar a diversos agentes externos.

La quitina se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza, tanto en el reino animal como en el vegetal.

De hecho es el segundo polímero natural más abundante, sólo superado por la celulosa, por lo que constituye un importante recurso renovable. Este polímero está compuesto por aminoazúcares unidos entre sí por enlaces glicosídicos $\beta(1\rightarrow4)$ formando una cadena lineal de unidades de N-acetil-2-amino-2-desoxi-D-glucosa algunas de las cuales se encuentran desacetiladas.

Figura 2. **Molécula de quitina**

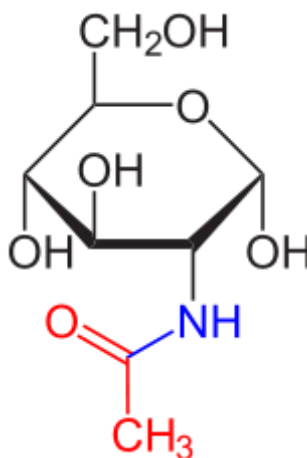


Fuente: Se-Kwon Kim, Chitin, Chitosan. *Oligosaccharides and Their Derivatives: Biological Activities and Applications*. (Usa: Taylor & Francis Group 2011).

La quitina como fuente de N-Acetil-D-Glucosamina (N-AGA) y N-Glucosamina (N-GA) es muy importante, ya que estos aminos azúcares se están estudiando exhaustivamente.

Algunas aplicaciones que tiene la N-Glucosamina es que puede ser adicionada a la tetraciclina para promover la rápida absorción del antibiótico en el torrente sanguíneo y a mantenerlo en un alto nivel durante más tiempo, este efecto es similar para otros antibióticos; también muestra, ser eficaz en el tratamiento de enteritis y colitis.

Figura 3. **Molécula N-acetil-D-glucosamina**



Fuente: Se-Kwon Kim, Chitin, Chitosan. *Oligosaccharides and Their Derivatives: Biological Activities and Applications*. (Usa: Taylor & Francis Group 2011).

La N-AGA es adicionada a los alimentos de infantes debido a que funciona como un factor de crecimiento para los lactobacilos de tracto intestinal, atenuando el problema de mala digestión o intolerancia a la lactosa de la leche, debido a una mala absorción permaneciendo en el intestino delgado sin desdoblarse, causando problemas de diarrea y cólico.

Se han observado también que la N-AGA tiene una acción anticancerígena y antiviral, ayuda a combatir hipertrofia del corazón, algunas disfunciones musculares y para evitar la caída del pelo.

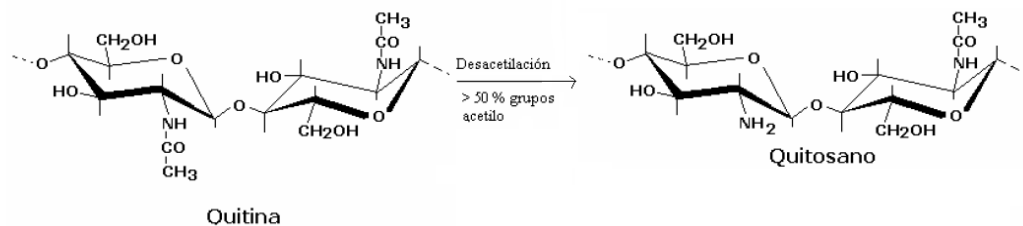
2.2. Quitosano (quitosana o quitosan)

El quitosano es el derivado de la quitina, siendo un polímero con propiedades tales como biocompatibilidad, biodegradabilidad y toxicidad nula, que lo hacen útil para el tratamiento de reconstrucción de la piel con quemaduras graves o con problemas, por medio de sus características humectantes y antibactericidas.

La producción industrial de quitina y quitosano se realiza, por lo general, a partir de exoesqueletos de cangrejo y camarón, desechados de las industrias pesqueras. En este trabajo se presentan los antecedentes, proyecciones y se muestra la obtención de quitosano por modificación de la quitina extraída de exoesqueletos de camarón.

Entre las principales utilidades del quitosano, se puede citar que promueve la pérdida de peso (absorbe y compacta las grasas), controla el colesterol, promueve la recuperación de úlceras y lesiones, acción antibacterial, actúa como antiácido, inhibe la formación de placa en los dientes, ayuda al control de la presión sanguínea, previene la constipación, endurece los huesos (aumenta el contenido de calcio), reduce los niveles sanguíneos de ácido úrico, además de acción antitumores. En los últimos años la mayoría de las investigaciones en el campo de las aplicaciones del quitosano se han enfocado en el estudio de sus propiedades para la liberación de principios activos en el campo de la agricultura, veterinaria y medicina en general.

Figura 4. **Relación estructural entre el monómero de quitina y el monómero del quitosano**



Fuente: Se-Kwon Kim, Chitin. *Chitosan, Oligosaccharides and Their Derivatives: Biological Activities and Applications*. (Usa: Taylor & Francis Group 2011).

2.3. Camarón patiblanco del pacífico (*Litopenaeus vannamei*)

La primera reproducción artificial de esta especie se logró en Florida en 1973 a partir de nauplios procedentes de una hembra ovada silvestre capturada en Panamá.

2.3.1. Antecedentes históricos

Tras los resultados positivos obtenidos en estanques y el descubrimiento de la ablación unilateral (y nutrición adecuada) para promover la maduración en Panamá en 1976, el cultivo comercial de *Litopenaeus vannamei* se inició en centro y sudamérica. El desarrollo subsiguiente de las técnicas para la cría intensiva condujo a su cultivo en Hawaii, área continental de Estados Unidos, y extensas zonas de centro y sudamérica, a principios de la década de 1980.

Desde ese momento, el cultivo comercial de esta especie en América Latina mostró una tendencia de rápido crecimiento (con picos cada 3 o 4 años, en los años cálidos y húmedos de presencia de El Niño, y declives coincidentes

con la irrupción de enfermedades durante los años fríos de presencia de La Niña). A pesar de estos problemas, la producción de *Lp. vannamei* en el continente americano ha continuado incrementándose.

Después de su declive en 1998 en que se alcanzó un volumen pico de 193 000 toneladas, descendiendo a 143 000 toneladas en el 2000, la producción volvió a aumentar a 270 000 toneladas en 2004.

Asia ha experimentado un incremento fenomenal en la producción de *Litopenaeus Vannamei*. A pesar de que a la FAO no le fue reportada producción alguna en 1999, en el 2004 se registraron casi 1 116 000 toneladas.

Sin embargo, debido a los temores relativos a la importación de enfermedades exóticas, varios países asiáticos se han mostrado reacios a impulsar el cultivo de *Litopenaeus Vannamei*, por lo que su cultivo se mantiene oficialmente confinado a pruebas experimentales en Camboya, India, Malasia, Myanmar y Filipinas.

Tailandia e Indonesia, permiten su libre cultivo comercial pero mantienen restricciones oficiales permitiendo únicamente la importación de progenitores libres de patógenos específicos (SPF) o resistentes (SPR). De manera similar, la mayoría de los países Latinoamericanos tienen leyes de estricta cuarentena o vedas para prevenir la importación de agentes patógenos exóticos con la importación de nuevas cepas.

2.3.2. Principales países productores

Los principales países productores de *Litopenaeus vannamei* se muestran en el mapa, mientras que la lista completa de países incluye: China, Tailandia,

Indonesia, Brasil, Ecuador, México, Venezuela, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Belice, Viet Nam, Malasia, P.C. de Taiwán, Islas del Pacífico, Perú, Colombia, Costa Rica, Panamá, El Salvador, Estados Unidos de América, India, Filipinas, Camboya, Surinam, Saint Kitts, Jamaica, Cuba, República Dominicana y Bahamas.

Figura 5. **Principales países productores de *Litopenaeus Vannamei* (estadísticas pesqueras de la FAO, 2006)**



Fuente: María Daniela Caprile, Obtención y Utilización de Quitina y Quitosano a partir de desechos de crustáceos. (Argentina: 2010).

El camarón de pata blanca es nativo de la costa oriental del Océano Pacífico, desde México al Norte, hasta Tumbes en Perú, en aguas cuya temperatura es normalmente superior a 20 grados Celsius durante todo el año. *Litopenaeus vannamei* se encuentra en hábitats marinos tropicales, los adultos viven y se reproducen en mar abierto, mientras que la poslarva migra a las costas a pasar.

Los machos maduran a partir de los 20 gramos y las hembras a partir de los 28 gramos en una edad de entre 6 y 7 meses. Cuando *Lp. vannamei* pesa entre 30 y 45 gramos libera entre 100 000 y 250 000 huevos de aproximadamente 0,22 milímetros de diámetro.

La incubación ocurre aproximadamente 16 horas después del desove y la fertilización. En la primera etapa, la larva, denominada nauplio, nada intermitentemente y es fototáctica positiva.

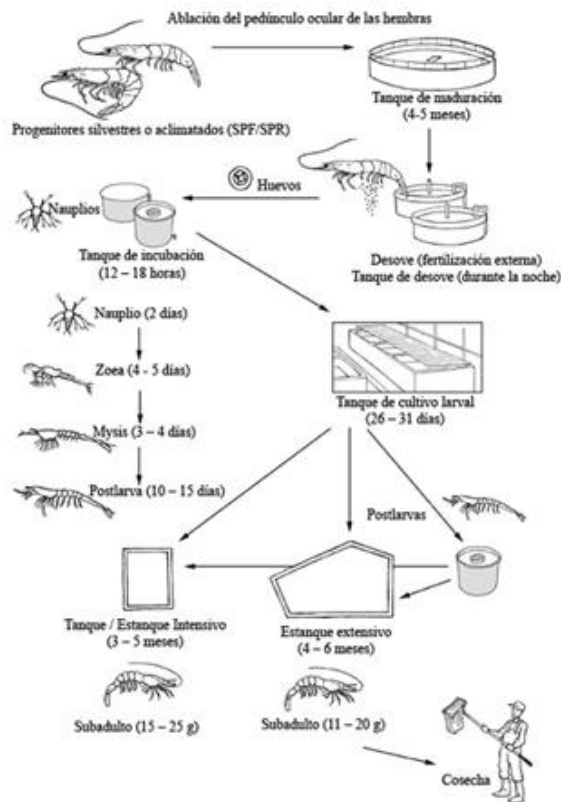
Los nauplios no requieren alimentación, sino que se nutren de su reserva embrionaria. Las siguientes etapas larvarias continúan siendo planctónicas por algún tiempo, se alimentan del fitoplancton y del zooplancton, y son transportados a la costa por las corrientes mareales.

Las postlarvas (PL) cambian sus hábitos planctónicos unos 5 días después de su metamorfosis a PL, se trasladan a la costa y empiezan a alimentarse de detritos bénticos, gusanos, bivalvos y crustáceos.

2.3.3. Ciclo de producción

La cría de camarones y langostinos en ambientes naturales o seminaturales, tiene tres fases principales: maduración y reproducción, desove y cría desde huevo a poslarva, engorde desde poslarva a tamaño comercial.

Figura 6. Ciclo de reproducción del camarón *Litopenaus vannamei*



Fuente: CAPRILE, María Daniela. *Obtención y Utilización de Quitina y Quitosano a partir de desechos de crustáceos*. (Argentina: 2010).

2.3.4. Sistemas de producción

Esta actividad puede encararse de diversas maneras de acuerdo con el nivel de inversión que se quiera realizar y al conocimiento que se tenga de la especie a cultivar en cuanto a su biología, ecología, migraciones y hábitos.

2.3.4.1. Producción en viveros

Los sistemas de incubadoras varían desde los altamente especializados hasta los pequeños no sofisticados, casi siempre ubicadas tierra adentro, desde patios traseros hasta instalaciones sofisticadas e instalaciones con control ambiental y coordinado con unidades para maduración.

Los nauplios se colocan en tanques planos, preferiblemente en forma de 'V' o 'U' con un volumen de 4 a 100 metros cúbicos, construidos con concreto, fibra de vidrio o recubiertos con membranas de materiales plásticos.

Las larvas se crían, o bien hasta PL10–12 en un solo tanque para la cría larvaria, o se cosechan hasta PL4–5 y se transfieren a tanques de flujo rápido con fondo plano y se crían hasta PL10–30. Las tasas de supervivencia de PL10–12 en promedio deben ser superiores al 60 por ciento.

El agua se intercambia regularmente (entre el 10 y el 100 por ciento diariamente) para mantener buenas condiciones ambientales. La alimentación normalmente consiste de organismos vivos (micro algas), complementada con micro cápsulas de alimentos preparados secos o líquidos.

El período de crecimiento hasta PL 12 es de aproximadamente 21 días.

Se brindan los cuidados necesarios para reducir la contaminación bacteriana/patógena de las instalaciones larvarias, mediante el empleo de una combinación periódica de secado y desinfección, sedimentación del agua de entrada, filtración y/o clorinación, desinfección de los nauplios, recambio de agua y el uso de antibióticos o (preferiblemente) probióticos.

2.3.4.1.1. Suministro de alimento

Los precios de los alimentos para *Litopenaus vannamei* varían de 0,6 USD/kg en Latinoamérica y Tailandia hasta 0,7–1,1 USD/kg en los demás países de Asia. Generalmente se alcanzan Factores de Conversión Alimenticia de 1,2 a 1,8:1.

2.3.4.2. Técnicas de cosecha

Para realizar la cosecha de los estanques de cultivos extensivos y semi intensivos, se drenan los estanques durante la marea baja, a través de redes instaladas en la compuerta de salida. Si la marea no permite la cosecha, el agua debe bombearse. En algunas granjas grandes, maquinaria de cosecha bombea el agua y al camarón al borde del estanque, en donde se elimina el agua. Los estanques de cultivos intensivos pueden cosecharse de manera similar, arrastrando también pequeñas redes de dos a seis personas para acorralar al camarón hacia un lado del estanque, de donde se retiran mediante redes atarraya o con cucharas de red o cubetas perforadas.

En los cultivos intensivos asiáticos, las cosechas parciales son comunes a partir del tercer mes. En Tailandia se instala temporalmente una compuerta en una esquina, en el interior del estanque para cosechar estanques con sistemas cerrados.

El camarón es capturado en las redes adosadas a esta compuerta, cuando se bombea el agua. En sistemas súperintensivos, el camarón simplemente se cosecha con grandes redes cuchara, conforme se vaya requiriendo camarón para ser procesado.

2.4. Método experimental para la obtención de quitina

La mayor parte de las técnicas desarrolladas descansan en procesos químicos de hidrólisis de la proteína y la remoción de la materia inorgánica. Algunos incluyen un paso de decoloración de la quitina extraída, mediante una extracción con solvente o la oxidación de los pigmentos remanentes.

Estos métodos utilizan generalmente grandes cantidades de agua y energía, y con frecuencia dan lugar a desechos corrosivos. En la actualidad se investigan tratamientos enzimáticos como una alternativa promisorio.

A tal efecto se han reportado procesos que utilizan extractos enzimáticos o enzimas aisladas y fermentaciones microbiológicas, pero aún sin la eficiencia de los métodos químicos, fundamentalmente en lo que respecta a la eliminación del material inorgánico.

En general los procesos de obtención de quitina se realizan mediante los siguientes pasos consecutivos: acondicionamiento de la materia prima, extracción de la proteína (desproteínización), eliminación de las impurezas inorgánicas (desmineralización), y decoloración de la quitina obtenida. A continuación se brindará una breve información sobre cada uno de estos procesos. Una descripción más detallada de los procesos de obtención de quitina.

2.4.1. Obtención de la materia prima

La quitina comercial se extrae a partir de desechos de crustáceos de la industria pesquera, siendo las principales fuentes los caparazones de cangrejo, camarón, langostino y langosta.

2.4.2. Acondicionamiento de la materia prima

Consiste en el lavado con agua de los caparazones a procesar y separación de la masa que pueda quedar adherida a los mismos. Posteriormente se procede a su molienda hasta el tamaño de partículas adecuado para la extracción, que generalmente es de varios milímetros.

2.4.3. Desproteínización de la materia prima

El procedimiento comúnmente utilizado para desproteínizar consiste en tratar los caparazones de los crustáceos con una solución acuosa diluida de NaOH a temperatura alta (65-100 grados Celsius), con el fin de disolver la proteína. El tiempo de tratamiento suele variar entre 0,5 y 72 horas.

En ocasiones se prefiere realizar dos tratamientos consecutivos por tiempos cortos. Hay que tener en cuenta que tratamientos por largo tiempo o a temperaturas muy altas pueden provocar ruptura de las cadenas y la desacetilación parcial del polímero.

También se han utilizado otros agentes para extraer la proteína, entre los cuales se mencionan los siguientes: Na_2CO_3 , NaHCO_3 , KOH , K_2CO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2SO_3 , NaHSO_3 , Na_3PO_4 y Na_2S .

Los procesos de desproteínización usando extractos enzimáticos o enzimas aisladas y fermentaciones microbiológicas se han probado con relativo éxito, pero la alternativa del tratamiento enzimático/microbiológico, además de consumir largo tiempo, suele dejar de 1-7 por ciento de proteína residual.

2.4.4. Desmineralización de la materia prima

El principal componente inorgánico de los caparazones de los crustáceos es el CaCO_3 , el cual se suele eliminar empleando soluciones diluidas de HCl (hasta 10 por ciento) a temperatura ambiente, aunque también se han utilizado otros ácidos (HNO_3 , HCOOH , HNO_3 , H_2SO_4 , y CH_3COOH).

La concentración del ácido y el tiempo de tratamiento dependen de la fuente, pero deben evitarse los tratamientos a temperaturas más altas, que provocan la degradación del polímero. Un tratamiento alternativo para disminuir la degradación consiste en el empleo del agente acomplejante EDTA (ácido etilendiaminotetracético).

2.4.5. Decoloración de quitina obtenida

La coloración de los caparazones de crustáceos se debe fundamentalmente a la presencia de pigmentos tales como la astaxantina, la cantaxantina, el astaceno, la luteína y el β -caroteno.

Los tratamientos anteriores generalmente no son capaces de eliminar estos pigmentos, los que suelen extraerse a temperatura ambiente con acetona, cloroformo, éter, etanol, acetato de etilo o mezcla de solventes.

También se han empleado agentes oxidantes tradicionales, como el H_2O_2 (0.5-3 por ciento) y el NaClO (0.32 por ciento), aunque debe tenerse presente que éstos suelen atacar los grupos aminos libres e introducir modificaciones en el polímero en caparazones fuertemente coloreados.

2.5. Propiedades de la quitina

Las propiedades de la quitina y la quitosana dependen principalmente de la fuente de obtención y el método de preparación. Estos polímeros difieren entre sí por su distribución, masa molecular y grado de acetilación.

2.5.1. Grado de acetilación

Químicamente, la quitina y la quitosana son poliglucosaminas que son distinguidas solamente por el grado de la acetilación de los grupos amino.

Las quitinas típicas tienen generalmente grado de acetilación entre 70 y 95 por ciento que corresponde a un contenido de acetilo de un 15 a 20,7 por ciento mientras que las quitosanas tienen comúnmente un grado de acetilación entre 15 a 25 por ciento que corresponde 3,2 a 5,3 por ciento del contenido de acetilo.

