



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ECONOMÍA AGROPECUARIA

ANÁLISIS DE UN MODELO MATEMÁTICO QUE PERMITA LA
MAXIMIZACIÓN DE INGRESOS EN UNA EMPRESA CAMARONERA

PUMA RAMON ROBERT DAVID
ECONOMISTA AGROPECUARIO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ECONOMÍA AGROPECUARIA

ANÁLISIS DE UN MODELO MATEMÁTICO QUE PERMITA LA
MAXIMIZACIÓN DE INGRESOS EN UNA EMPRESA
CAMARONERA

PUMA RAMON ROBERT DAVID
ECONOMISTA AGROPECUARIO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ECONOMÍA AGROPECUARIA

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DE UN MODELO MATEMÁTICO QUE PERMITA LA MAXIMIZACIÓN
DE INGRESOS EN UNA EMPRESA CAMARONERA

PUMA RAMON ROBERT DAVID
ECONOMISTA AGROPECUARIO

VITE CEVALLOS HARRY ALEXANDER

MACHALA, 21 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
21 de septiembre de 2021

Complexivo

por Robert Puma

Fecha de entrega: 27-ago-2021 01:59p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1636996765

Nombre del archivo: CASO_PRACTICO_PUMA.docx (1.82M)

Total de palabras: 6179

Total de caracteres: 36184

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, PUMA RAMON ROBERT DAVID, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Análisis de un modelo matemático que permita la maximización de ingresos en una empresa camaronera, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 21 de septiembre de 2021



PUMA RAMON ROBERT DAVID
0705831162

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
DESARROLLO	9
Acuicultura	9
Producción acuícola	9
Producción acuícola por regiones.	11
Acuicultura y camaronicultura	12
Etapas del ciclo biológico	13
Etapas larval	14
Nauplio	14
Zoea	15
Mysis	15
Postlarva	15
Factores que influyen en el desarrollo de la especie	16
Salinidad	16
pH	17
Alimentación	17
Temperatura	17
Sector camaronero en el ecuador	18
La producción camaronera en américa latina	20
Exportación de camarón	21
La importancia de la producción de los productos no petroleros en el Ecuador	23
Modelo matemático	25
Modelo de programación no lineal	25
Desarrollo del Modelo	25
Resultados	30
Conclusión	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción mundial en porcentaje de productos acuícolas	7
Tabla 2: Taxonomía del camarón blanco	9
Tabla 3: Producción de camarón por hectáreas	15
Tabla 4: Especies de camarón en Ecuador	20
Tabla 5: Variación histórica mensual	21
Tabla 6: Costos de producción por libra	24

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura	7
Gráfico 2: Contribución regional a la producción mundial de la pesca y la acuicultura.	8
Gráfico 3: Ciclo biológico del camarón	10
Gráfico 4: Etapa larval del camarón blanco	12
Gráfico 5: Anatomía de <i>Litopenaeus vannamei</i>	12
Gráfico 6: Principales productos de exportación	17
Gráfico 7: Producción camaronera en Latinoamérica	19
Gráfico 8: Camarón – Reporte de Exportaciones Ecuatorianas Totales	20
Gráfico 9: Supervivencia del camarón	22
Gráfico 10: Demanda en función al precio del camarón	23
Gráfico 11: Modelo de fijación de precio	24

RESUMEN

El sector camaronero en el Ecuador es muy importante dentro de la economía nacional, es una gran fuente de empleos y provee de alimentos para todo el mundo. Ecuador es el segundo país con mayor producción de camarón a nivel mundial. Las provincias que destacan en la producción del camarón blanco son Guayas, El Oro, Manabí, Esmeraldas y Santa Elena. En el 2020 se produjeron más de 600 mil TM de camarón, generando 3 823.53 millones de dólares de ganancias. Debido a la importancia de esta industria aplicamos un modelo matemático no lineal considerando el precio nacional e internacional a fin de establecer el precio de comercialización óptimo ya sea dentro o fuera del país. Esto permitió tomar una decisión que permita a la empresa maximizar sus utilidades. El resultado indica que cuando los costos de producción por libra de camarón se encuentran alrededor de \$3.32, el precio fijado en el mercado sería de \$5.32, generando una utilidad a los productores ecuatorianos de \$32 982 727, y a la empresa de \$37 469.20.

Palabras clave: Variables, precios, maximización, modelo matemático, beneficios, producción, utilidades.

ABSTRACT

The shrimp sector in Ecuador is very important within the national economy, it is a great source of jobs and provides food for everyone. Ecuador is the second country with the highest shrimp production worldwide. The provinces that stand out in the production of white shrimp are Guayas, El Oro, Manabí, Esmeraldas and Santa Elena. In 2020, more than 600 thousand MT of shrimp were produced, generating 3 823.53 million dollars in profits. Due to the importance of this industry, we apply a non-linear mathematical model considering the national and international price in order to establish the optimal marketing price either within or outside the country. This made it possible to make a decision that allows the company to maximize its profits. The result indicates that when the production costs per pound of shrimp are around \$3.32, the market price would be \$5.32 for a shrimp weighing 18 grams, generating a profit for Ecuadorian producers of \$32 982 727, and to the company for \$37 469.20.

Keywords: Variables, prices, maximization, mathematical model, profits, production, profits.

INTRODUCCIÓN

La industria acuícola es una de las más importantes del mundo, proporciona alimentos con un alto nivel proteico, desarrollo económico, y es una fuente constante de empleos en todo el mundo, Moreno (2010). Gran cantidad de los alimentos consumidos en todo el mundo provienen de la acuicultura, los productos acuícolas proveen beneficios nutricionales, económicos y sociales en casi todos los países del mundo.

Dentro de la economía nacional, la producción de camarón en cautiverio es uno de los rubros más relevantes del sector acuicultor y del Producto Interno Bruto de país, Plaza (2018). El camarón es el producto por excelencia del sector acuicultor y representa un gran porcentaje dentro del PIB.

En Ecuador, la producción camaronera se originó en la región costa en el año 1968, y específicamente en la provincia de El Oro, donde algunos habitantes del cantón Santa Rosa notaron que en pequeños estanques crecían las larvas de camarón (FAO 2008).

