

UNIVERSIDAD DE COLIMA  
POSGRADO INTERINTITUCIONAL DE CIENCIAS PECUARIAS

Modelación Bioeconómica de un Sistema de Producción de Camarón  
*Litopenaeus stylirostris* en Escuinapa, Sinaloa, México.

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS PECUARIAS  
PRESENTA:

M. en C ALFREDO GONZALEZ BECERRIL

ASESORES

DR. Carlos Rosas Vázquez  
Dr. Doménico Voltolina  
Dra. Elaine Espino Barr  
Dr. Alejandro Meyer  
Dr. Manuel García Ulloa.

Tecomán, Colima, México.

Febrero de 2001.

<b>Indice de Figuras .....</b>	<b>4</b>
<b>Indice de Tablas .....</b>	<b>4</b>
<b>1.0 Introducción .....</b>	<b>6</b>
1.1 <i>La Acuicultura en México.....</i>	6
1.2 <i>Marco General de Desarrollo de la Acuicultura .....</i>	9
1.3. <i>Análisis Bioeconómico de sistemas acuaculturales. ....</i>	11
1.4. <i>Marco Conceptual de la Tesis.....</i>	17
<b>2.- Objetivos. ....</b>	<b>18</b>
<b>3.0 Antecedentes .....</b>	<b>20</b>
3.1. <i>Antecedentes estudios económicos en acuicultura de camarón.....</i>	20
3.2. <i>Antecedentes de estudios de camarón en México.....</i>	21
3.3. <i>Antecedentes metodologías utilizadas en análisis económico .....</i>	22
3.4. <i>Antecedentes Modelos Bioeconómicos.....</i>	26
<b>4.0 Metodología.....</b>	<b>30</b>
4.1. <i>La estrategia para la construcción del modelo.....</i>	31
<b>5.0. Resultados .....</b>	<b>34</b>
5.1. <i>Descripción General de Sistema de Producción.....</i>	34
5.2. <i>Matriz de componentes fundamentales del sistema de producción.....</i>	36
5.3. <i>Modelo bioeconómico de flujo de caja.....</i>	38
5.2.1. <i>Inversiones.....</i>	39
5.2.2. <i>Financiamientos.....</i>	40
5.2.3. <i>Costos de Proceso y Comercialización.....</i>	41
5.2.4. <i>Costo de la Postlarva .....</i>	41
5.2.5. <i>Sub modelo de consumo de energía eléctrica.....</i>	41
5.2.6. <i>Modelo General de operación de la granja, Ciclos I y II de 1997.....</i>	42
5.2.7. <i>Submodelo de Consumo del Alimento.....</i>	43
5.3. <i>Evaluación Económica del Proyecto .....</i>	44
5.3.1. <i>Estado de resultados .....</i>	44
5.3.2. <i>Determinación del Punto de Equilibrio .....</i>	44
5.5. <i>Validación del Modelo de Producción .....</i>	45
5.5.1. <i>Validación estructural empírica.....</i>	45
5.5.2. <i>Validación Estructural Teórica.....</i>	46
5.5.2.1. <i>Determinación de las variables del sistema para el análisis de sensibilidad ....</i>	46

<b>6.0 Discusión.....</b>	<b>47</b>
6.1. <i>Descripción General de Sistema de Producción.....</i>	47
6.2. <i>Modelo bioeconómico de flujo de caja.....</i>	48
6.3. <i>Evaluación del proyecto, punto de equilibrio, indicadores de rentabilidad VAN y TIR.....</i>	51
6.4. <i>Validación del Modelo de Producción.....</i>	51
6.4.1. <i>Validación estructural empírica.....</i>	51
6.4.2. <i>Validación Estructural Teórica.....</i>	52
<b>Conclusiones.....</b>	<b>54</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>55</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>56</b>
ANEXO I.....	68

## Indice de Figuras

Figura 1. Evolución de la Camaronicultura: 1988-1997. (Alatorre, F.M., 1998)

Figura 2. Producción Mundial de Camaronicultura, principales países, 1997. (Alatorre, F.M., 1998)

Figura 3. Marco General de Desarrollo de la Acuicultura

Figura 4. Interacciones entre los componentes biológico, físico y económico de un sistema acuacultural (tomado de Allen, 1984).

Figura 5. Fórmula para calcular el Valor Actual Neto

Figura 6. Fórmula para el cálculo del índice de elasticidad.

Figura 7. Flujo de efectivo y capital de trabajo para el ciclo 97-I (enero- julio).

Figura 8. Flujo de efectivo y capital de trabajo para el ciclo 97-II (agosto-diciembre).

Figura 9. Ecuación de crecimiento rectilíneo uniforme, para el modelo de operación de la granja.

Figura 10. Diagrama del Modelo Bioeconómico de la operación de una granja de producción de camarón intensiva.

Figura 11. Curva de captura de una serie de datos de tallas según Jones y Van Zalinge (1983)

## Indice de Tablas

Tabla 1. Producción total de camarón cultivado (t) para el período 1989-1999.

Tabla 2. Comparación de las propuesta realizadas por diferentes autores de los parámetros que se deben de utilizar en los diferentes análisis económicos.

Tabla 3. Componentes del sistema o puntos críticos que determinan el flujo de la actividad.

Tabla 4. Importancia relativa de la Estructura de Costos de la empresa

Tabla 5. Conceptos de Inversión para la determinación del activo fijo directo.

Tabla 6. Estructura del financiamiento al proyecto de inversión del sistema de producción.

Tabla 7. Estructura de costos de Procesos y Comercialización

Tabla 8. Costo de la postlarva. Densidad, hectáreas y costo por millar y costo total para los dos ciclos de producción analizados.

Tabla 9. Equivalentes según las características del equipo en Kilowatts / hora.

Tabla 10. Cálculo del consumo mensual en KW por hora para cada equipo eléctrico, operados al 100%.

