



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN
CIENCIAS AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ECONOMÍA

**Estudio de factibilidad para la implementación de una red
de valor de quitosano extraído de *Penaeus vannamei*;
opción de desarrollo económico y sustentable**

MARISOL CADEZA ESPINOSA

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2014

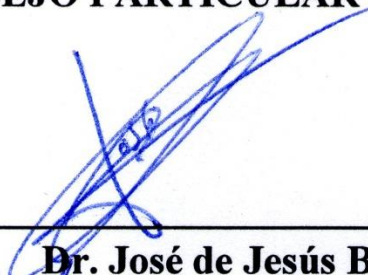
La presente tesis titulada "**Estudio de factibilidad para la implementación de una red de valor de quitosano extraído de *Penaeus vannamei*, opción de desarrollo económico y sustentable**" realizada por la alumna **Marisol Cadeza Espinosa** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
POSTGRADO EN SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ECONOMÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



Dr. José de Jesús Brambila Paz

ASESOR:



Dr. Luis Eduardo Chalita Tovar

ASESOR:



Dr. Adrián González Estrada

Montecillo, Texcoco, Estado de México, octubre de 2014

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE VALOR DE QUITOSANO EXTRAÍDO DE *PENAEUS VANNAMEI*; OPCIÓN DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SUSTENTABLE

**Marisol Cadeza Espinosa, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2014**

RESUMEN

La producción total de camarón (*Peaneus vannamei*) en México fue 212 703 toneladas. Se estima que 40% se convierte en desperdicio orgánico. La optimización de una cadena productiva conlleva la minimización de los costos y la maximización de los insumos. Por ello el objetivo del presente estudio fue evaluar en forma tradicional la factibilidad de producir camarón y agregarle una opción real tomando en cuenta la posibilidad de producir quitina para extraer quitosano de la cáscara del camarón. El quitosano es un biopolímero de alto valor en el mercado químico-industrial. La estimación del Valor Actual Neto Total (VAN_{TOTAL}) y las ecuaciones de Black-Scholes y Merton para la estimación de las opciones reales fueron utilizadas en la determinación de la factibilidad del proyecto. Se encontró que el VAN de la producción de camarón es \$0.182 millones, en contraste con el VAN de la extracción de quitina que es \$1.727 millones, sin embargo el VAN_{TOTAL} de optar por la producción de camarón y agregarle una opción real tomando en cuenta producir quitosano es \$42.708 millones, con lo que se concluye que la opción de producir quitosano y camarón es 234 veces más rentable con respecto a sólo producir camarón.

Palabras clave: camarón, optimización, quitosano, valor actual neto y opción real.

**FEASIBILITY STUDY FOR THE IMPLEMENTATION OF A VALUE NETWORK OF
CHITOSAN EXTRACTED FROM PENAEUS VANNAMEI; OPTION FOR ECONOMIC
DEVELOPMENT AND SUSTAINABLE**

**Marisol Cadeza Espinosa, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2014**

ABSTRACT

The total production of shrimp (*Penaeus vannamei*) in Mexico was 212,703 tonnes. An estimated that 40% is converted into organic waste. Optimizing a supply chain involves the minimization of costs and maximization of inputs. Therefore the objective of this study was to evaluate the feasibility traditionally produce shrimp and add a real option considering the possibility of producing chitosan to remove shell shrimp. Chitosan is a biopolymer of high value in the chemical-industrial market. Estimating the Total Net Present Value (NPV_{TOTAL}) and the equations of Black-Scholes and Merton for the estimation of real options were used in determining project feasibility. It was found that the NPV of shrimp production is \$0.182 million in contrast to the NPV of extracting chitosan is \$1.727 million, however the NPV_{TOTAL} of opt for shrimp production and add a real option considering producing chitosan is \$42.708 million, which it is concluded that the option of producing chitosan and shrimp is 233 times more profitable compared to only produce shrimp.

Keywords: shrimp, optimization, chitosan, net present value and real option.

Agradecimientos

A la Dra. María Teresa Sánchez-Torres Esqueda y a la Lic. María del Carmen Padilla Pastrana ya que me apoyaron con su confianza en la realización de mi examen de grado. Mil Gracias. A los Doctores: Jaime A. Matus Gardea, José de Jesús Brambila Paz, Adrián González Estrada, Luis Eduardo Chalita Tovar, Silvia Bautista Baños y Susana Patricia Miranda Castro por compartirme sus conocimientos con respeto, humildad y sabiduría.

Afectuosamente a Magda Rojas y Verónica Cerecedo por sus consejos, compartir su conocimiento y sus palabras de aliento en mi formación.

También a mis compañeros Susana Cruz Jiménez, Brenda Aracely Ramírez Barraza, Zurisaday Cortés Sánchez y Salvador López Huerta, ya que sin ellos esto no sería posible

Y de manera general a mis padres, a mis amigos y a todas aquellas personas que forman parte de mi vida, ya que cada palabra, cada consejo y cada regaño han sembrado en mí esa pasión con la que hago mis proyectos profesionales.

Por último pero no por ello con menos cariño a mi amiga Ariadna Lavariega Martínez quien me alentó en mi sueño de aplicar a la maestría. Te quiero mucho amiga.

CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	6
1.3 Objetivo General.....	10
1.3.1 Objetivos específicos	10
1.4 Hipótesis	10
1.4.1 Hipótesis general	10
1.5 Metodología	11
CAPITULO II. BIOPOLÍMEROS Y SUS TENDENCIAS ACTUALES: LA QUITINA	12
2.1 Historia de la quitina y el quitosano	12
2.1.1 El descubridor de la quitina	13
2.2 Definición y estructura química	14
2.2.1 Definición.....	14
2.2.2 Tipos de quitina.....	17
2.3 Propiedades ,usos y aplicaciones	19
2.4 Fuentes de quitina y quitosano.....	24
2.4.1 Quitina en el medio ambiente	24
2.4.2 El camarón.....	28
2.4.2.1 Características del camarón	28
2.4.2.2 Producción nacional de camarón	29
2.4.3 Metodos de extracción de quitina y quitosano del camarón	32
2.4.3.1 Tipo de método de extracción	32
2.4.3.2 Caracterización del método de extracción convencional	35
2.5 Mercado de la quitina.....	38
2.5.1 Análisis de la demanda	38
2.5.2 Caracterización del mercado mundial de quitina y quitosano.....	39
2.5.3 Análisis de la oferta	40
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	43
3.1 Teoría de opciones reales: una metodología complementaria para la evaluación de proyectos de inversión	43
3.1.1 Categorías de opciones reales: lo básico.....	43
3.1.2 Árboles binomiales	47
3.1.2.1 Árbol binomial con opción americana	50
3.1.2.2 Árbol binomial con opción Europea	52
3.1.2.3 Árbol binomial con opción técnica	53
3.1.2.4 Árboles binomiales con opción de innovación tecnológica	54
3.2 El modelo de Black-Scholes y Merton.....	56
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	58
4.1 Indicadores de rentabilidad de producción de camarón	58

4.2 Indicadores de rentabilidad de producción de quitosano	59
4.3 Evaluación de rentabilidad con metodología de opciones reales	60
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	67
ANEXOS	
ANEXO A. PRECIOS REALES Y NOMINALES DE CAMARÓN	72
ANEXO B. PRECIOS REALES Y NOMINALES DE QUITINA	74
ANEXO C. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE CAMARÓN DE CAPTURA.....	76
ANEXO D.COSTOS DE INVERSIÓN DE CAMARÓN DE CAPTURA	78
ANEXO E. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE QUITOSANO	80
ANEXO F.COSTOS DE INVERSIÓN DE QUITOSANO	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Eslabones de la cadena productiva de camarón de acuicultura.....	3
Figura 2. Eslabones de la cadena productiva de camarón de altamar	4
Figura 3. Diagrama de producción de camarón de altamar y quitina	7
Figura 4. Sistema integral de producción de camarón	9
Figura 5. Distribución de los organismos fósiles chitinous través tiempo geológico	12
Figura 6. Estructura tipo silla de la quitina y celulosa	15
Figura 7. Estructura de glucosamina (monómero de quitosano) y glucosa (monómero de celulosa	16
Figura 8. Estructura de la quitina y el quitosano	16
Figura 9. Estructura molecular y enlaces nitrogenados en (a) α-quitina y (b) β-quitina	18
Figura 10. Propiedades para la aplicación de la quitina y el quitosano	24
Figura 11. Obtención de quitina a partir de conchas	26
Figura 12. Morfología del camarón	29
Figura 13. Componentes del exoesqueleto del camarón.....	33
Figura 14. Componentes del exoesqueleto del camarón después de la extracción de proteínas.....	34
Figura 15. Componentes del exoesqueleto del camarón después de la extracción de proteínas y minerales	34
Figura 16. Representación esquematizada de quitina y quitosano	34
Figura 17. Proceso de desacetilación.....	36
Figura 18. Método de extracción simplificado para su análisis.	37
Figura 19. Mercado de la quitina	40
Figura 20. Modelo binomial	47
Figura 21. Up y Down	49

Figura 22. Árbol binomial.....	49
Figura 23. Árbol binomial con opción americana.....	51
Figura 24. Árbol binomial con opción Europea	52
Figura 25. Árbol binomial con volatilidad de precios.....	53
Figura 26. Árbol binomial con opción de innovación tecnológica.....	54
Figura 27. Árbol binomial con valor presente con opción de diferenciación del producto a partir del año dos.....	55

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Serie histórica de la producción nacional de camarón	31
Gráfica 2. Mercado mundial de la quitina y quitosano	39
Gráfica 3. Comportamiento del precio de la quitina (2000 - 2011)	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales propiedades del quitosano en relación con su uso en aplicaciones biomédicas	20
Tabla 2. Principales aplicaciones de quitosano	20
Tabla 3. Características específicas para aplicaciones de quitosano en el cuidado del cabello.....	22
Tabla 4. Fuentes de quitina y quitosano.....	25
Tabla 5. Porcentaje de quitina y quitosano del exoesqueleto de camarón y cangrejo	27
Tabla 6. Cantidad de quitina y quitosano de un kilo de camarón	32
Tabla 7. Empresas productoras de quitosano y quitina a nivel mundial.....	40
Tabla 8. Precios nominales de quitina.....	42
Tabla 9. Opciones reales que se pueden presentar a lo largo de un proyecto.....	45
Tabla 10. Indicadores de rentabilidad de camarón de altamar en Sinaloa 2010	58
Tabla 11 . Indicadores de rentabilidad de quitosano	59
Tabla 12. Dinámica del proyecto de inversión de camarón	61
Tabla 13. Dinámica del proyecto de inversión de quitosano.....	62
Tabla 14. Dinámica del proyecto de inversión de camarón con el complemento de producir quitosano.....	63
Tabla 15. Dinámica de los precios reales del camarón	73
Tabla 16. Dinámica de los precios reales del quitosano.....	75
Tabla 17. Costos de Operación de embarcación camaronera.....	77
Tabla 18. Conceptos de inversión de captura de camarón.....	79
Tabla 19. Costos de operación de extracción de quitosano.....	81
Tabla 20. Costos de inversión de extracción de quitosano.....	83

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En las ciencias biológicas, los ciclos biogeoquímicos, son nombrados de manera cotidiana, estos ciclos tienen su origen y desarrollo en una cadena trófica, en la cual el alimento de un ser vivo es el residuo de otro, los ejemplos más comunes son: el ciclo de sodio (Na), fósforo (P) y el ciclo del agua (H₂O). En la economía existen dos términos que tienen su base en las ciencias biológicas, uno es la economía circular o cíclica y el otro es la bioeconomía (bio-based-economy), la primera se refiere a una sistematización de las estructuras económicas con base en las 3R: reusar, reutilizar y reciclar. A su vez el segundo fundamenta que al realizar un manejo amigable con el ambiente (*eco-friendly por su significado en inglés*), es posible obtener un beneficio macroeconómico para los gobiernos que apliquen el enfoque. Ya que aun cuando la inversión en innovación tecnológica está dada muchas de las veces en millones de “unidades monetarias”¹, en el largo plazo los beneficios macroeconómicos bajo un modelo de inversión en investigación y desarrollo (I+D) generan un impacto positivo². Desde el punto de vista de desarrollo endógeno la primer fase para la implementación de un modelo de I+D es un estudio de factibilidad para su posible aplicación, tal es el caso de la presente investigación enfocada en la obtención de un biopolímero (quitosano), basado en un modelo bioeconómico y circular, evaluado para diez periodos respecto a la producción de camarón (*Penaeus vannamei*) con la metodología de opciones reales. Cabe mencionar que el quitosano es extraído de la cáscara de camarón y se utiliza en diversas áreas, tales como: tecnología de los alimentos, en la ciencia de los materiales, en la microbiología, en la agricultura, en el tratamiento de aguas residuales, en los sistemas de administración de fármacos, en la ingeniería de tejidos y en la bionanotecnología (Khoushab y Yamabhai, 2010).

¹ Tomando en consideración que una unidad monetaria se refiere a un peso, un dólar, un euro, un yen, entre otras monedas, esto sin tomar en cuenta el país en el que se realice la evaluación.

² Medina, López Ana. Tesis doctoral. Análisis del impacto de la inversión en investigación y desarrollo. Madrid, España, 2012.

1.1 Antecedentes

Hemos usado el petróleo por su versatilidad como insumo en los diversos sectores económicos. En el sector primario mediante fertilizantes e insecticidas, combustible de maquinaria y empaques de plástico, en el secundario a través de gas LP, accesorios plásticos del equipo de cómputo y oficina y embalajes de plástico, en el terciario mediante adornos, como combustible, accesorios plásticos y recubrimiento de cables, en el cuaternario como accesorio en mobiliario y equipo de investigación así como de computo, por mencionar algunos; de manera general el petróleo se utiliza para producir plásticos, gomas, detergentes, parafinas, combustibles y algunos productos de la industria cosmética y farmacéutica. Estudios recientes muestran que existen sustancias extraídas de animales, plantas y desechos orgánicos que pueden sustituir de manera más económica y sustentable a los derivados del petróleo, tal es el caso del quitosano (Muzzarelli, 1977; Rinaudo, 2006, Pillai, Paul y Sharma,2009; Khoushab y Yamabhai, 2010; Pacheco, 2010 ;Cerón, Echeverría, Torres, Murillo y Ángeles,2010; Juárez,2010;Matsumoto,2011; Castañeda, De la Fuente, Pacheco, Ortiz y Barboza, 2011).

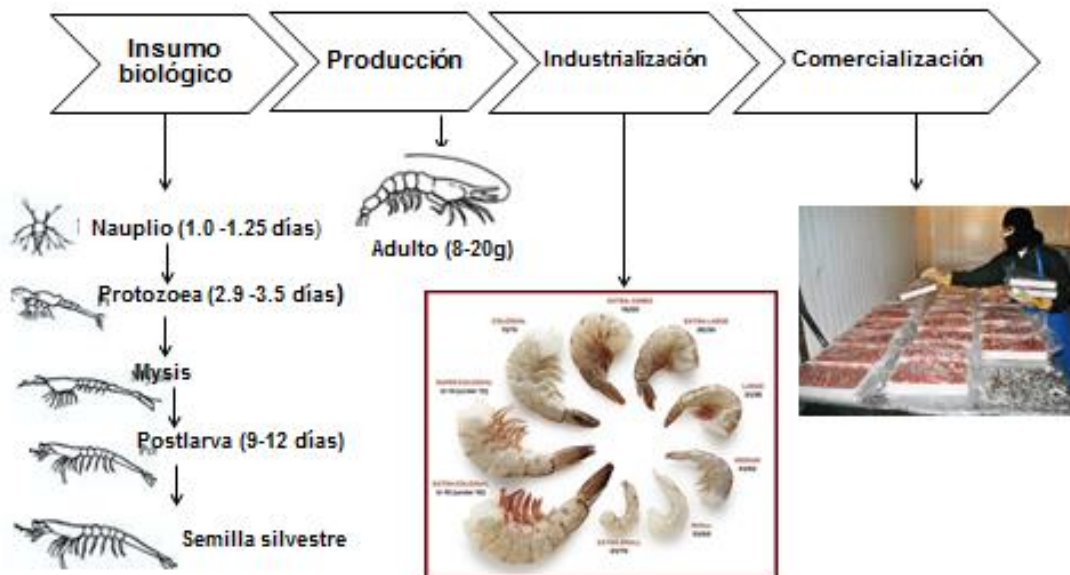
Estamos en una economía que toma, usa y tira, es decir, estamos en una economía que produce mucho desecho. En México, poco más de la mitad de los residuos son de naturaleza orgánica (residuos de comida, jardines, etc.). En los últimos años, la generación total de Residuos sólidos Municipales (RSM) se incrementó, alcanzando 34.6 millones de toneladas en el año 2004. Los RSM se producen mayormente en la región Centro (50%), siguiéndole la región Norte (18%) y el Distrito Federal (13%) (SEMARNAT, 2012).

A nivel mundial en términos macroeconómicos existen efectos colaterales que se generan de la realización de iniciativas con fundamento en erradicar la hambruna, la pobreza, el desempleo, la inflación y escases. Estos son errores del sistema, para los cuales existen políticas y programas que se encargan de subsanar la magnitud de impacto en la población. A nivel microeconómico para el caso de las cadenas

productivas, cada eslabón produce desechos; lo cual es una ineficiencia del sistema – *un error* -. No obstante, la ineficiencia existe y repercute en el denominado cambio climático así como en los costos de producción.

En lo que se refiere a la producción de camarón, a nivel mundial existen dos maneras de obtenerlo, mediante acuicultura, – *sistemas de producción simi-intensivo o intensiva* -, y mediante altamar –*pescando a mar abierto, en lagunas, esteros y bahías* -, la producción de camarón de acuicultura abarca cuatro eslabones: de insumo biológico, de producción, de industrialización y de comercialización. Por otro lado la producción de camarón de altamar solamente contempla el eslabón de producción, el eslabón de industrialización y el de comercialización (CONAPESCA³, 2011). Véase la figura 1 y 2.

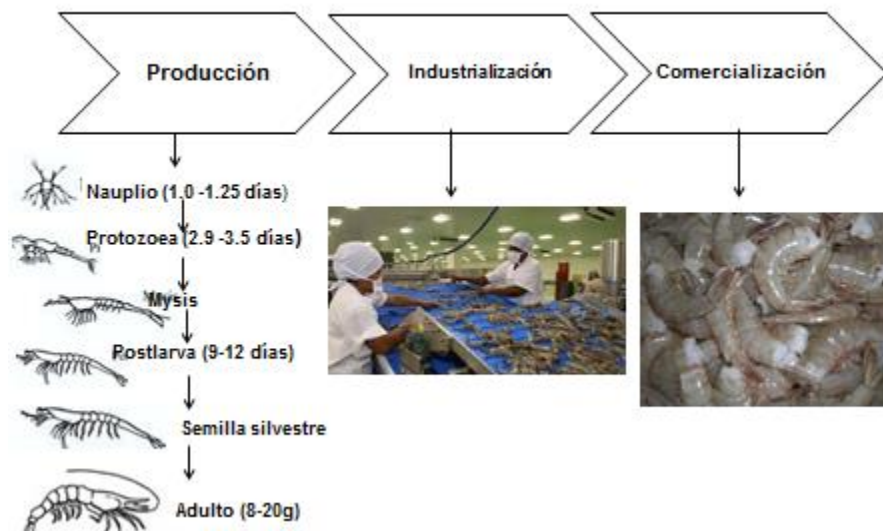
Figura 1. Eslabones de la cadena productiva de camarón de acuicultura



Fuente: Elaboración propia con datos de Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA), Instituto Sinaloense de Acuicultura (ISA), Comité Sistema Producto Camarón de Altamar de Sinaloa y Organización de las naciones unidas para la alimentación (FAO) .

³ Especial agradecimiento al Ing. Jorge Reyes Moreno por la información proporcionada para el análisis del presente estudio.