El acceso a alimentos de calidad, densidad poblacional, la acidez y alcalinidad del agua, oxígeno disuelto, Arzola, y otros (2008), las condiciones climáticas y la temperatura de las aguas del océano pacífico son factores importantes para el desarrollo de las larvas de camarón, lo que ha sido aprovechado por los productores para convertir la cría de este crustáceo en un negocio rentable. No obstante, la bonanza camaronera en el Ecuador tiene su origen al final de las décadas de los 70s y comienzos de los 80s, según Saltos (2020), la expansión camaronera incrementó la producción y el número de hectáreas producidas en distintas zonas del país, siendo las provincias de El Oro y Guayas las pioneras en el mercado. Factores como la salinidad del agua, temperatura y la disponibilidad de larvas, posibilitaron que la producción de este crustáceo constituya una actividad redituable.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el año 1974 ya registraba una extensión aproximada de 600 hectáreas de tierra destinadas al cultivo de camarón, ya en el 2018 se registraron 210 000 hectáreas constituidas por pequeños, medianos y grandes productores, Rodríguez, Chiriboga y Lojan (2016). La producción sufrió un incremento exponencial, si contrastamos el número de hectáreas producidas desde el año 1974 hasta 2018 podemos notar que hay un aumento de 209.400 hectáreas producidas.

El incremento del número de productores posesionó al camarón como uno de los productos de exportación más importante del país junto con otros productos no petroleros como las flores y el banano. Según datos del Banco Central del Ecuador, en el 2018 las exportaciones del sector camaronero alcanzaron una cifra de 3 037.9 millones de dólares, Muños y Narváez (2018). El incremento en la oferta de camarón en el mercado internacional convirtió a este producto en un rubro importante para la economía, es una fuente que constantemente le otorga al país millones de dólares en divisas.

El sector camaronero se expandió de manera sostenida por distintas zonas de la costa ecuatoriana, provocando incremento de la inversión en los cultivos, creación de nuevas y modernas empacadoras, laboratorios especializados en el mejoramiento de larvas, elaboración de piensos para la alimentación del camarón y aparecieron diferentes empresas productoras de materiales utilizados en la acuicultura, FAO (2008). Con el aumento de la producción fue necesaria la implementación de nuevas técnicas de cultivo, modernas instalaciones y el uso de larvas mejoradas genéticamente.

De acuerdo con esta información está claro que la actividad acuícola en especial la actividad camaronera es una de las más importantes del país. Todas las empresas inician sus actividades comerciales enfocadas en la maximización de los beneficios, para ello es importante considerar varios factores determinantes en el incremento de ingresos, como las decisiones esenciales en las diferentes áreas de la empresa, selección de sus capacidades, recursos humanos, que son cruciales para lograr el liderazgo en un mercado perfectamente competitivo (Eras y Lalangui 2019).

Tomando en consideración los antecedentes descritos anteriormente se estableció el siguiente objetivo de la investigación, construir un modelo matemático no lineal que permita a la empresa tomar una decisión adecuada en relación con la comercialización en el mercado local o exportación de la producción en la *Camaronera Valentina*, parroquia Tendales- El Guabo, provincia de El Oro.

DESARROLLO

Acuicultura

La acuicultura, así como, la ganadería y la agricultura, tuvieron su inicio en el sector primario de la producción y forman parte del sector productor de alimentos, Cuéllar y otros (2018). El sector camaronero como parte fundamental de la industria alimentaria se encuentra en constante crecimiento, producto de la estructuración de los procesos de producción (Espinoza y Díaz 2021).

La acuicultura es una fuente de extracción de recursos (camarón, tilapia, conchas, truchas, etc.), mismos que sirven de alimento para los seres humanos. Tiene como objetivo la crianza de especies acuáticas como plantas y animales, para ello se aplican diversas técnicas y procedimientos que permiten el desarrollo óptimo de las especies (Sarango 2020).

Con el objetivo de proporcionar alimentos a la población mundial, los productores han sustituido a la producción tradicional con nuevas técnicas de cultivo que les permita reducir costos e incrementar la producción (FAO 1996).

El incremento en la demanda de productos alimenticios en todo el mundo ha provocado que la ciencia desarrolle tecnología para la crianza de especies acuáticas que permita incrementar la producción, productos de alta calidad y a menor costo, para satisfacer la demanda del mercado.

Producción acuícola

La acuicultura ha sido el ente que refleja explotación de la pesca destinada al consumo humano, mismo que ha tenido un enorme crecimiento a lo largo de los años. En la Tabla 1 se refleja el crecimiento de la oferta en porcentajes de productos acuícolas para el consumo humano en el mercado mundial.

La producción acuícola en el 2018 sufrió un incremento de 180 millones de toneladas, y su valor de venta estimado corresponde a 164,1 millones de USD (FAO 2020).

La Tabla 1 representa el porcentaje de producción acuícola con respecto a cada año en donde se contrastan y podemos apreciar las variaciones en la producción desde 1974 hasta el 2018.

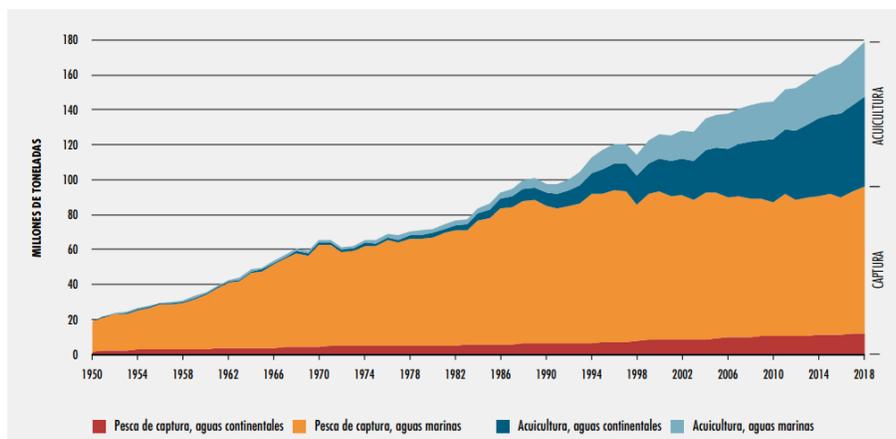
Tabla 1: Producción mundial en porcentaje de productos acuícolas.

Año	Porcentaje %
1974	7
1994	26
2004	39
2018	37,6

Fuente: FAO (2020)

A partir del año 1986 la pesca de captura y la acuicultura en aguas continentales y marinas experimentaron un crecimiento exponencial en cuanto a toneladas métricas, en el año 2018 se registró aproximadamente 180 millones de toneladas en acuicultura en aguas marinas, más de 140 millones de toneladas en acuicultura en aguas continentales, la pesca de captura en aguas marinas registró 100 millones de toneladas, mientras que la pesca de captura en aguas continentales aproximadamente 20 millones de toneladas (Gráfico 1).