El grado de acetilación es probablemente el parámetro más importante de estos polisacáridos y determina grandemente sus características funcionales y fisiológicas.

Los factores que afectan el grado de desacetilación incluyen: concentración del álcali, tratamiento previo, y la densidad de la quitina. Los últimos dos factores afectan el índice de penetración del álcali en la región amorfa y en cierto grado también en las regiones cristalinas del polímero, necesitadas para que la hidrólisis ocurra. En la práctica, el nivel máximo de desacetilación que se puede alcanzar en un solo tratamiento alcalino es cerca de 75 a 85 por ciento.

El grado de acetilación es muy importante para obtener un producto soluble, aunque también influye la distribución de los grupos acetilo.

2.5.2. Peso molecular y viscosidad

Otros parámetros importantes son el peso molecular y la viscosidad asociada. Como la quitosana es obtenida de la quitina por desacetilación alcalina, el peso molecular tiene un promedio más bajo al extenderse generalmente entre $1 \times 10^5 - 3 \times 10^5$ Dalton.

La quitosana exhibe una gama amplia de viscosidades en los medios ácidos diluidos que dependen principalmente de su peso molecular. La viscosidad relativa de las quitosanas de alta viscosidad es comparable con la viscosidad de las gomas guar o del tragacanto.

La quitosana es un producto altamente viscoso similar a las gomas naturales. La viscosidad puede variar de 10 a 5000cp. En solución, debido a su comportamiento polielectrolítico, en dependencia de la fuerza iónica del medio, se comporta de manera diferente, lo cual influye notablemente en la viscosidad de la disolución.

Debido a la alta viscosidad de la quitosana en sistemas de $\text{pH} < 5,5$ puede emplearse como espesante, estabilizante o agente de dispersión. La quitina microcristalina producida por hidrólisis controlada de ácido puede ser conveniente para el uso como estabilizante y espesante en alimentos.

La viscosidad y la estabilidad de la emulsión de la quitina microcristalina es de 10 a 20 veces mayor que la de la celulosa cristalina lo que lo hace

conveniente para los usos en fabricación de mayonesa, mantequilla de maní y otros alimentos tipo emulsión.

2.5.3. Solubilidad

Como en la quitina, el grado de cristalinidad y la estructura molecular son los factores dominantes de la solubilidad subyacente, la fuerza mecánica, y otras características funcionales de la quitosana.

La solubilidad y la viscosidad de la quitosana dependen del grado de desacetilación y degradación del polímero, pero también puede verse incrementada por la adición de formaldehído, cloruros de acilo, anhídridos de ácidos o sales de metales alcalinos.

Esto se debe al entrecruzamiento de cadenas que da lugar a un polímero de mayor peso molecular. Estas soluciones acuosas resultantes no pueden ser dispersadas ni disueltas por adición de agua.

Mientras que la quitina es insoluble en los solventes comunes, la quitosana es soluble en ácidos minerales y orgánicos diluidos. La quitosana no es soluble a $\text{pH} > 6,0$ y funciona solamente en sistemas ácidos, siendo una propiedad relevante para su aplicación en alimentos. Debido a la alta densidad de cargas positivas la quitosana se comporta en soluciones ácidas acuosas como una molécula policationica. Este comportamiento no es típico para la quitina debido a su alto grado de acetilación.

La quitosana es insoluble en H_2SO_4 y de solubilidad limitada en H_3PO_4 además es soluble en mezclas de alcohol y agua.

2.5.4. Biodegradabilidad

Como un polímero de interés en sistemas alimenticios, la biodegradación de la quitina y la quitosana es una propiedad importante para ser considerada porque muchas de las aplicaciones en alimentos se relacionan directa o indirectamente con la capacidad de las enzimas para despolimerizarse.

Entre las enzimas (o complejo enzimático) que han sido reportados para ejercer actividad hidrolítica en la quitina y la quitosana se encuentran: quitinasa, quitosanasa, lisozima, celilasa, hemicelulasa, pectinasa, lipasa, dextranasa e iguales proteasas tales como pancreatina, pepsina y papaina. Solamente la biodegradabilidad no es una característica relevante de estos biopolímeros, también la no toxicidad de la degradación de los productos, es lo más significativo para las aplicaciones biomédicas y alimenticias.

La quitosana es bioabsorbible y biodegradable, y se ha demostrado que es lentamente degradada principalmente por las enzimas quitosinasas y lisozimas; con las primeras, la biodegradación sucede hasta en un 75 por ciento, y hasta en un 35 por ciento con lisozimas.

2.5.5. Propiedades funcionales

La quitosana puede formar espumas, emulsiones, geles con polianiones, y retener humedad por la presencia de los grupos amino libres que al disolverse en solución acuosa acidificada adquieren carga positiva.

En relación con la capacidad de la quitosana para formar espuma se ha demostrado que la quitosana realza la capacidad de formación de espuma y la

estabilidad de la espuma formada por el huevo, debido a su carga positiva que interactúa con la carga negativa de las proteínas del huevo.

Además se ha documentado que la quitosana de bajo peso molecular promueve eficazmente la formación de espuma. En un estudio realizado en mezclas de aislado de suero y quitosana se mostró un mejoramiento de las propiedades de la espuma con quitosanas entre 0,4 y 0,6 por ciento y dentro de un estrecho rango de pH (5,5-6,0).

Una mezcla de quitosana y lecitina fue utilizada para formar emulsiones y evaluar sus propiedades, obteniéndose una emulsión estable, de pequeños glóbulos grasos con grandes cargas positivas, debido a la adsorción de quitosana a la superficie de las gotas de grasa. Esto demostró la capacidad de la quitosana para formar emulsiones.

La estabilidad de la emulsión depende de la concentración de la solución de quitosana. En un estudio realizado cuando la concentración de la solución de quitosana fue de 0,2 por ciento, se produjo una separación de fases para todos los valores del rango de desacetilación (75-95 por ciento) estudiado.

La estabilidad de la emulsión se incrementó en un 10 por ciento al adicionar 0,1 por ciento de quitosana en estudios realizados para demostrar su efecto sobre la capacidad emulsionante de la yema de huevo. Además incrementó la viscosidad de la mayonesa sin variar las propiedades sensoriales de la misma.

Se ha demostrado que la quitosana es capaz de formar geles en solución con excelentes propiedades.

La presencia de quitosana disminuye la sinéresis del gel debido a su capacidad de retención de agua, variando sus propiedades mecánicas. La pérdida de agua es menor mientras mayor sea el tamaño de la molécula. La quitosana adsorbe de 230 a 440 por ciento de agua, superando el almidón de papa y a la carboximetilcelulosa (CMC).

Otras propiedades descritas han sido baja toxicidad, afinidad hidrófila, estabilidad frente a la putrefacción y modelable.

2.5.6. Propiedades antimicrobianas

Se ha reportado que la quitosana controla el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras y ha sido aplicada para suprimir estos organismos en tejidos de plantas y alimentos.

La quitosana, al tener un ion positivo con una base amino (NH_2) atrae moléculas cargadas negativamente. Su actividad antibacteriana ha sido explicada por el entrecruzamiento entre una quitosana policationica y los aniones presentes en la superficie bacteriana, provocando alteraciones en la permeabilidad de la pared celular.

Esta propiedad de la quitosana se evidenció en un estudio realizado en mayonesa pues disminuyó perceptiblemente el conteo de células viables de microorganismos deteriorantes como el *Lactobacillus fructivorans* y *Zygosaccharomyces bailii* durante el almacenamiento a 25 grados Celsius. Estos resultados sugieren que la quitosana puede ser utilizada como preservante de alimentos para inhibir el crecimiento de dichos microorganismos.

Se ha demostrado la susceptibilidad de la *Salmonella typhimurium* en glutamato y lactato de quitosana en bufer de fosfato (pH=5,8) a 32 grados Celsius. Además actúa sobre la *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes* y *Sacharomyces cerevisiae*.

También se ha utilizado quitosana en salchichas, como sustituto del nitrito, para inhibir bacterias; observándose que cuando se utilizó 0.2 por ciento de quitosana (con peso molecular de 120 KDa) y 50 por ciento de niveles normales de nitrito en salchichas, el efecto preservante fue similar a aquellas salchichas que contenían todo el nitrito. El mayor crecimiento bacteriano fue inhibido al 80 por ciento por 0,01-0,2 ´ por ciento de quitosana.

Los efectos de la quitosana en levaduras y hongos filamentosos asociados con el deterioro del jugo de manzana han sido estudiados. La quitosana redujo la velocidad de crecimiento de varios microorganismos pero el efecto fue determinado por su concentración.

Por ejemplo: 1 gramo por litro de quitosana redujo la velocidad de crecimiento del *Mucor racemosus* y sin embargo, 5 gramos por litro fueron requeridos para completar la inhibición del crecimiento de *Byssoschlamys spp.*

La levadura más sensible fue *Zygosaccharomyces bailii* y no creció en presencia de 0,1 gramos por litro de quitosana durante el almacenamiento por 32 días a 25 grados Celsius.

Un estudio reciente demostró que la quitosana produce un incremento en la síntesis de compuestos fenólicos preformados en semillas de maní maduro, lo que produjo una inhibición del crecimiento del *Aspergillus flavus* y posterior producción de aflatoxinas por inducción de tejidos susceptibles.

El efecto de la quitosana en el desarrollo del deterioro de empanadas de picadillo de carne de vaca almacenadas a 30 grados Celsius por 2 días y a 4 por 10 grados Celsius días fue investigado, mostrando una reducción de 1 a 2 ciclos logarítmicos de pseudomonas, estafilococos, coliformes, bacterias gram-negativas y micrococos en presencia de 1 por ciento de quitosana. Sin embargo, el número de organismos viables presentes en la carne antes de comenzar el experimento fue generalmente mayor ($>10^7$ unidades formadoras de colonias/gramo) y es posible que la adición de quitosana habría podido ser más eficaz teniendo poblaciones iniciales más bajas.

Las inmersiones en quitosana han sido investigadas como un posible medio para extender la vida de anaquel poscosecha de frutas frescas y vegetales. Por ejemplo, en fresas frescas y pimientas campana sumergidas en soluciones ácidas de quitosana, inoculadas con *Botrytis cinérea* o *Rhizopus stolonifer*, ha sido reportada una resistencia al deterioro a 13 grados Celsius igual que las frutas tratadas con un fungicida químico convencional.

La quitosana es usada como un preservante de alimentos en Japón, en productos tales como tallarines, salsa de soja, col china y sardinas.

2.5.7. Propiedades biológicas. Efectos dietéticos y metabólicos

Se ha establecido que la quitosana no puede ser digerida por los seres humanos así que está considerada como una fibra dietética con un contenido calórico cero. Un estudio en ratas demostró que la quitosana reduce la absorción de ácidos biliares y disminuye los niveles de colesterol en sangre.

La absorción del colesterol en ratas alimentadas con una dieta con quitosana fue más baja que las dietas que contenían goma guar o celulosa. Un pequeño estudio en humanos mostró que la ingesta de 3 a 6 gramos de quitosana por día durante 2 semanas reduce los indicadores de putrefacción en los intestinos, un cambio que puede ayudar a prevenir enfermedades como el cáncer de colon.

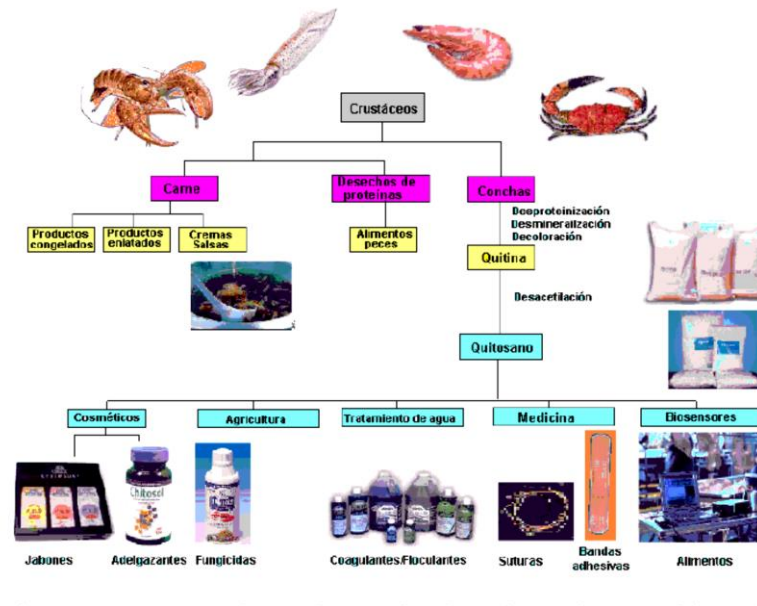
La quitosana de bajo peso molecular, al ser absorbida, tiene otros efectos beneficiosos en el organismo como la regeneración del tejido conectivo, ayuda a la formación de los huesos, evita la aparición de tumores, estimula el sistema inmunológico, entre otros.

Los posibles efectos nocivos de un producto con exceso de quitosana (sobre el 5 por ciento) incluyen el deterioro de nutrientes esenciales tales como vitaminas liposolubles, ácidos grasos esenciales, y minerales. También se ha observado que el exceso de quitosana da lugar a trastornos físicos del tracto intestinal, como abrasión mecánica.

2.6. Aplicaciones de la quitina

Por sus naturalezas catiónica en soluciones ácidas, que le confiere propiedades únicas relativas a otros polisacáridos, la industria de la quitosana y algunos de sus derivados se ha estimulado internacionalmente, encontrándose un amplio universo de aplicaciones.

Figura 7. Esquema general del aprovechamiento y aplicaciones de la quitina y quitosano



Fuente: CAPRILE, María Daniela. *Obtención y Utilización de Quitina y Quitosano a partir de desechos de crustáceos*. (Argentina: 2010).

2.6.1. Aplicaciones biomédicas

Este biomaterial ha sido ensayado para múltiples aplicaciones biomédicas, facilitando el proceso de cicatrización en heridas, lesiones por quemaduras y la recuperación de lesiones cutáneas crónicas; sus efectos han sido asociados con la activación de macrófagos, estimulación de fibroblastos activación mitogénica y facilitación de adhesión intercelular.

2.6.2. Aplicación en la agricultura y operaciones pos cosecha

En la agricultura, su aplicación potencial se basa en su doble cualidad de inhibir el crecimiento *in vitro* de hongos y bacterias fitopatógenas, así como activar mecanismos de defensa en las plantas estrechamente relacionados con la inducción de resistencia sistémica al ataque de microorganismos.

Estos usos vienen dados fundamentalmente por su alto contenido de aminas, que le confiere una naturaleza policationica de alta densidad de carga, además de su elevada masa molecular. Se ha demostrado que la quitosana es un poderoso inhibidor fúngico, y que induce a una mejor germinación y producción de la cosecha en trigo. Además, en experimentos sembrados en localidades con severa inducción de Fusarium amarillo en apio, la incidencia de la enfermedad y la severidad fueron reducidos significativamente.

2.6.3. Tratamiento de aguas residuales

Entre las diversas aplicaciones documentadas para la quitosana, su uso como agente coagulante o floculante, para el tratamiento de aguas residuales, es el más importante desde el punto de vista económico. La eliminación de colores, metales pesados, materiales radioactivos y taninos es también factible usando quitosana.

2.6.4. Industria cosmética

Se emplea en la elaboración de cremas humectantes, limpiadoras, pasta de dientes, lociones de baño, otros.

2.6.5. Industria alimenticia

En la industria alimenticia se han reportado múltiples aplicaciones entre las que se encuentran:

- Desacidificación y clarificación de jugos
- Industria panadera
- Como agente antimicrobiano
- Empleo en alimentos dietéticos
- Como emulsificante
- Como preservante
- Películas comestibles

La quitina desacetilada parcialmente con variados niveles de N-acetilación (grado de acetilación =0,49-1,0, insoluble en solución ácida), ha sido utilizada como un material adsorbente de intercambio de ion para clarificar jugo de piña ultrafiltrado.

Muestras de quitina con menor grado de acetilación removieron cuerpos de colores indeseables responsables del desarrollo de la coloración. La quitosana ha sido también usada acertadamente para evitar la coloración de jugo de manzana a niveles de 200 partes por millón o más. La eliminación de componentes fenólicos (catequinas, flavinas, ácidos cinnámicos, otros) del vino blanco los cuales son responsables de las alteraciones del bronceado y de la maderización, es una operación importante para estabilizar el producto.

Esto es normalmente alcanzado por clarificación con materiales adsorbentes (albúmina de huevo, silica, bentonita y plivinipirrolidona).

En estudio reciente, la quitosana (grado de acetilación =0,22-0,4) fue un adsorbente efectivo de componentes polifenólicos y ácido hidroxicinámico tanto como el caseinato comercial y polivinilpirrolidona (PVP).

En la industria alimenticia, la microencapsulación puede ser empleada para enmascarar organolépticamente el gusto amargo y olores desagradables en alcaloides, sales o aceites de pescado. El material encapsulado debe satisfacer, entre otros, los siguientes requerimientos: buena calidad sensorial, poseer estabilidad físico química y microbiana, libre de residuos tóxicos, seguro para la salud y no contaminante.

La quitosana es un biopolímero natural que cumple con esos requerimientos y ha sido usada como aditivo alimentario y como componente en cubiertas de comestibles.

Inmovilización de células y enzimas. Tales sistemas tienen perspectivas prometedoras debido a la relevante gama de aplicaciones especializadas en sistemas alimenticios. Las enzimas inmovilizadas ofrecen la posibilidad de conservar su actividad en solventes orgánicos. Otra ventaja intrínseca de inmovilizar las enzimas, es que pueden ser reutilizadas muchas veces.

La quitina ha sido estudiada por ser un buen soporte para inmovilización de enzimas, según parece ofrece una alta estabilidad mecánica, apropiada densidad y baja solubilidad en muchos solventes.

Ejemplos de enzimas industriales de alto uso en la industria de los alimentos las cuales han sido inmovilizadas en quitina o quitosana, incluyen α -amilasa y glucoamilasa, D-glucosa isomerasa, α -D-galactosidasa, p-galactosidasa, papaina, pepsina, α quimotripsina.

La dosis de quitosana como un componente funcional (espesante, emulgente, goma alimentaria) generalmente no excede el 0,5 por ciento de la masa del producto.

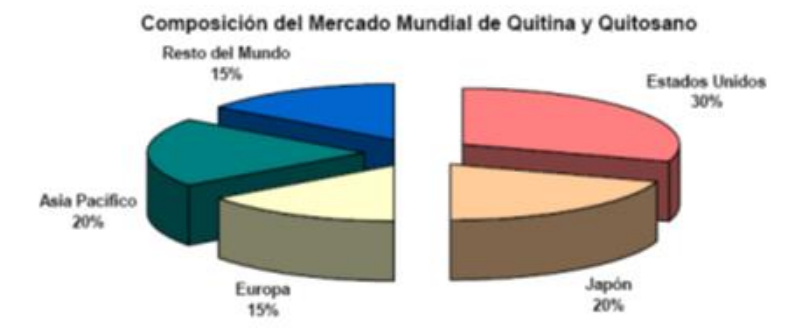
2.7. Caracterización del mercado mundial de quitina y quitosano

El mercado mundial de oferentes de quitina y quitosano está formado por diferentes actores. Liderando el mercado se encuentran Estados Unidos y Japón.