Figura 2. Eslabones de la cadena productiva de camarón de altamar



Fuente: Elaboración propia con datos de Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), Instituto Sinaloense de Acuacultura (ISA), Comité Sistema Producto Camarón de Altamar de Sinaloa y Organización de las naciones unidas para la alimentación (FAO) .

En México se estima que entre el 40 y 50% de la misma es desperdicio orgánico (Pacheco, 2010; Cerón, 2010; Shirai⁴, 2011; de Andrade;Ladchumanandasivam, da Rocha;Belarmino y Galvão, 2012).). Lo que quiere decir que tan solo en el eslabón de industrialización y comercialización existe un desperdicio por cada kilogramo de alrededor de 400 a 500 gramos. Desecho, basura o desperdicio orgánico al que actualmente no se le da un tratamiento y genera pérdidas en las ganancias así como contaminación. Sin embargo estudios recientes demuestran que de la cascara de camarón, así como de la cabeza - que es lo que se convierte en residuo sólido- es posible obtener un biopolímero denominado quitina (Pacheco, 2010; Cerón; Echeverría; Torres,2010; Shirai, 2011).

La quitina es uno de los más abundantes biopolímeros renovables en el planeta tierra, el cual puede ser obtenido como un barato biopolímero renovable de los recursos marinos (Muzzarelli, 1977). Los principales recursos marinos explotados son dos: camarones y cangrejos (Rinaudo, 2006). De la quitina es posible obtener quitosano. La

⁴ Un agradecimiento especial a la Dra. Keiko Shirai Matsumoto por la información proporcionada.

quitina y el quitosano tienen una inmensa posibilidad estructural para ser modificados química y mecánicamente para generar nuevas propiedades, funciones y aplicaciones especialmente en el área biomédica (Pillai; Paul; Sharma, 2009). De acuerdo con ello, se ha informado de una gama muy amplia de aplicaciones en diferentes áreas como en: tecnología de los alimentos, en la ciencia de los materiales, en la microbiología, en la agricultura, en el tratamiento de aguas residuales, en los sistemas de administración de fármacos, en la ingeniería de tejidos y en la bionanotecnología (Khoushab ; Yamabhai, 2010).

Entonces para tratar el problema de los desechos orgánicos que genera la producción del camarón (cáscara de camarón), en la actualidad se cuenta con la opción de realizar la transformación del desperdicio orgánico para su conversión en quitina y otros subproductos (Muzzarelli, 1977; Rinaudo, 2006, Pillai; Paul; Sharma, 2009; Khoushab; Yamabhai, 2010; Pacheco, 2010 ; Cerón, Echeverría, Torres, Murillo, Ángeles, 2010; Juárez, 2010; Matsumoto, 2011; Castañeda, De la Fuente; Pacheco; Ortiz; Barboza, 2011).

El desecho de camarón al contener entre 13 - 40 % de quitina, representa una materia prima importante para la producción de un polímero natural, además de proponer una alternativa a la generación de ingresos adicionales a la cadena productiva (Pacheco, 2010). Se estima que de un total de 2.5 ton de residuo orgánico de camarón se pueden obtener hasta 198.8kg (0.198 ton) de quitina, 0.19kg (0.00019 ton) de astaxantina y 352.5 (0.3523 ton) kg de proteína (Shirai, 2011).

A nivel nacional en el año 2013 se produjo 212 703 toneladas de camarón (CONAPESCA, 2013). De las cuales se estima que 40% se convierte en desperdicio orgánico (de Andrade, Ladchumananandasivam, da Rocha; Belarmino y Galvão, 2012). Si realizamos la conversión de estas toneladas de camarón en cáscara de camarón, entonces se generaron 85 081 toneladas. Lo que podemos transformarlo en ganancias adicionales de la venta de quitina (\$672/kg), astaxantina (\$13 342/kg) y proteína (\$161/kg). Si tan solo consideramos el 25% de la producción de cáscara de camarón en

2013 se obtendría un ingreso de \$4 692 143, el 36.05 % de la venta de quitina, el 0.03% de astaxantina y el 63.91% de proteína, esto sin tomar en cuenta el factor trascendente de inversión en la tecnología para la extracción de los subproductos. Lo cual representa una alternativa de ingreso, ante las pérdidas que en 2013 se tuvieron derivadas de la muerte de camarones suscitada por una cepa de la bacteria *Vibrio parahaemolyticus* como el agente causante del Síndrome de la Mortalidad Temprana (EMS, por sus siglas en inglés). El cual produjo pérdidas económicas en la región noreste del país, en los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit (Panorama Acuícola Magazine, 2013).

1.2 Planteamiento del problema

La cadena productiva convencional se preocupa por preservar los insumos como: tierra, agua, alimentos peletizados, antibióticos, electricidad, aireación, mano de obra, etcétera, y a su vez de maximizar la ganancia y disminuir los costos de producción. Ya que los recursos naturales son escasos y se compite entre diversas actividades productivas para alimentar a la población a nivel nacional.

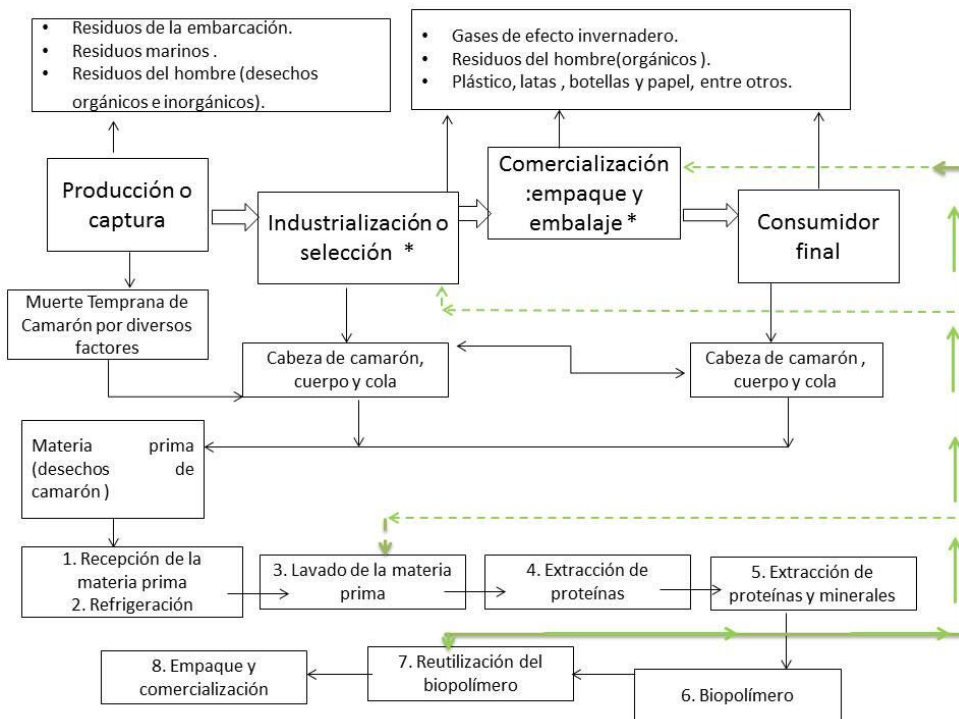
Hoy en día tenemos conocimiento que, "...del aumento en las concentraciones atmosféricas de gases de invernadero se pueden esperar aumentos en la temperatura al haber mayor absorción de radiación infrarroja. Este fenómeno da lugar al Cambio Climático Global"⁵. Por ello a nivel mundial se han llevado a cabo diversas cumbres, entre los cuales destaca la Cumbre del G8*.En la cual, se introdujo por el primer ministro japonés Koizumi Junichiro, en 2004, la iniciativa 3R (Reducir, Reutilizar y Reciclar), a nivel de un país, como base de su política ambiental; definida como un plan para establecer una sociedad que piensa sobre el ciclo de los materiales y expone objetivos a 10 años (L. Vidal, 2013). Este enfoque joven puede ser la clave para una perspectiva integradora. Tomando como base el concepto de la economía circular descrito por la Comisión Europea (2014), la cual menciona que es una alternativa para

⁵ Extracto añadido del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).La ciencia del cambio climático. 2013




reutilizar, reparar, reacondicionar, reciclar materiales y productos existentes, esto es, que todo aquello considerado como “residuo” se puede transformar en recurso. Con ello se puede optimizar la producción de camarón mediante el uso eficiente del desperdicio que genera la cadena productiva.

El concepto de la economía circular y la bioeconomía bajo el enfoque de Brambila (2011) son pilares que presentan una respuesta a las pérdidas económicas de la producción de camarón en el país originada por una cepa de la bacteria *Vibrio parahaemolyticus*. El cual produjo pérdidas económicas en la región noreste de más de USD\$384 millones. Y tan solo en Sonora, la mayor parte de las 135 granjas de camarón existentes, con una superficie de 24 mil hectáreas (has) en total, presentaron mortalidades de más del 70%, con lo que la producción de la temporada cayó en 25 mil toneladas (tons). En Sinaloa y Nayarit se cuantificó mortalidades de más del 90%, con pérdidas de casi USD\$231 millones (Panorama Acuícola Magazine, 2013). Por ello se plantea un enfoque integrador de producción en el corto y mediano plazo. Obsérvese la figura 3 y 4.

Figura 3. Diagrama de producción de camarón de altamar y quitina



En donde:

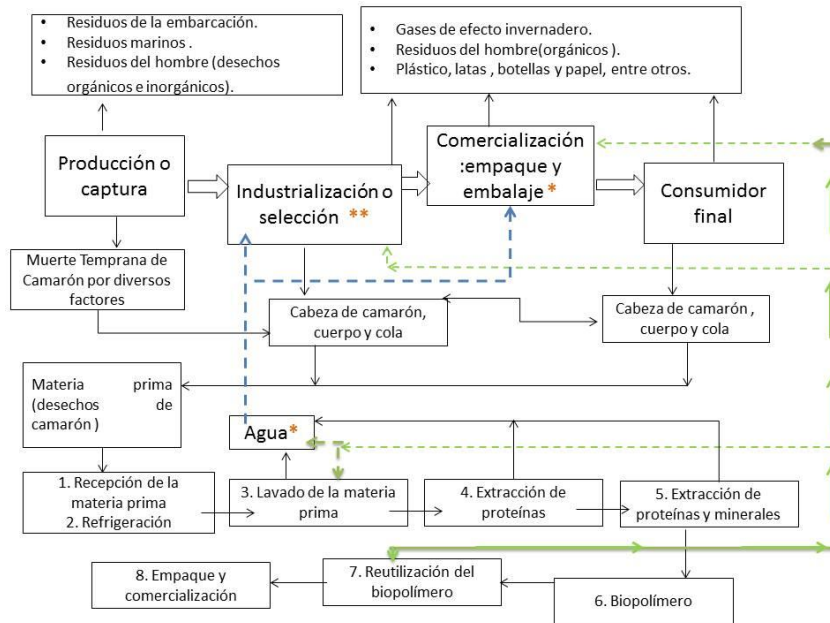
Símbolo	Descripción
*	Utilización de quitosano
	Flujo de los eslabones y desechos
	Flujo de la reutilización del quitosano
	Flujo del eslabón en el que se ocupa el quitosano

Fuente: Elaboración propia con datos de FAO (2006), CONAPESCA (2009) y Cerón, et al. ,2010.

En el diagrama se muestra la producción de camarón en condiciones de altamar asociada con quitosano. Se fundamenta biológicamente en la simbiosis de dos especies dentro de una cadena trófica. Se observa que de cada uno de los sistemas de producción se generan desechos orgánicos e inorgánicos. Y también se aprecia la reutilización de la cáscara de camarón como biomaterial en la cadena productiva de camarón. Con las flechas verdes se percibe el eslabón de la cadena en donde se reutiliza el biomaterial o quitosano. En el mediano plazo el sistema se transformará en un sistema integral de producción en el que cada uno de los desperdicios de los eslabones se re-integren en la cadena productiva global. Con lo cual se pretende obtener mayores ingresos reduciendo los costos.

Por otro lado en el mediano plazo se plantea el diseño del sistema integral de producción.

Figura 4. Sistema integral de producción de camarón.



En donde:

Símbolo	Descripción
*	Utilización de quitosano
→	Flujo de los eslabones y desechos
→	Flujo de la reutilización del quitosano
- - →	Flujo del eslabón en el que se ocupa el quitosano
- - →	Flujo de reutilización del agua tratada con quitosano

Fuente: Elaboración propia.

En el sistema integral de producción de camarón a diferencia del diagrama 3, se observa que existe la variante de la reutilización del agua, ya que se puede generar un sistema de recuperación de agua para ser tratada con quitosano y ser reutilizada en los eslabones de producción camarón que necesiten este insumo. Y con ello podemos bajar costos en cuanto al uso de agua, así como optimizar la utilización de la misma. Objeto del presente estudio.

1.3 Objetivo General

Evaluar en forma tradicional la producción de camarón y agregarle una opción real; tomando en cuenta la posibilidad de expandirse para producir quitina.

1.3.1 Objetivos específicos

- Evaluar la producción de camarón mediante la teoría de formulación y evaluación de proyectos
- Evaluar el proceso de producción de camarón con la opción real de expandirse para producir quitina.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

El usar el desperdicio de camarón para la producción de quitina es técnicamente viable y económicamente posible.

1.5 Metodología

Para la elaboración del presente estudio, se llevara a cabo el método inductivo, partiendo de observaciones particulares para la generación de una conclusión. De esta manera se establecen tres fases, las cuales son: 1) Compendio de información estadística y fuentes bibliográficas, 2) Estudio de los procesos de producción de camarón y obtención de quitina y 3) Concentración de resultados e información. Estas fases se describen a continuación.

Compendio de información estadística y fuentes bibliográficas .Para la obtención de los datos estadísticos se analizaran bases de datos nacionales e internacionales para situar un panorama de la producción en el corto y largo plazo. Fuentes tales como: SAGARPA, FAO, CONAPESCA, FIRA, tesis de maestría, revistas indexadas, entre otras.

Estudio de los procesos de producción de camarón y obtención de quitina. Una vez identificado el proceso productivo de camarón, así como el de obtención de quitina, se realiza el costeo necesario para su evaluación mediante la teoría de la formulación y evaluación de proyectos así como del valor actual total del proyecto adicionando la herramienta de opciones reales.

Concentración de resultados e información. Una vez que se revisa la literatura pertinente así como los datos estadísticos se procede a evaluar de manera tradicional y con opciones reales para contrastar los resultados y generar las conclusiones.

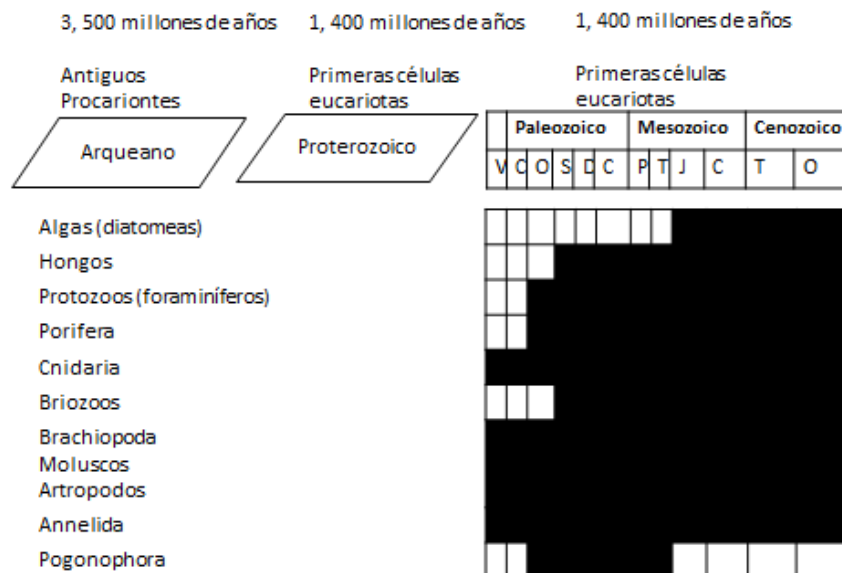
Para en análisis de los datos se realizará una evaluación con la técnica tradicional de evaluación de proyectos por proceso de producción de la quitina y el camarón, así mismo se evaluara mediante la metodología de Opciones Reales con árboles binomiales el sistema integral de producción.

CAPITULO II. BIOPOLÍMEROS Y SUS TENDENCIAS ACTUALES: LA QUITINA

2.1 Historia de la quitina y el quitosano⁶

El origen de la quitina como un polisacárido estructural probablemente se remonta a mediados del eón proterozoico. Véase figura 5. Aunque los fósiles más antiguos se encuentran en rocas arqueanas unos 3.500 millones de años, que parecen representar las células procariotas, las bacterias y las algas verde-azul. El resto de los taxones celulares son eucariotas que son desconocidos desde el arcaico y proterozoico temprano. En un estudio de la pared celular de los hongos Bartnicki–García distingue entre la pared de eucariotas con una estructura microfibrilar y la muy diferente organización de procariotas que carecen de este nivel de organización de la pared celular.

Figura 5. Distribución de los organismos fósiles chitinosos a través del tiempo geológico



Fuente. Elaboración propia con datos de la Revista *Biochemical Systematics and Ecology*, Vol. 19, No 5, pp.401-411, 1991. Gran Bretaña. Disponible en línea: www.elsevier.com. Elsevier Science, Ámsterdam.

⁶ Extracto tomado del artículo de Miller Randall F., *Chitin Paleoecology*. Revista de *Biochemical Systematics and Ecology*, Vol. 19, No. 5, pp. 401-411, 1991

Según Bartnicki–García " la construcción de un muro microfibrillar requiere la sofisticación intracelular de la célula eucariota no sólo para generar la red microfibrilar y otros polímeros de pared , sino también para hacer que la pared crecer en área de la superficie y para moldearla en una diversidad de formas . " sugerencia de Bartnicki García que se requiere una organización de células eucariotas para producir una pared celular compleja que contiene quitina indicaría que los organismos de quitina no podrían haber surgido antes de alrededor 1400 millones de años. Las células con diámetros mayores de 60 micras⁷ (μm), solamente de forma abundante en las rocas.

2.1.1 El descubridor de la quitina

Hace doscientos años, Henri Braconnot describe un polisacárido que contiene un porcentaje sustancial de nitrógeno, que más tarde sería llamada quitina: dicho descubrimiento surgió de las investigaciones sobre la composición de los hongos comestibles y su valor nutricional (Muzzarelli; et al, 2012).

Henri Braconnot (1780-1855) nació en Commercy , el 29 de mayo de 1780 . Hijo de Joseph Gabriel Braconnot (1735-1787) y Barbe Simonnet. Fúe un científico multifacético que hizo importantes aportes a la Química y la Fisiología Vegetal. Descubrió la nitrocelulosa, la pectina , la glicina , la legumina, la populina , el pirogalol, los ácidos gálico y elágico; estudió la composición de las grasas , de la bilis y del jugo gástrico , los ácidos producidos por la putrefacción del queso y la fermentación de la leche , así como la producción de azúcar a partir de la acción del ácido sulfúrico sobre metariales lígneos (Wisnaiak, 2007).

⁷ El micrómetro o micra es una unidad de longitud equivalente a una millonésima parte de un metro. Su símbolo científico es μm . Su nombre proviene del griego μικρός (micrós), neutro de μικρόν (micrón): pequeño.

2.2 Defición y estructura química

2.2.1 Defición

En la naturaleza existen polisacáridos de estructuras y formas diferentes que funcionan como materiales estructurales o proveedores de agua y energía, éste tipo de polisacáridos naturales se denominan biopolímeros, pueden ser usados como: adhesivos, absorbentes, lubricantes, cosméticos, como aditivos en el área farmacéutica, materiales estructurales, etc., el uso de varios de estos materiales se encuentra todavía en desarrollo aunque ya se tienen conocimientos de importantes aplicaciones en alimentos y en medicina(Pacheco,2010).