Gráfico 1: Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura

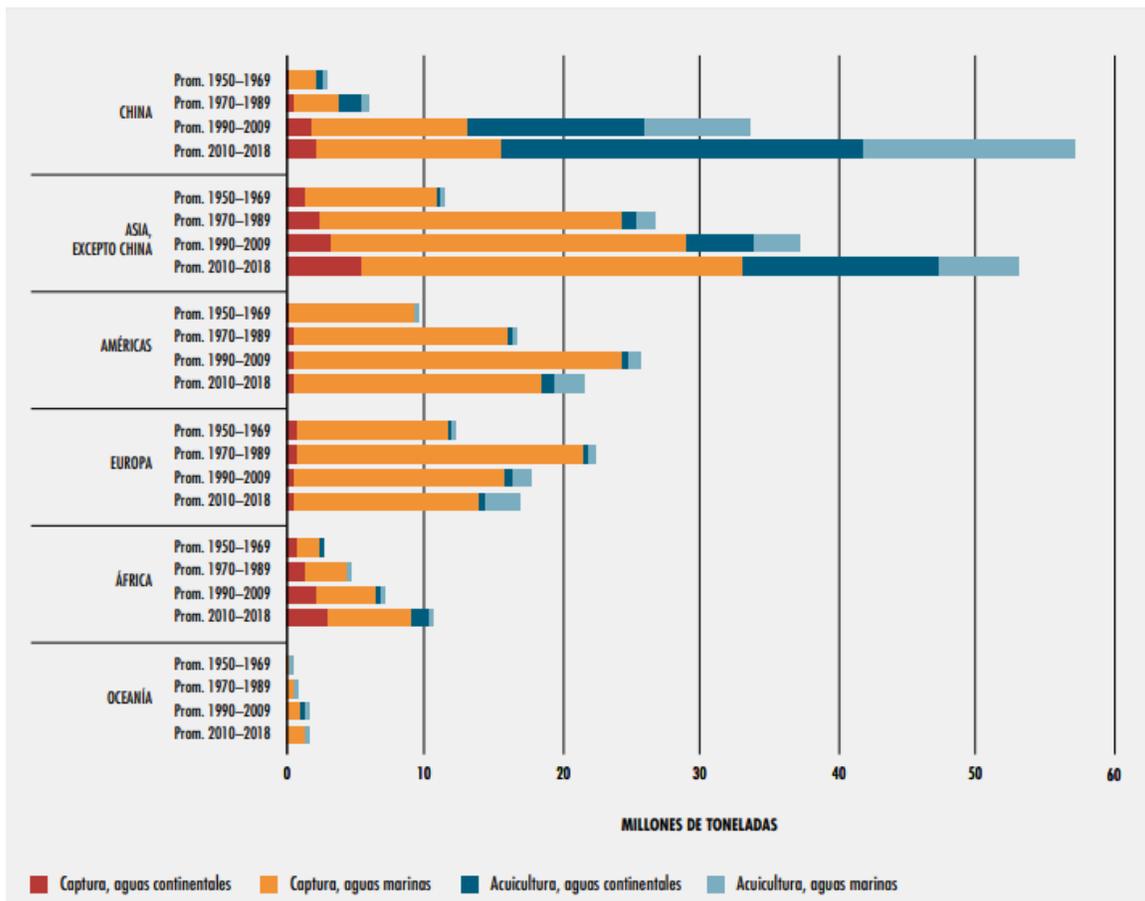


Fuente: FAO (2020)

Producción acuícola por regiones.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), señala que existen diferentes regiones que lideran la producción de la pesca y la acuicultura en el mundo. Asia es el continente con la mayor contribución en la producción acuícola y China es el país que lidera la lista de la producción mundial de pesca y acuicultura (Gráfico 2).

Gráfico 2: Contribución regional a la producción mundial de la pesca y la acuicultura.



Fuente: FAO (2020).

Acuicultura y camaronicultura

El organismo de las especies que están dentro de la acuicultura posee diferentes características biológicas que pueden ser divididas en diferentes grupos. Entre los crustáceos encontramos distintos tipos de camarones como el:

Camarón *Litopenaeus vannamei*

Comúnmente conocido como camarón blanco, su estructura morfológica consta de un cefalotórax, abdomen y cola. Este crustáceo en la actualidad es la especie más explotada, Peña y Varela (2016), habita desde el norte de México, hasta las costas de Perú, según la FAO (2015). Esta especie se desarrolla a lo largo del perfil oriental costero del océano pacífico, es la especie acuícola con la mayor producción en muchos países del mundo.

En la Tabla 2 se aprecia se describe ordenadamente la clasificación de las propiedades específicas de la especie y sus relaciones naturales.

Tabla 2: Taxonomía del camarón blanco

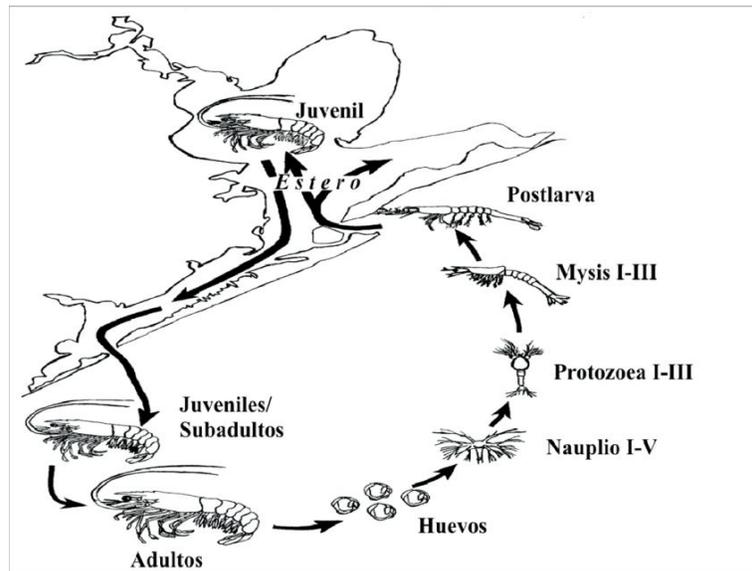
Phylum	Arthropoda
Clase	Crustásea
Sub-clase	Eumalacostraca
Orden	Decápoda
Sub-orden	Natantia
Super familia	Penaeoidea
Familia	Renaeeidae
Género	<i>Litopenaeus</i>
Especie	<i>Vannamei</i>

Fuente: Boone (1931).

Etapas del ciclo biológico

La vida del camarón blanco comprende dos facetas: la marina y la estuarina, Morales (1990). Dentro de las cuales están inmersos las etapas embrionaria, larval, juvenil, adolescente, pre adulta y adulta, según Sarango (2020). Para llegar a esta última, el camarón *Vannamei* atraviesa un proceso de desarrollo, cada uno con sus propias características morfológicas (Gráfico 3).

Gráfico 3: Ciclo biológico del camarón



Fuente: Lopez, Hernandez, Herrera, Rodriguez & Chávez (2008).