Según un estudio realizado por la Sociedad Asiática de Quitina (1996), el mercado mundial de quitosano en 1994 era de 1 000 toneladas, de las cuales 800 toneladas eran utilizadas en Japón, esto demuestra la gran importancia de este país como productor y consumidor. Esta situación puede explicarse si se tiene en cuenta que el mismo estuvo a la vanguardia en la producción de éstos biopolímeros ya que inició sus actividades en la década del 70`.

Actualmente el panorama mundial se ha visto modificado y por lo tanto la producción y el consumo se encuentran descentralizados con respecto a la situación anteriormente mencionada, en dónde no solo ha aumentado el volumen de producción con la participación de nuevos actores globales, sino también los nuevos campos de aplicación han encontrado nuevos mercados que poseen un potencial de desarrollo futuro muy promisorio.

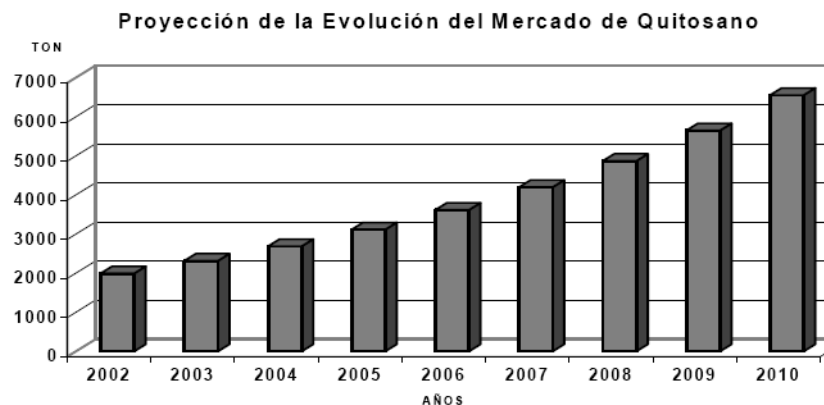
Figura 8. **Composición del mercado mundial de quitina y quitosano**



Fuente: CAPRILE, María Daniela, *Obtención y Utilización de Quitina y Quitosano a partir de desechos de crustáceos*. (Argentina: 2010).

Un estudio de investigación realizado por Global Industry Analyst, Inc., de la producción mundial de quitina y quitosano proyectada para el 2010 arroja como resultado una tasa de crecimiento anual del 16 por ciento. El gráfico expuesto a continuación muestra la proyección estimada para el 2010:

Figura 9. **Proyección anual del mercado de quitina y quitosano**



Fuente: CAPRILE, María Daniela. *Obtención y Utilización de Quitina y Quitosano a partir de desechos de crustáceos*. (Argentina: 2010).

3. DISEÑO METODOLÓGICO

La parte experimental del trabajo de graduación se realizará en las siguientes instalaciones:

- Laboratorio de Análisis Físicoquímicos de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.
- Laboratorio del Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química, de la Facultad de Ingeniería.
- Planta Piloto de Extracción – Destilación del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.1. Variables

Para el diseño del tratamiento que permita generar datos para el posterior análisis estadístico, se parte de la obtención de la muestra, ya que la investigación tiene como fin el evaluar el porcentaje de rendimiento de extracción de quitina de desechos de ventas de camarón, de las secciones del exoesqueleto cabeza y caparazón, tomando como factores de estudio la procedencia del camarón, siendo cultivado y de mar.

Para el diseño de los tratamientos se utilizará un diseño completamente al azar con un arreglo combinatorio, en el cual se aplicó un experimento factorial evaluando dos secciones del exoesqueleto del crustáceo (caparazón y cola) y dos diferentes lugares de procedencia (cultivado y marino), con cinco repeticiones cada uno, para un total de 20 tratamientos.

3.1.1. Variables de control

La maduración se encuentra regulada por dos tipos de factores ambientales y hormonales. A continuación se muestran las variables involucradas para el desarrollo de la investigación.

Tabla I. Definición operacional de las variables

No.	VARIABLE	UNIDAD
1	PESO DE QUITINA	g
2	VOL NaOH	mL.
3	CONCENTRACIÓN NaOH	% Peso
4	VOL HCl	mL.
5	CONCENTRACIÓN HCl	% Peso

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Variables independientes

Como se dijo anteriormente la maduración depende de una serie de factores tales como: alimentación, temperatura, luz (intensidad, fotoperíodo) y factores hormonales intrínsecos de cada especie. A continuación se muestra las variables independientes en el proceso de obtención de quitina.

Tabla II. **Definición operacional de las variables independientes, para la obtención de quitina a partir del exoesqueleto del camarón (*Litopenaeus Vannamei*)**

No.	Variable de proceso	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Masa camarón limpio, base seca.	Gramos (g)	Masa de muestra de camarón pulverizado base seca. Fue la misma para todas las muestras.
2	Masa de quitina recuperada	Gramos (g)	Masa de quitina recuperada según procedimiento experimental. Se utilizó balanza analítica.
3	Volumen de NaOH	mL.	Volumen de NaOH utilizado para la etapa de desproteización de materia prima.
4	Volumen de NaClO	mL.	Volumen de NaClO utilizado para el blanqueamiento y purificación de quitina recuperada
5	Volumen de HCl	mL.	Volumen de HCl utilizado para la etapa de desmineralización de quitina recuperada.
6	Concentración de NaOH	% en peso	Concentración de NaOH utilizado para la etapa de desproteización de materia prima.
7	Concentración de NaClO	% en peso	Concentración de NaClO utilizado para el blanqueamiento y purificación de quitina recuperada
8	Concentración de HCl	% en peso	Concentración de HCl utilizado para la etapa de desmineralización de quitina recuperada.

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

Las costas de Guatemala son una de las principales fuentes de crustáceos de excelente calidad en el mundo. La industrialización y comercialización de camarones es una importante fuente de recursos para nuestro país pero, a su vez, crea un enorme problema medioambiental: los caparazones de los crustáceos, desechados por las fábricas tras la extracción de la parte comestible, se acumulan en enormes basurales que constituyen un serio residuo contaminante, representando un impacto ambiental negativo.

Guatemala es un país con una riqueza de biomasa marina incalculable, pero lamentablemente este recurso se explota muchas veces irracionalmente, sin tomar en cuenta las implicaciones medio ambientales que esto genera.

Con la apertura de los mercados, las empresas nacionales del sector farmacéutico se ven en la obligación de dirigir sus esfuerzos hacia la investigación y el desarrollo de productos innovadores que les permitan mantenerse compitiendo frente a las grandes empresas a nivel mundial.

El aprovechamiento de estos desechos constituye una oportunidad de desarrollo industrial, y a la vez, una solución inteligente para el problema ambiental que los mismos generan.

La quitina, polímero natural de la acetilglucosamina, se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza. Se estima que la biosfera produce anualmente alrededor de unos 100 millardos de toneladas de este material.

Es el segundo polímero más abundante en la naturaleza después de la celulosa y se encuentra en los exoesqueletos de crustáceos, artrópodos y hongos.

La quitina y sus derivados son biopolímeros de amplio uso en agricultura e industria alimentaria, farmacéutica o del plástico. Se han elaborado productos nutraceuticos, nematocidas y funguicidas para uso agrícola, aditivos alimentarios a base del derivado desacetilado de la quitina (quitosano), algunos tipos de plásticos biodegradables y para el tratamiento de aguas residuales.

La metodología tradicional de obtención de quitina, a partir de residuos de la industria camaronera, si bien ofrece una posibilidad de desvío de contaminantes, utiliza una cantidad de materiales y energía que hace el proceso en su totalidad poco sustentable.

De esa manera se describe una metodología sencilla que requiere menor cantidad de energía y materiales, minimizando con esto el impacto ambiental de la actividad de recuperación de la quitina. Esto significa un aporte a las externalidades ambientales positivas, relacionadas con la recuperación de quitina de los residuos de la industria camaronera.

Se utilizará para la obtención de quitina del camarón *Litopenaus vanamei* de dos distintas procedencia, de mar y cultivado en vivero en base a técnicas de alimentación y reproducción, y se seccionaran dos partes del exoesqueleto del camarón, cefalotórax y abdomen, para obtener una diferencia comparativa entre las secciones del camarón y de su procedencia.

3.2.1. Área de campo de estudio

En áreas geográficas donde las fluctuaciones estacionales de temperatura son muy marcadas, la maduración en cautividad se debe realizar en instalaciones cerradas con control de temperatura. Fundamento del conocimiento: bioquímica. Aplicación del procedimiento experimental: biotecnología.

3.2.2. Proceso de investigación

Evaluación del contenido extractable de quitina a partir de los desechos de camarón (*Litopenaeus vannamei*) y comparación de contenido de minerales dependiendo la procedencia.

3.2.3. Etapa del proceso

Recolección de la materia prima, limpieza, desproteínización, desmineralización blanqueo, desacetilación, purificación y determinación del contenido de nitrógeno total del quitosano, mediante ensayos de laboratorio.

3.2.4. Ubicación para la recolección de la materia prima

En el mercado de la zona 4 de la ciudad de Guatemala se obtuvo la materia prima. La obtención del quitosano se llevó a cabo en el Laboratorio de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

El análisis químico proximal se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Veterinaria, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.2.5. Clima para el desarrollo de la investigación

Se encontró semicálido entre los (20 y 25 grados Celsius) en la ciudad de Guatemala y con 68 por ciento de humedad relativa promedio durante el desarrollo de la investigación.

3.2.6. Viabilidad para el desarrollo de la investigación

La investigación fue factible, es posible llevar a cabo sin restricciones, por el volumen de desechos de la industria pesquera en cuanto a camarón (*Litopenaeus vannamei*).

3.2.7. Tipo de estudio

El tipo de estudio que se aplicó en el trabajo de graduación es el experimental, ya que provee un método lógico que indica el resultado bajo condiciones cuidadosamente controladas. Se plantearon hipótesis y se experimentó, en este caso fue la obtención de quitina de la quitina a partir de desechos de camarón.

3.3. Recursos humanos disponibles

Consiste en la planeación, organización, desarrollo y coordinación, así como también control de técnicas, capaces de promover el desempeño eficiente del personal.

Investigador:	Edwin Estuardo Esmieu De León
Asesor:	Ing. Qco. Cesar Alfonso García
Coasesor:	Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco

3.4. Recursos materiales disponibles

Son aquellos bienes tangibles, propiedad de la empresa, instalaciones, edificios, terrenos, equipo, maquinaria, herramientas, vehículos, por mencionar algunos.

3.4.1. Materia prima

Se conocen como materia prima a la materia extraída de la naturaleza y que se transforma para elaborar materiales que más tarde se convertirán en bienes de consumo.

- Caparazón de camarón marino
- Caparazón de camarón cultivado
- Cabeza de camarón marino
- Cabeza de camarón cultivado

Figura 10. **Materia prima de desecho de camarón**



Fuente: Laboratorio Química Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.4.2. Cristalería, equipo y otros materiales

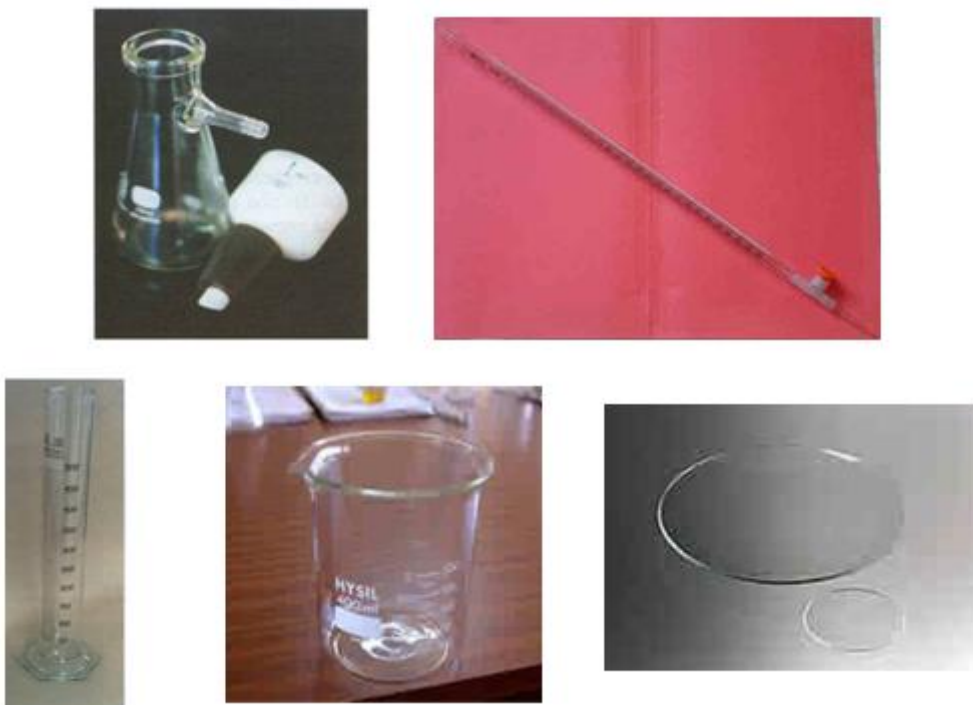
En un laboratorio de química se utilizan diversos materiales de laboratorio; a aquellos que están constituidos principalmente por vidrio, se los denomina material de vidrio.

3.4.3. Cristalería

Ciertos materiales son creados y graduados para poder medir volúmenes con mayor precisión en estos casos se habla de material volumétrico. El vidrio es uno de los materiales más antiguos y más utilizados en química. Para su uso en el laboratorio es común que estos materiales sean refractarios (resistentes al calor), para evitar accidentes cuando sea necesario exponer alguno de estos a llamas u asadores.

- Quitasatos
- Buretas
- Probetas
- *Earlenmeyers* de diferentes tamaños
- *Beakers* de diferentes tamaños
- Embudo para filtración Buchner
- Vidrios de reloj

Figura 11. **Cristalería esencial para la obtención de quitina**



Fuente: Laboratorio Química Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.4.4. Equipo

Estos recipientes sirven para hacer experimentos o ensayos, los hay en varias medidas y aunque, generalmente son de vidrio también los hay de plástico.

- Planchas de calentamiento con agitación
- Pinzas universales
- Estufa
- Balanzas de capacidad media
- Potenciómetros

Figura 12. **Equipo eléctrico esencial para la obtención de quitina**



Fuente: Laboratorio Química Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.4.5. Otros materiales

Para determinar los recursos del proyecto se debe definir cuáles se necesita para cada una de las tareas o acciones por realizar. Es decir, para cada acción.

- Papel mayordomo
- Jabón y detergente
- Bolsas de polietileno
- Etiquetas de cartulina

3.4.6. Reactivos

Toda sustancia que interactúa con otra en una reacción química y que da lugar a otras sustancias de propiedades, características y conformación distinta, denominadas productos de reacción o simplemente productos.

- Ácido clorhídrico grado reactivo
- Hidróxido de sodio grado reactivo
- Hipoclorito de sodio grado comercial
- Hexano grado reactivo
- Etanol absoluto grado industrial
- EDTA grado reactivo
- Negro de ericromo T para análisis
- Calcón para análisis
- Hidróxido de amonio grado reactivo
- Estándar de carotenos
- Estándar de quitina (1 gramos) grado purificado método Skujins
- Quitina en polvo grado práctico (10 gramos)
- Quitosano en polvo grado práctico (10 gramos)

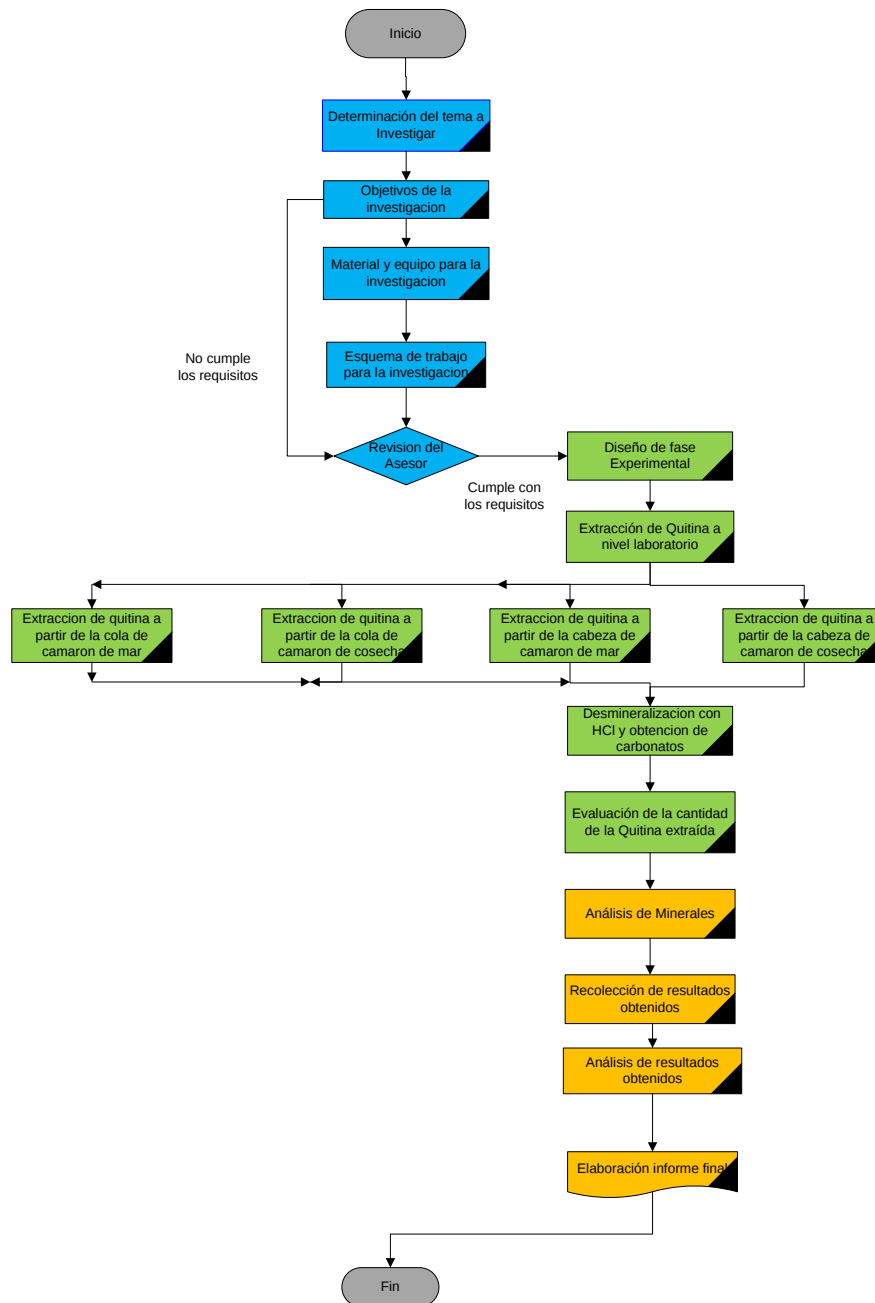
3.5. Técnica cuantitativa

Son métodos que buscan los hechos o causas del fenómeno. Pueden ser números o estadísticas. Por lo general tienen una connotación positiva, deductiva, de ciencias naturales.