Los polimeros, quitina y el quitosano son aminopolisacáridos naturales que tienen estructuras únicas, propiedades multidimensionales, funciones altamente sofisticadas y de amplio alcance de aplicaciones en áreas industriales biomédicas y otras. Al ser considerados como materiales de gran potencial futurista con inmensas posibilidades de modificaciones estructurales para impartir propiedades y funciones deseadas; trabajos de investigación y desarrollo sobre la quitina han llegado a un estado de las actividades intensas en muchas partes del mundo.

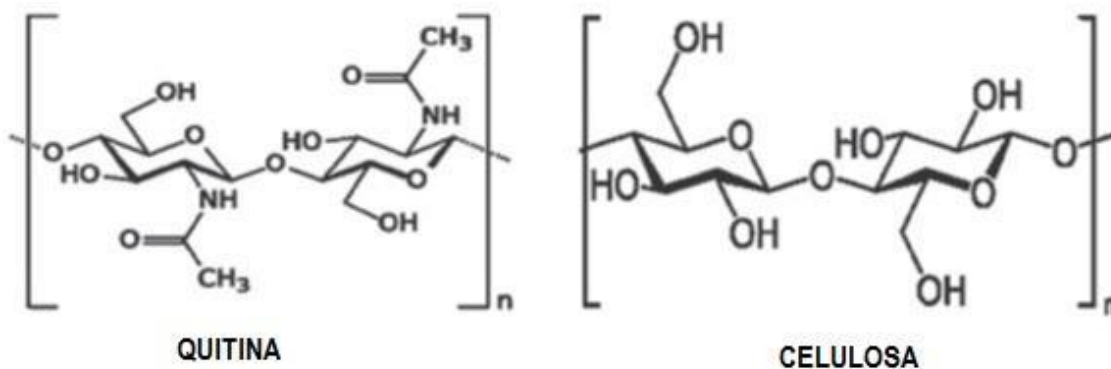
Los atributos positivos de una excelente biocompatibilidad y biodegradabilidad admirable con la seguridad ecológica y baja toxicidad con actividades biológicas versátiles tales como actividad antimicrobiana y baja inmunogenicidad han proporcionado muchas oportunidades para su desarrollo posterior. Se ha convertido de gran interés no sólo como un recurso infrautilizado, sino también como un nuevo biomaterial funcional de alto potencial en diversos campos (C.K.S. Pillai;Willi Paul;Chandra P. Sharma,2009) .

La quitina (*Chitin por sus siglas en inglés*), es el segundo polímero natural o biopolímero estructural más abundante en el planeta tierra, solamente superado por la celulosa. Su gran distribución se debe a que es el principal componente estructural del exoesqueleto

de los crustáceos presente como microfibrillas cristalinas ordenadas (cangrejo, camarón, langosta, calamar y camarón) y en la cutícula de insectos, también se encuentra en las algas, diatomeas marinas, en la pared celular de hongos y levadura. Se puede decir los insectos y crustáceos producen quitina en sus conchas y que las plantas producen celulosa en sus paredes celulares. Por lo tanto la celulosa y la quitina son dos importantes polisacáridos relacionados estructuralmente que proporcionan la integridad estructural y la protección de las plantas y animales, respectivamente.

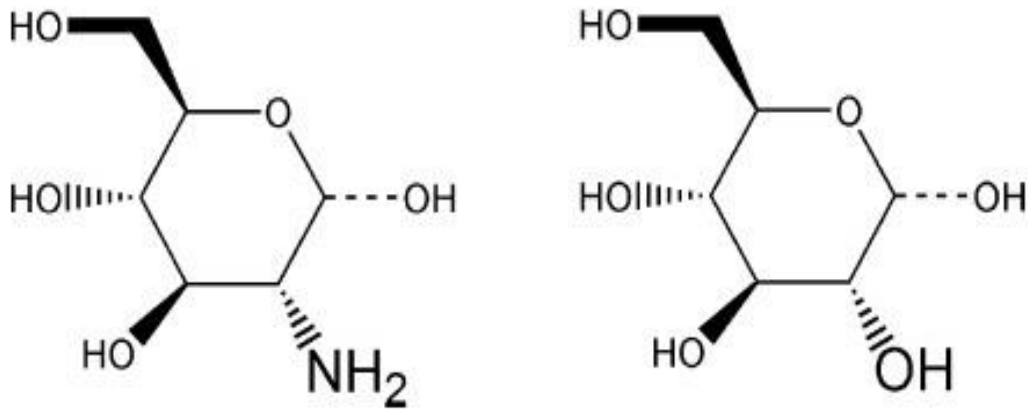
Estructuralmente la quitina es un mucopolisacárido, insoluble en solución acuosa, que presenta una estructura lineal compuesta de unidades repetitivas de N-acetil-D-glucosamina (GlcNAc), unidas por enlace glicosídicos del tipo β -(1 \rightarrow 4). La estructura de la quitina está altamente relacionada con la estructura de la celulosa, ya que esta presenta en la posición C-2 un grupo hidroxilo (-OH) mientras que la quitina presenta un grupo acetamida (-NHCOCH₃) en el mismo carbono (figura 6). Cuando la quitina es desacetilada se produce la quitosana, la cual al igual que la forma acetilada presenta múltiples aplicaciones. En este trabajo presentamos diversos usos de la quitina, la quitosana, las enzimas que las hidrolizan, generalidades sobre el sistema quitonolítico de una bacteria insecticida y como se puede emplear para generar quito-oligosacáridos con actividad antimicrobiana (Castañeda, De la Fuente; Pacheco; Ortiz; Barboza,2011; Pillai, et. al,2009). Véase las siguientes figuras.

Figura 6. Estructura tipo silla de la quitina y celulosa



Fuente: Elaboración propia con datos de la Universidad de Guanajuato: Acta Universitaria-Dirección de apoyo a la investigación y al posgrado, 2011

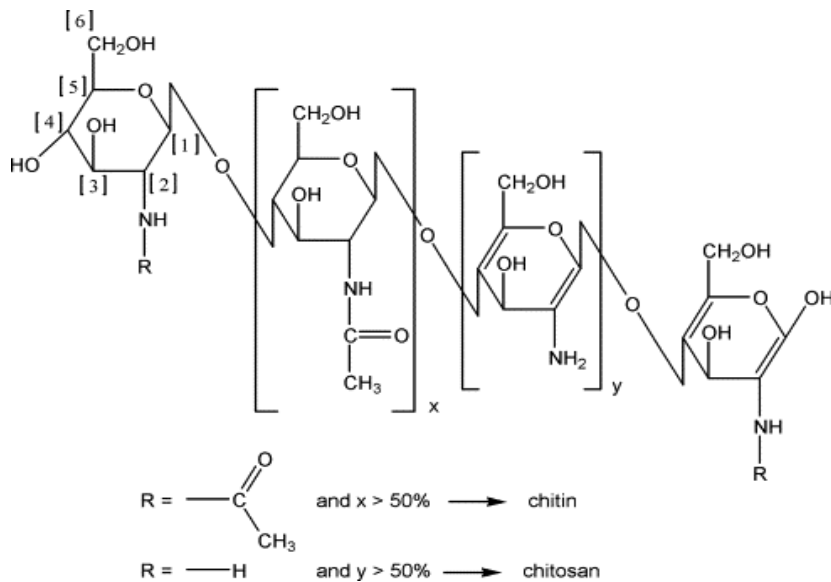
Figura 7. Estructura de glucosamina (monómero de quitosano) y glucosa (monómero de celulosa)



Fuente. Elaboración propia con datos de la Revista Progress in Polymer Science.2009. Disponible en línea: www.elsevier.com. Elsevier Science, Ámsterdam.

Obsérvese la figura que aparece a continuación (Pillai, et. al,2009).Se muestra la similitud de quitina y quitosano de manea estructural.

Figura 8. Estructura de la quitina y el quitosano

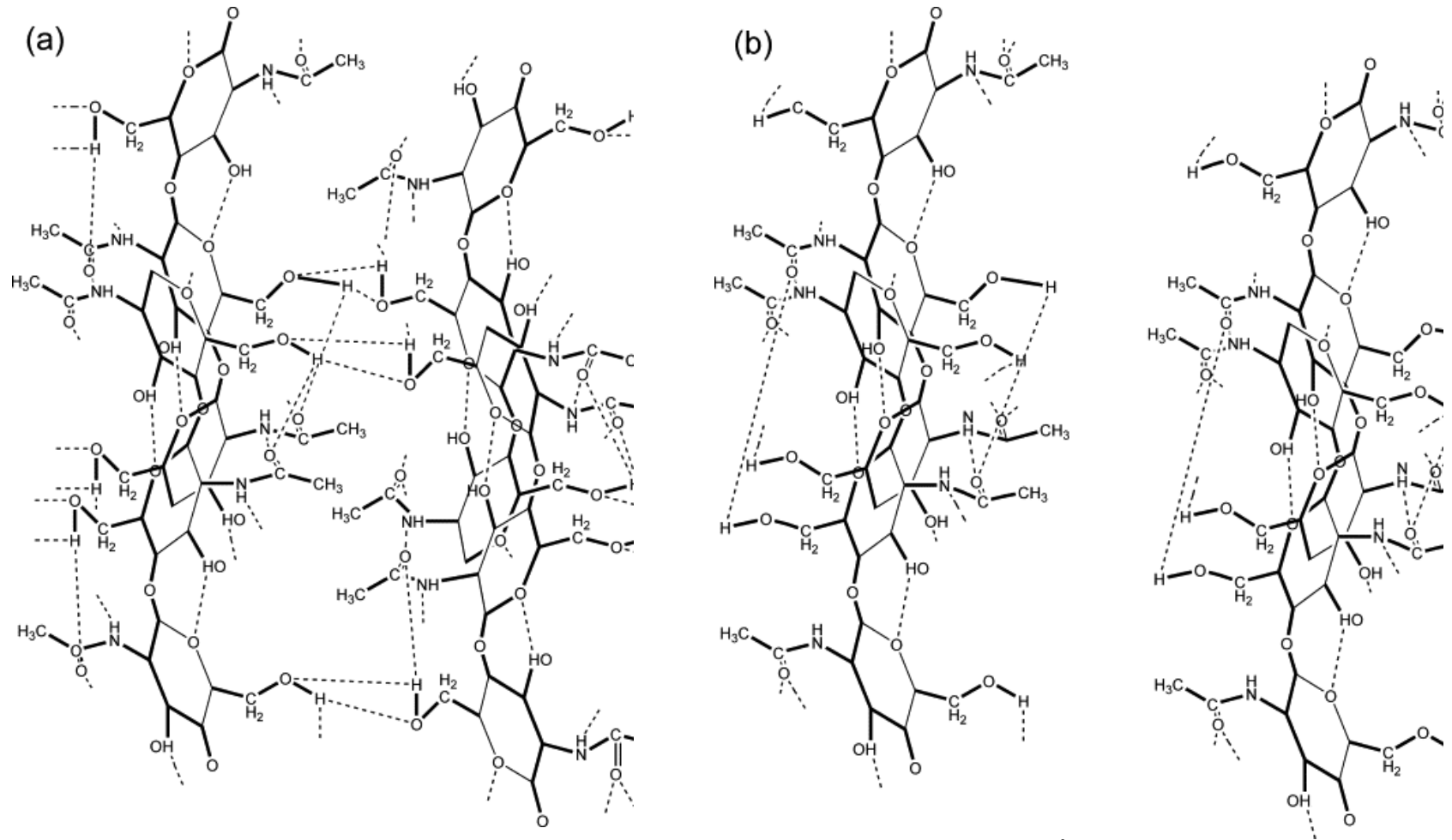


Fuente. Elaboración propia con datos de la Revista Progress in Polymer Science.2009. Disponible en línea: www.elsevier.com. Elsevier Science, Ámsterdam.

2.2.2 Tipos de quitina

Como en el caso de la celulosa, para la quitina existen tres formas polimórficas diferentes (α , β y γ). Estudios recientes han informado que la forma γ , la cual es una variante de la familia α . Las formas polimórficas de quitina difieren en la aglomeración y polaridades de las cadenas adyacentes de la sucesión de láminas; en la forma β , todas las cadenas están alineados de una manera paralela, lo cual no es el caso en la α – quitina. El orden molecular de la quitina depende de la función fisiológica y las características del tejido. Las espinas de agarre de *Sagitta* están hechas de pura α – quitina, porque deben estar enganchadas adecuadamente, mientras que la *Thalassiosira* diatomea céntrica contiene solamente β – quitina. Un tratamiento simple con 20 % de NaOH (hidróxido de sodio) seguido por lavado con agua es conocido para convertir la α – quitina en β – quitina (Pillai;et. al, 2009) .Representación gráfica en la figura 9.

Figura 9. Estructura molecular y enlaces nitrogenados en (a) α -quitina y (b) β -quitina



Fuente: Revista Progress in Polymer Science.2009. Disponible en línea: www.elsevier.com. Elsevier Science, Ámsterdam

2.3 Propiedades ,usos y aplicaciones

Las quitinasas sintetizadas por plantas, hongos, insectos y bacterias tienen un gran potencial debido a su amplio espectro de aplicaciones. Este tipo de biomoléculas han creado un mercado biotecnológico diversificado e ilimitado que incluye aplicaciones en alimentos como aditivos y bioconservadores, asimismo en múltiples aplicaciones biomédicas enfocadas a la actividad anti-tumoral, a la capacidad como agentes antioxidantes y como antidiabéticos. Además, en la agricultura se han aplicado como factores de nodulación, como agentes osmoprotectores y antioxidantes para beneficiar el crecimiento de cultivos (Castañeda; et. al, 2011). La quitina es el segundo polímero natural más importante en el mundo. Los principales recursos marinos explotados son dos crustáceos: camarones y cangrejos (Rinaudo, 2006). A pesar de la enorme viabilidad de la quitina y el quitosano, la utilización de la quitina ha sido restringida debido a su indocilidad e insolubilidad. El hecho de que la quitina sea como un material eficaz esencialmente para suturas debido a su biocompatibilidad, biodegradabilidad y no toxicidad aunado a su actividad antimicrobiana y baja inmunogenicidad, puntos de inmenso potencia para desarrollo futuro(Pillai; et. al., 2009).

Las principales propiedades del quitosano y sus aplicaciones biomédicas así como otras potenciales que ello implican son de gran interés actual en aplicaciones médicas de igual manera algunos de sus derivados. El carácter catiónico de quitosano es único: es el único polímero catiónico pseudo-natural. Su película de propiedades de formación y actividad biológica involucran nuevos usos. Véase las tablas 1 y 2 (Rinaudo, 2006).

Tabla 1. Principales propiedades del quitosano en relación con su uso en aplicaciones biomédicas

Principales Características	Aplicaciones Biomédicas Potenciales
Biocompatible	Suturas quirúrgicas
Biodegradable	Implantes dentales
Renovables	Piel artificial
Formadores de película	Reconstrucción de los huesos
Agente hidratante	Lentes de contacto corneales
Tolerancia no tóxico, biológica	Fármacos de liberación de tiempo para los animales y los seres humanos
Hidrolizada por lyzosome Herida propiedades curativas Eficaz contra las bacterias, virus, hongos	Material de encapsulación

Fuente: Revista Progress in Polymer Science.2006. Disponible en línea: www.elsevier.com. Elsevier Science, Ámsterdam

Tabla 2. Principales aplicaciones de quitosano

Campo de aplicación	Propiedades respecto al campo
Agricultura	Mecanismo de defensa de las plantas La estimulación de crecimiento de la planta Recubrimiento de semillas, protección contra heladas Tiempo de liberación de los fertilizantes y nutrientes en el suelo
Tratamiento de aguas residuales	Floculante para aclarar el agua (agua potable, piscinas) La eliminación de iones metálicos de polímero Ecológica (eliminar polímeros

	sintéticos) Reducir los olores
Alimentos y bebidas	No digerible por el ser humano (la dieta de fibra) Lípidos Bind (reducir el colesterol) preservativo Espesante y estabilizante para salsas Protección fungistático, recubrimiento, antibacterial para las frutas
Biofarmaceuticos	Inmunológica, antitumoral Hemostático y anticoagulante Curación, bacteriostático

Fuente: Revista Progress in Polymer Science.2006.

Disponible en línea: www.elsevier.com. Elsevier Science, Ámsterdam.

En cuanto a las principales aplicaciones de quitosano de igual modo en los campos más importantes donde la especificidad de quitosano debe reconocerse son cosméticos (especialmente para el cuidado del cabello en relación con interacciones electrostáticas), y las aplicaciones farmacéuticas y biomédicas en el que nos centramos, que probablemente ofrecen la mayor promesa. Referente a las aplicaciones de suministro de fármacos incluyen la vía oral, nasal, parenteral y la administración transdérmica, los implantes y la entrega de genes. Así como la administración a través de las drogas ha sido tema de discusión recientemente (Rinando, 2006). A continuación se presenta una tabla con dichas propiedades antes mencionadas.

Tabla 3. Características específicas para aplicaciones de quitosano en el cuidado del cabello

Propiedades	Usos
<p>La solución acuosa de interactuar con el pelo cargado negativamente (interacción electrostática)</p> <p>Efecto antiestático (debido al carácter hidrófilo), mantiene humedad en la baja humedad y el estilo del cabello en la alta humedad</p>	<p>Champús</p> <p>tónicos para el cabello</p> <p>Enjuagues</p> <p>Agentes para permanentes colorantes del cabello</p> <p>Lacas,</p> <p>Lacas para el cabello</p> <p>Suministro de liberación Tiempo (bolas de quitosano, geles o gránulos)</p>
<p>Extracción de sebo y aceites de pelos (debido a hidrofóbica personaje)</p> <p>Actividad antibacteriana y anti fúngica</p> <p>polímero espesante</p> <p>Papel en la estabilidad tensioactivo; estabilizar la emulsión</p> <p>Hacer cabello más suave, aumenta la resistencia mecánica</p> <p>Proteja película elástica en los cabellos, el aumento de su suavidad.</p>	

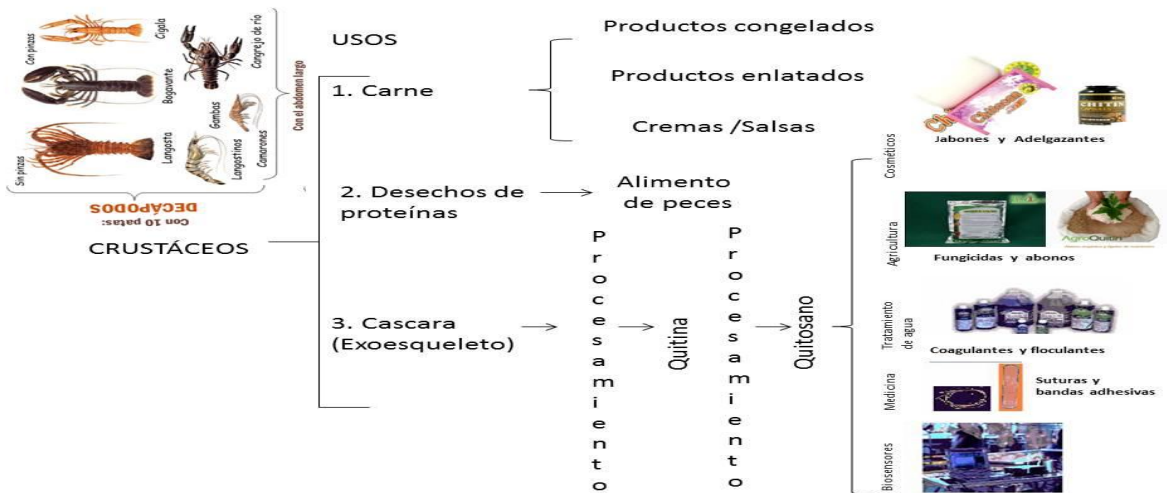
Fuente: Revista Progress in Polymer Science.2006.