Al inicio, la etapa larvaria y juvenil pertenecen a la fase estuarina, es decir que su vida inicia en agua dulceacuícola a una marina; por otra parte, en su adolescencia este crustáceo presenta las primeras características sexuales y es cuando su vida continúa en el mar; ya en su adultez, el camarón adopta comportamientos completamente marinos.

Etapas larval

La etapa larval está conformada por diferentes estadios:

Nauplio

Surge en un rango de 14 a 16 horas después de que la hembra ovipara (Morales 1990), su longitud depende de factores como la temperatura y la calidad del nauplio, por lo general tienen una longitud aproximada de 0,5 mm de largo por 0,2 mm de ancho, Arellano (1990). Su cuerpo posee forma triangular o piriforme y se denotan las primeras y segundas antenas, también aparecen mandíbulas que las utilizan para desplazarse en el agua (Kitani 1981).

Zoea

Surge después de la transformación del nauplio, se aprecian cambios en su forma de alimentación (se alimenta por absorción de microalgas y fitoplancton), cambios en su forma de nadar (hacia delante) y en el cefalotórax y abdomen, según Edemar, Beltrame y Seiffert (1996). El tiempo de duración de este estadio dependerá de la calidad de la larva, pero en promedio dura de 4 a 6 días (Arellano 1990).

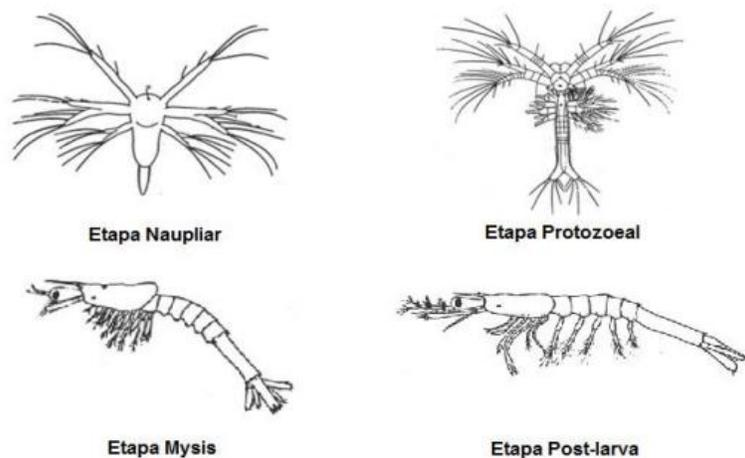
Mysis

En este estadio dura aproximadamente 3 días (Arellano 1990). La larva adopta la peculiar forma de nadar con el abdomen mediante contracciones, Edemar, Beltrame y Seiffert (1996), su movimiento es hacia atrás y la cabeza en dirección hacia el fondo (Kitani 1981).

Postlarva

Este estadio finaliza la etapa larval del camarón para convertirse en juvenil, aquí la larva ya se asemeja a un pequeño camarón adulto, Edemar, Beltrame y Seiffert (1996). En la postlarva el camarón se diferencia del adulto debido a que sus patas están cubiertas por setas y el tórax está libre de segmentos (Martínez y Dupré 2010) (Gráfico 4).

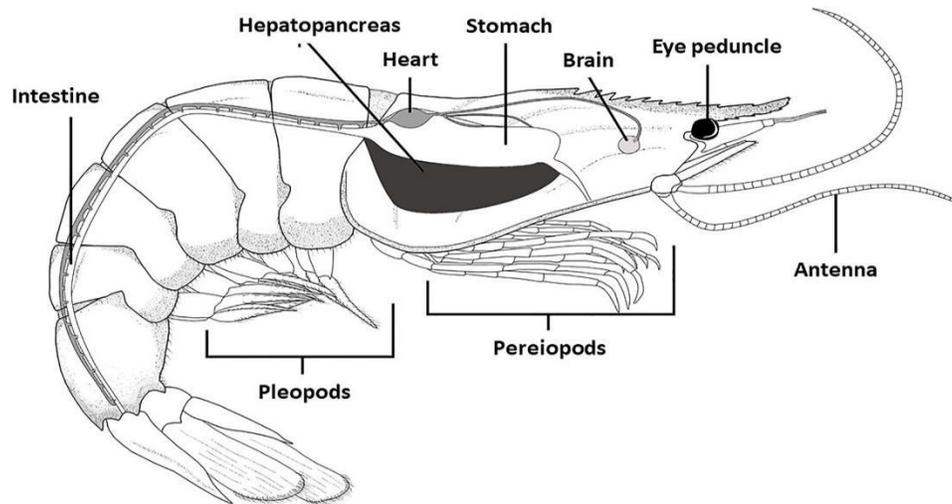
Gráfico 4: Etapa larval del camarón blanco



Fuente: FAO (1988).

La etapa larvaria, como podemos apreciar en el Gráfico 5, es un proceso metamórfico en donde existen varios estadios, cada uno con características diferentes. Estas alteraciones son el producto de la interacción de moléculas en algunos procesos como los digestivos o ecdisis. Los cambios fisiológicos son quienes determinan la concentración de moléculas durante todo el proceso larval.

Gráfico 5: Anatomía de *Litopenaeus vannamei*



Fuente: Duarte, Jaramillo & Duarte (2020).

Una vez que se haya completado todo el proceso de levantamiento larvario, el camarón *vannamei* está desarrollado en su totalidad y aquí es donde inicia otro estadio denominado “juvenil”. En el Gráfico 5 podemos apreciar la anatomía externa del *Litopenaeus vannamei*.

Factores que influyen en el desarrollo de la especie

Salinidad

El agua oceánica en las zonas costeras es muy importante para la producción de diferentes especies, Cabrera, Aguilar y González (2020), la salinidad es un factor importante para el desarrollo de la fauna marina. La salinidad del mar varía entre 34 a 38g/l. Esta medida se define de acuerdo a la cantidad (en gramos) de materiales disueltos en el mar por kilogramos de agua.

pH

Las sustancias acuosas poseen acidez o alcalinidad, para medir los niveles de estas, existe una escala numérica denominada pH, según Vásquez y Rojas (2016). El pH expresa el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia. El valor del pH se obtiene cuando conocemos el peso de los iones en las moléculas de agua. Cuando las sustancias acuosas son ácidas el pH indica un valor que oscila en una escala del 1 al 7, de igual manera, si la sustancia es alcalina el pH se mide en una escala de 1 a 14.

Uno de los factores responsables de la mortandad de las especies es el pH, un nivel de pH que esté fuera del rango neutro provoca daños irreversibles en el funcionamiento del organismo, provocando la muerte (Barile, Escudero y Jara 2016).

Alimentación

Caridía o comúnmente denominado como camarón, es un decápodo que está dentro de la familia de los poneidos, Caridad y Palacio (2021). El camarón como especie bentónica vive el agua poco profundas cerca de las playas y también viven en agua dulce poco profundas, estas zonas se las conoce como bentos.