Tabla 11. Consumo de energía eléctrica total con base en el gasto por tipo de equipos, y los tiempos de operación mensual de cada uno .

Tabla 12. Conversión de pesos a tallas y precio por kilo de camarón (Ocean Garden, mayo 1977)

Tabla 13. Proyección de la operación de la estanquería para el primer ciclo (1-97) para 42 Ha de cultivo

Tabla 14. Proyección de la operación de la estanquería para el segundo ciclo (97-II) para 42 Ha de cultivo.

Tabla 15. Estimación del costo total mensual de alimento párale ciclo 97-I

Tabla 16. Estimación del costo total mensual de alimento párale ciclo 97-II

Tabla 17. Estado de resultados de la operación de la empresa con un horizonte a cinco años.

Tabla 18. Determinación de costos fijos y variables de la empresa, para el análisis de punto de equilibrio

Tabla 19. Determinación del punto de equilibrio económico del sistema de producción.

Tabla 20. Evaluación financiera del proyecto e indicadores de rentabilidad.

Tabla 21. Validación estructural empírica del modelo de producción de la granja.

Tabla 22. Análisis de sensibilidad de las variables de control del modelo y sus indicadores de producción y rentabilidad.

Tabla 23. Elasticidades de las variables de control del modelo y sus indicadores de producción y rentabilidad.

## 1.0 Introducción

### 1.1 La Acuicultura en México

El cultivo de camarón tiene una gran potencial económico y social para muchos países de la región y muy especialmente para incrementar las condiciones de vida de las poblaciones costeras ( Juesas, J.M. 1987, Pretto, R., 1991).

El cultivo de camarón en México es iniciado primeramente como una actividad de investigación por el CICTUS de la Universidad de Sonora en 1978. En esa misma época el Gobierno Mexicano desarrollo un programa de apoyo a la maricultura de camarón, con el objeto de incrementar la creación de empleos y promover el desarrollo regional y de las comunidades elevando el estándar de vida y de nutrición del medio rural; incrementar la producción de camarón en el país y generar ingresos por concepto de exportaciones de camarón (Cruz Torres, M.L. 1996).

Entre las especies susceptibles de cultivo, la única que ha gozado de la comprensión de los inversionistas ha sido el camarón. En México la expansión del cultivo del camarón fue explosiva, en 1986 las hectáreas dedicadas al camarón eran apenas 1500 y su producción era alrededor de las 500 toneladas, con una producción promedio de 0.333 ton/ha. El impulso de la actividad producto de los programas gubernamentales y de la alta rentabilidad de la actividad condujeron que para hubiera un incremento de la producción de 200 tm en 1985 a 7000 en 1990, llegando a 12000 en 1992 (Wells, R. y Weidner, D., 1992). Para 1996 se llegó hasta las 15 000 ha y una producción superior a las 11000 toneladas con una producción promedio de 0.733 ton/ha. Sin embargo hasta la fecha las exportaciones provenientes de la pesca y acuicultura no alcanzan el 2% del total del país. La participación de la pesca dentro del sector primario junto con los subsectores agropecuario y silvícola es de tan sólo el 4% (Alatorre, F.M., 1998).

En México la actividad se considera como de una industria en expansión dado el desarrollo que ha mostrado en los últimos años Principalmente para el mercado de exportación de los EUA. (Higuera-

Ciapara, I., 1986). En la Gráfica 1, se muestra la evolución que ha tenido nuestro país. En el período de 1988 a 1997 en superficie cultivada.

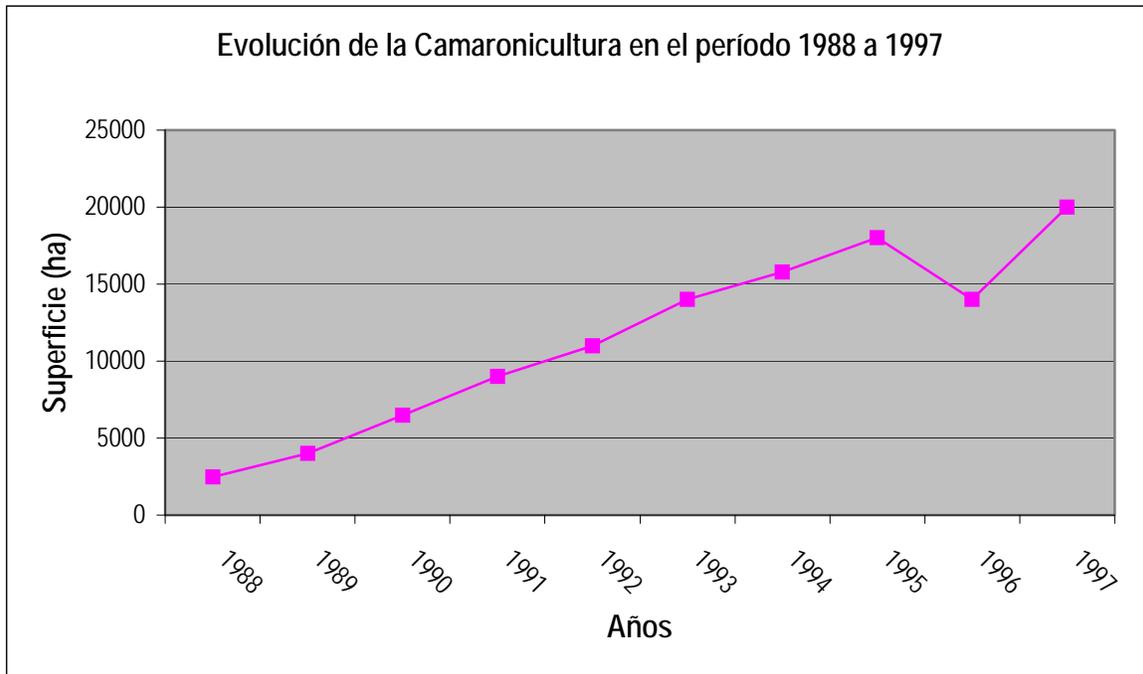


Figura 1. Evolución de la Camaronicultura: 1988-1997. (Alatorre, F.M., 1998)

El cultivo del camarón en México ha mantenido un ritmo de crecimiento positivo en su nivel de producción con 2,846 t en los primeros años de su desarrollo en 1989 alcanzando las 29,120 t en 1999 (Alvarez T. P., 2000), (Tabla 1) .