Disponible en línea: www.elsevier.com. Elsevier Science, Ámsterdam.

Como se muestra en las tablas anteriores (1,2 y 3), el quitosano tiene diversas aplicaciones , las cuales van desde el campo de estudio agrícola hasta la biomedicina.Teniendo cierta tendencia en la aplicación para el cuidado del cabello(Rinaudo,2006). No obstante tambien existen otros autores que diversifican más el campo de aplicación de la quitia y el quitosano en más sectores para su aplicación , tal es el caso de Pillai(2009) , quien menciona que al quitina ha llegado a ser de gran

interés no solo como un recurso subutilizado sino también como un nuevo biomaterial funcional de gran potencial en varios campos de aplicación. De igual manera Castañeda(2011) menciona que el uso biotecnológico de las quitinasas no solamente se reduce al enfoque tradicional en biocontrol a través de fungicidas y/o bioinsecticidas pues las investigaciones actuales las ubican con un espectro más amplio de aplicación, multifacético y multidisciplinario gracias a la actividad quitinolítica que ejercen sobre la quitina para generar quito-oligosacáridos. Las actividades biológicas de los quito-oligosacáridos revelan un creciente interés por desarrollar estudios que hagan patente su aplicación como aditivos y agentes de biocontrol en alimentos, aplicaciones clínicas y agrícolas. Actualmente se están desarrollando investigaciones innovadoras para lograr optimizar la producción y purificación de quito-oligosacáridos a gran escala para incrementar su potencial aplicación como bioconservadores en alimentos debido a que estos quito-oligosacáridos generados por quitinasas y quitosanasas tienen actividad inhibitoria contra bacterias patógenas de importancia en salud pública, muchas de ellas transmitidas por alimentos. Matsumoto(2011) también hace referencia a los campos de acción en los que se desarrolla este biomaterial en sectores como el farmacéutico, cosmético, agrícola, alimentario y de tratamiento de aguas. Por otra parte Cerón, Echeverría y Torres (2010) agregan un campo de aplicación con respecto a los establecidos por Matsumoto, dicho campo es el de biosensores. Observese la siguiente figura(10).

Figura 10. Propiedades para la aplicación de la quitina y el quitosano



Fuente: Elaboración propia con datos de la Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Velázquez,2006) e Instituto Politécnico Nacional:Facultad ESIME(Céron , et al.,2010).

Por lo que dadas todas las características que presenta el quitosano como un biopolímero extraído del desecho de los crustáceos, - hongos e insectos -, la gama de aplicaciones es vasta, y podríamos dejar como las más importantes áreas para su utilización a cuatro, las cuales engloban lo citado anteriormente: i) la agricultura, ii) la medicina, iii) la cosmetología y iv) el tratamiento de aguas residuales. Entonces, al ser un polizacárido versátil la investigación se centra en este.

2.4 Fuentes de quitina y quitosano

2.4.1 Quitina en el medio ambiente

La quitina parcialmente desacetilada se produce naturalmente (con un bajo contenido de unidades de glucosamina), dependiendo de la fuente (Tabla 4); sin embargo, ambas formas β o α son insolubles en todos los disolventes habituales, a pesar de las variaciones naturales de la cristalinidad. La insolubilidad es el mayor problema al que se enfrenta el desarrollo de procesamiento y los usos de la quitina. Un importante

mecanismo mencionado anteriormente es que una transformación de estado sólido de β – quitina en α – quitina se produce mediante el tratamiento con HCl acuoso fuerte (más de 7M) y lavado con agua. Además, β – quitina es más reactivo que la α , una propiedad importante en lo que respecta a transformaciones enzimáticas y químicas de quitina (Rinaudo, 2006).

Tabla 4. Fuentes de quitina y quitosano

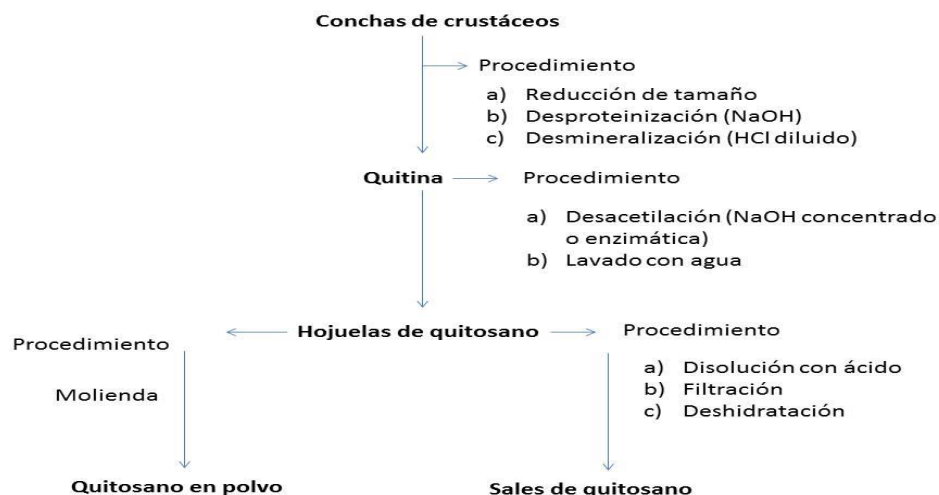
Animales marinos	Insectos	Microorganismos
<i>Anélida</i>	Escorpiones	Las algas verdes
<i>Molusca</i>	arañas	Levadura (tipo b)
<i>Coelenterata</i>	hormigas	Hongos (Paredes celulares)
<i>Crustáceos:</i>	cucarachas	micelios Penicillium
Langosta	Escarabajos	Algas marrón
Cangrejo		Esporas
Camarón		Chytridiaceae
Gamba		Ascomydes
Krill		Blastocladiaceae

Fuente: Revista Progress in Polymer Science.2009. Disponible en línea: www.elsevier.com. Elsevier Science, Ámsterdam.

La quitina (del griego tunic, envoltura) se encuentra distribuida ampliamente en la naturaleza y, después de la celulosa (materia base del papel), es el segundo polisacárido en abundancia. Sus fuentes principales son el exoesqueleto (caparazón) de muchos crustáceos, alas de insectos (escarabajos, cucarachas), paredes celulares de hongos, algas, etc. Sin embargo, la producción industrial de este biomaterial prácticamente se basa en el tratamiento de las conchas de diversos tipos de crustáceos (camarones, langostas, cangrejos y krill) debido a la facilidad de encontrar estos materiales como desecho de las plantas procesadoras de estas especies (Velázquez,2006).

Por su parte, el quitosano se puede encontrar de forma natural en las paredes celulares de algunas plantas y hongos (por ejemplo en el *Mucor rouxii* llega a representar hasta un tercio de su peso). Sin embargo, la fuente más importante de quitosano, a nivel industrial, lo constituye la quitina, la cual, mediante un proceso de desacetilación química o enzimática, ha permitido producirlo a gran escala. Desde el punto de vista químico, los procesos para obtener la quitina y el quitosano son relativamente sencillos, aunque el tratamiento con álcali concentrado a temperaturas relativamente altas implica riesgos importantes para los operadores de las plantas de producción y hostilidad hacia el ambiente (Velázquez, 2006). Adicionalmente, ambos procesos pueden concatenarse fácilmente como se aprecia en el diagrama simplificado de la figura 11.

Figura 11. Obtención de quitina a partir de conchas



Fuente: Elaboración propia con datos de la Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Lárez,2006).

Como se presenta anteriormente, la obtención de la quitina para después producir el quitosano se realiza a través de especies del medio acuático, de insectos y de microorganismos (véase tabla 4). Dado el interés del estudio realizado, se ahondará en las proposiciones de quitina extraída de camarón. Por ello se presenta la siguiente tabla con los porcentajes de rendimiento.

Tabla 5. Porcentaje de quitina y quitosano del exoesqueleto de camarón y cangrejo

Materia prima	Peso		Rendimiento	
	Camarón	Cangrejo	Camarón	Cangrejo
	396	204	-	-
Quitina	162	114.24	41	56
Quitosano	87.12	81.6	22	40

Fuente: Elaboración propia con datos de la revista Materials Sciences and Applications.Vol. 3 No. 7 (2012).

El rendimiento de la quitina es del 41% (camarón) y 56% (cangrejo) con respecto a la concentración de la masa inicial de la quitina en los camarones y exoesqueleto de cangrejo. Como la reacción de desacetilación de la quitina es más agresivo debido a la alta alcalinidad y temperatura empleada, el resultado de este paso igualó 22% (camarón) y 40% (cangrejo) con respecto a la concentración de la masa inicial utilizado(Lárez,2012). Entonces como se ha mencionado, las especies marinas, como crustáceos y algunos microorganismos, así como levaduras y hongos pueden ser productores potenciales de quitina (y a su vez de quitosano). Sin embargo el planteamiento de este análisis se centra en presentar una alternativa para los productores de camarón, y con ello subsanar el error de la cadena productiva del desecho así como presentar una alternativa a la crisis del sector camaronícola originada por a una cepa de la bacteria *Vibrio parahaemolyticus* como el agente causante del Síndrome de la Mortalidad Temprana (EMS, por sus siglas en inglés). Por ello aun cuando el porcentaje de quitina en camarón (*Litopenaeus vanammei*) es menor en comparación con el de cangrejo (*Ucides cordatus*) se presentará la opción de la extracción de quitina mediante la utilización de la cáscara del camarón.

2.4.2 El camarón

2.4.2.1 Características del camarón

Aunque el marisco tiene muchas cosas en común con el pescado y muchas veces se cocina de las mismas maneras, también tiene rasgos propios. Casi todos los mariscos que comemos son animales de dos grupos: crustáceos y moluscos. A diferencia de los peces, estos animales son invertebrados: no tienen una columna vertebral o esqueleto interno, y la mayor parte no nada mucho.

Todos los crustáceos tienen el mismo diseño corporal básico, que se puede dividir en dos partes. La porción delantera, o cefalotórax, lo que en las gambas se llama “cabeza”, es el equivalente de nuestra cabeza y tronco juntos. Incluye la boca, antenas sensoras y ojos, cinco pares de apéndices para manipular y andar, y los principales órganos de los aparatos digestivo, circulatorio, respiratorio y reproductor. La porción trasera del abdomen, que se suele llamar “cola”, es básicamente un gran bloque carnoso de músculos natatorios que mueve las placas del extremo posterior. La principal excepción a este diseño corporal son los cangrejos, que casi nunca nadan; su abdomen es una placa delgada, plegada bajo un cefalotórax muy grande (Véase figura 12).

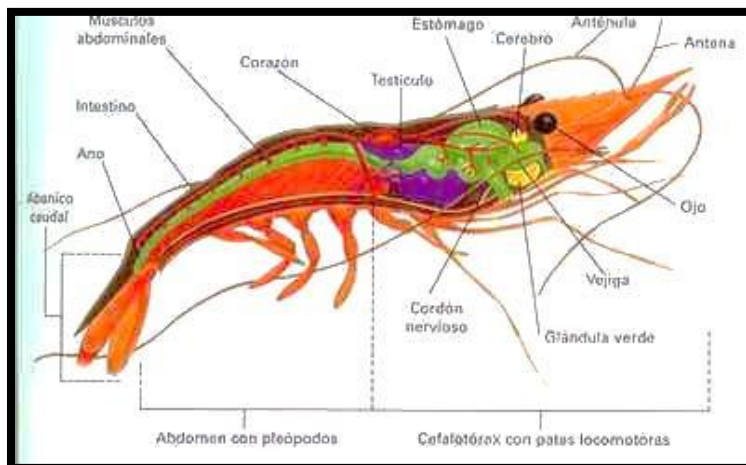
Otra característica que define a los crustáceos es su caparazón o cutícula hecha de quitina, una red de moléculas que son una especie de cruce entre hidratos de carbono y proteínas. En un camarón, la cutícula es fina y transparente; en animales más grandes es gruesa y opaca, endurecida como una roca por minerales de calcio que llenan el espacio entre las fibras de quitina.

Los caparazones y huevos de los crustáceos aportan algunos de los colores más vivos de la mesa. Por lo general, son de color verde-azulado-pardo-rojizo oscuro, que les ayuda a confundirse con el fondo del mar, pero al cocerlos adquieren un brillante color rojo-anaranjado. Los animales crean su coloración protectora adquiriendo pigmentos carotenoides con su dieta planctónica (astaxantina, cantaxantina, betacaroteno y otros),

que se unen a las moléculas de proteínas, cambiando y alterando su color. La cocción desnatura las proteínas y deja libres los carotenoides, revelando sus auténticos colores.

Los aromas de los camarones, langostas, cangrejos de río y cangrejos de mar cocidos se caracterizan por sus cualidades similares a las de las nueces y palomitas de maíz, muy distintas de los aromas del pescado o los moluscos. Ni siquiera las carnes desarrollan esas notas, a menos que se hacen en lugar de cocerlas. Se debe a una abundancia de moléculas (pirazinas, tiazoles) que normalmente se producen cuando los aminoácidos reaccionan con los azúcares a altas temperaturas (McGee, 2007).

Figura 12. Morfología del camarón



Fuente: Mundo zoología, 2014.

2.4.2.2 Producción nacional de camarón

A nivel mundial se presentó un volumen de producción de 93 494 340 toneladas (ton) capturadas de pesca⁸ para 2011. Tan sólo de crustáceos se obtuvieron 6 161 333 ton

⁸Referente a la captura de Peces de agua dulce, Peces diádromos, Peces marinos, Crustáceos, Moluscos y Animales acuáticos diversos; por concepto de Capturas en aguas continentales y Capturas en áreas de pesca marítimas.

por el concepto, lo cual representa el 6.59% del total mundial. Únicamente de camarón (*Penaeus vannamei*) se tuvo un valor de producción para ese año de 12 160 812 miles de dólares (USD), cuya cantidad valuada fue de 2 877 542 ton (FAO, 2013).

Se estima que alrededor del 50% de la producción de camarón se destina a la generación de desperdicio orgánico (Shirai, 2011), el cual va a parar en el mejor de los casos a los rellenos sanitarios. Si de cada tonelada de camarón⁹, 500 kilogramos (kg) se destinan en desperdicio orgánico (basura), entonces, en 2011 se generó 1 438 771 kg de basura a nivel mundial. La cual contribuye al deterioro de los suelos, el agua, los mantos freáticos y el aire; ya que la materia orgánica pasa por un proceso de descomposición. Con ello el no darle algún tratamiento a los desechos orgánicos aumenta el deterioro del ambiente, mediante el llamado cambio climático.

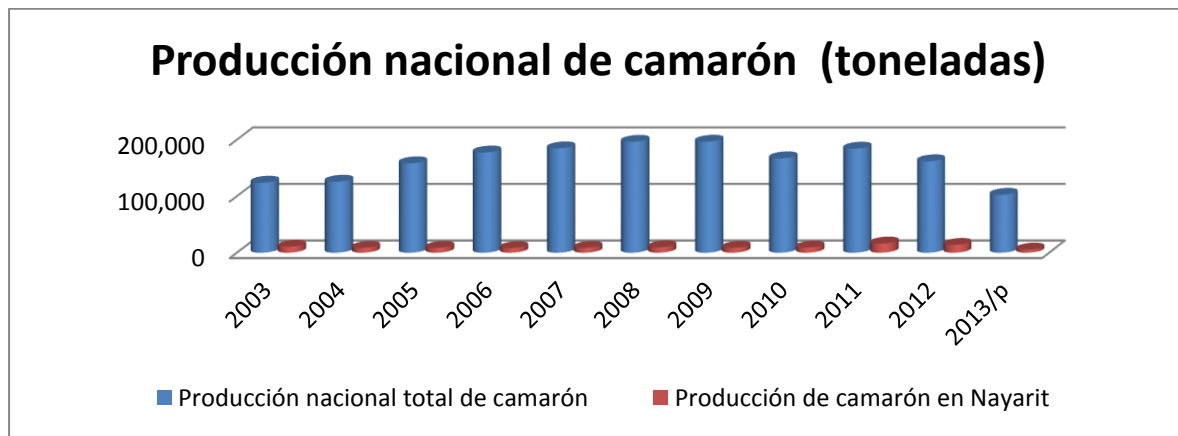
En lo referente a México, se tuvo que para 2012 la producción de camarón ascendió a 161 852 miles de toneladas (m ton), y en 2013/p a 102 436 m ton, con ello la misma decreció a una tasa de 0.367 puntos. Por lo que la producción de camarón en 2013 con respecto al año anterior representó 63.29% a nivel nacional (SAGARPA, 2013).

La reducción de la producción fue detonada por la pérdida de la producción acuícola de camarón en el país; originada por una cepa de la bacteria *Vibrio parahaemolyticus* como el agente causante del Síndrome de la Mortalidad Temprana (EMS). El cual produjo pérdidas económicas en la región noreste de más de USD\$384 millones. Y tan solo en Sonora, la mayor parte de las 135 granjas de camarón existentes, con una superficie de 24 mil hectáreas (has) en total, presentaron mortalidades de más del 70%, con lo que la producción de la temporada cayó en 25 mil toneladas (ton). En Sinaloa y Nayarit se cuantificó mortalidades de más del 90%, con pérdidas de casi USD\$231 millones (Panorama Acuícola Magazine, 2013). Dicha reducción generó esas 25 mil toneladas de desperdicio reportado para el momento de la publicación de las noticias nacionales entre julio y agosto de 2013.

⁹ Producida por acuicultura o adquirida mediante captura.

Para 2013 la producción de camarón en México, según datos estimados de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA-CONAPESCA) decreció a una tasa de 37 % con respecto a 2012. Causando un descenso del valor de la producción de 1% con respecto al mismo año. Observe la siguiente gráfica.

Gráfica 1. Serie histórica de la producción nacional de camarón (2003-2011/p)



/p: Cifras preliminares hasta 2013.

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPESCA, 2011.

El volumen total de producción fue de 102,437 toneladas, de las cuales el 48.16% se obtuvo mediante captura y el resto debido a la acuicultura (51.84%). Ambos procesos tuvieron un cambio a razón de 10% con respecto al año anterior, creciendo y decreciendo respectivamente (CONAPESCA, 2011).

La producción del camarón ha generado una gran cantidad de residuos sólidos teniendo en cuenta que la cabeza del animal y el cuerpo (cefalotórax) aproximadamente el 40% de su peso total, que culminó con un fuerte impacto ambiental (de Andrade;Ladchumananandasivam; da Rocha;Belarmino; Galvão, 2012). Y dado que el 40% del camarón es desecho, entonces se desperdician 400 gramos tan solo de cáscara por kilo de camarón, si tan solo de este porcentaje el 41% se transforma la

quitina y el 22% de este en quitosano. De un kilo de camarón se puede obtener las siguientes cantidades. Véase la siguiente tabla.

Tabla 6. Cantidad de quitina y quitosano de un kilo de camarón.

		Peso	Quitina	Quitosano
		vivo		
		(Gramos)	(Porcentaje)	(Porcentaje)
Materia prima	Camarón (<i>Litopenaeus vanammei</i>)		41%	22%
	Gramos	1000	410	90.2

Fuente: Elaboración propia con datos de la revista *Materials Sciences and Applications*. Vol. 3 No. 7 (2012).

Lo cual se traduce en ganancias para los productores de camarón si la cepa de *Vibrio* ataca el cultivo. Si del camarón que muere por la cepa en México, éste puede tener un valor agregado al extraer de él quitina para transformarlo en quitosano. Representando una alternativa de optimización de recursos.

2.4.3 Metodos de extracción de quitina y quitosano del camarón

2.4.3.1 Tipo de método de extracción

Existe una amplia variedad de métodos de extracción de quitina, se revisaron varios métodos de los cuales tres fueron objeto del análisis; dos de ellos son procesos biotecnológicos sin embargo no fue posible acceder a los datos correspondientes que pudieran facilitar un análisis de caracterización a fondo, por ello se optó por enfatizar en el método convencional. Dicho método consta de tres fases esenciales para su desarrollo: 1) Desproteínización, 2) Desmineralización y 3) Desacetilación.