Este crustáceo se caracteriza por tener una alimentación muy variada, su alimentación va desde microalgas, fitoplancton, vegetales, animales muertos, insectos y diferentes crustáceos, según menciona Gallardo y Reyes (2020). El camarón vive en mutualismo, libra a otros animales de parásitos y de los tejidos putrefactos. Cuando el camarón está completamente desarrollado en su vida adulta, acepta en su alimentación distintos piensos, alimento hecho a base harina de pescado, harina de soya, maíz, trigo entre muchos más (Reyes 2015) y (Acosta, Quiñones y Reyes 2018).

Temperatura

La temperatura óptima para la vida del camarón va a depender del grupo al que este pertenezca. Según la FAO (2014), existen dos grupos de camarones *poneidos* que viven en ambientes con temperaturas diferentes.

- **Camarones de aguas tropicales**

Dentro de este grupo existen varias especies tales como: *P.stylirostris*, *P.vannamei*, *P.occidentalis*, que habitan a lo largo del perfil costero del océano pacífico. Estos crustáceos soportan temperaturas desde 20°C, 26°C y 32°C, siendo estas últimas las mejores para su desarrollo.

- **Camarones de aguas templadas**

Al igual que la anterior, aquí también sobresalen varias especies como *Artemesia longinaris* y *Pleoticus mueller*. Para ovar, estos ponedos requieren de una temperatura que oscila entre los 16°C y 22°C. Cuando se trata de los langostinos, estos precisan una temperatura de 19°C y 23°C.

Sector camaronero en el Ecuador

La cadena productiva del camarón es muy extensa, según Sarango (2020), esta cadena comprende desde la producción de productos alimenticios hasta la comercialización del camarón en los mercados locales e internacionales. Existen varios eslabones más, como los siguientes:

1. Laboratorios
2. Fincas
3. Empacadoras
4. Exportadoras
5. Producción de alimento

Los nauplios son criados en piscinas controladas por laboratorios especializados en la crianza de esta especie, bajo ciertos criterios ambientales y fisiológicos para evaluar la homeostasis en los organismos. Según el Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca (2021), actualmente existen en funcionamiento 220 laboratorios modernos en todo el país, la producción de nauplios anualmente es de alrededor de 149 650 millones (Sarango 2020).

Según García (2016) estos establecimientos actúan como el primer hogar de las larvas, en donde nacen y crecen. El sector camaronero crece en gran medida gracias a estos laboratorios que actúan como punto de partida en la producción de este crustáceo.

Datos recientes según la Cámara Nacional de Acuicultura en el año 2016, se evidenciaba que 210 000 ha destinadas a la producción camaronera, sin embargo, en el año 2020 EL Ecuador reflejo una cantidad de 688 000 TM en exportaciones de camarón que generaron \$3 823.53 en divisas (CNA 2021).

En la Tabla 3 se puede contrastar las variaciones porcentuales de acuerdo al número de hectáreas destinadas a la producción de camarón en cada provincia, juntos los valores equivalen al 100% de la producción nacional.

La provincia de Guayas es la que posee mayor número de hectáreas, lidera la lista con un total de 138 283 hectáreas que representan el 64,36%, seguida de la provincia Del Oro con una cantidad de 40 386 hectáreas producidas mismas que representan 18,79%. Podemos concluir que la provincia de Guayas posee una gran extensión de tierra costera por encima de las demás provincias descritas en la tabla, debido a ese factor esta provincia lidera en la siembra de alevines.

Tabla 3: Producción de camarón por hectáreas

Provincia	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
Guayas	138,28	64,36
EL Oro	40,38	18,79
Manabí	18,59	8,65
Esmeraldas	14,72	6,85
Santa Elena	2,87	1,33

Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura (2021).

La exportación de camarón requiere de un proceso que va desde las muestras del producto a las empacadoras para garantizar que se cumplen las exigencias del mercado internacional hasta la cosecha, misma que se debe llevar a cabo con mucho cuidado para no dañar el producto (NIRSA 2019).

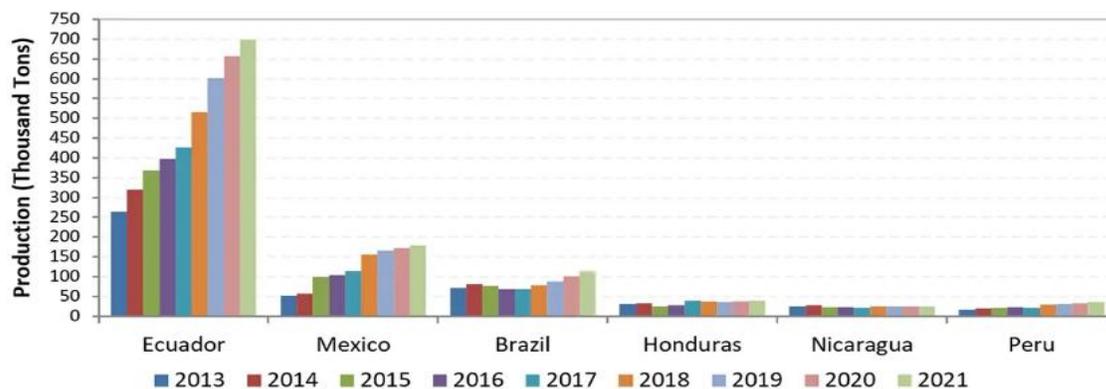
El proceso de industrialización del camarón requiere de instalaciones para empaquetado, congelamiento, sellado, entre otras. Estas poseen altos costos de inversión, tanto en infraestructura como en personal calificado.

Según la Cámara Nacional de Acuicultura en el año 2016, en el Ecuador había registradas 1 315 pequeños y grandes productores de camarón incluidos los intermediarios. Datos recientes indican que hay una extensión de 210 000 hectáreas de camarón en distintas zonas del país.

La producción camaronera en américa latina

En la Tabla 7 podemos apreciar la producción de camarón en toneladas métricas de los principales países de la región. Los valores están registrados desde el 2013 hasta su estimación en el 2021.

Gráfico 7: Producción camaronera en Latinoamérica



Fuente: FAO (2019).

Ecuador sobresale entre los países de América latina por su constante crecimiento en la industria camaronera. Ecuador ha sido un país resiliente que ha aprovechado las oportunidades para incrementar la exportación de camarón a los grandes mercados como Europa y Asia. Según Anderson y Valderrama (2019), se estima que este año las exportaciones se aproximaron a las 700 000 TM. Esto colocaría al país entre los mayores productores del mundo después de Vietnam y China.

México ha podido recuperarse de la crisis del 2013, en el 2015 la producción de camarón en este país incrementó. Se prevé que varios países incrementen su producción, en caso de México será un aproximado del 10,4% entre 2015 y 2022, así como en Brasil se estima que su producción será mayor a las 110 000 Toneladas métricas en este año.