3.5.1. Procedimiento de trabajo

Secuencia de las operaciones a desarrollar para realizar un determinado trabajo, con inclusión de los medios materiales de trabajo o de protección y humanos, cualificación o formación de personal necesarios para llevarlo a cabo.

Figura 13. Diagrama de procedimiento para obtención de quitina partir de camarón (*Litopenaeus Vanamei*)



Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Etapas del proceso para la obtención de quitina

Se refieren a la secuencia de actividades requeridas para elaborar la extracción. Generalmente existen varios caminos que se pueden tomar para realizarlo.

3.5.2.1. Etapa preliminar

Planteamiento de los estudios y trabajo a realizar, esta etapa es donde se realizaron y se definieron los objetivos de dicho estudio para poder así evaluar a los objetivos propuestos.

3.5.2.2. Documentación

Buscar los estudios publicados que estén relacionados con la investigación, esta etapa es donde se realizará la investigación teórica la cual consiste en pedir la asesoría de diferentes profesionales que tengan experiencia en el área de investigación, así como consultas en libros de texto relacionados con el tema.

3.5.2.3. Obtención de la materia prima

La quitina comercial se extrae a partir de desechos de crustáceos de la industria pesquera, siendo las principales fuentes los caparazones de cangrejo, camarón, langostino y langosta. Las técnicas de extracción reportadas son muy variadas, pues dependen en gran medida de las características de la fuente, la composición del material de partida varía notablemente de una especie a otra.

La mayor parte de las técnicas desarrolladas descansan en procesos químicos de hidrólisis de la proteína y la remoción de la materia inorgánica. Algunos incluyen un paso de decoloración de la quitina extraída, mediante una extracción con solvente o la oxidación de los pigmentos remanentes.

Estos métodos utilizan generalmente grandes cantidades de agua y energía, y con frecuencia dan lugar a desechos corrosivos. En la actualidad se investigan tratamientos enzimáticos como una alternativa promisorio.

A tal efecto se han reportado procesos que utilizan extractos enzimáticos o enzimas aisladas y fermentaciones microbiológicas, pero aún sin la eficiencia de los métodos químicos, fundamentalmente en lo que respecta a la eliminación del material inorgánico.

En general los procesos de obtención de quitina se realizan mediante los siguientes pasos consecutivos: acondicionamiento de la materia prima, extracción de la proteína (desproteínización), eliminación de las impurezas inorgánicas (desmineralización), y decoloración de la quitina obtenida. A continuación se brindará una breve información sobre cada uno de estos procesos. Una descripción más detallada de los procesos de obtención de quitina y de quitosana se puede encontrar en las referencias.

3.5.2.4. Acondicionamiento de la materia prima

Consiste en el lavado con agua de los caparazones a procesar y la separación de la masa que pueda quedar adherida a los mismos. Posteriormente se procede a su molienda hasta el tamaño de partículas adecuado para la extracción, que generalmente es de varios milímetros.

3.5.2.5. Procedimiento de la recolección y preparación de los exoesqueletos

Se procedió a la recolección de camarón en mercados. Los residuos fueron separados de sus caparazones, para luego ser lavados tenazmente con abundante agua.

- Se procedió a la recolección de la cabeza y el abdomen del exoesqueleto del camarón.
- Los residuos de camarón, patas, colas y carne fueron separados de sus caparazones, para luego ser lavados con abundante agua ozonizada, quitándoles los restos orgánicos que pudieran estar presentes.
- Los exoesqueletos obtenidos, fueron secados en un secador de bandejas a 60 grados Celsius por 72 horas hasta peso constante.
- Los exoesqueletos secos libres de patas y cola se sometieron a un proceso de pulverización.

3.5.2.6. Procedimiento de la desproteínización

Describiendo lo que corresponde a esta investigación, se inicia con el procedimiento químico. Los pasos para conseguir la desproteínización se mencionan a continuación.

- Se preparó una solución de hidróxido de sodio al 0,5 por ciento.
- Los caparazones se sometieron a cocción con el hidróxido de sodio en una relación 1:10 por 2 hora a 50 grados Celsius.
- Se filtró al vacío y se trabajó con el sólido precipitado.
- Se preparó una solución de hidróxido de sodio al 3 por ciento.

- Luego el sólido precipitado se trató con la solución de hidróxido de sodio en una relación 1:10 por 1 hora a 60 grados Celsius.
- Se descartó el líquido sobrenadante y luego se lavó hasta pH neutro.
- Se filtró al vacío.

3.5.2.7. Procedimiento de la desmineralización

Para llevar a cabo la desmineralización de los exoesqueletos, se pesó una cantidad del polvo del crustáceo y se colocó en un matraz conteniendo una solución.

- Se preparó una solución de ácido clorhídrico a 0,5 molar.
- El sólido remanente obtenido, se desmineralizó con 400 mililitros de HCl a 0,5 molar a temperatura ambiente por 60 minutos.
- Se lavó hasta pH neutro.
- Luego se filtró al vacío y se descartó el líquido obtenido.

3.5.2.8. Procedimiento del blanqueo

Este proceso es importante en la obtención de quitina, para su caracterización se debe realizar con sumo cuidado y atención. A continuación se describe los pasos.

- El residuo sólido obtenido se trató con una solución de 300 mililitros de hipoclorito al 3 por ciento durante 30 minutos.
- Se lavó y se filtró hasta descartar el líquido.

3.5.3. Análisis químico proximal

El método convencional de evaluación que se usa para determinar el contenido de sustancias nutritivas de un alimento de origen animal o vegetal es llamado análisis proximal o análisis de Weende.

3.5.3.1. Proteína cruda

Se determina el porcentaje de proteína cruda presente en la muestra a analizar por medio del Método Macro-Kjeldahl. La muestra es digestada en H_2SO_4 , utilizando un catalizador Kjeldahl ($\text{CuSO}_4/\text{TiO}_2$) para así convertir el nitrógeno en amoníaco NH_3 el cual es destilado y titulado.

- Reactivos
 - Solución de hidróxido de sodio (NaOH) concentrado (álcali)
 - 400 gramos de NaOH (pellets o escamas) en 1 litro de agua
 - Indicador de proteína
 - Ácido sulfúrico concentrado
 - Agua destilada
- Equipo
 - Digestor: tubos Kjeldahl con capacidad de 500-800 mililitros.
 - Destilador: *Kjeltek system*, el tubo estará conectado a la trampa del destilador por medio de una unión de hule. El tubo donde saldrá el destilado tendrá que ser menor que 4 milímetros de diámetro.

3.5.3.1.1. Procedimiento

Se refieren a la secuencia de actividades requeridas para elaborar la extracción. Generalmente existen varios caminos que se pueden tomar para realizarlo.

- Pese una muestra de 0,3 gramos de muestra seca en la balanza analítica.
- Colocar la muestra en el tubo de *Kjeltek*.
- Agregar 1 gramo de pastilla *Kjeldahl* previamente molida y pulverizada.
- Agregar 10 mililitro de ácido sulfúrico concentrado a los tubos *Kjeltek*.
- Colocar en gradilla y en plancha de calentamiento en la extensión de laboratorio.
- Dejar durante 1 hora a 350 grados Celsius hasta obtener una solución cristalina, tomar en cuenta que el tiempo corre a partir de que el digestor haya llegado a los 350 grados Celsius que es aproximadamente media hora después de haber encendido el digestor.
- Dejar enfriar los tubos una vez cumplido el tiempo.
- Agregar 30 mililitros de agua destilada al tubo *Kjeltek*.
- Colocar en un *erlenmeyer* 250 mililitros, 15 mililitros de indicador de proteína.
- Para precalentar el equipo destilador colocar agua destilada en el tubo *Kjeltek* y ubicarlo en su posición en el aparato de destilación.
- Colocar agua destilada en un *erlenmeyer* de 250 mililitro y ubicarlo en su posición en el aparato de destilación *Kjeltek* para el previo calentamiento.
- Encender el aparato y programarlo para 5 minutos de destilación.
- Apagar el aparato y retirar el tubo.
- Colocar en el aparato de destilación el tubo *Kjeltek* que contiene la solución cristalina con su respectivo *erlenmeyer* que recibirá el destilado.

- Dosificar álcali, halando la palanca y programarle 4 minutos de destilación.
- Retirar el tubo y desechar el residuo.
- Retirar el *erlenmeyer* que contiene el destilado y titular con HCl 0,1 normal hasta que cambie a corinto.
- Anotar los volúmenes de HCl 0,1 consumidos para la titulación.
- Calcule el porcentaje de nitrógeno presente de la muestra utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{proteína} = \frac{(A - B)(NHCl)(1,4007)(6,25)}{\text{muestra}}$$

Donde:

A = volumen HCl 0,1 (titulante)

B = volumen HCl 0,1 N (blanco)

NHCl = normalidad de HCl titulante

1,4007 factor

6,25 factor para convertir el nitrógeno a proteína cruda

3.5.3.2. Grasa cruda

Extraer el contenido de grasa cruda en alimento balanceado, a través de pesar la muestra, colocarla en el dedal e insertarlo en la unidad de extracción, agregando el solvente (éter etílico) en las copas de extracción, el material soluble (grasa) es extraído en el solvente en dos procesos, las copas de extracción se secan y pesan para determinar el contenido de grasa.

- Reactivos
 - Éter etílico anhidro
 - Sílica gel

- Equipo
 - Balanza analítica
 - Molino
 - Horno
 - Soxhlet
 - Desecadora
 - Espátula
 - Beakers
 - Dedales de Allundum
 - Tubos de vidrio recolectores de éter
 - Pinzas

- Procedimiento
 - Pese el papel *kleenex* (peso N° 1).
 - Pese 2,0 gramos de muestra homogenizada, seca y triturada sobre el papel *kleenex* y anote el peso (peso N° 2).
 - Con unas pinzas o tenazas, doble el papel con la muestra e introdúzcala en los dedales de alundum, use dedales que tengan la porosidad apropiada para que retengan bien la muestra y dejen fluir rápido el éter.
 - Pese el *beaker* y anote el peso (peso N° 3).

- Coloque el dedal de *alundum* en la parte de arriba del *soxhlet* y el *beaker* con 50 mililitros de éter sobre la hornilla, el nivel del éter debe quedar tocando el fondo de los dedales.
- Conecte el *soxhlet* y por reflujo, hirviendo el éter, extraiga la grasa, el tiempo de extracción puede variar considerablemente, 4 horas si la condensación es de 4 a 6 gotas por segundo y de 16 horas si la condensación del éter es de 2-3 gotas por segundo. Retire el *beaker* de la hornilla y los dedales del extractor.
- Coloque en el lugar del dedal un tubo de vidrio para recolectar el éter y debajo el *beaker* que contiene el éter, quedando el éter en los recolectores y la grasa queda en el *beaker*.
- Seque el extracto a 100 grados Celsius por 30 minutos
- Retire el *beaker* del horno, enfríelo en la desecadora y péselo (peso N° 4).
- Calcule el porcentaje de grasa usando la fórmula.
- Calcule el porcentaje de grasa presente en la muestra con la siguiente fórmula:

$$\%grasa = \frac{(Peso4) - (Peso3)}{(Peso2) - (Peso1)} \times 100\%$$

3.5.3.3. Humedad

Determinar el contenido de agua presente en una muestra a través de secarla en un horno en un tiempo determinado.

- Reactivos
 - Sílica gel

- Equipo
 - Balanza analítica
 - Molino
 - Horno
 - Bomba de vacío
 - Desecadora
 - Crisoles con tapadera, pesafiltros o platos de aluminio
 - Espátula
 - Pinzas

- Procedimiento
 - La muestra debe ser perfectamente homogenizada y molida a través de una malla N° 20.
 - Coloque los pesafiltros o platos de aluminio en el horno a 135 grados Celsius +/- 2 grados Celsius por 30 minutos.
 - Retire el pesafiltro o plato de aluminio del horno y colóquelo en la desecadora.
 - Pese el pesafiltro o plato de aluminio y anote el peso (peso N° 1).
 - Homogenice perfectamente la muestra.
 - Pese 2,0 gramos de muestra en el pesafiltro, agítela bien hasta que esté todo el contenido bien distribuido (peso no. 2)
 - Cubra el pesafiltro y llévelo inmediatamente al horno.

- Seque durante 2 horas +/- 15 minutos a 135 grados Celsius +/- 2 grados Celsius.
- Cubra el pesafiltro con la tapadera y retírelo del horno.
- Transfiera el pesafiltro a una desecadora para enfriarlo.
- Pese el pesafiltro más la muestra seca (peso N° 3).
- Calcule la pérdida de peso como el estimado de agua.
- Calcule el porcentaje de humedad presente en la muestra utilizando la siguiente fórmula:

$$\%humedad = \frac{[(Peso2 - Peso1)] - [(Peso3 - Peso1)]}{(Peso2 - Peso1)} \times 100\%$$

3.5.3.4. Cenizas

Determinar el porcentaje de cenizas (minerales) presentes en una muestra a través de calcinar la muestra a una temperatura de 600 grados Celsius

- Reactivos
 - Sílica gel
- Equipo
 - Balanza analítica
 - Mufla
 - Desecadora
 - Crisoles
 - Pinzas
 - Espátulas

- Procedimiento

- La muestra debe ser perfectamente homogenizada a través de un *mesh* N° 20.
- Coloque el crisol a templar en la mufla por dos horas a 600 grados Celsius y luego déjelo enfriar a 200 grados Celsius.
- Saque el crisol de la mufla y colóquelo en la desecadora.
- Pese el crisol (peso 1) y anote el peso.
- Agregue 2 gramos de muestra según 4.1.1 y pese, anote el peso (peso 2).
- Coloque el crisol en la mufla por 2 horas a 600 grados Celsius.
- Retire el crisol de la mufla y por aproximadamente 1 minuto.
- Coloque el crisol en la desecadora hasta que este frío.
- Retire de la desecadora y pese el crisol frío (peso 3).
- Calcule el porcentaje de cenizas con la fórmula.
- Calcule porcentaje de cenizas en la muestra con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{\text{Peso3} - \text{Peso1} \times 100\%}{\text{Peso2} - \text{Peso1}}$$

3.5.3.5. Fibra cruda

Este método permite determinar el contenido de fibra en la muestra, después de ser digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinado el residuo. La diferencia de pesos después de la calcinación nos indica la cantidad de fibra presente.

- Reactivos
 - Solución de ácido sulfúrico 0,255 normal.
 - Solución de hidróxido de sodio 0,313 normal, libre de carbonato de sodio.
 - Antiespumante (ej. alcohol octil o silicona).
 - Alcohol etílico al 95 por ciento (volumen / volumen).
 - Eter de petróleo.
 - Solución de ácido clorhídrico al 1 por ciento (volumen / volumen).

- Equipo
 - Matraz de bola fondo plano, 600 mililitros, cuello esmerilado
 - Unidad de condensación para el matraz
 - Matraz Kitazato de un litro
 - Embudo Buchner
 - Crisol de filtración
 - Conos de hule
 - Papel filtro Whatman N° 541
 - Pizeta de 500 mililitros
 - Desecador
 - Horno de laboratorio
 - Mufla

- Procedimiento
 - Pese con aproximación de miligramos de 2 a 3 gramos de la muestra desengrasada y seca. Colóquela en el matraz y adicione 200 mililitros de la solución de ácido sulfúrico en ebullición.

- Coloque el condensador y lleve a ebullición en un minuto; de ser necesario adiciónale antiespumante. Déjelo hervir exactamente por 30 minutos, manteniendo constante el volumen con agua destilada y moviendo periódicamente el matraz para remover las partículas adheridas a las paredes.
- Instale el embudo *Buchner* con el papel filtro y precaliéntelo con agua hirviendo. Simultáneamente y al término del tiempo de ebullición, retire el matraz, déjelo reposar por un minuto y filtre cuidadosamente usando succión; la filtración se debe realizar en menos de 10 minutos. Lave el papel filtro con agua hirviendo.
- Transfiera el residuo al matraz con ayuda de una pizeta conteniendo 200 mililitros de solución de NaOH en ebullición y deje hervir por 30 minutos como en paso 2.
- Precaliente el crisol de filtración con agua hirviendo y filtre cuidadosamente después de dejar reposar el hidrolizado por 1 minutos.
- Lave el residuo con agua hirviendo, con la solución de HCl y nuevamente con agua hirviendo, para terminar con tres lavados con éter de petróleo. Coloque el crisol en el horno a 105 grados Celsius por 12 horas y enfríe en desecador.
- Pese rápidamente los crisoles con el residuo (no los manipule) y colóquelos en la mufla a 550 grados Celsius por 3 horas, déjelos enfriar en un desecador y péselos nuevamente.

$$\% \text{ fibra cruda} = \frac{(\text{Peso crisol residuo seco} - \text{peso crisol con ceniza})}{\text{Peso de la muestra tota}} \times 100$$

3.5.3.6. Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

Dentro de este concepto se agrupan todos los nutrientes no evaluados con los métodos señalados anteriormente dentro del análisis proximal, constituido principalmente por carbohidratos digeribles, así como también vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados; debido a que se obtiene como la resultante de restar a 100 los porcentos calculados para cada nutriente, los errores cometidos en su respectiva evaluación repercutirán en el cómputo final.

Cálculo:

$$\% \text{ extracto libre de nitrógeno} = 100 - (A + B + C + D + E)$$

Donde:

A = contenido de humedad (porcentaje)

B = contenido de proteína cruda (porcentaje)

C = contenido de lípidos crudos (porcentaje)

D = contenido de fibra cruda (porcentaje)

E = contenido de ceniza

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Con la información recolectada se procedió a describir cada uno de los procedimientos a realizar para la obtención quitina extraída del exoesqueleto del exoesqueleto del camarón (*Litopenaeus vannamei*) procedente de mar y cultivado en viveros.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

A continuación se ordenan los datos obtenidos, para su fácil comprensión se hace mediante tablas y gráficos. Los cuales hacen posible entender el trabajo realizado.

Tabla III. Ordenamiento y recolección de datos experimentales

Parámetros de Comparación del Desecho de Camarón																						
			Rendimiento Quitina					Carbonato de Calcio					Carbonato de Magnesio					Análisis Químico Proximal				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Proteína	Cenizas	Humedad	Nitrógeno	Fibra
Especie	Origen	Sección																				
Camarón (Litopenaeus Vannamei)	Cultivado	Cabeza																				
	En vivero	Cola																				
	De mar	Cabeza																				
		Cola																				

Fuente: elaboración propia.

3.8. Análisis estadístico

La mayoría de los experimentos consisten en el estudio de los efectos de una o más variables independientes sobre una o más variables de respuesta. Estas variables independientes que pudieron controlarse en el experimento se denominaron factores.