Tabla 1. Producción total de camarón cultivado (t) para el período 1989-1999.

Año	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Volumen	2,846	4,371	5,111	8,326	11,846	13,138	15,867	13,315	17,570	23,749	29,120

En 1999 la producción total de camarón en el país fue de 95,611 t, siendo que la producción por captura en peso vivo en altamar, esteros y bahías fue de 78,234 t, y de 29,120 t por cultivo, es decir, la acuicultura contribuyó con el 30.46% del total nacional (SEMARNAP, Anuario Estadístico de Pesca, 1999).

De acuerdo con Ellson, R.W. (1984) el efecto económico de acuicultura considerando solo los beneficios económicos directos y su derrama económica secundaria tiene un multiplicador del empleo directo de 2.84 y muchos sectores de la economía reciben un beneficio neto, por lo que el desarrollo de la actividad tiene un gran impacto en el desarrollo regional.

México en el contexto internacional es de los principales productores de camarón en el mundo, estando entre los 10 primeros ocupando el sexto lugar. Sin embargo como se observa en la Gráfica 2. la producción mundial se concentra en cuatro países Tailandia, Ecuador, Indonesia y China con un 67% de la producción mundial y la participación de nuestro país es de tan sólo el 5%.

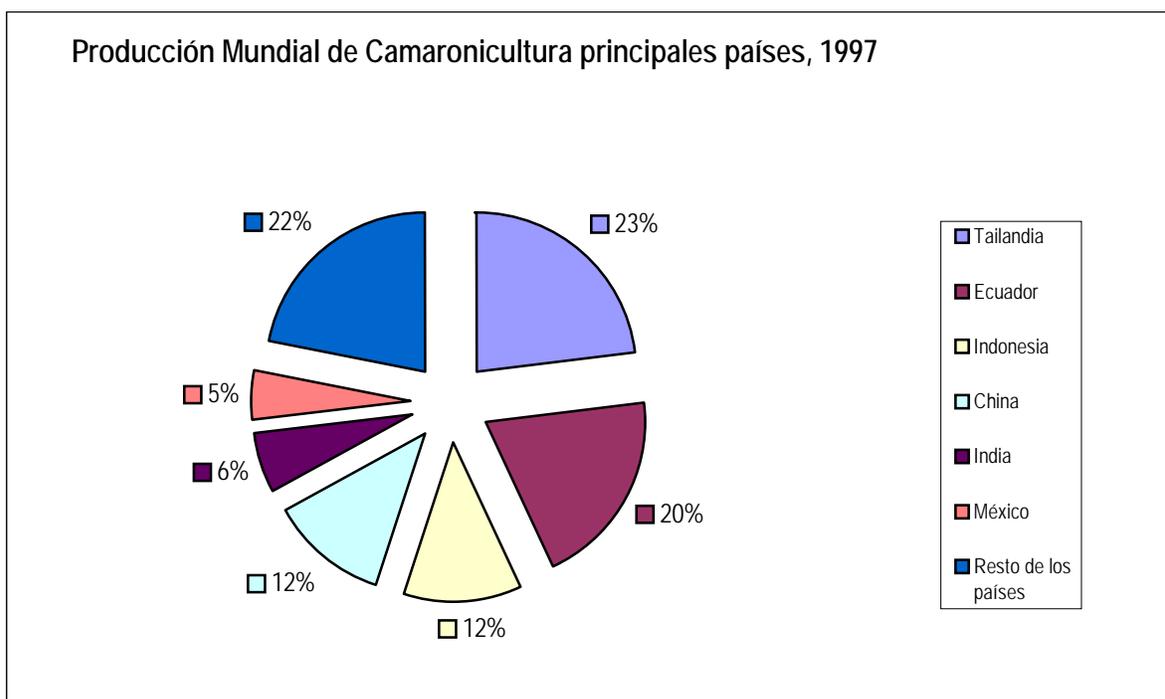


Figura 2.. Producción Mundial de Camaronicultura, principales países, 1997. (Alatorre, F.M., 1998)

Si consideramos que en 1986 se tenían 12 millones de toneladas de producción mundial (Neiland, A.E. *et al*, 1990) y que para 1988 el valor de la producción por acuicultura era de 223,626 toneladas (Saint Paul, U., 1992) y 13 millones de dólares (Nash, C.E., 1988). Ya en 1990 el valor era de 22.5

millones de dólares, con tasas de crecimiento estimadas entre 15 y 30%; la actividad es una alternativa real al descenso de las capturas mundiales de las especies pesqueras (Guiffre, P., 1991). Actualmente, el cultivo de camarón en México se realiza principalmente con las especies *Litopenaeus vannamei* (camarón blanco del Pacífico), *L. stylirostris* (camarón azul) y *F. californiensis* (camarón café). De estas, la especie *L. vannamei* muestra una rápida tasa de crecimiento en estanques de cultivo, presentando incrementos de entre 10 y 20 gramos en 4 o 5 meses; es de características eurihalinas, esto es, soporta un amplio intervalo de salinidad, con un buen crecimiento en salinidades de 15 a 30 ‰; asimismo, los reproductores y postlarvas de la especie se obtienen en grandes cantidades en el medio silvestre. El rendimiento promedio a nivel nacional es del orden de 1,244 kg/ha/ciclo, que corresponde al sistema semiintensivo; el sistema de cultivo extensivo presenta un rendimiento de 350 kg/ha/ciclo, mientras que el intensivo se tienen rendimientos de 7,800 kg/ha/ciclo en 1.27 ciclos/año y una duración de 154 días por ciclo (Alvarez. T.P., 2000).