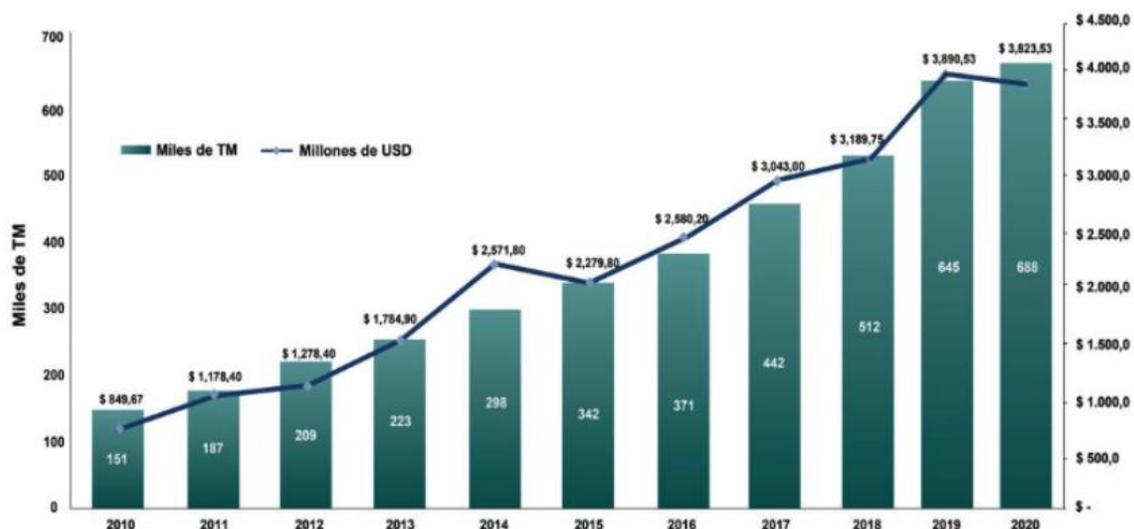
Las expectativas de crecimiento en cuanto a la producción también son evidentes en otros países de Latinoamérica como Colombia, Venezuela, Perú, Guatemala, Panamá y otros. Se estima que la región alcance cifras de 1,18 millones de TM en lo que va del 2021.

Exportación de camarón

La demanda de camarón en el 2020 incrementó considerablemente, grandes mercados aumentaron su nivel de importaciones de este producto. La calidad, el precio y los suministros del camarón ecuatoriano provocaron que grandes mercados como el de Estados Unidos y Europa prefieran el camarón ecuatoriano. Sin embargo, otro de los mercados más grandes como China redujeron en levemente las proporciones en el consumo de camarón ecuatoriano.

Pese a que Ecuador tuvo un incremento en la producción de este crustáceo, la producción mundial sufrió una disminución considerable debido a la reducción de la oferta por los países afectados por la pandemia. La producción de camarón a nivel mundial disminuyó 600 000 TM, en su mayoría los países asiáticos presentaron una disminución del 20% en la producción, mientras que en Latinoamérica aumentó en un 22%, en donde Ecuador sufrió un incremento del 7% en la producción de camarón y exportó 688 000 TM (Gráfico 8).

Gráfico 8: Camarón – Reporte de Exportaciones Ecuatorianas Totales



Fuente: Banco Central del Ecuador (2020).

Según Rivera (2018), existen dos tipos de camarón que son cultivados en Ecuador el *Litopenaeus vannamei* y el *Litopenaeus stylirostris*, el primero es el más apetecido debido que es una especie que se adapta a las variaciones climáticas y otros factores, su producción abarca el 95%, mientras que el segundo solo el 5%. Estas dos especies de camarón satisfacen la demanda nacional y extranjera y su crianza puede efectuarse bajo parámetros controlados matemáticamente.

Tabla 4: Especies de camarón en Ecuador

Nombre científico	Nombre común	Tamaño (cm)
<i>Litopenaeus vannamei</i>	Camarón blanco	25
<i>Litopenaeus stylirostris</i>	Camarón blanco	23

Fuente: Rivera (2018).

La importancia de la producción de los productos no petroleros en el Ecuador

Desde su inicio el Ecuador se ha abierto lugar el comercio internacional como un importante proveedor de productos agropecuarios. Las exportaciones más relevantes son las de productos como cacao, banano, flores, camarón, etc., esto en cuanto a productos no petroleros. Por otro lado, la exportación de petróleo también es rubro muy importante en la economía nacional.

Según menciona Leiva (2005), la liberación del comercio por los tratados comerciales (TLC) contribuyó en gran medida en la expansión de los productos nacionales en el mercado mundial en la década de los 80s y 90s. Estos tratados también ocasionaron disyuntivas dentro de la economía ecuatoriana, pues afectaba a los pequeños productores quienes eran susceptibles a las grandes corporaciones.

Ecuador es un país netamente exportador de materias primas, es decir que pertenece al sector primario de la economía. Las exportaciones se concentran en productos no petroleros como banano, cacao, flores; algunos productos acuícolas como camarón, atún, sardinas; por otro lado, también exporta oro, petróleo y algunos derivados (Gráfico 6).

Gráfico 6: Principales productos de exportación



Fuente: Ministerio de Producción, Inversiones, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (2021).

La mayoría de las divisas que posee Ecuador provienen de estos rubros, lo que incrementa la vulnerabilidad cuando se enfrenta a variaciones negativas en los precios, catástrofes naturales, sobre oferta, crisis sanitarias, etc. Debido a esto la diversificación de la matriz productiva es importante para poder enfrentar situaciones que comprometen la economía del país y el bienestar de la población.

Información del Banco Central del Ecuador señala que en el primer trimestre del 2020 las exportaciones de varios sectores presentaron variaciones positivas en sus exportaciones, es el caso del sector petrolero (petróleo crudo) 1,2%; el sector camaronero (camarón elaborado), 11,8%; el sector bananero, cafetalero y cacaoero, 9,3%; y, sector acuícola (pescado y otros productos), 0,9%.

La extracción de petróleo y las labores mineras incrementaron 2,4% en los tres primeros meses del 2020, generando que la producción de hidrocarburos incrementara en 2,7% en contraste con los primeros meses del 2019. Es decir que la cantidad de barriles de petróleo en el primer trimestre del 2019 fue de 47,61 millones, mientras que en el 2020 fue de 48,90 millones.

El sector agricultor sufrió una variación de crecimiento positiva de 1,4% en comparación con el 2019. La producción bananera está liderando la lista con un incremento de 7,3%, la producción de café, cacao y flores 2,7%.