Los 2 factores involucrados para la obtención de quitina fueron: sección del exoesqueleto del camarón (cabeza y abdomen) y procedencia del camarón (mar y vivero artificial) .para lo cual se tuvo un experimento factorial de 2^2 , dando como resultado 4 combinaciones.

Los 2 factores involucrados para la obtención de quitina fueron: sección del exoesqueleto del camarón con 2 niveles, cabeza y abdomen y procedencia del camarón (mar y vivero artificial), para lo cual se tuvo un experimento factorial de 2^2 , dando como resultado 8 combinaciones.

Tabla IV. División de factores en análisis estadístico

FACTOR 1	SECCIÓN DEL EXOESQUELETO	CEFALOTÓRAX
		ABDOMEN
FACTOR 2	PROCEDENCIA DEL CAMARÓN	VIVERO ARTIFICIAL
		MAR ABIERTO

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Datos requeridos para análisis estadístico**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	f calculada
VARIABLE DEPENDIENTE.				
A	SSA	a-1	s_1^2	$f = \frac{s_1^2}{s^2}$
B	SSB	b-1	s_2^2	$f = \frac{s_2^2}{s^2}$
VARIABLE DEPENDIENTE				
AB	SS(AB)	(a-1)(b-1)	s_4^2	$f = \frac{s_4^2}{s^2}$
Error	SSE	ab(n-1)	s^2	
Total	SST	abn-1		

Fuente: elaboración propia.

Donde:

SST= se calcula de la siguiente forma:

$$\sum Y^2 - Y_t / n = SST$$

SSA = se calcula de la siguiente forma:

$$\sum Y^2 / K - Y_t / n = SSA$$

SSE = se calcula de la siguiente forma:

$$SST - SSA = SSE$$

Este análisis presenta el siguiente modelo: $y_{ij} = \mu + T_i + \Sigma_{ij}$

3.8.1. Análisis de varianza

El análisis estadístico para datos obtenidos del contenido extractable de quitina a partir del exoesqueleto del camarón de mar se realizó a través de un análisis de varianza (ANOVA) para un experimento factorial 2^2 completamente al azar, con la distribución de Fisher.

El ANOVA, como su nombre lo indica, trató de analizar la variación de una respuesta y se usó para establecer si existían diferencias significativas en las medias de dos o más muestras, midiendo la fuente de variación en los datos, se utilizó para comparar las 4 combinaciones para la obtención de quitosano y en caso de ser pertinente, poder determinar la que fuera mejor.

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados tabulados en tablas y en representación gráficas, obtenidos en el estudio de obtención de quitina a partir del exoesqueleto de camarón (*Litopenaeus vannamei*), comparando según procedencia de este, de mar y de vivero.

Tabla VI. **Porcentaje de obtención de quitina a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero**

MUESTRA #	PORCENTAJE DE OBTENCIÓN DE QUITINA			
	ABDOMEN DE VIVERO	ABDOMEN DE MAR	CEFALOTÓRAX DE VIVERO	CEFALOTÓRAX DE MAR
1	40,40	36,15	38,1	36,61
2	41,15	35,52	38,56	33,36
3	38,99	36,28	38,96	33,85
4	39,35	34,12	38,94	36,30
5	39,99	34,65	37,75	35,02
MEDIA	39.98	35.35	38.46	35.03

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Gramos recuperados de quitina a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero**

MUESTRA #	OBTENCIÓN DE QUITINA (gramos.)			
	ABDOMEN DE VIVERO	ABDOMEN DE MAR	CEFALOTÓRAX DE VIVERO	CEFALOTÓRAX DE MAR
1	12,12	10,84	11,43	10,98
2	12,35	10,66	11,57	10,00
3	11,70	10,88	11,69	10,15
4	11,80	10,24	11,68	10,88
5	11,99	10,40	11,32	10,50
MEDIA	11,99	10,60	11,54	10,50
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,26	0,29	0,16	0,43

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Porcentaje de carbonato de magnesio (mgco_3) a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero**

MUESTRA #	MINERALIZACIÓN. Porcentaje de MgCO_3			
	ABDOMEN DE VIVERO	ABDOMEN DE MAR	CEFALOTÓRAX DE VIVERO	CEFALOTÓRAX DE MAR
1	4,84	9,71	6,47	10,52
2	5,66	8,90	5,66	9,71
3	7,28	8,09	6,47	9,71
4	5,66	8,09	6,47	10,52
5	5,66	8,09	5,66	9,71
MEDIA	5,82	8,57	6,14	10,03

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Gramos de mineralización recuperados como carbonato de magnesio (MgCO_3) a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero**

MUESTRA #	MINERALIZACIÓN. Gramos de MgCO_3			
	ABDOMEN DE VIVERO	ABDOMEN DE MAR	CEFALOTÓRAX DE VIVERO	CEFALOTÓRAX DE MAR
1	1,45	2,91	1,94	3,15
2	1,69	2,67	1,69	2,91
3	2,18	2,43	1,94	2,91
4	1,69	2,43	1,94	3,15
5	1,69	2,43	1,69	2,91
MEDIA	1,74	2,57	1,84	3,00
DESVIACIÓN ESTANDAR	0,26	0,22	0,13	0,13

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Porcentaje de mineralización recuperado como carbonato de calcio (CaCO_3) a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero**

MUESTRA #	MINERALIZACIÓN. Porcentaje de CaCO_3			
	ABDOMEN DE VIVERO	ABDOMEN DE MAR	CEFALOTÓRAX DE VIVERO	CEFALOTÓRAX DE MAR
1	26,72	18,704	24,05	17.53
2	25,38	20,04	25,38	16.18
3	22,71	21,38	24,05	16.18
4	25,38	21,38	24,05	17.53
5	25,38	21,38	25,38	16.18
MEDIA	25,12	20,57	24,58	16,72

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Gramos recuperados de calcio (Ca) a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero

MUESTRA #	MINERALIZACIÓN. Gramos de CaCO ₃			
	ABDOMEN DE VIVERO	ABDOMEN DE MAR	CEFALOTÓRAX DE VIVERO	CEFALOTÓRAX DE MAR
1	8,02	5,61	7,21	5.26
2	7,61	6,01	7,61	4.85
3	6,81	6,41	7,21	4.85
4	7,61	6,41	7,21	5.26
5	7,61	6,41	7,61	4.85
MEDIA	7,53	6,17	7,37	5,25
DESVIACIÓN ESTANDAR	0,44	0,36	0,22	0,21

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Análisis estadístico según variable dependiente y fuente de variación. Prueba *f*

VARIABLE DEPENDIENTE	Fuente de variación	<i>f</i> calculada	Sig.	Efecto encontrado
QUITINA	ORIGEN	71,04	0,000	Se rechaza hipótesis nula.
	SECCIÓN	3,67	0,79	No se rechaza hipótesis nula.
	ORIGEN*SECCIÓN	1,56	0,235	No se rechaza hipótesis nula.
MgCO ₃	ORIGEN	115,93	,000	Se rechaza hipótesis nula.
	SECCIÓN	8,34	,014	Se rechaza hipótesis nula.
	ORIGEN*SECCIÓN	3,38	,091	No se rechaza hipótesis nula.
CaCO ₃	ORIGEN	144,94	,000	Se rechaza hipótesis nula.

Continuación de la tabla XII.

	SECCIÓN	18,12	,001	Se rechaza hipótesis nula.
	ORIGEN* SECCIÓN	10,37	,007	Se rechaza hipótesis nula.
MINERALIZACIÓN TOTAL	ORIGEN	81,36	0,0000	Vivero (9.2491) es mayor que en el Mar (8.3856)
	SECCIÓN	16,64	0,0009	ABDOMEN (9.0127) mayor que en la CEFALOTÓRAX (8.6221)
	ORIGEN* SECCIÓN	11,70	0,0035	Vivero ABDOMEN =vivero CEFALOTÓRAX > mar ABDOMEN > mar CEFALOTÓRAX

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Pérdidas totales en procedimiento de obtención de quitina a partir de muestra de cefalotórax de camarón procedente de vivero**

muestra #	TOTAL EN PÉRDIDAS (g)	PORCENTAJE EN PÉRDIDAS
1	0,43	1,43
2	0,38	1,27
3	0,40	1,33
4	0,40	1,33
5	0,52	1,73

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Pérdidas totales en procedimiento de obtención de quitina a partir de muestra de abdomen de camarón procedente de vivero**

muestra #	TOTAL EN PÉRDIDAS (g)	PORCENTAJE EN PÉRDIDAS
1	0,46	1,53
2	0,52	1,73
3	0,47	1,57
4	0,45	1,50
5	0,59	1,97

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Pérdidas totales en procedimiento de obtención de quitina a partir de muestra de abdomen de camarón procedente de mar**

muestra #	TOTAL EN PÉRDIDAS (g)	PORCENTAJE EN PÉRDIDAS
1	0,43	1,43
2	0,50	1,67
3	0,45	1,50
4	0,45	1,50
5	0,48	1,60

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Pérdidas totales en procedimiento de obtención de quitina a partir de muestra de cefalotórax de camarón procedente de mar**

muestra #	TOTAL EN PÉRDIDAS (g)	PORCENTAJE EN PÉRDIDAS
1	0,47	1,57
2	0,48	1,60
3	0,48	1,60
4	0,44	1,47
5	0,57	1,90

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Resultados de análisis químico proximal de quitina obtenida experimentalmente y quitina comercial marca sigma**

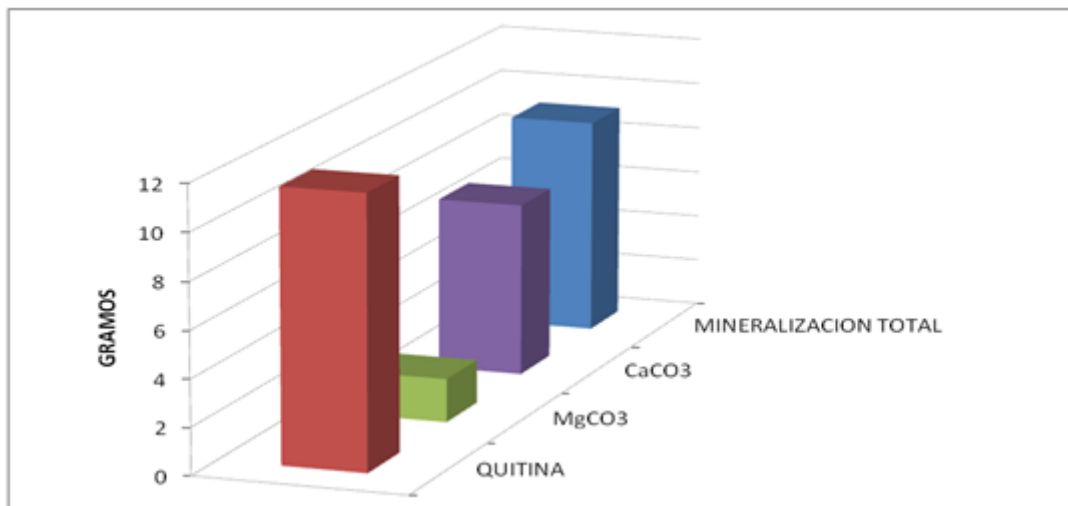
	ABDOMEN VIVERO	ABDOMEN MAR	CEFALOTÓRAX VIVERO	CEFALOTÓRAX MAR	QUITINA MARCA SIGMA
PORCENTAJE HUMEDAD	3,79	3,85	3,82	3,84	0,96
PORCENTAJE MATERIA SECA TOTAL	96,21	96,15	96,18	96,16	99,04
PORCENTAJE NITRÓGENO TOTAL	2,24	2,24	2,24	2,24	1,74
PORCENTAJE FIBRA CRUDA	0,22	0,22	0,23	0,23	0

Continuación de tabla VII.

PORCENTAJE LÍPIDOS	0,09	0,08	0,08	0,09	0
PORCENTAJE CENIZAS	12,02	12,02	12,02	12,02	8,12

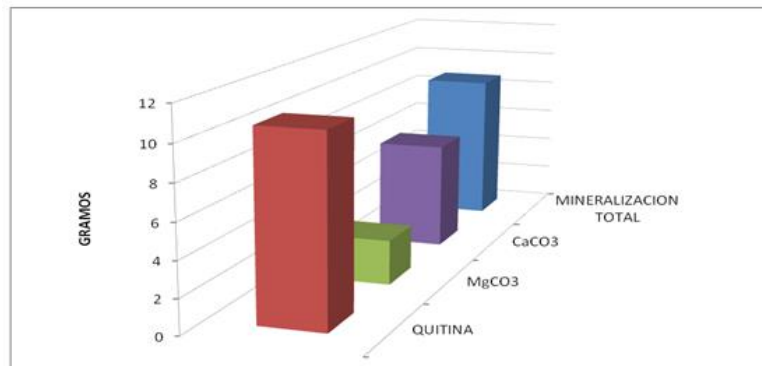
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Comparativos promedios en gramos obtenidos de quitina y mineralización a partir de muestra de cefalotórax de camarón procedente de vivero (muestra original 30,00 gramos de materia prima)**



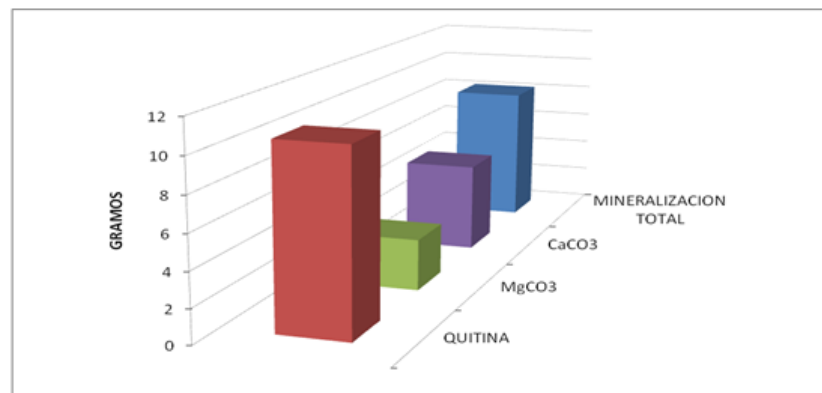
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Comparativos promedios en gramos obtenidos de quitina y mineralización a partir de muestra de abdomen de camarón procedente de mar (muestra original 30,00 gramos de materia prima)**



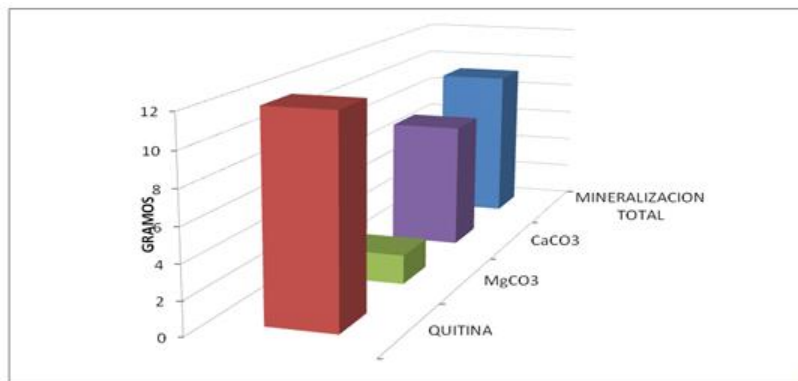
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Comparativos promedio en gramos obtenidos de quitina y mineralización a partir de muestra de cefalotórax de camarón procedente de mar (muestra original 30,00 gramos de materia prima)**



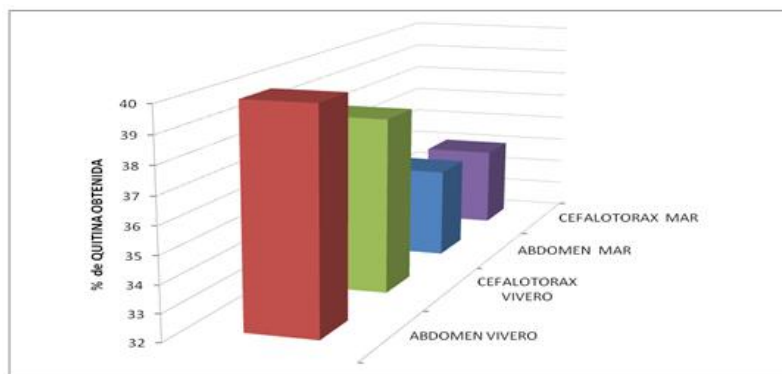
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Comparativos promedios en gramos obtenidos de quitina y mineralización a partir de muestra de abdomen de camarón procedente de vivero (muestra original 30,00 g de materia prima)**



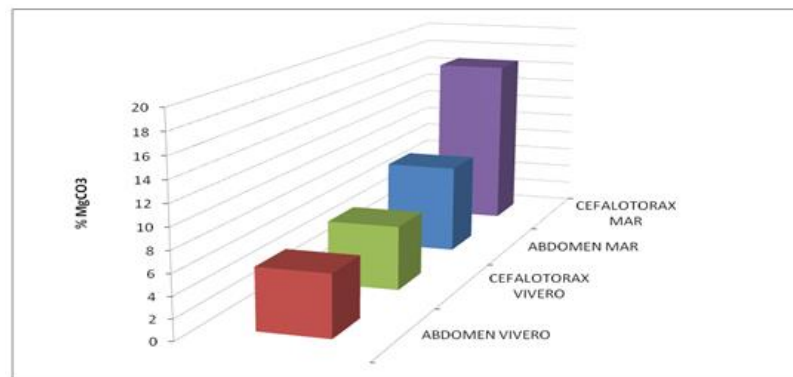
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Comparativa general en promedios de obtención de porcentajes de quitina a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero**



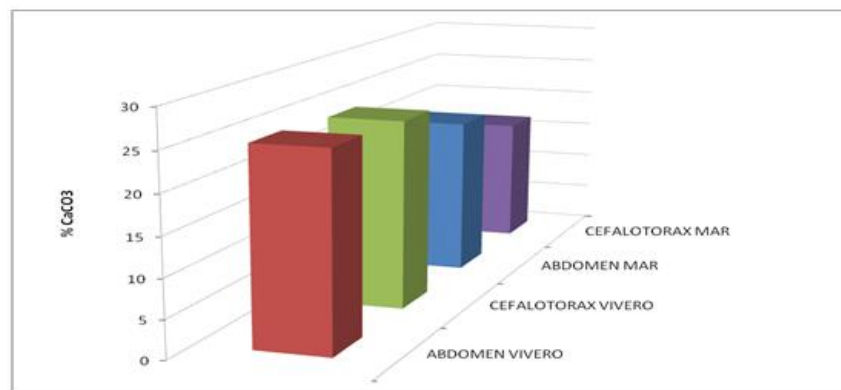
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Comparativa general promedios en los porcentajes de mineralización de carbonato de magnesio (MgCO_3) a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero**