## 1.2 Marco General de Desarrollo de la Acuicultura

Alatorre, F.M., (1998) plantea que existen una serie de factores que posibilitan el desarrollo de la acuicultura y los engloba en exógenos, naturales y endógenos. Dentro de los endógenos considera el marco normativo y administrativos existente en el país, la existencia de instituciones de investigación relacionadas a la actividad y la existencia de organizaciones gremiales de productores, dentro de los factores naturales plantea la ubicación geográfica del México, con clima, suelos y agua que facilitan el establecimiento de la actividad y por último los factores exógenos, que son factores que tiene que ver con la inserción de México en los mercados internacionales y en el contexto de la globalización económica.

Sin embargo aunque el planteamiento es general considero que existe un cuarto componente el cual incorpora las características inherentes de la actividad, como son la investigación, desarrollo e instrumentación de los sistemas de producción, especies de cultivo, estrategias de manejo y tecnologías de producción y herramientas de evaluación y análisis para la toma de decisiones y la planeación (Análisis económico y bioeconomía).

En ese sentido el marco general de desarrollo para la Acuicultura planteado en este trabajo quedaría como se muestra en la figura 3.

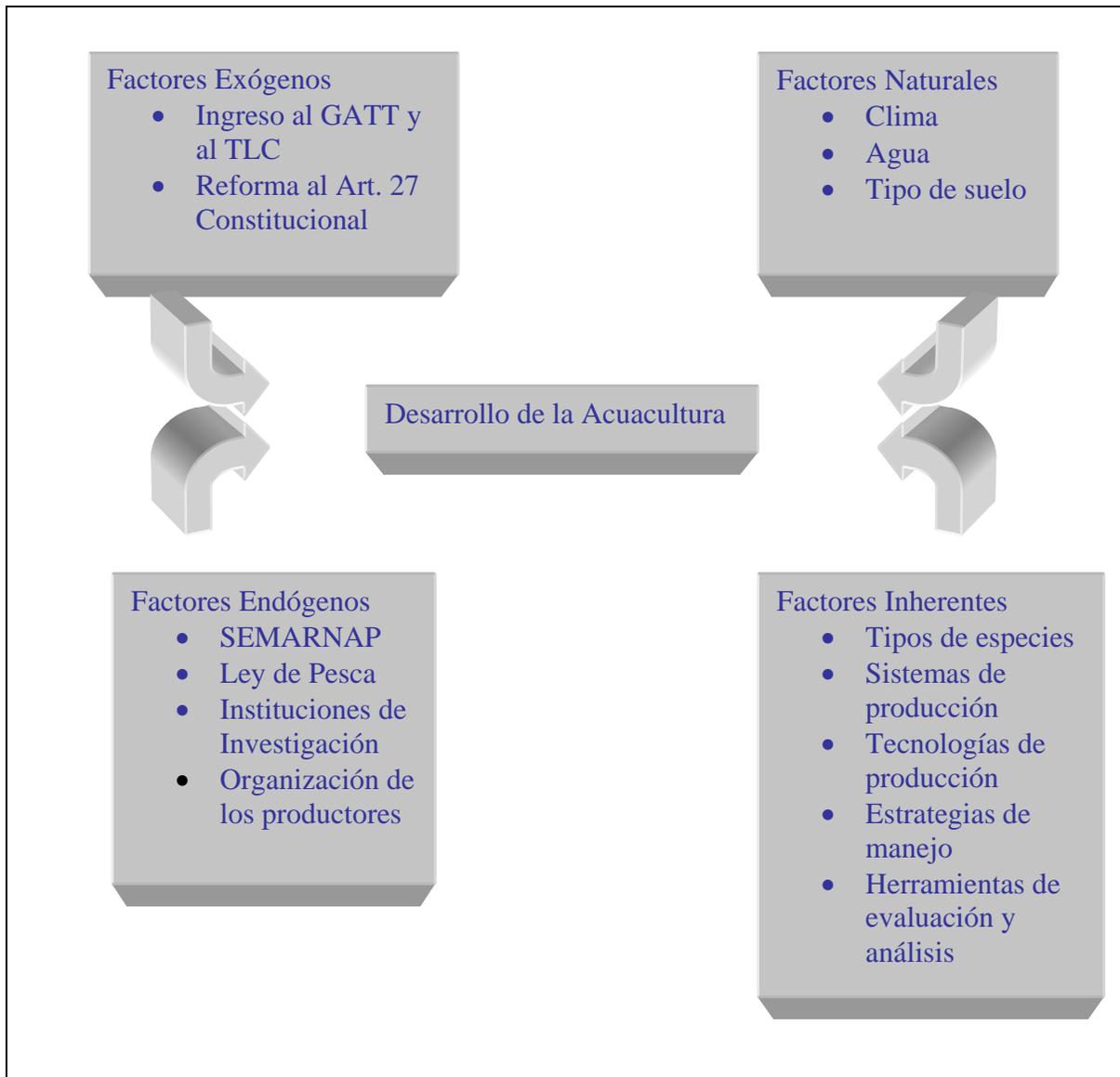


Figura 3. Marco General de Desarrollo de la Acuicultura

Si bien el desarrollo de la acuicultura ha sido exitoso es importante mencionar que el impacto ambiental no ha sido evaluado con respecto al social, económico y político por lo que es importante internalizar esos costos para poder tener una adecuada perspectiva de la actividad (Gomez-Eternod, S. y De la Lanza-Espino, G., 1992).