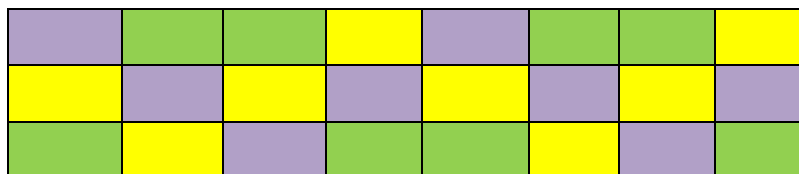
Las tres fases convencionales de extracción son requeridas debido a que la matriz de los exoesqueletos de crustáceos está formada por quitina asociada a proteínas, pigmentos y sales inorgánicas (Cerón, et al., 2010).

El exoesqueleto de los camarones contiene básicamente tres componentes; proteínas, minerales y quitina. Otro componente importante son los pigmentos de naturaleza lipídica, pero como se encuentran estrechamente integrados a las proteínas se consideran como uno solo (Cerón, et al., 2010).

Por lo que dada la composición de la cáscara de camarón entonces el material que nos interesa extraer es la quitina, a partir de ella se obtiene el quitosano por medio de una transformación química. Véanse las imágenes 14,15 y 16 que ilustran el proceso que se requiere para realizar la producción de quitosano.

En la figura 13 se muestran los materiales que componen el exoesqueleto de los camarones. En color amarillo se representa a las proteínas. El verde a los minerales y el morado representa a la quitina.

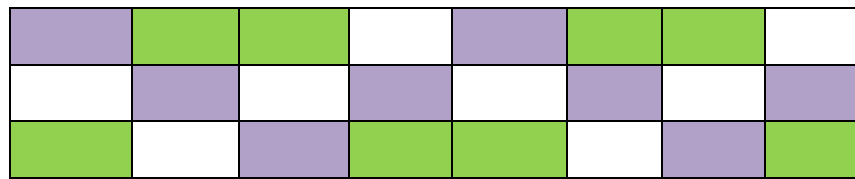
Figura 13. Componentes del exoesqueleto del camarón.



Fuente: Cerón, et al. , 2010.

Entonces en la primera etapa del proceso consiste en eliminar las proteínas. Esto se hace con una solución de hidróxido de sodio y una temperatura elevada. Al finalizar esta etapa el residuo es una solución de hidróxido de sodio con un alto contenido de proteínas.

Figura 14. Componentes del exoesqueleto del camarón después de la extracción de proteínas.

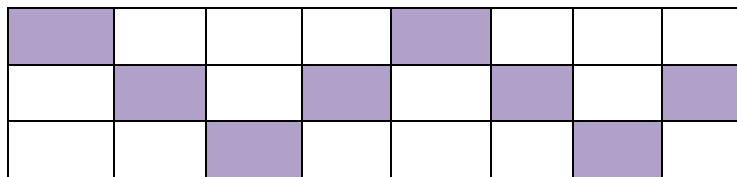


Fuente: Cerón, et al. , 2010.

En donde el morado representa quitina, amarillo son las proteínas y verde representa minerales.

En la segunda etapa del proceso consiste en eliminar los minerales, esto se hace con una solución de ácido clorhídrico (HCl). Al finalizar esta etapa se obtiene quitina.

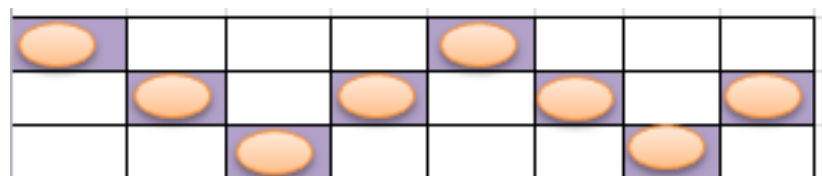
Figura 15. Componentes del exoesqueleto del camarón después de la extracción de proteínas y minerales.



Fuente: Cerón, et al. , 2010.

Para transformar la quitina en quitosano se emplea hidróxido de sodio concentrado, alta temperatura, reflujo y atmósfera de nitrógeno. Véase la siguiente figura.

Figura 16. Representación esquematizada de quitina y quitosano.



Fuente: Cerón, et al. , 2010.

En donde morado representa quitina y rosa representa el quitosano.

2.4.3.2 Caracterización del método de extracción convencional

En la obtención de quitosano se siguen alrededor de tres fases y de once pasos. Los cuales se describen a continuación.

1. Adquisición de la materia prima

2. Transporte y almacenamiento de la materia prima. Consiste en almacenar la cascara de camarón en un refrigerador para conservar sus propiedades y evitar la descomposición de la misma.

3. Pre tratamiento de la materia prima. Se saca del refrigerador la cáscara de camarón es necesario hacerle un lavado para retirar la basura de más pequeño tamaño para después reducir el tamaño de la cascara de camarón con un triturador y después depositada en un recipiente.

4. Transporte y primera etapa (desproteínización). Posterior al pre tratamiento pasa al tanque abierto con un sistema de agitación. La desproteínización se lleva a cabo con una solución básica, para que el proceso se lleve a cabo de manera eficaz, se agita la mezcla permitiendo que la desproteínización sea homogénea. Después de un lapso determinado de tiempo se retirará la solución básica.

5. Neutralización de la primera etapa. Para eliminar los residuos de la solución básica de la materia prima se hace un lavado con una solución ácida, durante un tiempo determinado y con una agitación constante hasta llegar a un pH neutro y después se drena el tanque.

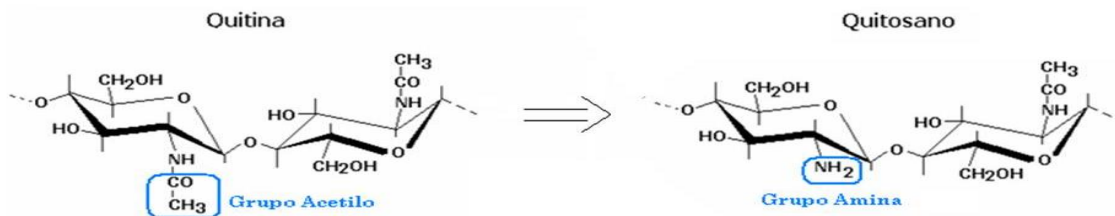
6. Segunda etapa (desmineralización). La desmineralización se lleva a cabo con una solución ácida, para que el proceso se lleve a cabo de manera eficaz, se agitará el tanque la mezcla permitiendo que la desproteínización homogénea. Después de un lapso determinado se retirará la solución ácida.

7. Neutralización de la segunda etapa. Para eliminar los residuos de la solución ácida de la materia prima se hace un lavado con una solución básica, durante un tiempo determinado y con una agitación constante hasta llegar a un pH neutro; y después se drena el tanque.

8. Secado de la quitina. Después de la primera y segunda etapa hemos obtenido la quitina y para poder pasar a la desacetilación es necesario retirar la mayor cantidad de líquido para evitar la dilución del álcali en la tercera etapa.

9. Transporte y tercera etapa (desacetilación). Una vez seca la quitina se pasa a un tanque el cual estará cerrado y con un sistema de agitación ya que está última requiere de una atmosfera de nitrógeno y se usará un solución básica para transformar la quitina en quitosano, esto se logra cuando a la cadena de la quitina se desprende el grupo acetilo y se agrega un grupo amino. Obsérvese la figura a continuación.

Figura 17. Proceso de desacetilación



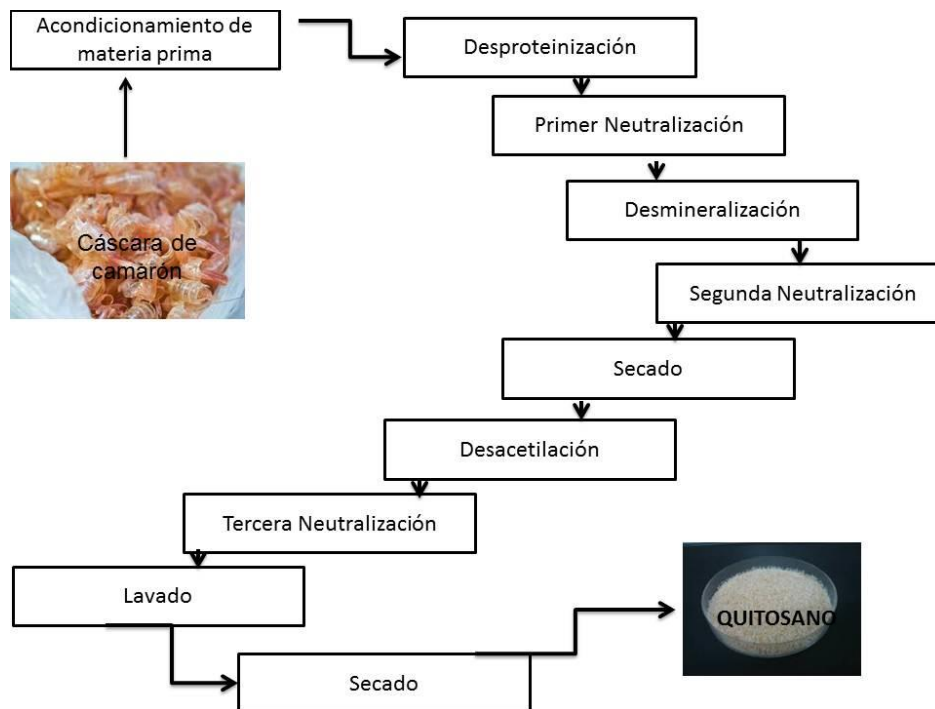
Fuente: Cerón, et al. , 2010.

10. Lavado del quitosano. Obtenido el quitosano se pasa a un lavado con una solución ácida hasta llegar a un pH neutro, con el objetivo de tener un mayor porcentaje de quitosano puro sin tantas cenizas.

11. Secado y empaquetado del quitosano. Para un mejor manejo del producto se realiza un secado parcial para retirar un porcentaje de humedad y un empaquetado en vacío en un frasco.

En la siguiente figura se simplifica el procedimiento del método de extracción convencional para una comprensión más detallada y clara. En este esquema el apartado del “acondicionamiento de la materia prima” engloba a la adquisición de la materia prima, el transporte y almacenamiento de la materia prima y al pre tratamiento de la materia prima.

Figura 18. Método de extracción simplificado para su análisis.



Fuente: Elaboración propia con datos de Cerón, et al. , 2010.

2.5 Mercado de la quitina

2.5.1 Análisis de la demanda¹⁰

En la actualidad la necesidad de la Quitina y Quitosano en los procesos productivos es de gran importancia por sus múltiples aplicaciones en los diversos sectores productivos, por lo cual la producción de ambas se ha mantenido en un crecimiento constante. Por ejemplo, los polímeros son usados como productos alternativos en el ámbito de las tecnologías agrícolas como bioestimulantes en el control de plagas y en la protección de semillas y frutos. El Quitosano no es la excepción, ya que además de funcionar como bioestimulante en el control de plagas tiene la capacidad de formar películas, no producir contaminantes y ser biocompatible.

En la industria cosmética, generalmente utilizan ácidos orgánicos como disolventes para diversas aplicaciones. Por ejemplo, el Quitosano como hidrocoloide catiónico facilita la interacción con las capas de la piel.

En alimentación apoya la floculación de proteínas y lípidos, además de tener una acción anticolesterolémica.

De igual manera el Quitosano encuentra un amplio panorama en aplicaciones biomédicas por ejemplo en ingeniería de tejidos, vendaje y cicatrización de heridas, tratamiento para quemaduras, oftalmología y como sistemas de liberación de fármacos. El procedimiento consiste en recubrir con dicho polímero hilos quirúrgicos y gasas, en los cuales se introducen antibióticos. De esta forma se obtienen materiales de curación que presentan simultáneamente actividad antimicrobiana y cicatrizante, con una mejor biocompatibilidad gracias a que están recubiertos con un polímero natural.

¹⁰ Información obtenida de la publicación "Obtención y Utilización de Quitina y Quitosano a partir de desechos de crustáceos" de la autora Caprile María Daniela, España, 2006.

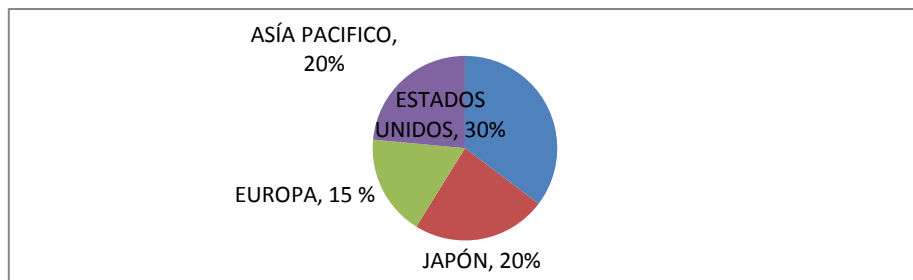
Otra de las aplicaciones del Quitosano es en el tratamiento de aguas residuales. Es utilizado como agente floculante en el tratamiento de efluentes industriales porque liga impurezas en su estructura. De este modo, se le usa con éxito para retener metales en aguas residuales.

2.5.2 Caracterización del mercado mundial de quitina y quitosano⁹

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 1000 ton 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 de los setentas.

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 donde 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.

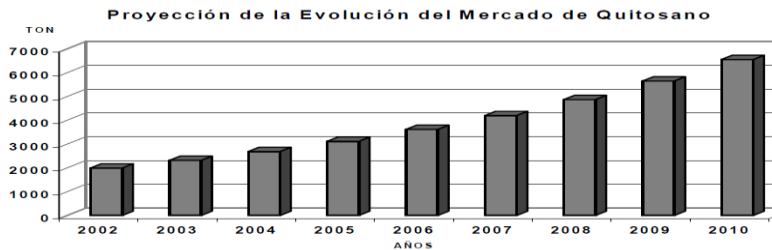
Gráfica2. Mercado mundial de la quitina y quitosano



Fuente: Caprile (2006)

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% (Caprile, 2006).

Figura 19. Mercado de la quitina



Fuente: Caprile (2006)

2.5.3 Análisis de la oferta

A nivel mundial existen pocas empresas que realizan la producción del biopolímero (32 empresas). La siguiente tabla contiene la síntesis del número de empresas que existen por país.

Tabla 7. Empresas productoras de quitosano y quitina a nivel mundial

País /Región	Número de empresas
Estados Unidos de América	5
1. Canadá	1
2. Japón	2
3. Europa	10
3.1 Alemania	2
3.2 Reino Unido	1
3.3 Resto de Europa	7
4. Asia-Pacífico*	14
Total	32
*Excepto Japón	

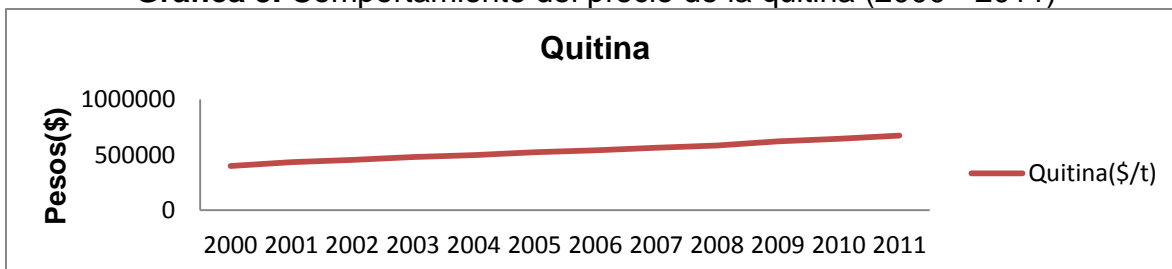
Fuente: Elaboración propia con datos de Global Industry Analyst, Inc., 2013

La producción de quitina y quitosano se basa actualmente en conchas desechadas por las industrias conserveras de cangrejos y camarones en Oregón , Washington , Virginia y Japón, y de las diversas flotas de acabado en la Antártida . Varios países poseen grandes recursos sin explotar de crustáceos, por ejemplo, Noruega, México y Chile. La producción de quitosano a partir de conchas de crustáceos obtenidos como residuos de la industria alimentaria es económicamente viable, especialmente si incluye la recuperación de los carotenoides. Las cáscaras contienen considerables cantidades de astaxantina, un carotenoide que hasta ahora no ha sido sintetizado y que se comercializa como un aditivo alimentario de pescado en la acuicultura, especialmente para los salmones (Kumar,2000). México es uno de los productores con gran influencia de camarón en el mundo; Sonora, Sinaloa, Nayarit y Tamaulipas son los mayores productores de camarón de México. Así que muchas toneladas de cabezas del crustáceo regresan al mar cada año, y grandes cantidades de caparazones se tiran día a día en las marisquerías de todo el país (Cerón, et al., 2010).

En cuanto a los precios que se ofertan por la quitina, se estimaron los valores reales con base en el precio dado por la Dr. Shirai (2011) fueron calculados a partir de un precio de publicado en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM, 2011) y descontando las tasas de crecimiento, utilizando el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) anual acumulado base 2Q Dic 2010 publicado en el Banco de México (BANXICO) en 2013.

$$P_{t+1} = \frac{P_{t-1}}{\left[1 + \left(\frac{INPC}{100}\right)\right]} \quad (1)$$

Grafica 3. Comportamiento del precio de la quitina (2000 - 2011)



Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la gráfica los precios de la quitina se mantuvieron a la alza en el periodo de 2000 a 2011 podemos concluir que su oferta disminuyo.

Los precios de la quitina para su transformación en quitosano varían dependiendo del grado reactivo que tengan, o lo que es lo mismo la concentración de quitosano en la solución, la cual puede ser: baja, media o alta. En la siguiente tabla se presenta la estimación de los precios de la quitina, cuya calidad es alta con un grado reactivo alto.

Tabla 8. Precios nominales de quitina

Valor Nominal	
Año	Quitina(\$/t)
2000	397612.272
2001	433235.574
2002	452313.096
2003	478097.111
2004	497108.747
2005	522912.907
2006	540340.24
2007	562241.719
2008	583376.6
2009	621460.27
2010	643668.388
2011	672000
2012	621871.815
2013	575482.967
2014	532554.52
2015	492828.342
2016	456065.558
2017	422045.114
2018	390562.442
2019	361428.236
2020	334467.311
2021	309517.55
2022	286428.929
2023	265062.616
2024	245290.134
2025	226992.591

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPESCA (2007), Shirai (2011) e INEGI (2014).

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

3.1 Teoría de opciones reales: una metodología complementaria para la evaluación de proyectos de inversión

En la actualidad vivimos en un mundo de constantes cambios y sumamente complejo donde hay gran incertidumbre para tomar decisiones por las fuertes tensiones e inestabilidad que se presenta en los diferentes mercados, donde los precios y la demanda están simplemente fluctuando y en constante movimiento, es difícil predecir como una inversión terminara influyendo en una compañía (Amram y Kulatilaka, 2000)¹¹

3.1.1 Categorías de opciones reales: lo básico

Un buen proyecto de bienes y servicios que agrega valor puede fracasar por un mal financiamiento. Un mal proyecto que no puede adicionar valor con ninguna forma económica se vuelve un buen proyecto (JJ. Brambila, 2008).

En el siglo XX, en la década de 1950 fue realizada la metodología que estima el valor de un bono emitido por el tesoro americano , que ofertaba un flujo de efectivo mensual por varios años, la cual se expandió para poder estimar el Valor Actual Neto (VAN) de un proyecto de inversión (Mascareñas, 2004)¹². Cuya regla de decisión es la siguiente:

Si $VAN > 1$ se debe invertir

Si $VAN < 1$ se debe rechazar

Existe otra variante en la interpretación de la VAN, así como de otros indicadores de rentabilidad económica de un proyecto de inversión (TIR, B/C, PE, PE%, entre otras)¹³

¹¹ Citado por A.O. Pérez en "Evaluación de un proyecto de inversión para determinar hasta cuanto deben invertir los productores para diferenciar el chile habanero". Tesis de maestría. 2011. Página 41.