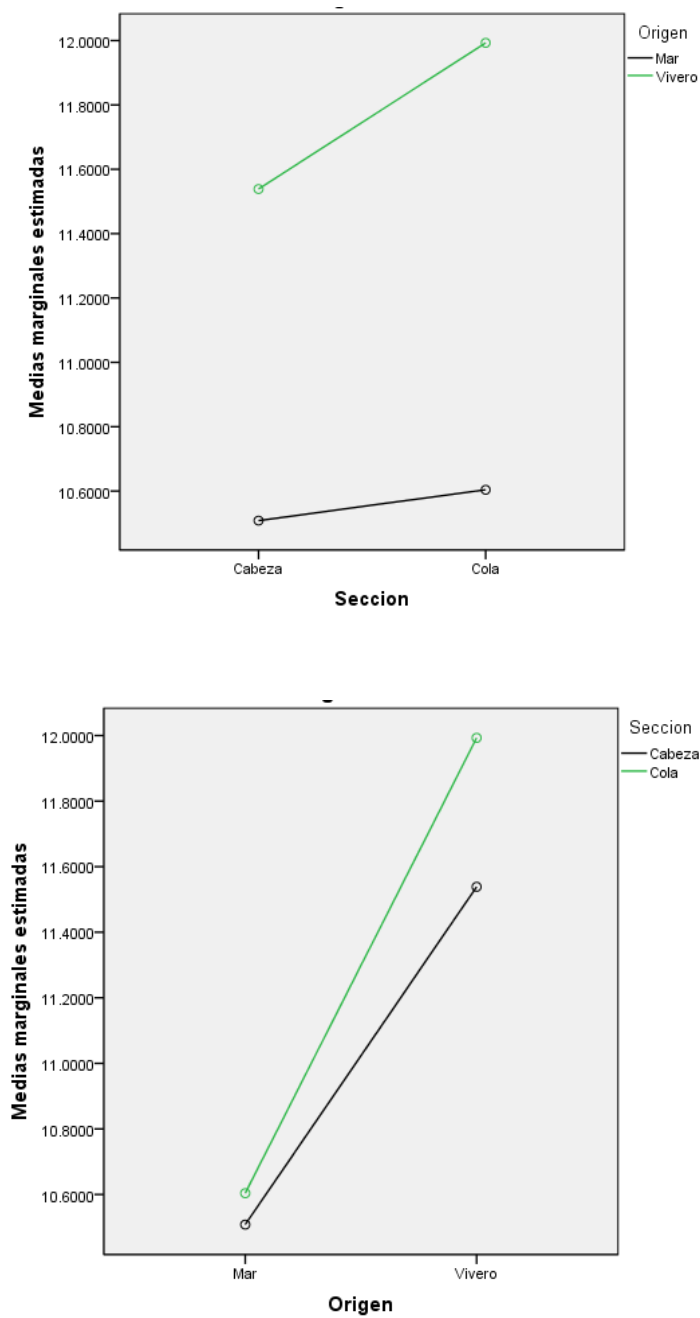
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Comparativa general en los porcentajes de mineralización de carbonato de calcio (CaCO_3) a partir de muestra de las dos secciones del exoesqueleto del camarón y de ambas procedencia, de mar y vivero**



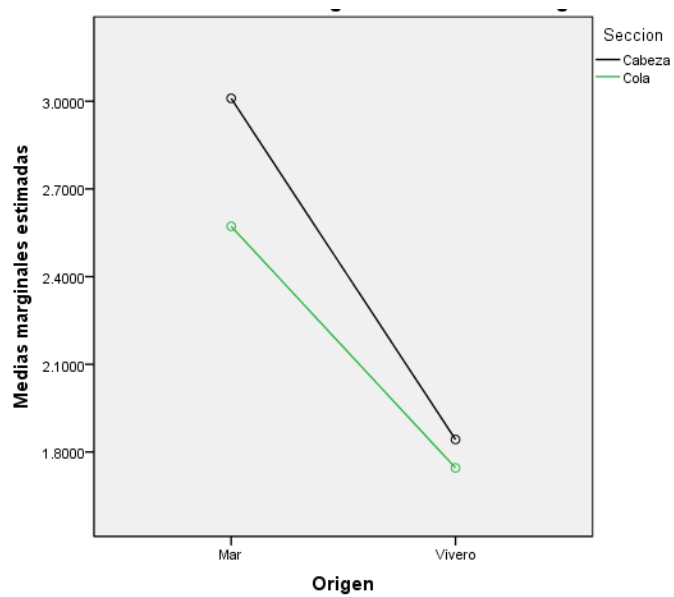
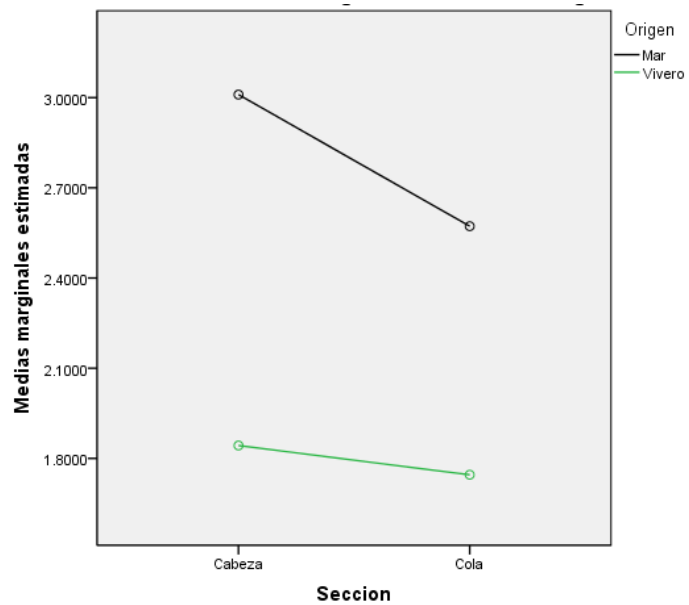
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Medias marginales estimadas en la obtención de quitina según su origen y sección del exoesqueleto del camarón**



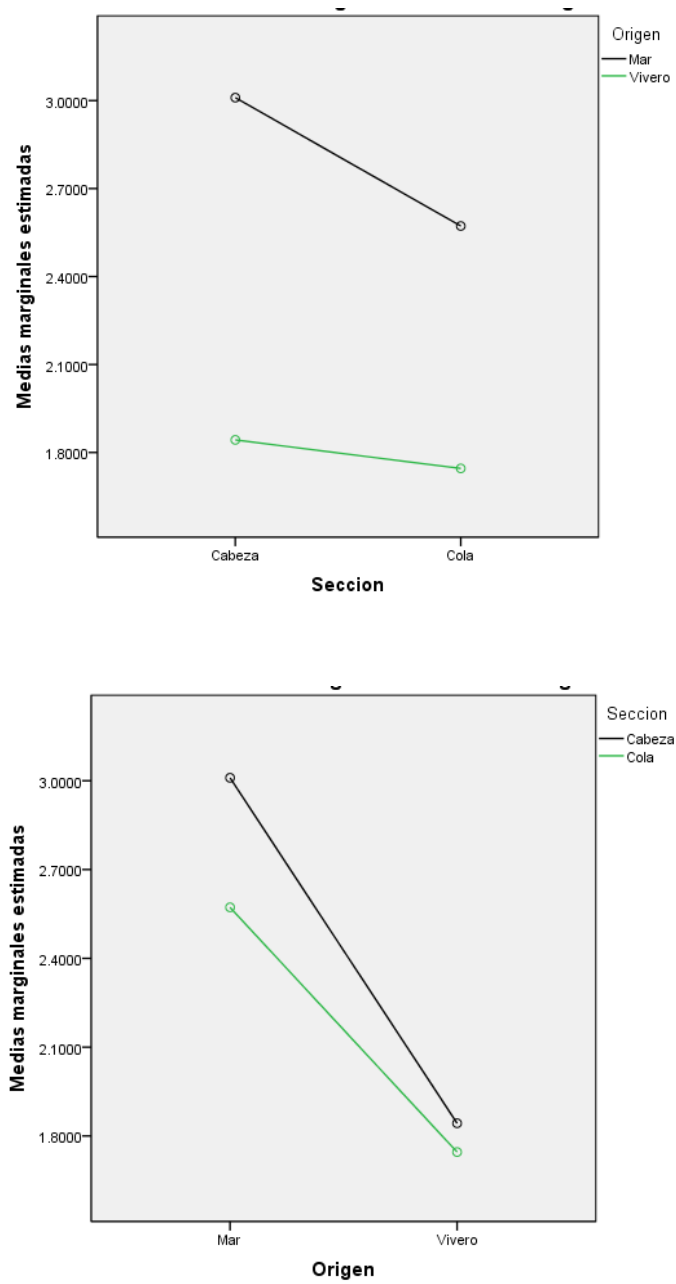
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Medias marginales estimadas en la mineralización de carbonato de magnesio (mgco_3) según su origen y sección del exoesqueleto del camarón**



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Medias marginales estimadas en la mineralización de carbonado de calcio (CaCO_3) según su origen y sección del exoesqueleto del camarón**



Fuente: elaboración propia

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se desarrolló el procedimiento de separación de quitina a partir del exoesqueleto del camarón *Litopenaeus vannamei* en un proceso que incluye etapas de eliminación de proteína por medio hidrolisis alcalina de proteína y de eliminación de mineralización presente en la materia prima por medio ataque ácido, teniendo como variables a evaluar las secciones del cefalótorax (cabeza del camarón) y abdomen (cola del camarón) comparando los contenidos según el origen el camarón (*Litopenaeus vannamei*) procedente de mar y cultivado en estques de viveros artificiales.

Las materias primas del exoesqueleto del camarón (*Litopenaeus vannamei*) para el desarrollo de la investigación se obtuvieron recolectando los desechos producidos de la limpieza del camarón de la industria pesquera artesanal en los puestos de venta del mercado regional de la zona 4 de la ciudad de Guatemala.

Los contenidos de quitina obtenidos según las diferentes muestras de materia prima se muestran en la tabla V y tabla VI presentado porcentaje recuperados y gramos recuperados respectivamente. Los resultados de quitina obtenida en cabeza y cola no varían de manera significativa, aceptando la hipótesis nula (H_0) de la investigación, la que refiere que no existe diferencia significativa en el contenido de quitina según la sección del exoesqueleto.

Según el origen de obtención de la materia prima si existe diferencia significativa en el contenido de quitina siendo mayor la recuperación de quitina en el camarón procedente de vivero, en este caso rechazando la hipótesis nula

(H₀) de la investigación, la cual refiere que no hay diferencia significativa en el contenido de quitina según la procedencia del camarón.

En los datos presentados en la tabla IX para los contenidos de mineralización total como carbonato de calcio (CaCO₃) presentes en el exoesqueleto del camarón existe diferencia significativa en el contenido según la procedencia del camarón, siendo mayor en porcentaje de recuperación en el camarón de procedente en vivero que el obtenido en el camarón procedente de mar.

El contenido de mineralización en forma de CaCO₃ y MgCO₃ presente en el exoesqueleto del camarón (*Litopenaeus vannamei*) representa las condiciones que influyen en el crecimiento óptimo en edad adulta para este crustáceo según su ambiente, de mar abierto o en viveros artificiales, pudiendo relacionar estos valores con el contenido aprovechable para la obtención de quitina.

Según la sección del exoesqueleto para esta misma evaluación de mineralización existe un mayor contenido de CaCO₃ para la sección de la cola del artrópodo, rechazando de igual manera la hipótesis nula de la investigación, la cual refiere que no existe diferencia significativa entre las secciones del exoesqueleto del camarón.

En los datos de la tabla VII, el contenido de mineralización como carbonatos de magnesio (MgCO₃) encontrado en el exoesqueleto de camarón de mar fue mayor que el contenido del exoesqueleto de camarón de vivero; esto debido a la composición química en el hábitat marino y a las proporciones de este habitan, a diferencia del reducido espacio de un tanque artificial, la

cantidad por metro cuadrado de producción de camarón es mayor, reduciendo la mineralización en el exoesqueleto.

Según la figura 14, 15, 16 y 17 que muestran la relación entre el contenido de quitina y la mineralización como carbonatos de magnesio y calcio de cada una de las secciones analizadas, cabeza y cola del exoesqueleto del camarón de vivero y de mar, se observa quitina > CaCO_3 > MgCO_3 . Se encuentra mayor contenido de quitina en el exoesqueleto independiente del origen del camarón, y en cuanto a la mineralización el contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) es mayor al contenido de carbonato de magnesio (MgCO_3) independiente del origen del camarón.

En la figura 18, analizando los resultados únicamente de quitina extractable en el exoesqueleto del camarón de acuerdo a su procedencia de mar o de vivero, se observa que el camarón de vivero posee mayor contenido de quitina extractable (38,00 - 42,00 por ciento) en comparación al contenido de quitina en el camarón de mar (34,00 - 37,00 por ciento). Según la figura 18 quitina en camarón de vivero > quitina en camarón de mar. (véase también tabla IV).

Siempre analizando la figura 18, comparando las secciones del exoesqueleto del camarón analizadas, cabeza y cola, se observa que el contenido de quitina no varía significativamente en las secciones, a lo cual se concluye que el contenido de quitina es el mismo en todo el exoesqueleto del camarón. (véase también tabla IV).

Comparando los contenidos carbonato de magnesio (MgCO_3), se observa en la figura 19 que según la procedencia del camarón analizada, el contenido

de mineralización como MgCO_3 es mayor en el camarón de mar en comparación al camarón de vivero.

Comparando las secciones cabeza y cola del camarón se observa que el contenido de MgCO_3 es mayor en la sección de la cabeza del camarón. (véase también tabla VII y tabla VIII).

Según los datos representados en la figura 20, se observa que el contenido de mineralización como carbonato de calcio (CaCO_3), se encuentra en mayor porcentaje en el camarón de vivero que el de mar.

En cuanto a las secciones analizadas: cabeza y cola se encuentra una diferencia no significativa entre el contenido de CaCO_3 , pudiendo concluir que el contenido de carbonato de calcio es el mismo en todo el exoesqueleto del camarón, variando únicamente según el origen del mismo. (véase también tabla X y tabla XI).

CONCLUSIONES

1. En relación a las secciones del exoesqueleto del camarón (*Litopenaeus Vannamei*) evaluadas y su respectivo análisis estadístico, se determinó que no existe diferencia significativa en el contenido de quitina presente en el abdomen y cefalotórax del crustáceo.
2. En relación a la procedencia del camarón (*Litopenaeus Vannamei*) se logró determinar mayor porcentaje en recuperación de quitina en el camarón proveniente de viveros artificiales de agua salada, para la cola y cabeza, en comparación con el camarón procedente de mar para ambas procedencias.
3. Se determinó un mayor contenido de mineralización como carbonato de magnesio ($MgCO_3$) en la sección de la cola del camarón, tanto de mar como de vivero, en comparación con la sección de la cabeza.
4. Se determinó un mayor contenido de mineralización como carbonato de magnesio ($MgCO_3$) en el camarón procedente de mar comparado con el contenido recuperado en el camarón procedente de vivero, esto para las dos secciones del exoesqueleto evaluadas.
5. Se determinó un mayor contenido de mineralización como carbonato de calcio ($CaCO_3$) en el camarón procedente de vivero en comparándolo al contenido recuperado en el camarón procedente de mar, esto para las dos secciones del exoesqueleto evaluadas.

6. Se determinó un mayor contenido de mineralización como carbonato de calcio (CaCO_3) en la cola y cabeza del camarón procedente de vivero al compararlo con el camarón procedente de mar.

RECOMENDACIONES

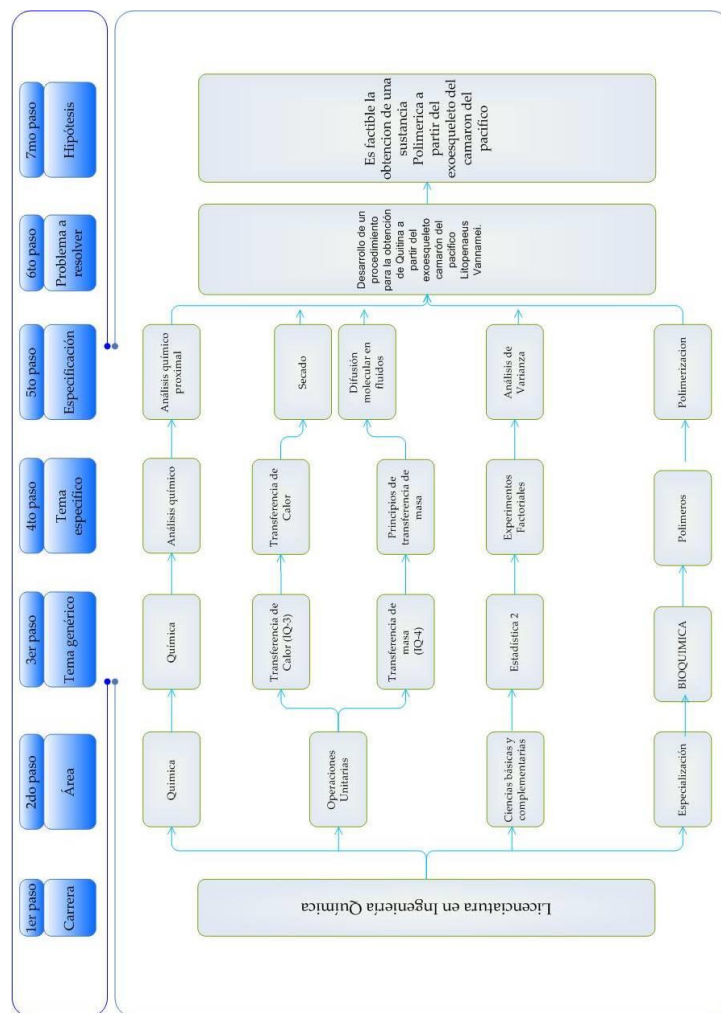
1. Realizar un estudio de obtención de quitina con otros crustáceos como el cangrejo, comparando los contenidos en mineralización, determinando así, el mayor porcentaje de recuperación de este polímero para su aprovechamiento en las diferentes ramas de aplicación.
2. Aprovechar en mayor cantidad los desechos producidos por la industria pesquera nacional para el camarón (*Litopenaeus Vannamei*) para la recuperación de quitina, ayudando así a reducir considerablemente la contaminación en las áreas habitacionales cercanas a las zonas de pesca.
3. Diseñar un proceso mejorado que permita separar la proteína y cenizas del exoesqueleto, así como su lavado y limpieza de una manera más eficiente para poder obtener quitina en mayores cantidades.
4. Continuar con el estudio de la quitina enfocándose en su caracterización para conocer más a fondo sus aplicaciones.
5. Buscar la mayor eficiencia en el método de obtención de quitina variando la concentración y tiempos en las etapas de desmineralización y desproteínización, para lograr una mejor eficiencia en la separación de la quitina y evitar la desacetilación involuntaria del producto.