En cuanto a la pesca de camarón y otros productos acuícolas, este sector incrementó su producción en 7,7% más que en los primeros meses del 2019. La tecnología y el incremento de la demanda en los mercados internacionales fueron entes importantes para el crecimiento en la tasa de variación de este sector, el mismo que fue de 19% anual.

Modelo matemático

Según Carvajal (2002), actualmente los modelos son usados constantemente en el ámbito académico y profesional, usados para pronosticar y comprender situaciones que experimentamos en los distintos ámbitos. Estos modelos fueron creados con la particularidad de poder adaptarse a diferentes variables y así obtener resultados precisos. Rivera (2018), menciona que los atributos pueden ser evaluados mediante la aplicación de técnicas estadísticas.

Modelo de programación no lineal

En este trabajo de investigación se desarrollará un modelo matemático que permita a la empresa tomar una decisión adecuada en relación con la comercialización en el mercado local o exportación de la producción en la *Camaronera Valentina*, parroquia Tendales- El Guabo, provincia de El Oro.

El modelo se enfoca en fijar el precio de comercialización de este producto tanto en el mercado local como internacional, con el fin de tomar una decisión que garantice la máxima utilidad de la empresa en cuestión, para modelar matemáticamente este problema se utilizó un modelo de programación no lineal.

Desarrollo del Modelo

Datos de entrada del modelo

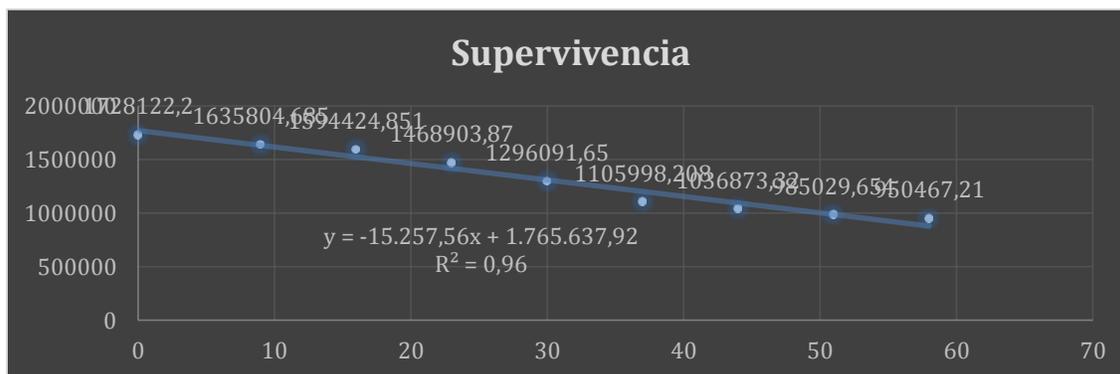
Se han considerado los datos reportados por la Cámara Nacional de Acuicultura registrados en los últimos cinco años, en lo que respecta al precio y la demanda en el mercado nacional e internacional. Los datos se muestran en la (Tabla 5).

Tabla 5: Variación histórica mensual

VARIACIÓN HISTÓRICA MENSUAL			
Diciembre	Demanda(lb)	Dólares (\$)	Precio unitario (\$)
2015	65.455.247	197.403.375	3,02
2016	65.054.371	202.303.977	3,11
2017	91.911.350	275.721.729	3,00
2018	97.149.564	264.838.171	2,73
2019	105.986.034	277.308.729	2,62

Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura (2019).

En lo que respecta a las variables que son consideradas en la producción de camarón según los registros diarios tomados de las bitácoras de campo tenemos la alimentación diaria en (Kg), oxígeno (mg/litro), temperatura en (°C) y turbidez en (cm), todas las variables citadas contribuyen directamente con la supervivencia, para el modelo se ha tomado el número de animales en función del tiempo, la relación que mejor se ajustó a los datos en de tipo lineal con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.96$ (Gráfico 9).

Gráfico 9: Supervivencia del camarón

Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura (2019).

Costos de producción

Para nuestro modelo se ha considerado un costo promedio basados en los datos del productor.

VARIABLES DE DECISIÓN

La variable de decisión para nuestro modelo lo constituye el precio que se va a fijar para el mercado local e internacional.

Restricciones

Para nuestro modelo la restricción considerada es que el precio unitario de la libra de camarón debe ser mayor o igual que el costo unitario de producir una libra de camarón.

Función Objetivo

El modelo está diseñado para maximizar la utilidad, al fijar el precio de venta óptimo al producto. Para implementar el modelo se utilizó el Software Solver Excel, a partir de la relación entre las celdas cambiantes, celdas de restricciones y función objetivo. Con los datos de entrada correspondientes al precio del camarón, establecido en el mercado internacional con su correspondiente demanda, se estimó el modelo matemático de la demanda, con un coeficiente de determinación de 0.73, el modelo que más se ajusta a los datos fue el potencial, con $D = a * P^b$ (Gráfico 10).

Gráfico 10: Demanda en función al precio del camarón



Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura (2019).

El modelo matemático para estimar la demanda en función del precio fue $D = 1.406 * 10^9 * P^{-2.66}$, en el modelo las variables de decisión fue el precio de venta, por lo que la única restricción del modelo fue:

$$P \text{ venta /libra} \geq \text{Costo unitario de producción /libra}$$

La función que maximiza utilidad de la empresa camaronera adoptó el siguiente modelo:

$$\text{Utilidad} = D * (P - C).$$

Se estima una producción de 18 734.96 libras de camarón, esto nos da un costo de producción por libra de \$3.32 (Tabla 6).

Tabla 6: Costos de producción por libra

Alimentación	Piscina 48: 13 Hectáreas (\$)
Costos del balanceado	28 313
Fertilizantes	4 521.60
Larvas	4 511.70
Costos diarios	
Mano de obra	24 900
Costo total producción	62 246.30

Fuente: Datos del productor (2021)

Resultados

El modelo establece que cuando los costos de producción por libra de camarón están alrededor de \$3.32 el precio fijado en el mercado sería de \$5.32, dejando una utilidad a los productores ecuatorianos de \$32 982 727, la utilidad generada por la empresa sería de \$37 469.20.

Conclusión

El modelo establece que no es conveniente el mercado local para la comercialización ya que los costos de producción superan el precio de venta lo cual, ocasionando una pérdida inminente del productor, este resultado se puede observar en el Gráfico 11.

A diferencia de lo que ocurre en el mercado internacional, el precio de consumo local del camarón a consecuencia de la pandemia es aproximadamente de \$2.90 por libra, considerando los precios de producción por libra de \$3.32, al productor ecuatoriano le conviene el mercado internacional, con la condición de ajustar los costos fijo de combustible y alimentación.