¹² Citado por J.J. Brambila en "Instrumentos para su análisis económico" en 2011. SAGARPA/COLPOS. Página 183.

¹³ TIR: Tasa interna de rentabilidad financiera, B/C: Beneficio –Costo , PE: Punto de equilibrio en el valor de ventas, PE%: Punto de equilibrio en porcentaje sobre la capacidad en funcionamiento (Muñante, 2008)

, la cual aplica tanto en el sector agropecuario como en el sector de servicios. Esta es que si el evaluador (el dictaminador) sólo presta atención a las cifras de una ficha técnica elaborada o percibe que los indicadores de rentabilidad están inflados para la actividad productiva, toma la decisión de invalidar el fallo de aceptación de dicho proyecto, sin diferenciar el tipo de proyecto. Ya que, si se trata de un proyecto que está alimentado con cifras apócrifas los indicadores se pueden manipular sin datos reales, pero si es un proyecto de innovación tecnológica con sumas de inversión grande también caen en esta situación; ello sin que el proyecto sea falso o este manipulado.

Por ello adyacente a ésta dos opciones podríamos adherir una tercera.

Si $VAN \sim \alpha$

Dónde:

$\alpha \in \mathbb{R}$ y es un número muy grande y además $\alpha \sim \infty$

En éste caso;

si el $VAN \sim \alpha$ el proyecto se rechaza.

Es muy común que cuando se trata de proyectos con flujos de efectivo típicos con montos de inversión atípicos (cifras estratosféricas de millones de pesos), así como proyectos con tecnología nuevas latamente rentables, solo comparables con proyectos ilegales; que se deseche la opción por el tipo de evaluación que se realiza.

Por lo que así como existe una diferenciación en cuanto a los mercados; entre betas de valor, nichos de mercado, redes de valor y cadenas de valor por producto, ya sea *commodity* o diferenciado. Se requiere una alternativa que nos prediga la rentabilidad de un proyecto con innovación tecnológica.

En este caso la evaluación que se presenta como *ad hoc* sería la teoría de Opciones reales. Como se observa en la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 9. Opciones reales que se pueden presentar a lo largo de un proyecto

Opción	Descripción
a) Diferir o posponer la inversión	Aunque la VAN tradicional sea positivo, el dictaminador puede posponer su aplicación por varias razones ; una muy sencilla es “ ver qué pasa en el mercado”, lo que se conoce como una opción de aprendizaje.
b) Ampliar	Si el proyecto ya en marcha resulta tener excelentes resultados, el gerente puede decidir ampliarse o bien adquirir empresas que competían con él o bien mejorar su competitividad aumentando su escala. Se conoce como una opción de compra.
c) Reducir	Si el dictaminado considera que el mercado está muy saturado puede reducir su producción o bien vender parte de los activos para tener mejor liquidez. Se conoce como opción de venta.
d) Abandonar	Si las cosas no salen como se esperaba, el dictaminador puede decidir cerrar temporalmente o vender el proyecto antes de que concluya .Se conoce como opción de salida.
e) Seguir	Si todo va de acuerdo con lo planeado el dictaminador tiene la opción de seguir.
f) Cambiar	Si hay otras oportunidades en el mercado el dictaminador puede decidir cambiar de producto.
g) Complementar	Si la tecnología lo permite se puede se puede hacer un subproducto que no se contemple en el proyecto inicial

Fuente: Elaboración propia con información de J.J. Brambilab en su libro Bioeconomía: “Instrumentos para su análisis económico”, 2011.

Una limitante de la metodología tradicional es que la VAN se basa en precios promedios, sin tener en cuenta la volatilidad de los mismos. Esto es, la evaluación

tradicional no toma en cuenta el riesgo, salvo en los puntos que agrega de riesgo la tasa de descuento. Lo más que se hace es la evaluación tradicional es estimar la “resistencia” del VAN con precios bajos. Pero esto no toma en cuenta las probabilidades de que ocurran precios altos y bajos.

Por eso en la actualidad se considera que un proyecto debe aceptarse o rechazarse si el VAN_{Total} es positivo o negativo. El VAN_{Total} está compuesto de la suma del VAN tradicional más el valor actual neto de las opciones reales, de la flexibilidad operativa.

$$\text{Valor Actual Neto (VAN}_{TOTAL}) = \text{Valor Actual Neto(VAN)} + \text{Opcion Real(OR)} \quad (2)$$

Donde VAT = valor actual total, VAN =valor actual neto (tradicional) y OR = valor de la opción real.

Para el caso de los proyectos de Bioeconomía (proyectos en la agricultura y de tendencia ecológica); puede darse el caso que la VAN tradicional sea negativa y por lo tanto el proyecto sea rechazado, pero si el valor de la opción real puede ser lo suficientemente grande y positivo, se puede aceptar el proyecto.

Una opción es el derecho a ejercer una acción pero no la obligación de hacerlo. La metodología para evaluar una opción real se toma de la metodología de evaluar una opción financiera , donde por un pago se puede tener el derecho de comprar (call) o de vender (put) en un momento previamente fijado, pero no se tiene la obligación . Si se convierte se ejerce ese derecho , si no se deja pasar y sólo se pierde el pago previo por tener la opción. Se les llama opciones reales por que tratan de bienes y servicios reales , lo que los diferencia de las opciones financieras(JJ. Brambila: 2011).

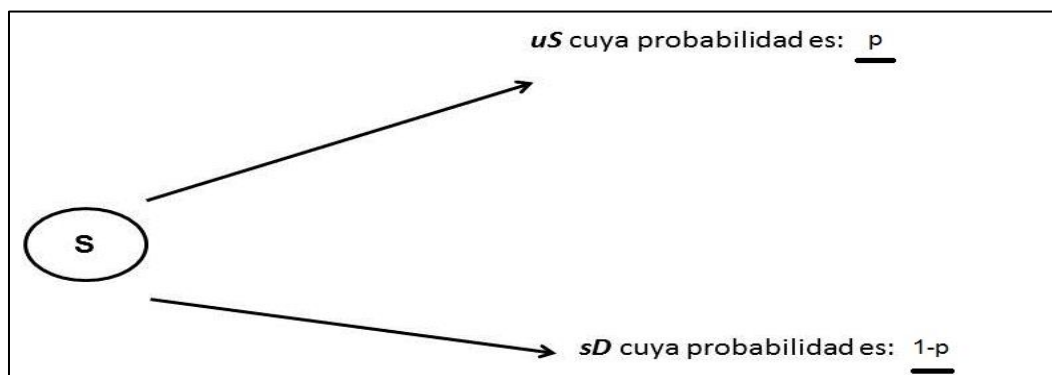
3.1.2 Árboles binomiales

El modelo discreto fue propuesto por William Sharpe en el año 1978, se dio a conocer con la publicación de John Cox, Stephen Ross y Mark Rubinstein en 1979 (Branch, 2003). Este modelo es capaz de resolver situaciones más complejas que el modelo de Black-Scholes, en la actualidad este modelo de valoración de opciones es el que más se utiliza para decidir en opciones reales.

Un modelo de este tipo considera tipo de problema de opciones reales que se esté tratando y la solución sólo puede ser de dos tipos, uno es por medio de portafolio de réplica, los resultados son igual de eficientes que el segundo que es por medio de probabilidades en un mundo neutral, y por lo tanto, no importa el método que se utilice.

Este modelo divide al tiempo entre el ahora y la fecha de la opción en Intervalos discretos señalados por nodos. En cada intervalos o en cada nodo el valor del activo puede ir hacia arriba(uS) o hacia abajo (dS), cada uno con una probabilidad asociada “ p ” y “ $(1-p)$ ”. De esta manera, extendiendo esta distribución de probabilidades a lo largo de un número establecido de periodos se consigue el valor de una opción , que puede ser tanto de tiempo europeo como americano(Hernández, 2012)¹⁰. Para tener una idea precisa de lo que se trata dicho modelo se presenta el valor de un activo subyacente según el modelo binomial en la siguiente figura.

Figura 20. Modelo binomial



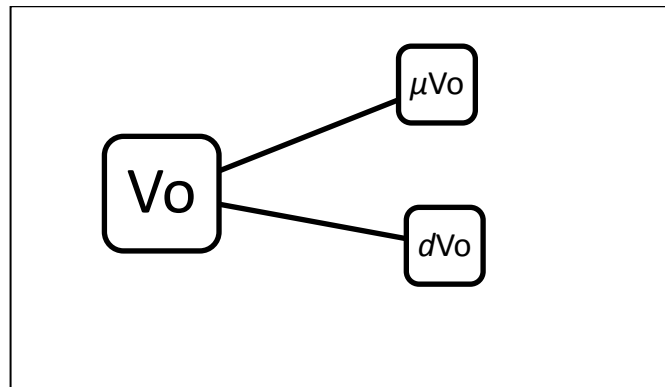
Fuente: elaboración propia con datos de Pérez, 2012.

Los supuestos a considerar para el modelo binomial son los siguientes:

Número	Supuesto
1	Ausencia de costos de transporte, de información e impuestos.
2	Posibilidad de comprar o vender sin limitación alguna.
3	Existencia de una tasa de interés conocida sin riesgo(r_f) positiva y constante para el periodo considerado, por lo que se puede pedir prestado o prestar en su caso a la misma tasa de interés.
4	Mercado financiero perfecto, competitivo y eficiente.
5	Cambio del valor del activo con el tiempo es definido por la volatilidad que este adquiere
6	Los activos son divisibles y se pueden hacer transacciones simultáneas.
7	El precio del activo subyacente evoluciona según un proceso binomial multiplicativo a lo largo de periodos discretos.
8	La acción o activo subyacente no paga dividendos, ni cualquier otro tipo de reparto de beneficios para el periodo considerado.

Para el cálculo se requiere la utilización de tasas de crecimiento continuas de los precios, así como la media(\bar{X}), la varianza(σ^2) y la desviación estándar (σ). Con ello podemos calcular nuestra **(UP)** $u = e^{\sigma}$, que es cuando nos va bien de la misma manera calculamos **(DOWN)** $d = e^{-\sigma}$, cuando nos va mal. Véase la figura a continuación.

Figura 21. Up y Down



Fuente: elaboración propia con datos de Pérez, 2012.

Dónde:

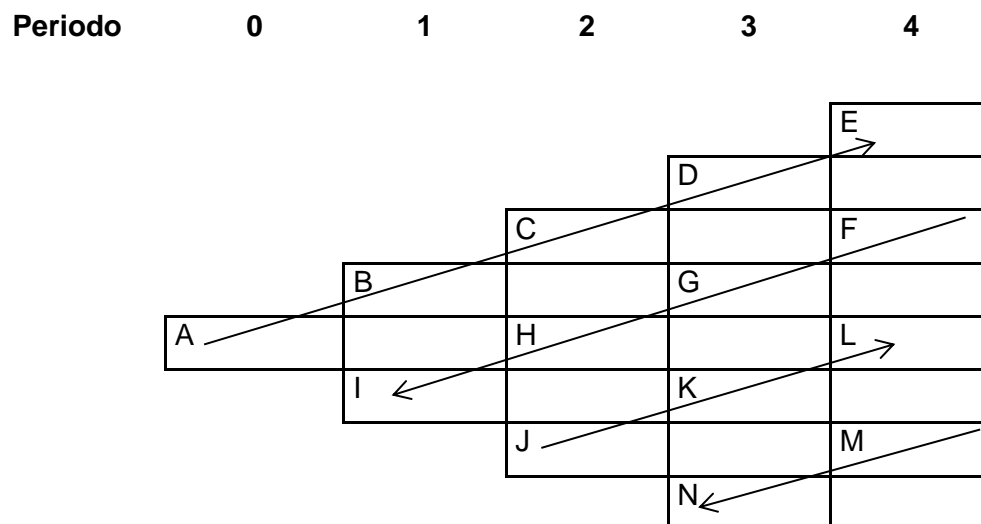
V_0 : Valor actual del activo

μV_0 : Valor cuando nos va bien

$d V_0$: Valor cuando nos va mal

Esto se realiza de manera sucesiva, hasta alcanzar el número de nodos que se desea obtener y así construir el árbol binomial con el número de años determinados. Observe la siguiente figura.

Figura 22. Árbol binomial



Fuente: elaboración propia con datos de Pérez, 2012.

Tomando como año base el nodo C, éste se tiene que calcular de la siguiente manera: partiendo del valor presente.

$$V_0 = \frac{pV_e + (1-p)V_f}{1+r} \quad (3)$$

Dónde:

V_0 = Valor presente del nodo C en el año 2.

P= Probabilidad de subir.

V_e = Valor del nodo D.

V_f = Valor del nodo G.

r= Tasa libre de riesgo de 5 puntos.

En cuanto al cálculo de las probabilidades de los nodos se utiliza la siguiente fórmula:

$$B = \frac{T!}{(T-n)!n!} P^n (1-P)^{T-n} \quad (4)$$

Dónde:

N= Nodos en el que podemos estar en un año determinado del proyecto

T= Años transcurridos

P= Probabilidad de que me valla bien

1-P= Probabilidad de que me valla mal

3.1.2.1 Árbol binomial con opción americana¹⁴

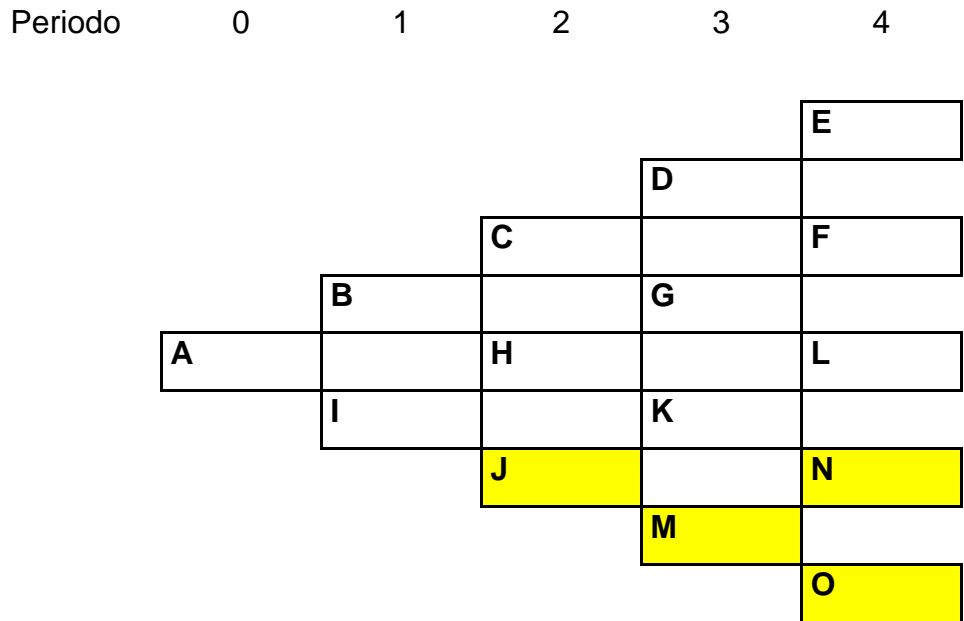
Esta opción consiste en trabajar del final hasta el principio del árbol analizado cada nodo que sea óptimo antes del vencimiento, el valor de las opciones así como sus probabilidades no cambian. Estas opciones se pueden ejercer en cualquier momento del proyecto.

Si se tiene la opción de tener una cobertura americana los valores actuales se pueden traer al valor presente, para ello es necesario modificar los valores que estén por debajo

¹⁴ Tomado de la tesis "Evaluación de un proyecto de inversión para determinar hasta cuanto deben invertir los productores para diferenciar el chile habanero" de AO, Pérez Martín, 2012

de la opción americana, y tomando el valor de esta como el valor del nodo en lugar de la Up y la Down se toma el valor de la cobertura (Véase la siguiente figura).

Figura 23. Árbol binomial con opción americana



Fuente: elaboración propia con datos de Pérez, 2012.

Si se considera que la opción americana cubre los nodos J, M, N y O la forma de traer a valor presente estos nodos es: por ejemplo el nodo K el valor del nodo L permanece sin cambios mientras que el valor del nodo N no será el valor que se obtuvo al multiplicar el valor inicial por el Down sino se cambia por el valor de la cobertura, por lo tanto, el nodo K obtendrá un nuevo valor.

Para el caso del nodo M se consideran los valores de los nodos N y O como el valor de la cobertura si esta es mayor que el obtenido y se multiplican por sus probabilidades de acuerdo con la fórmula 3.

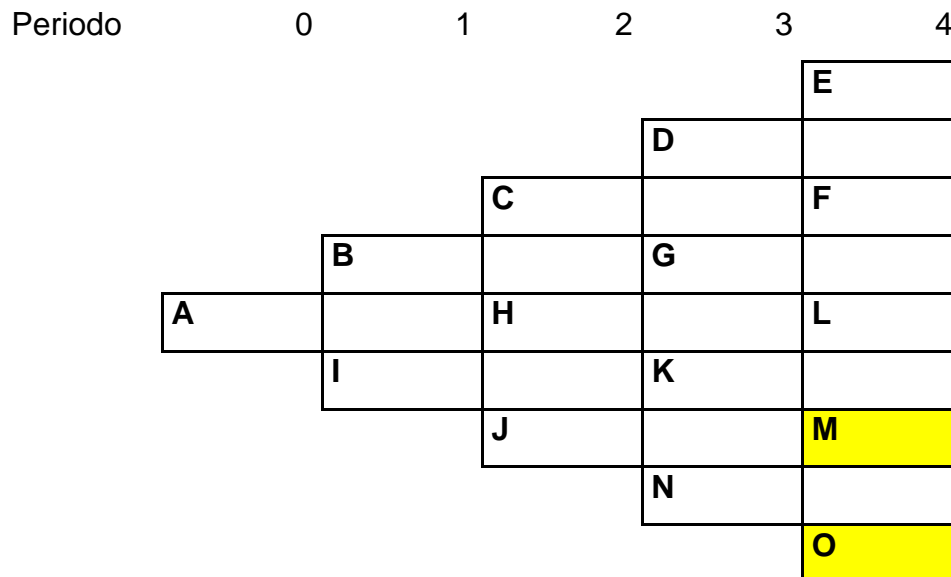
En este caso la opción americana cubre los nodos J,N,M y O el L permanece sin cambios mientras que el nodo M no será el mismo valor que se obtuvo al principio de multiplicar el valor del proyecto con la Down sino que toma el valor de la cobertura, por

lo tanto K obtendrá un nuevo valor. Para obtener el valor presente de N se toman los valores de M y O con valor de la cobertura si esta resulta mayor que el obtenido y se multiplican por sus probabilidades, así sucesivamente hasta llegar al nodo A.

3.1.2.2 Árbol binomial con opción Europea ¹³

De la misma forma que en la opción anterior consiste en trabajar desde el final al principio pero con la diferencia que estas se ejercen únicamente en la fecha de vencimiento (figura 24).

Figura 24. Árbol binomial con opción Europea



Fuente: elaboración propia con datos de Pérez, 2012.

Si se considera una cobertura europea en el último año del proyecto, entonces se localizan los nodos que están por debajo y se modifican los valores por el valor de la cobertura y se traen al valor presente para conocer el valor del proyecto hoy, pero con la posibilidad de ejercer la opción en el último año.