BIBLIOGRAFÍA

1. HIDALGO, Claudia. *Estudio de quitosanos cubanos derivados de la quitina de la langosta* [en línea]. La Habana, Cuba. <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/ENE09/hidalgo.pdf>. [Consulta: agosto de 2011].
2. KIM, Se-Kwon. *Chitin, Chitosan, Oligosaccharides and their derivatives: biological activities and applications*. New York: CRC Press, 2011. 643 p.
3. RODRÍGUEZ MORALES, Ofelia. *Obtención y caracterización de quitina y quitosano a partir de desechos de camarón*. [en línea]. México, Universidad Autónoma Metropolitana, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Noviembre 1999. <http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/aspuam/presentatesis.php?recno=20907&docs=UAM20907.PDF>. [Consulta: agosto de 2011].
4. WALPOLE, Ronald; MYERS, Raymond; MYERS, Sharon. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. 4a ed. México: Pearson Educación, 1998. 752 p.

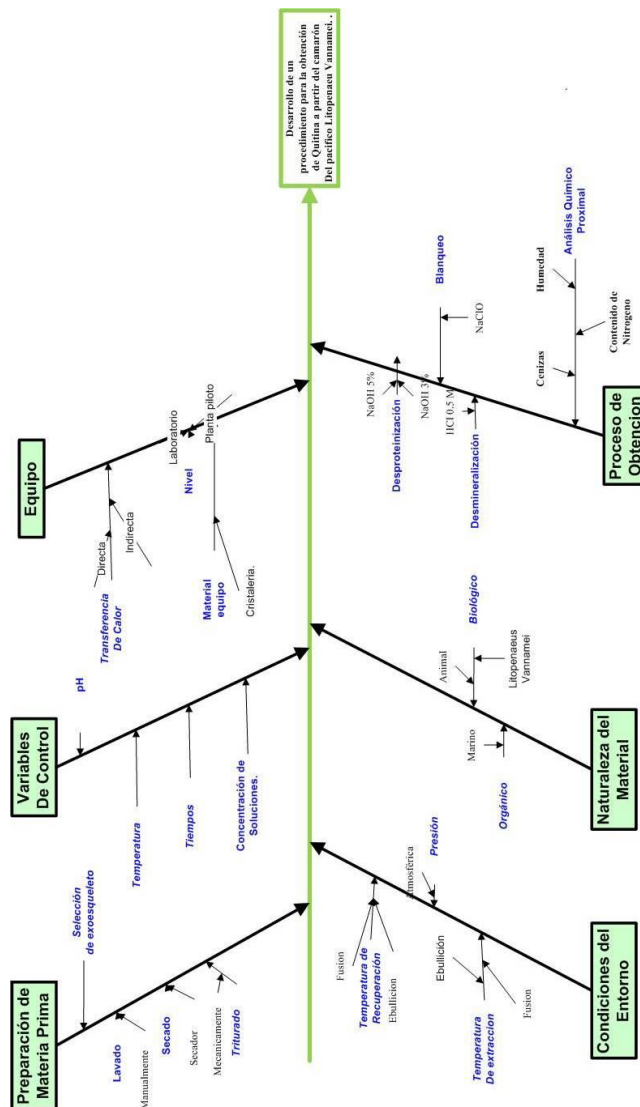
APÉNDICES

1. Requisitos académicos para la elaboración de tesis en ingeniería química relativa al proceso de evaluación del contenido extractable de quitina 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 carbonato de calcio y carbonato de magnesio



Fuente: elaboración propia.

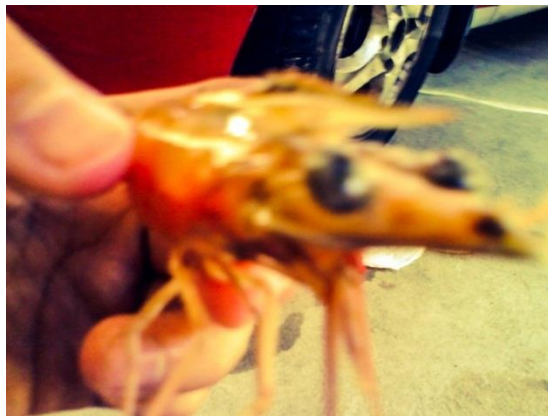
2. Diagrama de causa y efecto para la elaboración de tesis en ingeniería química relativa al proceso de evaluación del contenido extractable de quitina a partir de dos secciones del exoesqueleto del camarón (*litopenaeus vannamei*) cefalotórax y abdomen, procedente de mar y cultivado en viveros y comparación con el contenido de carbonato de calcio y carbonato de magnesio



Fuente: elaboración propia.

3. Ilustraciones (fotografías) del procedimiento de tratamiento de desechos de camarón del pacífico (*Litopenaeus Vennamei*) y de obtención de quitina a partir de su exoesqueleto

Aspecto de camarón patiblanco del pacífico (*litopenaeus vannamei*)



Fuente: residencia habitacional.

Materia prima de desechos de cefalotórax de camarón patiblanco del pacífico (*litopenaeus vannamei*)



Fuente: residencia habitacional.

Materia prima, cefalotórax de camarón patiblanco del pacífico (*litopenaeus vannamei*), limpio y seco



Fuente: residencia habitacional.

Materia prima, cefalotórax de camarón patiblanco del pacífico (*litopenaeus vannamei*), limpio y seco



Fuente: residencia habitacional.

Materia prima, cabeza de camarón patiblanco del pacífico (*litopenaeus vannamei*), limpio y seco



Fuente: residencia habitacional.

Tratamiento de materia prima de desechos de cefalotórax y cabeza de camarón patiblanco del pacífico (*litopenaeus vannamei*)



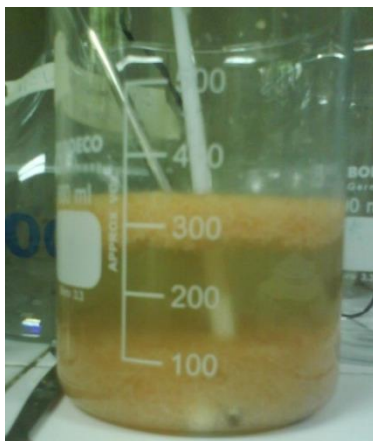
Fuente: residencia habitacional.

Soluciones de NaOH procedentes del procedimiento de desproteinización de la materia prima de desechos de cefalotórax y cabeza de camarón patiblanco del pacífico (*litopenaeus vannamei*)



Fuente: residencia habitacional.

Solución de NaOH en el proceso de desproteinización de materia prima de desechos de cefalotórax y cabeza de camarón patiblanco del pacífico (*litopenaeus vannamei*) para obtención de quitina



Fuente: residencia habitacional.

Procedimiento de blanqueado de quitina



Fuente: residencia habitacional.

Viraje de indicadores en soluciones de técnica complejométrica para la determinación de Ca y mg en los desechos camarón patiblanco del pacífico (*litopenaeus vannamei*) para la obtención de quitina



Fuente: residencia habitacional.

Filtrado de solución de NaOH del procedimiento de desproteinización de prima de desechos de cefalotórax y cabeza de camarón patiblanco del pacífico (*litopenaeus vannamei*)



Fuente: residencia habitacional.

Quitina obtenida del proceso de desproteinización de los desechos de camarón patiblanco del pacífico (*litopenaeus vannamei*). Quitina sin decoloración



Fuente: residencia habitacional.

Quitina final obtenida del proceso luego de desproteinización y decoloración de los desechos de camarón patiblanco del pacífico (*litopenaeus vannamei*)



Fuente: residencia habitacional.

Quitina comercial marca sigma



Fuente: residencia habitacional.

4. Presupuesto económico para el desarrollo de la investigación

Descripción del presupuesto global del proyecto

RUBRO	MONTO (QUTZALES)	DESCRIPCIÓN
Equipo	0,00	Equipo proporcionado por el área de Química Industrial
Materiales y Suministros	300,00	Jabon, agua ozonizada, materiales de limpieza y de empaque.
Publicación de Resultados	500,00	Impresión de documentos de información y reportes.
Gastos de Transporte	750,00	Consumo de combustible para la recolección de materia prima.
Materia Prima	100,00	Compra de capazón y cabeza de camarón en mercado.
Análisis de Laboratorio	2500,00	Análisis de calidad de producto terminado y análisis proximal.
TOTALES	4 150,00	

Fuente: elaboración propia.

5. Análisis estadístico completo

Prueba de efectos inter-sujetos, tomando como variable dependiente quitina obtenida

ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	Sig.
Origen	7,317	1	7,317	71,042	0,000
Sección	0,378	1	0,378	3,674	0,79
Muestra	0,192	4	0,48	0,466	0,759
Origen * Sección	0,161	1	0,161	1,561	0,235
Error	1,236	12	0,103		
Total corregida	9,284	19			

Fuente: elaboración propia.

Varianza de resultado de quitina obtenida según origen del camarón

ORIGEN	MEDIA	ERROR TIP.	INTERVALO DE CONFIANZA 95%	
			LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Mar	10,556	0,101	10,335	10,777
Vivero	11,766	0,101	11,545	11,987

Fuente: elaboración propia.

Varianza de resultado de quitina obtenida según sección de exoesqueleto del camarón

SECCION	MEDIA	ERROR TIP.	INTERVALO DE CONFIANZA 95%	
			LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Cabeza	11,023	0,101	10,802	11,245
Cola	11,299	0,101	11,077	11,520

Fuente: elaboración propia

Datos de varianza encontrados según origen y sección del camarón

ORIGEN	SECCIÓN	MEDIA	ERROR TIP.	INTERVALO DE CONFIANZA 95%	
				LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Mar	Cabeza	10,508	0,144	10,195	10,821
	Cola	10,604	9,144	10,291	10,917
Vivero	Cabeza	11,539	0,144	11,225	11,851
	Cola	11,993	0,144	11,680	12,306

Fuente: elaboración propia.

Prueba de efectos inter-sujetos, tomando como variable dependiente Mg presente en mineralización

ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRATICA	F	Sig.
Origen	4,969	1	4,969	115,929	,000
Sección	,358	1	,358	8,344	,014
Muestra	,101	4	,025	,586	,679

Origen *	,145	1	,145	3,380	,091
Sección					
Error	,514	12	,043		
Total corregida	6,086	19			

Fuente: elaboración propia.

Varianza de resultado de Mg presente en mineralización según origen del camarón

ORIGEN	MEDIA	ERROR TIP.	INTERVALO DE CONFIANZA 95%	
			LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Mar	2,791	,065	2,648	2,934
Vivero	1,794	,065	1,652	1,937

Fuente: elaboración propia.

Varianza de resultado de Mg presente en mineralización según sección de exoesqueleto del camarón

SECCION	MEDIA	ERROR TIP.	INTERVALO DE CONFIANZA 95%	
			LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Cabeza	2,426	,065	2,284	2,569
Cola	2,159	,065	2,016	2,302

Fuente: elaboración propia.

Datos de varianza encontrados según origen y sección del camarón

ORIGEN	SECCIÓN	MEDIA	ERROR TIP.	INTERVALO DE CONFIANZA 95%	
				LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Mar	Cabeza	3,010	,093	2,808	3,212
	Cola	2,572	,093	2,371	2,774
Vivero	Cabeza	1,843	,093	1,641	2,045
	Cola	1,746	,093	1,544	1,947

Fuente: elaboración propia.

Prueba de efectos inter-sujetos, tomando como variable dependiente Ca presente en mineralización

ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	Sig.
Origen	17,302	1	17,302	144,938	,000
Sección	2,164	1	2,164	18,124	,001
Muestra	,242	4	,060	,506	,732
Origen * Sección	1,238	1	1,238	10,368	,007
Error	1,432	12	,119		
Total corregida	22,377	19			

Fuente: elaboración propia.

Varianza de resultado de Ca presente en mineralización. Según origen del camarón

ORIGEN	MEDIA	ERROR TIP.	INTERVALO DE CONFIANZA 95%	
			LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Mar	5,595	,109	5,357	5,833
Vivero	7,455	,109	7,217	7,693

Fuente: elaboración propia.

Varianza de resultado de Ca presente en mineralización según sección de exoesqueleto del camarón

SECCION	MEDIA	ERROR TIP.	INTERVALO DE CONFIANZA 95%	
			LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Cabeza	6,196	,109	5,958	6,434
Cola	6,854	,109	6,616	7,092

Fuente: elaboración propia.

Datos de varianza encontrados según origen y sección del camarón

ORIGEN	SECCIÓN	MEDIA	ERROR TIP.	INTERVALO DE CONFIANZA 95%	
				LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Mar	Cabeza	5,017	,155	4,680	5,354
	Cola	6,172	,155	5,836	6,509
Vivero	Cabeza	7,375	,155	7,038	7,711
	Cola	7,535	,155	7,198	7,872

Fuente: elaboración propia.

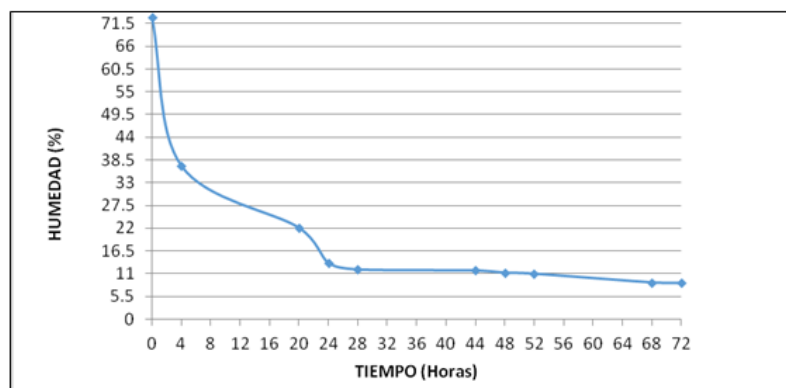
6. Resultados de secado de materia prima

Mediciones de humedad en la sección de la cabeza del camarón de procedencia de mar

TIEMPO (horas)	HUMEDAD (%)
0	73,04
4	37,06
20	22,09
24	13,61
28	12,02
44	11,75
48	11,24
52	10,98
68	8,88
72	8,72

Fuente: elaboración propia.

Curva de secado humedad en función del tiempo en la sección de la cabeza del camarón de procedencia de mar



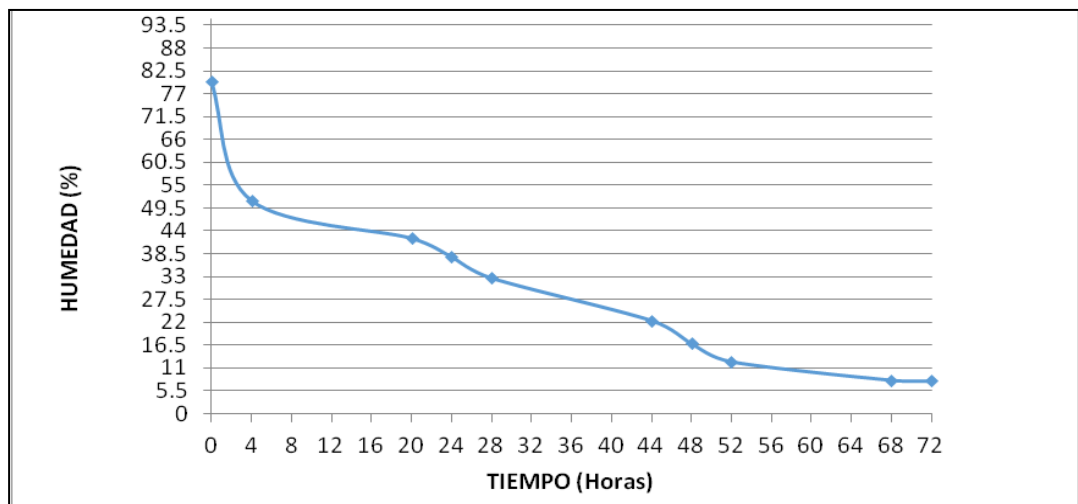
Fuente: elaboración propia.

Mediciones de humedad en la sección de la cabeza del camarón de procedencia de vivero

TIEMPO (horas)	HUMEDAD (%)
0	80,05
4	51,34
20	42,23
24	37,76
28	32,67
44	22,45
48	16,89
52	12,56
68	8,12
72	7,95

Fuente: elaboración propia.

Curva de secado humedad en función del tiempo en la sección de la cabeza del camarón de procedencia de vivero



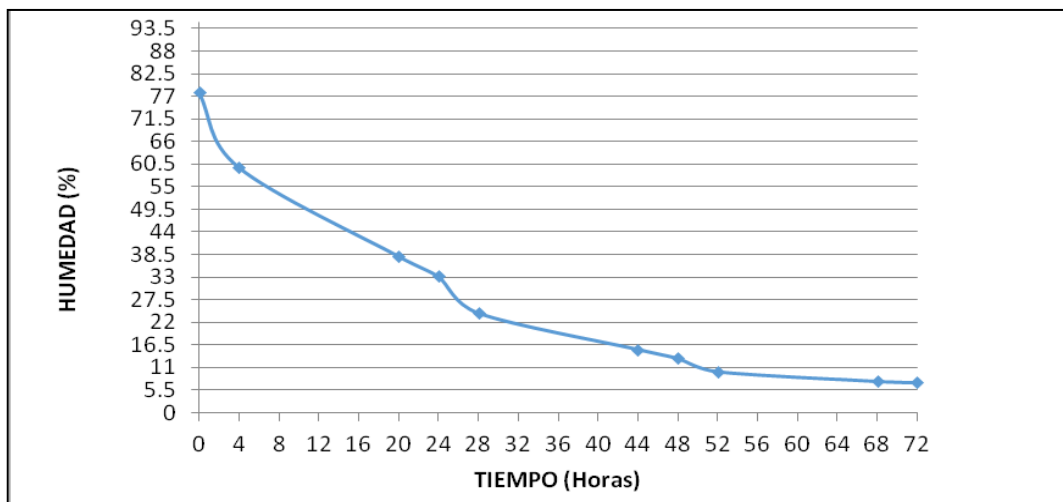
Fuente: elaboración propia.

Mediciones de humedad en la sección de la cola del camarón de procedencia de mar

TIEMPO (horas)	HUMEDAD (%)
0	78,00
4	59,76
20	38,12
24	33,17
28	24,31
44	15,44
48	13,24
52	10,03
68	7,67
72	7,34

Fuente: elaboración propia.