### 1.3. Análisis Bioeconómico de sistemas acuaculturales.

Bailly D. y Lagos P.( 1991) en una panel de discusión organizado por la Sociedad Europea de Acuicultura definieron dos conceptos importantes en estudios económicos. La Estructura de Costos y los Costos de Producción. Básicamente los costos de producción son todos aquellos gastos que incurren durante los procesos de producción y se restan de la facturación, estos determinan los ingresos antes de impuestos. Estas cantidades dependen de las elecciones que sobre aspectos técnicos y comerciales se lleven a cabo. Las elecciones técnicas en los procesos de producción determinan las necesidades de los insumos, como cantidades de alimento, juveniles, trabajo, por citar algunas y las decisiones comerciales la cantidad de dinero para ser gastado, incluyendo el precio del dinero. De la misma manera las decisiones técnicas determinan la cantidad de la producción y las decisiones comerciales el valor. Estos mismos actores comentan que dada la gran complejidad de los factores que participan en la actividad es necesario contar con herramientas que permitan modelar y simular las condiciones imperantes en las empresas y coadyuvar a la toma de decisiones.

Desde este punto de vista unas de las herramientas mas utilizadas para la toma de decisiones, la planeación y el análisis integral de sistemas de producción son los análisis de tipo económico.

En el estudio de la acuicultura la principal atención ha sido enfocada a aspectos técnicos y biológicos; las investigaciones económicas son generalmente menospreciadas por los acuacultores. Sin embargo, la importancia de la investigación económica en la acuicultura ha aportado valiosos elementos para la toma de decisiones por lo que ha sido gradualmente reconocida. El análisis económico es esencial para evaluar la viabilidad de una inversión, determinar la eficiencia de un reparto de recursos determinado, mejora de las práctica de manejo existentes, internalizar los costos, evaluar una nueva tecnología de cultivo, acceso a mercados potenciales e identificar áreas en las cuales la investigación pueda tener un alto rendimiento potencial. Además, la investigación económica puede proveer las bases no sólo para la toma de decisiones, sino también para identificar prioridades de investigación y para la formulación de políticas públicas hacia la acuicultura (Shang-Yung, 1990).

La economía ha incursionado en la ciencia pesquera incluyendo en la acuicultura en tres principales áreas: la microeconomía, en el área de la evaluación económica de proyectos de inversión; desarrollo de modelos bioeconómicos primeramente en el área de pesquerías y después en acuicultura; y por último los estudios de mercado.

Una importante observación es que todos los sistemas de producción acuáticos muestran un número de similitudes fundamentales. Estas características comunes de su estructura organizacional, permite descripciones parecidas de una gran variedad de sistemas; por lo tanto, son susceptibles de modelación. Los modelos son usados para expresar las relaciones entre los elementos de los sistemas de producción y en combinación con técnicas analíticas (programación lineal, programación dinámica) son las herramientas de la evaluación económica, en otras palabras la bioeconomía.

Se utiliza el término bioeconomía para describir la forma en que se relacionan la estructura biológica de un sistema de producción y sus componentes técnicos y económicos.

Todos los sistemas de producción biológicos y por supuesto los acuiculturales se pueden visualizar como procesos dinámicos y probabilísticos. Durante los procesos de producción, la tasa de crecimiento y supervivencia de los animales individuales depende primariamente del manejo interno y de las condiciones ambientales. El manejo interno incluye tamaño del stock, densidad, esquema de cosecha; tipo y cantidad de alimentación, fertilizantes, químicos y las características físicas de las instalaciones de operación; mientras que los factores ambientales se refieren a la temperatura del agua, oxígeno disuelto, niveles de pH, etc. El costo de producción está en función principalmente del manejo interno y de los tipos de instalaciones. El retorno de la inversión en una granja de producción depende del nivel de producción y del precio del producto en granja, el cual depende del tamaño y la calidad de los productos en un mercado estacional competitivo.

Como se puede ver, un sistema de producción en acuicultura es un proceso probabilístico y dinámico que depende de muchos elementos biológicos, técnicos y económicos. La rentabilidad de una operación puede sólo ser vista a través del mejor entendimiento de los elementos relevantes del sistema, así como de sus interrelaciones en el proceso de producción en su conjunto.

Un sistema de análisis, el cual pueda integrar todos esos elementos importantes y ayudar al productor a localizar el curso óptimo de acción contribuirá enormemente al éxito de una operación. Este esquema de pensamiento se conoce como Análisis Bioeconómico y fue desarrollado por Allen et al. (1984) y posteriormente por Shang, Y. C., (1990). El esquema se plantea resolver las siguientes tres preguntas que considera fundamentales:

- 1.- Cómo evaluar un tecnología, particularmente cuando ésta es compleja y hay poca experiencia con base en la cual se pueda tener un juicio de credibilidad relativo a su aplicación.
- 2.- En un medio de complejidad biológica y numerosos medios físicos para satisfacer requerimientos biológicos, cómo hacer para determinar la mejor combinación de: especie, sitio y condiciones de cultivo que potencialmente produzcan el mayor beneficio, renta y retorno de la inversión.
- 3.- Cual es la investigación que se necesita realizar acerca del sistema de cultivo para obtener información que provea más credibilidad en la estimación de los costos o ventajas a nivel técnico, que reditúen en mayor rentabilidad económica.

Un segundo enfoque pero complementario es el de Jayagopal, P. y Sathiadhas, R. (1993) que propone que los análisis bioeconómicos cumplen los siguientes objetivos: evaluar la productividad y la rentabilidad de diferentes tipos de prácticas de cultivo; analizar la eficiencia económica comparativa de las granjas con base en su localización, tamaño y tecnología y por último estimar las relaciones insumo-producto en sistemas de producción

El esquema planteado por Allen et al. (1984) consiste en describir al sistema de cultivo en tres áreas funcionalmente importantes de información:

- a) El sistema biológico.
- b) El sistema físico.
- c) El sistema económico

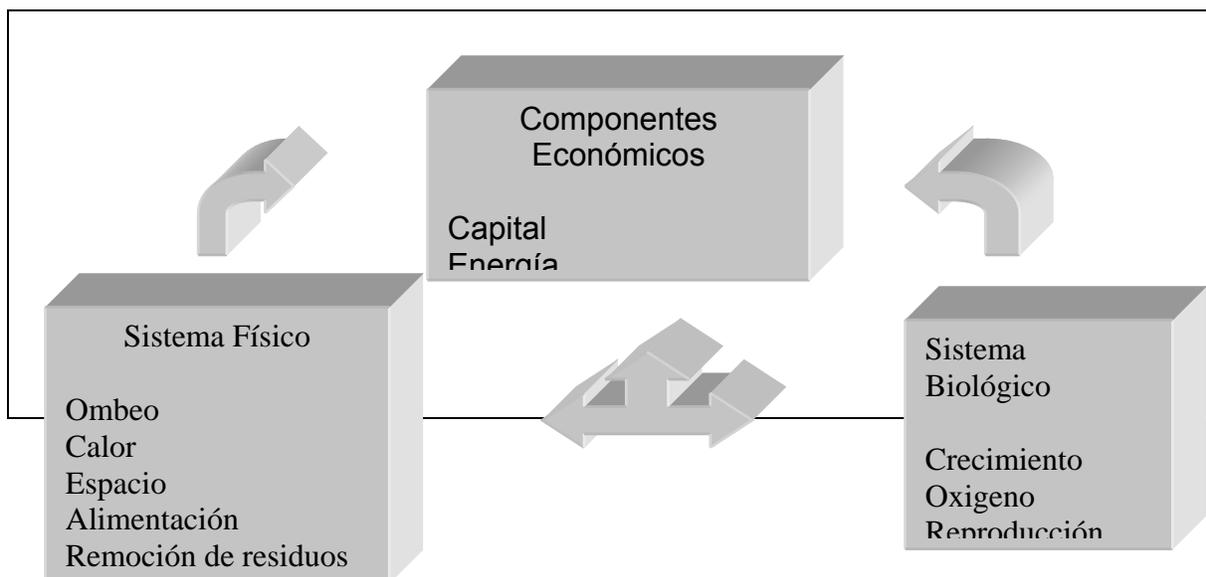
El sistema biológico: Se refiere a un conjunto de funciones biológicas de los organismos : como son,

reproducción, crecimiento y desarrollo, producción de nutrientes, respiración y excreción. El conocimiento de la estructura, función y relaciones de esos factores dentro de los confines del sistema acuacultural es la parte más importante del enfoque bioeconómico.

El sistema físico contempla tres aspectos principales : 1) mantenimiento de la calidad del agua ; 2) proveer de un adecuado espacio para el crecimiento; 3) un medio para abastecer de requerimientos nutricionales a los organismos. Los principales factores que hay que manejar en el subsistema físico son: aireación, remoción de sedimentos, turbidez, fertilización, secado del fondo de los estanques, clorinación, remoción de nutrientes, algicidas y oxidación del suelo del fondo del estanque (Boyd, 1982).

Sistema económico, que considera cuatro aspectos fundamentales: 1) evaluación del mercado existente o su proyección para el producto; 2) estimación del costo de producción bajo una tecnología dada y condiciones económicas locales, y la determinación de los valores de ciertas variables que lleven a un nivel óptimo de operación al sistema de producción (por ejemplo, el costo-mínimo o la máxima rentabilidad); 3) determinación de la sensibilidad de las variables del sistema en términos de la variación de los parámetros del mismo y 4) definición de las áreas en donde la investigación reditue en mayores beneficios.

El enfoque bioeconómico incluye no sólo el conocimiento de todos los factores que forman parte del sistema de producción, sino la determinación de las relaciones entre todos los factores y el desarrollo de las relaciones funcionales de éstos, así como su expresión matemática. Un esquema que ejemplifica este concepto se muestra en la figura 4.



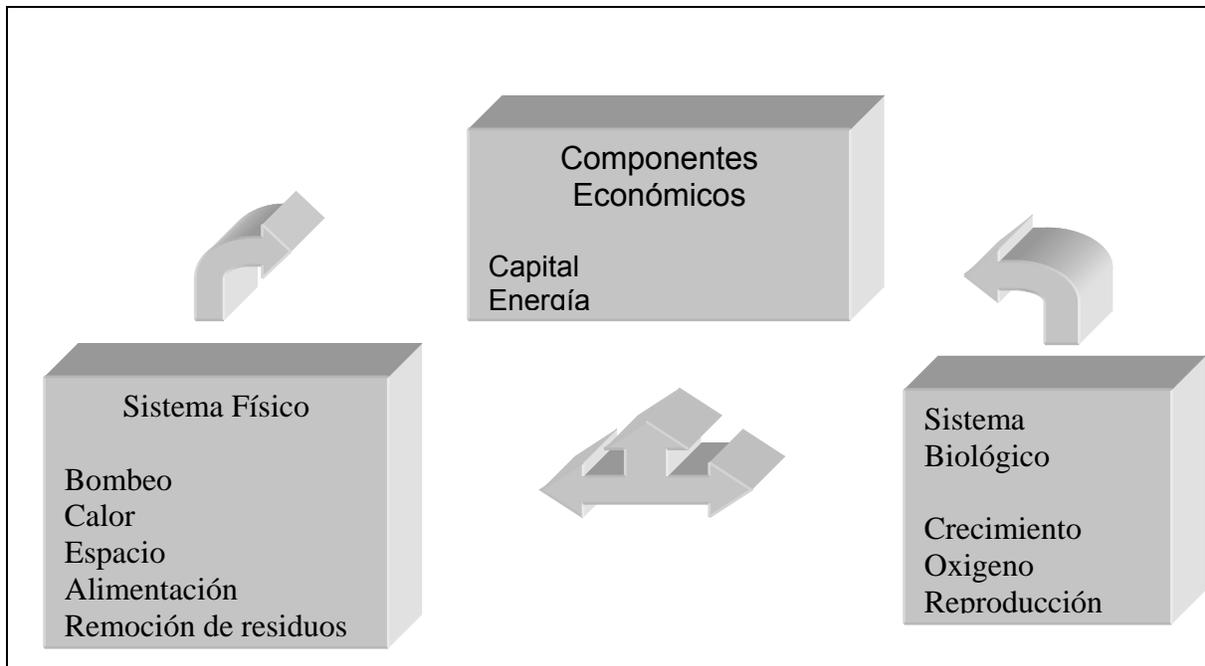


Figura 4. Interacciones entre los componentes biológico, físico y económico de un sistema acuacultural (tomado de Allen, 1984).