El modelo presenta una limitación ya que no es capaz de controlar factores aleatorios, como las fluctuaciones del mercado, insumos en producción y mantenimiento, así como los precios de la venta del producto, una forma posible de reducir los costos de producción e identificar las técnicas empleadas en la producción del camarón, específicamente el requerimiento mínimo de oxígeno diario y la alimentación, estas variables afectan de forma directa la utilidad de este negocio.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Amy, Deyvis Quiñones, y Walter Reyes. «Efecto de dietas con lecitina de soya en el crecimiento, muda y supervivencia de machos del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae).» Marzo de 2018.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172018000100015.
- Arzola, Juan, Luis Flores , Adrián Izabal , y Yecenia Gutiérrez . *Crecimiento de camarón blanco (Litopenaeus vannamei) en un estanque rústico a baja salinidad*. 2008.
<https://www.redalyc.org/pdf/494/49418026002.pdf>.
- Martínez, Rubí , y Enrique Dupré. «Morfología comparada de los pleópodos del macho de *Rhynchocinetes typus* (Caridea: Rhynchocinetidae).» Abril de 2010.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572010000100021.
- Anderson, James, y Diego Valderrama. *Global Aquaculture Alliance*. 18 de Noviembre de 2019.
<https://www.aquaculturealliance.org/advocate/goal-2019-revision-de-la-produccion-mundial-de-camarones/>.
- Arellano, Edgar. *Guía técnicas en el cultivo de larvas de camarón*. Manglar alto, 1990.
- Barile, Juan , Manuel Escudero, y Luisa Jara. «Efecto del pH sobre la supervivencia embrionaria, periodo embrionario y de eclosión de *Galaxias maculatus*.» Abril de 2016.
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/revbiolmar/v51n1/art18.pdf>.
- Boone. *Litopenaeus vannamei*. 1931. <https://www.gbif.org/es/species/2223871>.
- Cabrera, Yureidy , Consuelo Aguilar, y Gaspar González. «Influencia del sustrato en la composición de la ictiofauna en zonas someras de la laguna costera Barra de Navidad, México.» Octubre de 2020. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442020000401322&script=sci_arttext.
- Caridad, Curbelo, y Yadira Palacio. «Tratamiento químico de residuos de camarón para la obtención de quitina.» Abril de 2021.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612021000200103.
- Carvajal, Álvaro. *Teorías y modelos: formas de representar la realidad*. 2002.
<https://www.redalyc.org/pdf/166/16612103.pdf>.
- CNA. «La industria camaronera ecuatoriana y sus oportunidades en el mercado.» 2021.
<https://issuu.com/revista-cna/docs/edicion139/s/11787662>.
- Cuéllar, Martha , Alberto Asiain, José Juárez, Juan Reta, y Felipe Gallardo. *Evolución normativa e institucional de la acuicultura en México*. 2018.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000400541#B73.

- Leiva, Javier. «Comercio exterior: Alternativas para Ecuador.» 2005.
https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1007&context=abya_yala.
- López, Juana, Sergio Henández, Eloisa Herrera, Jesús Rodríguez, y Hernesto Chávez. «Influencia ambiental de la pesquería de camarón.» Enero de 2010.
https://www.researchgate.net/publication/292753966_Influencia_ambiental_en_la_pesqueria_de_camaron.
- Miranda, Ileana. «Modelación matemática de la dinámica de poblaciones: desarrollo histórico y uso práctico en Cuba.» Diciembre de 2014.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522014000300001.
- Morales. «. Levantamiento larvario de camarones peneidos.» Pradepesca, 1990.
- Moreno, Fonseca. *Industria del camarón: su responsabilidad en la desaparición de los manglares y la contaminación acuática*. 2010. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63613160006.pdf>.
- MPCEIP. «Loboratorio de larvas registrados y aprobados.» 13 de Julio de 2021.
<http://acuaculturaypesca.gob.ec/wp-content/uploads/2021/07/LABORATORIO-DE-LARVAS-INTERNAS-HT-13072021-21.pdf>.
- Muños, Alice, y Genesis Narváez. *Estudio de factibilidad del cultivo híper-intensivo de camarón*. 2018. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11562/1/T-UCSG-PRE-ECO-GES-505.pdf>.
- NIRSA. «PLANTA EMPACADORA DE CAMARÓN.» 8 de Junio de 2019. <http://nirsa.com/planta-empacadora-de-camaron/#:~:text=La%20actividad%20de%20la%20empacadora,EUU%20y%20la%20Uni%C3%B3n%20Europea>.
- Peña, Nelson, y Alexander Varela. *Prevalencia de las principales enfermedades infecciosas en el camarón blanco *Penaeus vannamei* cultivado en el Golfo de Nicoya, Costa Rica*. Diciembre de 2016. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572016000300007&lang=es.
- Plaza, Mauro. *Orientación estratégica para la toma de decisiones. Industria de acuicultura*. 2018.
http://www.espae.espol.edu.ec/wp-content/uploads/2018/01/ei_acuicultura.pdf.
- Reyes, Walter. «Efecto del recipiente de cultivo sobre la supervivencia y el crecimiento de machos de *Cryphiops caementarius* en sistemas individualizados.» Marzo de 2015.
<http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/166/234>.

- Rivera, Henry. *ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DEL CAMARON EN LA PROVINCIA DE EL ORO Y ECUADOR EN LOS ÚLTIMOS OCHO AÑOS*. 2018.
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12221/1/DE00006_EXAMENCOMPL EXIVO.pdf.
- Rodríguez, Greicy, Frank Chiriboga, y Alicia Lojan. *LAS CAMARONERAS ECUATORIANAS: UNA POLÉMICA MEDIOAMBIENTAL*. 2016.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000300020.
- Saltos, Jorge. *El sector camaronero y su incidencia en el crecimiento económico de la provincia del Guayas durante el periodo 2013 - 2018*. 2020.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19058/4/UPS-GT002972.pdf>.
- Sarango, Juan. *Modelo matemático y simulación de la dinámica de crecimiento del camarón de agua dulce*. 2020.
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/23391/T-ESPE-044193.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Vásquez, Edgar, y Tania Rojas. «pH: teoría y 232 problemas.» Mayo de 2016.
<http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/17pHTeoriayproblemas.pdf>.
- Vindell , Agnes , y Ochoa Tania. «Determinación de la concentración de pH en hojas de cultivares clonales Spondias purpurea L, en el cultivares clonales Spondias purpurea L, en el Arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.» Agosto de 2015. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30v779.pdf>.
- Vindell , Agnes , y Tania Ochoa. «Determinación de la concentración de pH en hojas de cultivares clonales Spondias purpurea L, en el cultivares clonales Spondias purpurea L, en el Arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.» Agosto de 2015. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30v779.pdf>.
- Weatherley, AH. *The biology of fish growth*. Academic Pr, 1897.