Curva de secado, humedad en función del tiempo en la sección de la cola del camarón de procedencia de mar



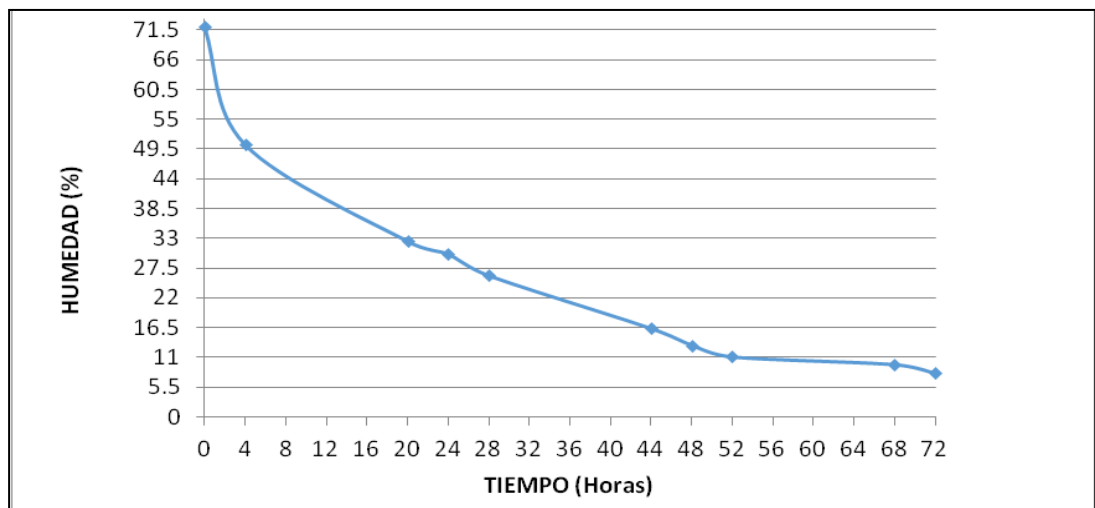
Fuente: elaboración propia.

Mediciones de humedad en la sección de la cola del camarón de procedencia de vivero

TIEMPO (horas)	HUMEDAD (%)
0	72,21
4	50,34
20	32,45
24	30,12
28	26,11
44	16,34
48	13,23
52	11,09
68	9,66
72	8,05

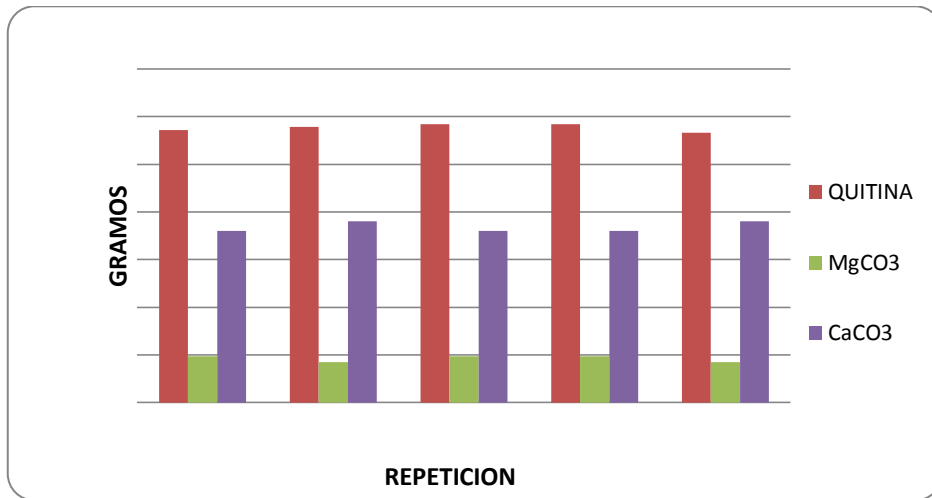
Fuente: elaboración propia.

Curva de secado humedad en función del tiempo en la sección de la cola del camarón de procedencia de vivero



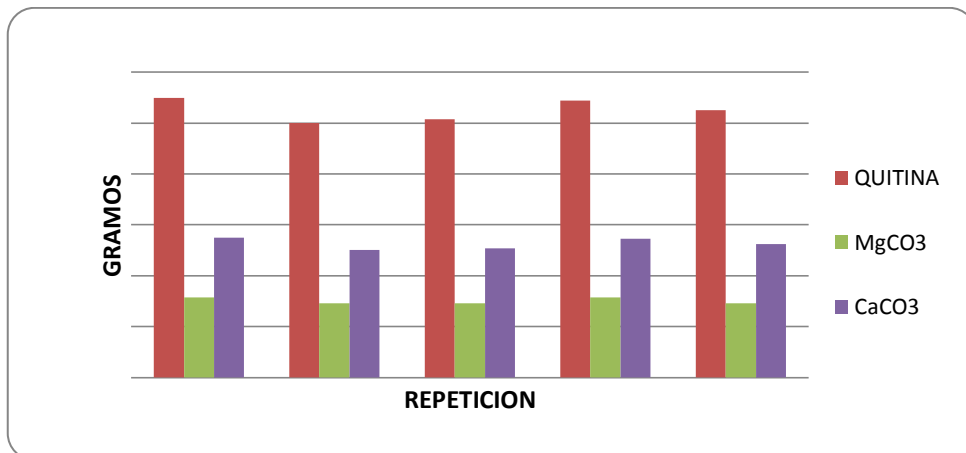
Fuente: elaboración propia.

Comparativos en gramos obtenidos de quitina y mineralización de 5 repeticiones en laboratorio a partir de muestra de cefalotórax de camarón procedente de vivero



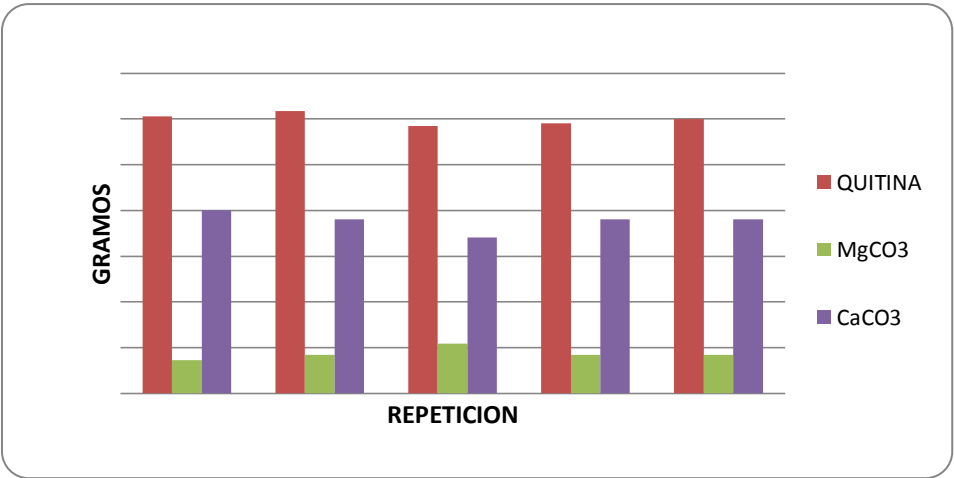
Fuente: elaboración propia.

Comparativos en gramos obtenidos de quitina y mineralización a partir de muestra de cefalotórax de camarón procedente de mar



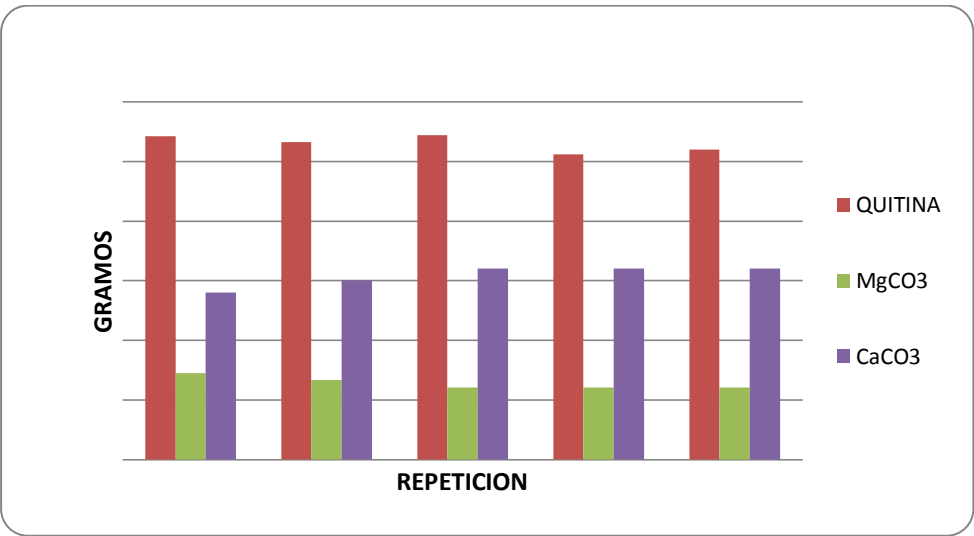
Fuente: elaboración propia.

Comparativos en gramos obtenidos de quitina y mineralización de 5 repeticiones a partir de muestra de abdomen de camarón procedente de vivero



Fuente: elaboración propia.

Comparativos en gramos obtenidos de quitina y mineralización de 5 repeticiones a partir de muestra de abdomen de camarón procedente de mar



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

1. Documentación de análisis realizados a materia prima

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria Escuela de Zootecnia.						Elaborado por Lic. Jorge Sinay Modificado por Dr. Hugo R. Pérez N.	
INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS							
Descripción de la Muestra: Cola de Camaron Vivero Lugar de origen: Mar Pacifico Solicitado por: Estuardo Esmieu Dirección : CIUDAD						Formula 430	
Materia seca parcial						Recibo de pago : Fecha de Recepción: 20/06/2011 Recibida por : Marina Tel: Fax.	
Tara	P.I. Muestra	P.F. Y tara	Resultado				
1568.46	301.18	1661.1	30.76				
Materia seca total							
Tara	P.I. Muestra	P.F. Y tara	%	Resultado			
0.8255	3.2203	3.8428	93.6962	93.70			
0.8284	3.2499	3.8736	93.7013				
Materia seca				Humedad			
28.82				71.18			
Cenizas O minerales Totales							
TARA	P.I. muestra	P.F. Y tara	%	Resultado			
34.2274	3.1083	35.1500	29.68	31.57	29.58	B. FRESCA 9.10	
22.2649	3.3087	23.2400	29.47	B. SECA			
Extracto Etereo							
Tara	P.I. Muestra	P.I. BEAKER	P.F. Beacker	%	Resultado		
0	2.0224	75.1802	75.1855	0.26	0.26	0.24	B. FRESCA 0.08
0	2.1654	76.6344	76.6393	0.23	B. SECA		
FIBRA CRUDA							
P. Bolsa	P. B.+Muestra	P. Digestión	Tara Crisol	P. Fin. Crisol	Resultado		
0.4973	1.1297	0.7686	20.6738	20.7989	23.12	B. FRESCA 7.15	
0.5075	1.1236	0.7068	21.8647	21.9200	23.25		
Blanco	Dif. Bolsa	Dig. Bolsa	Dif. Crisoles	1260.0000	23.37	Promedio	
0.0036	0.6324	0.2713	0.1251	0.1462	24.81		
0.0036	0.6161	0.1993	0.0553	0.1440	B. SECA		
Proteína Cruda							
Resultado		Extracto libre de nitrógeno		B. FRESCA			
40.18	42.89	40.19	0.47	0.00		0.00	
40.20	B. SECA	12.36	B. FRESCA	B. Seca			
		0 p.	B. Seca		K oH	0.00	
E.B.	0.00	0.00	Lignina	0.00			
F.A.D.	0.00	0	F.N.D.	0.00	0		
K O H	0.00	DIG. PEPSINA		0.00			
Realizados Por: Jose A. Morales Fecha de Realización : 20/06/2011 24/06/2011							

Continuación del anexo 1.

Universidad de San Carlos de Guatemala.					Elaborado por Lic. Jorge Sinay	
Facultad de Medicina Veterinaria					Modificado por Dr. Hugo R. Pérez N.	
Escuela de Zootecnia.						
INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS						
					Formula	
<u>Descripción de la Muestra:</u> Cola de Camarón de Mar						
<u>Lugar de origen:</u> Mar Pacifico					431	
<u>Solicitado por:</u> Estuardo Esmieu					Recibo de pago : <u>Fecha de Recepción:</u> 20/06/2011 <u>Recibida por :</u> Marina <u>TEL:</u> _____ Fax. _____	
<u>Dirección :</u> CIUDAD						
Materia seca parcial						
Tara	P.I. Muestra	P.F. Y tara	Resultado			
1560.87	354.23	1633	20.36			
Materia seca total						
Tara	P.I. Muestra	P.F. Y tara	%	Resultado		
0.8204	3.0523	3.6873	93.9259	93.93		
0.8344	3.0012	3.6536	93.9358			
Materia seca			Humedad			
19.13			80.87			
Cenizas O minerales Totales						
TARA	P.I muestra	P.F. Y tara	%	Resultado		
20.0160	3.0244	20.7375	23.86	23.91		
21.6897	3.2198	22.4615	23.97			
				B. FRESCA		
				4.87		
				B. SECA		
Extracto Etéreo						
Tara	P.I. Muestra	P.I BEAKER	P.F. Beacker	%	Resultado	
0	2.1057	73.3204	73.3230	0.12	0.13	
0	2.0963	75.1368	75.1395	0.13		
					B. FRESCA	
					0.03	
					B. SECA	
FIBRA CRUDA						
P. Bolsa	P. B.+Muestra	P. Digestión	Tara Crisol	P. Fin. Crisol	Resultado	
0.4794	1.0185	0.6836	19.3417	19.4000	27.06	
0.4879	1.0689	0.6913	21.4987	21.5450	27.05	
Blanco	Dif. Bolsa	DIG. Bolsa	Dif. Crisoles	1260.0000	27.04	
0.0036	0.5391	0.2042	0.0583	0.1459	28.80	
0.0036	0.5810	0.2034	0.0463	0.1571	B. SECA	
					B. FRESCA	
					5.51	
					Promedio	
Proteína Cruda						
			Extracto libre de nitrógeno			B. FRESCA
	Resultado					0.00
42.06	44.77	42.05	0.84			B. Seca
42.04	B. SECA	8.56	B. FRESCA			K oH
C.	0.00	0	p.	0.00	B.Seca	T.N.D.
E.B.	0.00	0.00	Lignina	0.00		
F.A.D.	0.00	0	F.N.D.	0.00	0	
K O H	0.00		DIG. PEPSINA	0.00		
Realizados Por: José A. Morales Fecha de Realización : 20/06/2011 24/06/2011						

Continuación del anexo 1.

Universidad de San Carlos de Guatemala.					Elaborado por Lic. Jorge Sinay	
<u>Facultad de Medicina Veterinaria</u>					Modificado por Dr. Hugo R. Pérez N.	
<u>Escuela de Zootecnia.</u>						
INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS						
						Formula
<u>Descripción de la Muestra: Cabeza de Camaron Vivero</u>						432
<u>Lugar de origen: Mar Pacifico</u>						
<u>Solicitado por: Estuardo Esmieu</u>						
<u>Dirección : CIUDAD</u>						Recibo de pago : Fecha de Recepción: 28/06/2011 Recibida por : Marina TEL: Fax.
Materia seca parcial						
Tara	P.I. Muestra	P.F. Y tara			Resultado	
1032	287.71	1110			27.11	
Materia seca total						
Tara	P.I. Muestra	P.F. Y tara	%	Resultado		
0.8186	3.0743	3.7143	94.1905	94.20		
0.8315	3.4816	4.1112	94.2009			
Materia seca			Humedad			
25.54			74.46			
Cenizas O minerales Totales						
TARA	P.I muestra	P.F. Y tara	%	Resultado		
21.3727	3.2337	22.1000	22.49	23.86		22.47 B. FRESCA 6.09
20.2314	4.2235	21.1796	22.45	B. SECA		
Extracto Etéreo						
Tara	P.I. Muestra	P.I BEAKER	P.F. Beacker	%	Resultado	
0	2.1103	78.1700	78.1800	0.47	0.46 B. SECA	0.43 B. FRESCA 0.12
0	2.0614	75.6918	75.6999	0.39		
FIBRA CRUDA						
P. Bolsa	P. B.+Muestra	P. Digestión	Tara Crisol	P. Fin. Crisol	Resultado	
0.4916	1.5895	1.1126	20.3497	20.5880	34.86	B. FRESCA 9.45
0.5097	1.3856	0.8247	21.5947	21.6043	34.86	
Blanco	Dif. Bolsa	DIG. Bolsa	Dif. Crisoles	34.87		Promedio
0.0036	1.0979	0.6210	0.2383	0.3827	37.01	
0.0036	0.8759	0.3150	0.0096	0.3054	B. SECA	
Proteína Cruda			Extracto libre de nitrógeno			
	Resultado				0.00	0.00
34.33	36.44	34.33	2.23		B. Seca	
34.32	B. SECA	9.31	B. FRESCA			K oH 0.00
C.	0.00	0	p.	0.00	B.Seca	T.N.D.
E.B.	0.00	0.00	Lignina	0.00		
F.A.D.	0.00	0	F.N.D.	0.00	0	
K O H	0.00		DIG. PEPSINA	0.00		
Realizados Por: José A. Morales Fecha de Realización : 04/07/2011 07/07/2011						

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Medicina Veterinaria
Escuela de Zootecnia.

Elaborado por Lic. Jorge Sinay
Modificado por Dr. Hugo R. Pérez N.

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Formula

Descripción de la Muestra: Cabeza de Camaron Mar

Lugar de origen: Mar Pacifico

Solicitado por: Estuardo Esmieu

Dirección : CIUDAD

433

Recibo de pago :

Fecha de Recepción: 28/06/2011

Recibida por : Marina

TEL:

Fax.

Materia seca parcial

Tara	P.I. Muestra	P.F. Y tara	Resultado
1046	187.67	1105	31.44

Materia seca total

Tara	P.I. Muestra	P.F. Y tara	%	Resultado
0.8099	3.2159	3.7633	91.8374	91.84
0.8218	3.1506	3.7157	91.8523	
Materia seca			Humedad	
28.87			71.13	

Cenizas O minerales Totales

TARA	P.I muestra	P.F. Y tara	%	Resultado
20.3897	3.4046	21.0931	20.66	22.30
20.5487	3.2257	21.2038	20.31	B. SECA

20.48

B. FRESCA

6.44

Extracto Etéreo

Tara	P.I. Muestra	P.I BEAKER	P.F. Beacker	%	Resultado
0	2.0668	76.0384	76.0488	0.50	0.56
0	2.0005	75.6912	75.7016	0.52	B. SECA

0.51

B. FRESCA

0.16

FIBRA CRUDA

P. Bolsa	P. B.+Muestra	P. Digestión	Tara Crisol	P. Fin. Crisol	Resultado
0.4747	1.6228	1.1832	20.1299	20.4050	37.75
0.5048	1.1387	1.2168	21.5947	22.0698	37.56
Blanco	Dif. Bolsa	DIG. Bolsa	Dif. Crisoles		37.37
0.0036	1.1481	0.7085	0.2751	0.4334	40.90
0.0036	0.6339	0.7120	0.4751	0.2369	B. SECA

B. FRESCA

11.81

Promedio

Proteína Cruda

Resultado	
32.52	35.42
32.54	B. SECA

32.53

0.83

B. FRESCA

0.00

B. Seca

K oH

0.00

C.	0.00	0	p.	0.00	B.Seca	T.N.D.
E.B.	0.00	0.00	Lignina	0.00		
F.A.D.	0.00	0	F.N.D.	0.00	0	
K O H	0.00		DIG. PEPSINA	0.00		

Realizados Por: José A. Morales Fecha de Realización : 04/07/2011 07/07/2011

Fuente: Laboratorio Bromatología. Facultad de Medicina Veterinaria. USAC.