En términos generales un modelo bueno es aquel que representa lo más adecuadamente posible con el mínimo número de elementos y se pueden distinguir una serie de etapas que conducen a su realización (Hernández, G.J., 1999).

La Modelización de sistemas dinámicos es a menudo considerada como un proceso complicado cuya realización lleva consigo un consumo considerable de tiempo. Sin embargo, es necesario mencionar que en la actualidad existen una gran de herramientas computacionales: hojas de cálculo, paquetes de estadística, simulación, identificación y análisis de series temporales permiten que esta labor de desarrolle en forma más simple y eficiente.

La aplicación de técnicas generales, matemáticas y computacionales para el análisis de sistemas, optimización y control, ha supuesto considerables éxitos en el ámbito de sistemas de ingeniería, sin embargo, Cano, C. A.; Luque D. E. (1995) consideran que esas aplicaciones son mucho mas difíciles de realizar en el campo de los sistemas acuícolas, donde se tiene que tratar con sistemas biológicos insertos en un medio ambiente cambiante.

Las técnicas de simulación permiten experimentar con un modelo del sistema, en lugar de trabajar con el sistema real, y a velocidades de comportamiento simulado mucho mayores que en la realidad y sin tener que soportar los problemas reales inherentes a la introducción de estos cambios, ni correr los riesgos de llevarlos a la práctica.

Las fases para la realización de un modelo son las siguientes: Descripción general del sistema y recopilación de información del sistema en su conjunto; segundo, Identificación de los elementos fundamentales del sistema que deben de estar totalmente definidos y acordes por los objetivos del estudio; tercero, Modelización del sistema lo mas simplificado posible para facilitar la incorporación de parámetros la interpretación del mismo; cuarto, experimentación, es decir realizar sucesivas simulaciones del modelo en diferentes escenarios y observando si representa la realidad que se quiere modelar en términos de la estructura que lo conforma; y la mas importante y última, la validación que es la etapa del proceso que nos confirma si el modelo está bien construido o no y hay validación estructural empírica por medio de análisis de sensibilidad y teórica por medio de la comparación de los valores de los parámetros con los reportados en la literatura y por último la comparación de los datos de la simulación con los datos del sistema simulado y comprobando por medio de pruebas estadísticas para la medición del ajuste.

Un elemento muy importante de la validación del modelo es el Análisis de Sensibilidad cuyo propósito general es identificar los parámetros que son *sensibles* –aquellos que no pueden cambiar mucho sin cambiar la solución óptima del sistema- ya que un cambio mayor en el valor de un parámetros sensible da la señal de la necesidad de un cambio en la solución que se está usando (Hiller, S.F. y Lieberman, J.G., 1997). En síntesis permite medir cuan sensible es la evaluación realizada en variaciones a uno o mas de los parámetros decisivos (Sapag, Ch. N. y Sapag Ch. R., 1989).

La clasificación de sistemas de cultivo en las granjas de camarón que se desarrollan en México es conocido bajo el siguiente esquema:

- Tipo extensivo, el de aquellas con un bajo nivel de insumos y bajas densidades de organismos por unidad de superficie, con un nivel de aplicación de nutrientes externos muy

bajo o inexistente, con llenado de estanquería mediante intercambio de mareas y con producciones menores a las 500 kg/ha/año;

- Tipo semi-intensivo, el de aquellas que realizan una combinación de alimento artificial y fertilización, con un nivel de densidad de siembra por unidad de superficie intermedio, sin embargo, en el último año se promueven densidades aún menores como una medida de prevención a la presencia de enfermedades, en este sistema se realiza el llenado mediante bombeo y sus producciones son entre 1 y 2 t/ha/año;
- Tipo intensivo, con mayor uso de tecnología, con densidades superiores y producciones también por encima de las 2 t/ha/año.

Por las características del sistema de tipo intensivo, de uso de tecnología, incorporación de programas de manejo y control o al menos registro de los parámetros ambientales, este tipo de sistemas son mas susceptibles de modelar.

#### **1.4. Marco Conceptual de la Tesis**

El cultivo de camarón es con mucho la actividad mas importante en México en materia de acuicultura, no solo en superficie cultivada sino en valor de la producción, por lo que es necesario realizar investigación en todas las áreas relacionadas para contribuir en el adecuado desarrollo del sector.

Dentro del Marco General de Desarrollo de la Acuicultura propuesto por Alatorre, F.M., (1998) en donde establece que uno de los factores de desarrollo son las condiciones inherentes al cultivo, como son, la alimentación, fertilización, manejo de estanquerías por citar algunos. La investigación que relacione estos factores de la producción y que incremente la productividad y rentabilidad será de vital importancia.

El marco metodológico propuesto por Allen et al. (1984) y Shang, Y. C., (1990) conocido como análisis bioeconómico en donde se analizan las interacciones entre los componentes biológicos, tecnológicos y medioambientales y su impacto económico en la productividad y la rentabilidad es la disciplina que ofrece las mejores alternativas de análisis y cuyos resultados son herramientas

poderosas en la toma de decisiones de las empresas incluso para dictar políticas públicas en marcos institucionales.

La modelación, simulación, análisis de sensibilidad y el análisis de función de producción son herramientas que te permiten medir la interacción, el peso y la influencia de los diferentes componentes del sistema de producción. A partir de los resultados de estos análisis se pueden definir acciones o estrategias para mejorar la producción y la rentabilidad.