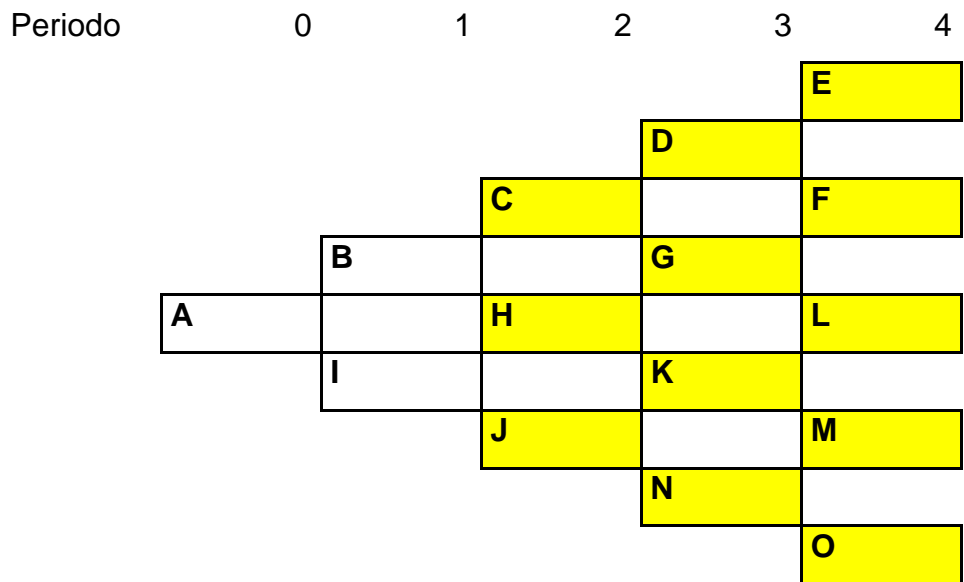
Contar con una opción de tipo Europea puede representar al inversionista una garantía donde este tiene un piso a su pérdida, pero abierta a su ganancia. En finanzas una

opción de estas características se conoce como “put” que es el derecho, pero no la obligación de vender una a una fecha fija un monto prefijado.

3.1.2.3 Árbol binomial con opción técnica

Estas opciones en su mayoría se toman para aumentar los rendimientos de un proyecto a partir de un año determinado y se basa en la posibilidad de utilizar la nueva tecnología $(1 - \lambda)$ que aumente el rendimiento en $(1+h)$. Véase figura 25.

Figura 25. Árbol binomial con volatilidad de precios



Fuente: elaboración propia con datos de Pérez, 2012.

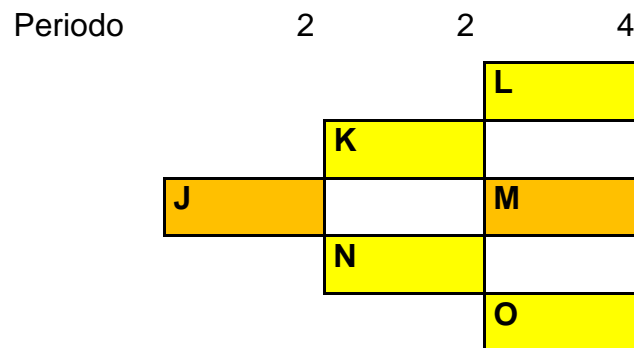
En este árbol se observa que a partir del año dos se aplica la tecnología, por lo tanto, los valores cambian como se muestra en la parte sombreada, el cálculo se realiza multiplicando el valor de los nodos del año 2 por el incremento de la probabilidad de no usar semilla por la probabilidad de que ocurra esto es $1 + h(1 - \lambda)$.

3.1.2.4 Árboles binomiales con opción de innovación tecnológica

“La agricultura nueva está basada en el conocimiento de la biología, de la biotecnología y en la creatividad para producir bienes y servicios nuevos. Se espera que las empresas agrícolas que hoy trabajan en la agricultura vieja empiecen a cruzar el umbral hacia lo novedoso. Así, el desafío es que los agentes participantes en la red de valor y los inversionistas se convenzan de que la agricultura nueva es parte de su actividad empresarial y que puede ser altamente rentable, para que se decidan a invertir y a organizar a sus proveedores para sus propias redes de valor”.¹⁵

Con los avances de la investigación que hay en el genoma de las plantas y de los animales es muy posible que se puedan diferenciar las plantas para darle otro giro comercial. Lo cual abre la posibilidad de tomar opciones reales de invertir para diferenciar los productos (Brambila, 2011). Observe la figura 26.

Figura 26. Árbol binomial con opción de innovación tecnológica



Fuente: elaboración propia con datos de Pérez, 2012

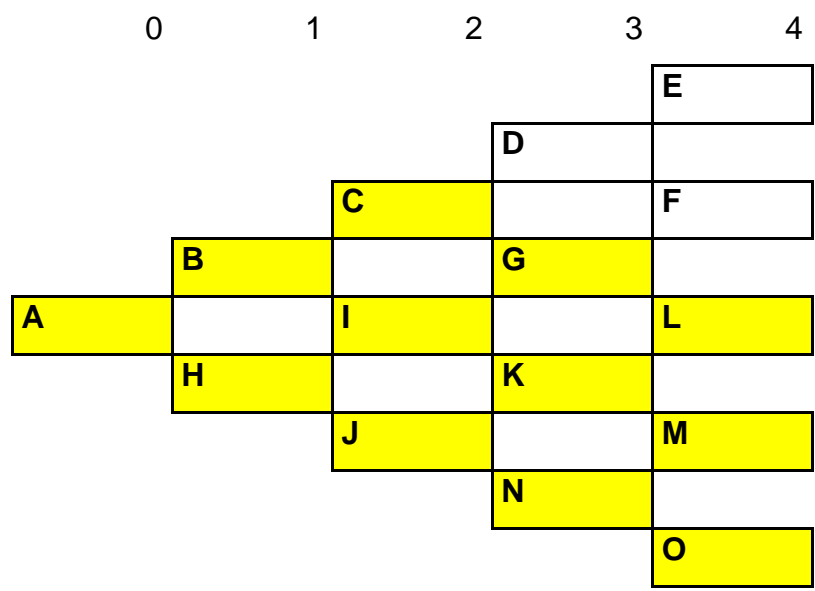
En este árbol se observa que a partir del año dos si las cosas van mal el tomador de las decisiones toma la opción de diferenciar el producto, los nodos que se contemplan al diferenciar son J, K, L, M y O ; los datos de μ y d se mantienen constantes ($\bar{\mu}, \bar{d}$).

¹⁵ Extracto tomado de “El umbral de una agricultura nueva”, de José de Jesús Brambila Paz, 2008.

Si el proyecto va mal en el segundo año se está en el nodo J se calculan las probabilidades de que me valla mal y de que me valla muy bien.

Así se vuelve a calcular el valor de cada nodo que se empalma, ponderando cada valor por la probabilidad de diferenciar o no y tomando en cuenta que en el nodo J decido diferenciar (figura 27).

Figura 27. Árbol binomial con valor presente con opción de diferenciación del producto a partir del año dos



Fuente: elaboración propia con datos de Pérez, 2012

Los valores de E y F no cambian porque no es necesario diferenciar, pero para los nodos L y M se calculan usando ponderadores de las probabilidades de diferenciar y de no hacerlo. El caso del nodo O solo llego por diferenciación. De esta manera se prosigue a recalculer los nodos de atrás para adelante utilizando probabilidades cuando me va bien y cuando me va mal, descontando por $(1 + r)$, hasta llegar al nodo A (Pérez ,2012).

3.2 El modelo de Black-Scholes y Merton¹³

Black-Scholes y Robert Merton hicieron una propuesta para valorar algunas opciones financieras como son un "Call" (Derecho pero no obligación de comprar una acción en una fecha fija a un precio determinado) o bien un Put (derecho pero no la obligación de vender en una fecha fija, a un monto prefijado)

La metodología de Black-Scholes y Robert Merton parte de suponer que el comportamiento de la variable es normal, una distribución gaussiana. Se parte del supuesto de que la distribución de los valores es normal para el uso de las fórmulas.

El valor de la opción real de vender "Put" y de la opción real de compra, "Call" se determinan respectivamente de la siguiente manera:

A) Opción real de vender (Put)

$$P = Ke^{-rt}N(-d2) - SN(-d1) \quad (5)$$

$$d1 = \frac{\ln\frac{S}{K} + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (6)$$

$$d2 = d1 - \sigma\sqrt{t} \quad (7)$$

Dónde:

P= Valor de la opción de venta.

K= Lo que me ofrecen por el proyecto en un determinado año.

S= El valor presente del flujo de efectivo.

r = Tasa continua libre de riesgo.

σ = Desviación estándar de la tasa de movimiento continua de los precios o ingresos reales.

d1 y d2 = Valores que se localizan en las tablas de Z de distribución normal estándar.

B) Opción real de comprar (Call)

$$C = SN(d1) - Ke^{-rt}N \quad (8)$$

Supuestos básicos al modelo de Black-Scholes.

- 1) Supone que el comportamiento de la variable, es decir su tasa de movimiento, es normal, y sigue una distribución gaussiana.
- 2) El tipo de interés es constante, lo que ocasiona que los inversionistas puedan prestar o pedir prestado al mismo tiempo.
- 3) Ausencia de impuestos.
- 4) La opción es de tipo europeo.
- 5) La acción o activo no paga dividendos durante el periodo considerado.

La negociación en los mercados es continua.

Entonces para el análisis de los datos de la quitina, el camarón y la opción de complementar la producción de camarón con la extracción de quitina de la cáscara de camarón, primero se realizará el cálculo del Valor Presente Neto (VPN), y a su vez se realiza el desarrollo del árbol binomial de probabilidades para desarrollar el Valor Presente Neto Total (VPN_{TOTAL}), tomando en cuenta la ganancia adicional de invertir en un proyecto complementario. Teniendo así tres escenarios a evaluar: a) Producción de camarón en altamar, b) Producción de quitina para obtener quitosano y c) Producción de camarón y quitosano.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Indicadores de rentabilidad de producción de camarón

El análisis de los resultados se da a partir de la interpretación del valor presente de los indicadores de rentabilidad convencionales, tales como: Tasa interna de rentabilidad (TIR), Valor presente neto (VPN o VAN) y Relación Beneficio costo (B/C). Obsérvese la siguiente tabla. Estos indicadores fueron elaborados a una tasa de descuento de 12 puntos, en un horizonte de proyecto de diez años y con un periodo base igual a cero.

Tabla 10. Indicadores de rentabilidad de camarón de altamar en Sinaloa 2010 (pesos)

Indicador	Valor del indicador
TIR (%)	12
VPN (\$)	182 027
B/C	1.58

Fuente: Elaboración propia con datos de Fideicomisos Instituidos en relación con la agricultura (FIRA), 2009.

En cuanto a los indicadores, se puede decir que el proyecto de producir camarón de altamar en Sinaloa es rentable dado que la $VAN > 1$, $TIR \geq TA$ y la $B/C > 1$. Esto evaluado de la manera tradicional, para un periodo de cinco años, y evaluando una hectárea.

4.2 Indicadores de rentabilidad de producción de quitosano

Para el caso específico de la quitina, se obtuvieron los datos de la Tasa interna de rentabilidad (TIR), Valor presente neto (VPN) y Relación B/C. Tomando en cuenta que su periodo base es cero, usando la tasa de actualización de 12 puntos y cuyo horizonte de proyecto fue a 10 años.

Tabla 11 . Indicadores de rentabilidad de quitosano

Indicador	Valor del indicador
TIR (%)	13.8
VPN (\$)	1726
B/C	1.25

Fuente: Elaboración propia con datos de Shirai (2011) y Cerón, et al. ,2010.

En este caso, dado el tipo de producto, el cual es un sub producto diferenciado, los indicadores son mayores comparados con los de la producción de camarón, la inversión inicial es también mayor, sin embargo el Valor Presente Neto es 9 veces mayor al del camarón. Ya que el producto tiene asociado el factor innovación. Dicho proyecto sería el complemento de la producción de camarón ya que los estándares de los indicadores de evaluación tradicionales son mayores a los de la producción de camarón y representan un ingreso adicional ($VAN > 1$, $TIR \geq TA$ y la $B/C > 1$). Por ello se plantea la realización de la alternativa de opciones reales para comparar la inversión de un mono producto o un poli producto, tomando en cuenta la opción de ampliar la producción de camarón mediante la extracción de quitina y se evalúan con opciones reales para conocer el comportamiento de la asociación de producir camarón y quitosano extraído de la cáscara de camarón.

4.3 Evaluación de rentabilidad con metodología de opciones reales : el caso de la producción de camarón, el quitosano y su producción como proyectos complementarios.

Los árboles binomiales se construyeron partiendo del Valor presente neto de los proyectos evaluados de manera tradicional aplicándoles el factor de riesgo a una tasa de 5 puntos porcentuales, a su vez se utilizaron las tasa de crecimiento de los precios reales (Anexo A y B) para aplicar la volatilidad de los precios año con año. A continuación se presentan los tres escenarios posibles de inversión así como la ganancia de cada uno de ellos.

Tabla 12. Dinámica del proyecto de inversión de camarón

Valores/Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Camarón	182	201	223	246	272	301	333	368	407	450	498
		165	182	201	223	246	272	301	333	368	407
			149	165	182	201	223	246	272	301	333
				135	149	165	182	201	223	246	272
					122	135	149	165	182	201	223
						110	122	135	149	165	182
							100	110	122	135	149
								90	100	110	122
									81	90	100
										74	81
											67

Fuente: Elaboración propia con datos de FIRA (2009), CONAPESCA (2009) e INEGI (2014).

La rentabilidad de la producción de camarón se estimó en \$ 182 mil, cuando va mal en el proyecto pierde 10 % de la ganancia cada año, si va bien el proyecto adquiere 11% más de ingresos al año. Y en un horizonte del proyecto de diez años el ingreso del proyecto dado la volatilidad de los precios se dejaría de ganar hasta un 63% de la ganancia inicial.

Tabla 13. Dinámica del proyecto de inversión de quitosano

Valores/Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quitosano	1727	1746	1766	1785	1805	1826	1846	1867	1888	1909	1930
		1707	1727	1746	1766	1785	1766	1826	1846	1867	1888
			1688	1707	1727	1746	1766	1746	1766	1785	1805
				1670	1688	1707	1727	1746	1766	1785	1766
					1651	1670	1688	1707	1727	1746	1766
						1633	1651	1670	1688	1707	1727
							1615	1633	1651	1670	1688
								1597	1615	1633	1651
									1579	1597	1615
										1561	1579
											1544

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014), Cerón, et al. , 2010 y Shirai, 2011.

La ganancia de la producción de quitosano es de \$1727 mil, en diez años de análisis se tiene que disminuye la 10% la ganancia si va mal. Sin embargo cuando va bien , la ganancia se incrementa en 11.75% . El incremento y el decremento para la quitina no es tan elevado como en el caso del camarón , esto aunado al alto precio en el mercado químico industrial representa un sub-producto rentable si se produce de manera individual.

Tabla 14. Dinámica del proyecto de inversión de camarón con el complemento de producir quitosano

Camarón y Quitina	42708	47226	52221	57745	63852	70606	78074	86333	95464	105562	116727
		38623	42708	47226	52221	57745	63852	70606	78074	86333	95464
			34929	38623	42708	47226	52221	57745	63852	70606	78074
				31588	34929	38623	42708	47226	52221	57745	63852
					28566	31588	34929	38623	42708	47226	52221
						25834	28566	31588	34929	38623	42708
							23362	25834	28566	31588	34929
								21128	23362	25834	28566
									19107	21128	23362
										17279	19107
											15626

Fuente: Elaboración propia con datos de FIRA (2009), CONAPESCA (2009), INEGI (2014), Cerón, et al. , 2010 y Shirai, 2011.

La rentabilidad del proyecto cuando se produce quitosano es económica rentable y técnicamente viable. El valor de la ganancia de la producción de un solo producto (monoproducto), para el caso de quitosano es \$1 727, representando 9.4 veces la rentabilidad de solo producir camarón (monocultivo). Entonces producir únicamente quitina representa una ganancia adicional con respecto a la producción de camarón de \$1 545 mil. Sin embargo cuando se opta por producir en asociación camarón y quitosano (biproducto), el valor de la opción real que se obtiene es \$42 527 mil, lo cual es más

rentable comparado con la ganancia de sólo producir camarón o quitina. El VAN_{TOTAL} de la producción de camarón y quitina será igual al Valor Actual Neto Tradicional más el valor de la Opción real: $VAT = (VAN + Opción Real) = (182 + 42\,527) = 42\,709$.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La producción de alimentos de manera convencional (*commodities*), es la alternativa tradicional de los productores para generar ingresos. Sin embargo la inestabilidad de los precios de alimentos, así como los elevados gastos y costos en la producción de los mismos hacen relevante el análisis de estudios que conlleven a la realización de producciones en asociación bajo un esquema de producción de poliproducidos, no solo de monocultivos o monoproductos. Ya que de cada cadena productiva los desperdicios de ella son una alternativa de generación de ganancias adicionales a las que se obtienen con la producción. La expectativa de los productos de la bioeconomía, tales como: biomateriales, biocombustibles, bioplásticos, nutraceuticos, alimentos funcionales, entre otros, obtenidos de materia prima de segunda generación o de los residuos sólidos se convierte en una atractiva manera de hacer más eficiente la asignación de los recursos escasos. Entonces la utilización de la cáscara de camarón para la extracción de un biopolímero con alto valor en el mercado químico-industrial se convierte en una alternativa que optimiza la asignación de recursos en la producción de camarón. Con lo cual se adquieren los ingresos de ambas actividades. Se concluye que la producción de quitosano a partir de los desechos de la cáscara de camarón es económicamente rentable y técnicamente viable, con lo cual se adquiere un valor complementario al estimado por la producción de camarón.

La tendencia de los biopolímeros como un producto alternativo diferenciado a nivel mundial es cada vez más creciente, ya que existen diversos artículos que se han publicado desde 1811(Henry Braconnot), que nos mencionan tan solo al β -N-acetil glucosamina (quitina) y al β -N-acetil glucosamina- co- β glucosamina (quitosano), como una alternativa de sustitución de los polímeros sintéticos , tan solo en el área biomédica para la sutura de heridas es un claro ejemplo del avance científico en materia de bionanotecnología.

La paulatina sustitución de los plásticos sintéticos por los bioplásticos es un cambio que en la actualidad se está dando, poniéndonos en la transición de una economía que cambia de hábitos para reducir los desechos contaminantes al medio ambiente.

La utilización de tecnologías que limpien el agua de metales pesados y productos químicos como es el caso de la utilización de quitosano como coagulante y floculante es una medida que los dirigentes de la política pública a nivel micro y macro pueden considerar para el saneamiento de los afluentes superficiales (ríos, lagos, lagunas).

La utilización de opciones reales como una alternativa para poder generar poli productos en el sector agrícola es una medida de desarrollo de crecimiento económico en el país dado los recientes acontecimientos de pérdidas económicas en el sector camaronícola del país. Ya que la alternativa de poder procesar los desechos de los camarones (cáscara de camarón), para su transformación representa un ingreso real que permite a los bancos que expiden préstamos al sector minimizar la cartera vencida y recuperar el dinero inyectado a los productos acuícola. Pues la cepa de la bacteria *Vibrio parahaemolyticus* como el agente causante del Síndrome de la Mortalidad Temprana (EMS) es sumamente agresiva a dada su naturaleza muta con facilidad. Con lo cual las pérdidas en el sector acuícola son latentes y convierten a los acuicultores en no ser sujetos de crédito y con ello existe la posibilidad de la dependencia de importaciones de camarón masivas y el desplazamiento de la producción nacional por la extranjera.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Conceptos básicos: Ciclos biogeoquímicos, Centro Internacional para la Investigación del fenómeno de El niño(CIIFEN),Guayaquil- Ecuador, 2010.

[3] Making it Magazine, The circular economy: Interview whit Walter Stahel, 5 de Julio de 2013. Disponible en: www.makingitmagazine.net.

[4] Brambila Paz, José de Jesús. 2011, “Bioeconomía: Conceptos y Fundamentos”, SAGARPA y Colegio de postgraduados, págs. 336.

[5] Panorama Acuícola Magazine. Mejoramiento genético de tilapias en China/Genetic improvement of tilapia in China. Sep-Oct del 2013 Vol.18 No 6 .

[6] Jiménez, Félix. Macroeconomía: breve historia y conceptos básicos, 1999, págs. 55.

[8] Pacheco López, Neith Aracely. Extracción biotecnológica de quitina para la producción de quitosano: caracterización y aplicación. 2010. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-Iztapalapa). 159 págs. PP. 1-60.

[9] Consejo Nacional de Energía, República de el Salvador, 2014.Disponible en: <http://www.cne.gob>.

[10] Meade Kuribreña José Antonio, Secretaría de Energía (SENER), Prospectiva del mercado de petróleo crudo 2010-2025, México, 2011, pp. 21-27.págs 175.

[11] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Residuos sólidos urbanos ,2012. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx>.

[12] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). La ciencia del cambio climático. 2013. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/>

[13] Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), Instituto Sinaloense de Acuacultura (ISA), Comité Sistema Producto Camarón de Altamar de Sinaloa. Plan Maestro de camarón de altamar del estado de Sinaloa. 2009. Págs. 326.

[14] Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y Universidad de Occidente. Plan Maestro del Comité Sistema Producto Camarón de Cultivo en el Estado de Sinaloa. Págs.169.

[15] Organización de las naciones unidas para la alimentación: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Departamento de Pesca y Acuacultura, 2014. Disponible en: www.fao.org.

[16] Shirai Matsumoto, Keiko, Producción de quitina y quitosano: nuevo proceso biotecnológico para la obtención de quitina y quitosano, 2011, UAM Iztapalapa, 9 págs.

[17] Cerón Domínguez, Salvador Emilio. Echeverría Aldana, Jorge Alberto. Torres Gutiérrez, Karen Lizbeth. “Propuesta de automatización y control para un proceso de obtención de un polímero biodegradable llamado quitosano”, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y eléctrica, Unidad profesional “Adolfo López Mateos”. 2010. Págs.124.

[18] Muzzarelli, R.A.A. Chitin; Pergamon Press: Oxford, UK, 1977.

[19] Marguerite Rinaudo. Chitin and chitosan: Properties and applications. ScienceDirect. 2006. Prog. Polym. Sci. 31 (2006) 603–632. Págs.31.

[20] C.K.S.Pillai; Willi Paul; Chandra P. Sharma. Chitin and Chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation. Progress in Polymer Science 34(2009) 641-678.

[21] Feisal Khoushab and Montarop Yamabhai. Chitin Research Revisited. Mar. Drugs 2010, 8, 1988-2012.

[22] McGee Harold, La cocina y los alimentos (enciclopedia de la ciencia y la cultura de la comida).Editorial: Debate. Primera edición. Noviembre de 2007.Págs 941.

[23] .C.Seijo; O. Defeo; S. Salas.Bioeconomía Pesquera.Teoría, modelación y manejo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).1997.

[24] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).La ciencia del cambio climático. 2013. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/>

[25]Panorama Acuícola Magazine .AcuaPlan; Primer centro Privado de Mejoramiento Genético de especies acuáticas tropicales en América. Nov-Dic del 2013 Vol.19 No 1.

[26] Chávez Brenda. En Guasave, aprovechan las bondades de la quitina. Diario: “El Debate”. Fecha de publicación de la nota: 14 de abril, 2008. Disponible en: <http://www.debate.com.mx>.

[27] Reportan alta mortalidad en camarón de cultivo en Sonora. Periódico “El economista”. Fecha de publicación de la nota: 7 Julio, 2013.Disponible en: <http://eleconomista.com.mx/>

[28] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).2012. Disponible en: www.siap.gob

[29] Zuberma, Federico. El aporte del pensamiento de Karl Polanyi a la cuestión ambiental. 2013. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 21: 57-70.

[30] Extracto tomado del artículo de Miller Randall F., Chitin Paleoecology. Revista de Biochemical Systematics and Ecology, Vol. 19, No. 5, pp. 401-411, 1991.

[31]: Jeuniaux, C. (1971). Biochemical Evolution and the Origin of life, p. 304. Holland Amsterdam.

[32] Riccardo A.A. Muzzarelli; Joseph Boudrant; Diederick Meyer; Nicola Manno; Marta DeMarchis; Maurizio G. Paoletti. Current views on fungal chitin/chitosan, human chitinases, food preservation, glucans, pectins and inulin: A tribute to Henri Braconnot, precursor of the carbohydrate polymers science, on the chitin bicentennial. Carbohydrate Polymers 87 (2012) 995– 1012

[33] Wisniak Jaime. HenriBraconnot. Revista CENIC Ciencias Químicas, Vol. 38, No. 2, 2007: 345-355, Páginas 11

[34] Castañeda Ramírez Cristóbal; De la Fuente Salcido Norma M.; Pacheco Cano Rubén Darío; Ortiz-Rodríguez Tomás; Barboza Corona José Eleazar. Potencial de los quitosanos oligosacáridos generados de quitina y quitosana. Universidad de Guanajuato: Acta Universitaria-Dirección de apoyo a la investigación y al posgrado. Vol. 21 No. 3 Septiembre-Diciembre 2011, págs. 10.

[35] Rinaudo Marguerite. Chitin and Chitosan: properties and applications. Progress in Polymer Science (Prog. Polym. Sci.) 31 (2006) 603–632.

[36] = [40] C.K.S.Pillai; Willi Paul; Chandra P. Sharma. Chitin and Chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation. Progress in Polymer Science 34(2009) 641-678.

[37] Cerón Domínguez Salvador Emilio, Echeverría Aldana Jorge Alberto, Torres Gutiérrez Karen Lizbeth, Murillo Yáñez Luis Enrique, Antonio Ángeles Rocha. Título de tesis de licenciatura: Propuesta de automatización y control para un proceso de obtención de un polímero biodegradable llamado “quitosano”. Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica. Unidad profesional “Adolfo López Mateos”. 2010. Páginas 124.

[38] Lárez Velásquez Cristóbal. Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. Avances en Química, vol. 1, núm. 2, 2006, pp. 15-21, Universidad de los Andes, Venezuela.

[39] Sânia M. B. de Andrade, Rasiah Ladchumananandasivam, Brismak G. da Rocha, Débora D. Belarmino, Alcione O. Galvão .The Use of Exoskeletons of Shrimp (*Litopenaeus vanammei*) and Crab (*Ucides cordatus*) for the Extraction of Chitosan and Production of Nanomembrane. *Materials Sciences and Applications*, 2012, 3, 495-508.

[40] Caprile María Daniela. “Obtención y Utilización de Quitina y Quitosano a partir de desechos de crustáceos”. España, 2006. Páginas 6.

[41] Global Industry Analyst, Inc. Reporte del mercado de quitina y quitosano. 2013. Disponible en línea: <http://www.strategyr.com/>.

[42] AO, Pérez Martín, Tesis: “Evaluación de un proyecto de inversión para determinar hasta cuanto deben invertir los productores para diferenciar el chile habanero”. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, .Páginas.

[43] FIRA, 2007. Rentabilidad del camarón de altamar, Sinaloa. Págs. 63.

[44] FIRA, 2009. Situación actual y perspectivas del camarón en México. Págs. 122.

ANEXO A. PRECIOS REALES Y NOMINALES DE CAMARÓN

Tabla 15. Dinámica de los precios reales del camarón

Obs	Año	Valor nominal	INPC BASE 2Q	Valor Real
		Camarón (\$/ton)	AGOSTO 2014	Camarón (\$/ton)
1	2000	89,799.29	54.48	164,841.21
2	2001	79,977.23	57.95	138,022.36
3	2002	80,869.92	60.86	132,878.03
4	2003	81,503.55	63.63	128,094.96
5	2004	71,879.77	66.61	107,910.27
6	2005	72,614.62	69.27	104,832.84
7	2006	74,854.06	71.78	104,280.98
8	2007	75,586.46	74.63	101,283.47
9 ¹⁶	2008	69,948.05	78.45	89,158.90
10	2009	64,730.24	82.61	78,357.21
11	2010	59,901.66	86.04	69,618.27
12	2011	55,433.26	88.97	62,302.22
13	2012	51,298.19	92.63	55,377.97
14	2013	47,471.57	96.16	49,367.81
15	2014	43,930.41	99.40	44,197.76
16	2015	40,653.40	103.76	39,181.20
17	2016	37,620.84	108.31	34,734.03
18	2017	34,814.49	113.06	30,791.63
19	2018	32,217.48	118.03	27,296.70
20	2019	29,814.21	123.21	24,198.45
21	2020	27,590.20	128.61	21,451.87
22	2021	25,532.09	134.26	19,017.02
23	2022	23,627.51	140.15	16,858.54
24	2023	21,865.01	146.30	14,945.05
25	2024	20,233.98	152.72	13,248.75
26	2025	18,724.61	159.43	11,744.98
27	2026	17,327.84	166.42	10,411.90
28	2027	16,035.26	173.73	9,230.12
29	2028	14,839.10	181.35	8,182.48
30	2029	13,732.17	189.31	7,253.75
31	2030	12,707.81	197.62	6,430.43

Fuente: Elaboración propia con datos de FIRA (2009), CONAPESCA (2009) e INEGI (2014).

En donde, Obs = Observaciones.

¹⁶ Precios proyectados mediante tasas de crecimiento (2008 - 2030).

ANEXO B. PRECIOS REALES Y NOMINALES DE QUITINA

Tabla 16. Dinámica de los precios reales del quitosano

Obs	Año	Valor Nominal Quitina(\$/t)	INPC BASE AGO 2014	Valor Real Quitina(\$/t)
1	2000	397,612.27	54.48	729,882.01
2	2001	433,235.57	57.95	747,665.30
3	2002	452,313.10	60.86	743,199.32
4	2003	478,097.11	63.63	751,400.80
5	2004	497,108.75	66.61	746,289.81
6	2005	522,912.91	69.27	754,922.99
7	2006	540,340.24	71.78	752,760.88
8	2007	562,241.72	74.63	753,386.15
9	2008	583,376.60	78.45	743,597.78
10	2009	621,460.27	82.61	752,289.71
11	2010	643,668.39	86.04	748,077.52
12	2011 ¹⁷	672,000.00	88.97	755,270.19
13	2012	621,871.81	92.63	671,329.74
14	2013	575,482.97	96.16	598,470.44
15	2014	532,554.52	99.40	535,795.55
16	2015	492,828.34	103.76	474,981.37
17	2016	456,065.56	108.31	421,069.75
18	2017	422,045.11	113.06	373,277.24
19	2018	390,562.44	118.03	330,909.30
20	2019	361,428.24	123.21	293,350.24
21	2020	334,467.31	128.61	260,054.23
22	2021	309,517.55	134.26	230,537.40
23	2022	286,428.93	140.15	204,370.80
24	2023	265,062.62	146.30	181,174.19
25	2024	245,290.13	152.72	160,610.45
26	2025	226,992.59	159.43	142,380.74
27	2026	210,059.96	166.42	126,220.16
28	2027	194,390.43	173.73	111,893.84
29	2028	179,889.78	181.35	99,193.60
30	2029	166,470.81	189.31	87,934.87
31	2030	154,052.83	197.62	77,954.03

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014), Cerón, et al., 2010 y Shirai, 2011.

En donde, Obs= Observaciones.

¹⁷ Dato tomado de Shirai (2011).

ANEXO C. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE CAMARÓN DE CAPTURA

Tabla 17. Costos de Operación de embarcación camaronera

Estimación de los costos de captura de camarón (Temporada 2009/2010)												
Concepto	veda			Época de captura								Total
	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	
I. Costos variables												
1.1 Pagos a tripulación				9,000.00	170,625.60	71,850.24	43,110.14	17,962.56	28,740.10	17,962.56		359251
1.2 Combustible				192,717.00	134,901.90	134,901.90	134,901.90	134,901.90	96,358.50			828683
1.3 Lubricante				15,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00			60000
1.4 Artes de pesca	27,228.85	27,228.85		3,889.84	3,889.84	3,889.84	3,889.84	3,889.84	3,889.84			77797
1.5 Pedidos de cubierta Alimentación de	17,413.00				17,413.00							34826
1.7 tripulación				11,760.00	11,760.00	11,760.00	11,760.00	11,760.00	11,760.00			70560
1.8 Materiales auxiliares			3,224.03		3,224.03		2,763.45					9212
1.10 Diversos	3,891.88	3,891.88	648.65	5,513.49	4,216.20	4,216.20	4,216.20	4,216.20	1,621.62			32432
Sub-total Costos variables												1472761
II. Costos fijos												
Administración y gastos												
2.1 de oficina	5,714.18	5,714.18	5,714.18	5,714.18	5,714.18	5,714.18	5,714.18	5,714.18	5,714.18	5,714.18	5,714.18	62856
2.2 Gastos de venta					195,841.80	78,336.72	47,002.03	19,584.18	31,334.69	19,584.18		391684
2.3 Cuotas federación												
2.4 Mantenimiento general	24,473.60	52,006.40										76480
2.5 Impuestos						42,537.60	17,015.04	10,209.02	4,253.76	6,806.02	4,253.76	85075
2.6 Seguros		23,040.00										23040
Sub-total costos fijos												639135
III. Total	78721	111881	9586	243594	556586	362206	279372	217237	192672	50066	9967	2,111,895

Nota: Por cuestiones prácticas se truncaron los decimales del total

Fuente: Elaboración propia con datos de FIRA, 2009.

ANEXO D.COSTOS DE INVERSIÓN DE CAMARÓN DE CAPTURA

Tabla 18. Conceptos de inversión de captura de camarón

Datos por embarcación	
No de embarcaciones Pesq.	1
Área de captura	Pacífico
Número de viajes	6
Días por viaje	28
Valor de la embarcación \$:	1,200,000
Rend/barco en Ton:	16
Camarón exportación Ton:	12
Camarón nacional Ton:	3

Precios de Camarón	Pesos
Precio Nacional (\$/t)	80,000
Precio Exportación(\$/t)	166,320
Precio promedio en dlls/lb	5.60
Tipo de cambio	13.50

Seguros e impuestos:	
Prima seguro (%)	1.92%
SHCP (% sobre ingresos).	3.00%
IMSS (\$/ton.)	1,200

Gastos de empaque y comercialización	
Envase (dll/lb)	0.07
Maquila (dll/Lb)	0.532
Flete, seguro, cruce (dlls/lb)	0.077
Ocean G (comisión %)	7.50%

Alimentación	
Gasto por día por tripulante	98.00

Anticipos	
En veda por tripulante	1,500.00
1er viaje	9,000.00

Gastos de administración	
Contador	1730
Auxiliar de Contador	750
Secretaria	860
Velador	460
Gastos de Oficina mensual (consumibles)	1438
Gato mensual	5238
Gato anual	62856

Reparaciones anuales en astillero	
Servicio (Mano de Obra)	20,000.00
Materiales	30,000.00
Vehículos	15,000.00

Combustibles y lubricantes	Precio
Diesel (\$/Lt)	7.53
Aceite lubricante (\$/Lt)	30.00

Insumos y Artes de Pesca	Precio
Armado chinchorro	2,211.00
Batería (Para maq.)	1,840.00
Boyas (pza) 6.5	257.00
Cabo nylon 1" Kg.	135.00
Cabo nylon 1/2"	135.00
Cabo nylon 3/4"	135.00
Cable de acero winche(m)	60.33
Cadena galvanizada 3/8" \$/Kg.	68.63
Canastos	203.000
Catalinas chica 12" 10 ton	12,005.00
Copo 160 mallas Pz 30x11/2	2,197.00
Destorcedores 3/4"	168.00
Excluidor de Tortuga	900.00
Fardo 18x2x200	17,135.00
Felástica (Kg.)	78.00
Fool (cable)5/8" (mt)	68.63
Galgas 9/16"X64 mt	4,731.00
Gas butano (30 Kg.)	340.00
Gas ref. Freon-12 (22.7 Kg.)	1,150.00
Guarda cabo g 9/16 pz	67.00
Grilletes 1 1/4"	598.00
Grilletes 1/2"	42.00
Grilletes 5/8"	84.00
Grilletes 7/16"	43.00
Guantes	22.00
Palas (pza)	330.00
Patescas	1,602.00
Piola naylón #21 Kg.	153.00
Reparación equipos viejos	940.00
Rollo espía naylón 1 1/4	86.00
Sal (Kg..)	2.89
Tablas 10'X60"X1 1/4" par:	6,204.00
Tralla tratada 9/16 m.	20.00
Uniforme (impermeable)Pza	389.00

Fuente: Elaboración propia con datos de FIRA, 2009

ANEXO E. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE QUITOSANO

Tabla 19. Costos de operación de extracción de quitosano

I. Costos variables		Concepto	Cantidad	Costo unitario	Mensual	Anual
1.1	Primer lavado		24	18.2	436.8	5241.6
1.2	Desproteínización		24	1146.6	27518.4	330220.8
1.3	Desmineralización		24	2,531.54	60756.96	729083.52
1.4	Secado		24			
1.5	Desacetilación		24	548	13152	157824
1.6	Lavado		24	1.09	26.16	313.92
Sub-total de costos variables				4245.43	101890.32	1,222,683.84

II. Costos fijos		Cantidad	Costo unitario	Mensual	Anual
2.1	Encargado de planta	1	20000	20000	240000
2.2	Encargado de maquinaria	1	20000	20000	240000
2.3	Encargado logística	1	20000	20000	240000
2.4	Encargado de control de calidad e inocuidad	1	20000	20000	240000
2.5	Encargado de ventas	1	20000	20000	240000
2.6	Ingeniero químico industrial	1	20000	20000	240000
2.7	Ingeniero en biotecnología	1	20000	20000	240000
2.8	Ingeniero en maquinaria	1	20000	20000	240000
2.9	Especialista en economía	1	20000	20000	240000
2.10	Ayudante de biopolímero	1	20000	20000	240000
2.11	recepción	1	20000	20000	240000
2.12	Almacenista	1	20000	20000	240000
2.13	Contador	1	20000	20000	240000
2.14	Auxiliar contable	1	20000	20000	240000
2.15	Velador	1	20000	20000	240000
Sub-total de costos fijos				300000	\$ 3,600,000.00
Total				401890.32	\$ 4,822,683.84

Fuente: Elaboración propia con datos de Cerón, et al. , 2010.

ANEXO F.COSTOS DE INVERSIÓN DE QUITOSANO

Tabla 20. Costos de inversión de extracción de quitosano

Equipo	Cantidad	Precio unitario	Total
Tanque 1 con sistema de agitación	1	\$ 12,987.36	\$ 12,987.36
Tanque 2 con sistema de agitación	1	\$ 70,000.00	\$ 70,000.00
Reactor 1 acero inox	1	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00
Reactor 2 acero inox	1	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00
Secador por aspersion	1	\$ 1,339,000.00	\$ 1,339,000.00
Refrigerado	2	\$ 12,000.00	\$ 24,000.00
Banda tipo cangilones	1	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00
Bomba	1	\$ 8,354.56	\$ 8,354.56
Bomba2	4	\$ 7,441.19	\$ 29,764.76
Trituradora de mandíbulas	1	\$ 312,903.00	\$ 312,903.00
Empacadora	1	\$ 165,490.00	\$ 165,490.00
Válvula de globo	14	\$ 443.00	\$ 6,202.00
Válvula rotatoria	1	\$ 17,257.00	\$ 17,257.00
Válvula macho	17	\$ 1,500.00	\$ 25,500.00
Válvula de alivio	2	\$ 350.00	\$ 700.00
Generador nitrógeno	1	\$ 39,000.00	\$ 39,000.00
PLC SIEMENS	1	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00
Total			\$ 2,339,958.68

Fuente: Elaboración propia con datos de Cerón, et al. , 2010.