El tipo de sistema de producción intensivo por sus características de uso de tecnología para la aireación, manejo sanitario, por ejemplo; incorporación de programas de manejo de estanquería como fertilización, alimentación y control o al menos registro de los parámetros ambientales y la estructura administrativa que requieren para su administración, permite el acceso de información necesaria para la modelación de sistemas.

Con base en este marco conceptual se busco una granja que tuviera estas condiciones y que diera la oportunidad de acceder a su información para realizar la modelación Bioeconómica de su sistema de producción con el fin de proveer recomendaciones en la operación para mejorar la productividad de la granja.

El presente trabajo desarrolla un modelo bioeconómico de un sistema de producción intensivo de camarón en la Unidad de Producción Acuícola "Pacífico 22.4", propiedad de la compañía Aquastrat, S.A. de C. V., ubicada en el km 23.5 de la carretera Escuinapa-Teacapán en el municipio de Escuinapa, Sin.

## **2.- Objetivos.**

1.- Desarrollar un modelo bioeconómico de un sistema de producción intensivo de camarón en la Unidad de Producción Acuícola "Pacífico 22.4".

2.- Determinar las variables de control del sistema a partir de la descripción del sistema de producción.

3.- Determinar las relaciones funcionales de las mismas y la sensibilidad de las variables de estado que incidan en la rentabilidad económica. \*

4.- Determinar las líneas de investigación que puedan incrementar la rentabilidad del sistema de producción.

## 3.0 Antecedentes

### 3.1. Antecedentes estudios económicos en acuicultura de camarón

Las diferentes áreas de la economía han encontrado múltiples aplicaciones en la acuicultura como por ejemplo análisis macroeconómicos, económicos comparativos, estudios de factibilidad principalmente con indicadores de rentabilidad, análisis de mercado, estructura de costos y recientemente estudios bioeconómicos, simulación y modelación de sistemas acuaculturales. (Chong, K. C., 1992)

Estudios comparativos se han realizado con diferentes criterios: Un análisis comparativo de los costos de operación de un sistema con siembra directa y un sistema de precría fue desarrollado por Juan, Y. S. *et al* (1988). Yang, Cong Hai *et al*. (1993) realizaron un estudio comparativo del cultivo de *Penaeus monodon* y *P. chinensis*, comparando las tasas de crecimiento a diferentes densidades de siembra, evaluando la los beneficios económicos de las diferentes alternativas. Griffin, W.L. y Johannes A.D. *et al* (1993) hace un estudio comparativo de diferentes granjas en Texas en donde determina la estructura de costos y economías de escala a diferentes niveles de producción evaluando la rentabilidad como criterio de comparación.

Cheriyán, K.P. y Asari, T.N.S. (1995) analizan las ventajas y desventajas en términos económicos de los cultivos semintensivos contra los extensivos en la región de las costas de Kerala. Kongkeo, H. (1995) en Thailandia analiza con base en las tecnologías de cultivo, manejo de granjas, impacto ambiental y sus costos relacionados, determinando la rentabilidad de las granjas a pequeña escala por su bajos costos y altas producciones en comparación con las empresas a gran escala. Saju, K.A. *et al* (1995) discute el potencial de dos especies *Penaeus indicus* y *P. monodon* en Vedaranyam, Tamil Nadu; realizando un estudio comparativo de los costos de producción, la relación costo beneficio y la viabilidad económica del cultivo. Hopkins, J.S. *et al* (1995) analiza dos sistemas de producción de camarón, uno con sistemas de prevención de contaminantes con base en prácticas de manejo de estanques y uno con los sistemas tradicionales sin estos controles, la evaluación económica favorece el manejo de estanquerías que previenen el impacto del ambiente. En un

estudio realizado por Kusumastanto, T. *et al* , 1996 se evaluaron cuatro escalas o tamaños de producción (2 ha, 2-5 ha, 5-10 ha y 30 ha) utilizando criterios de costo-beneficio e indicadores de rentabilidad para de determinar cual ofrecía las mejores condiciones de inversión.

Estudios encaminados a asegurar los máximos beneficios económicos son frecuentemente realizados Innocenti, L. y Montanelli, M. (1988) hacen un estudio para América Latina de granjas con diferentes niveles de producción, Allan, G.L. y Maguire, G.B. (1992) trabajando con langostinos en diferentes condiciones de cultivo, Jayagopal, P. ; Sathiadhas, R. (1993) conducen diferentes análisis económicos comparativos, Johannes A. D. *et al* (1993) analiza 50 granjas por un método de simulación evaluando economías de escala para diferentes niveles de producción considerando costos de inversión, costos de producción y la Tasa Interna de Retorno. Wang, Jinshan *et al* (1994) realiza análisis de costo-beneficio de una granja de cultivo intensivo de langostinos. Rissato, D. (1995) en el estado brasileño de Parana, evalúa la factibilidad económica de diferentes estrategias de cultivo. Un estudio económico enfocado a evaluar diferencias en diseño de sistemas de cultivo, considerando costos de capital y de operación fue desarrollado por Wade, E.M. (1996). El análisis de costo de producción desarrollado por Pham, D., 1992, indica la rentabilidad de un sistema de producción semi-intensivo de *Penaeus stylirostris* por el método tradicional.

### **3.2. Antecedentes de estudios de camarón en México**

Algunos de los trabajos iniciales en la literatura de camarón en México son los de: Moreno, L. (1986) y Barrera-Vázquez, B. (1987) los cuales coinciden en que México tiene un gran potencial para el cultivo de camarón, principalmente por la gran cantidad de lagunas costeras y estuarios que existen en la república mexicana, siendo las especies susceptibles de cultivo los camarones café, azul, blanco y rosado. Los trabajos desarrollados por el Centro de estudios Tecnológicos del Mar de BCS sobre producción larval de camarón blanco y café, maduración y cultivos primarios de soporte a la producción de larvas son publicados por Flores Tom, A., 1988. Flores-Nava, A. *et al* (1990) establece que en el estado de Yucatán existe un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura, considerando un área de 6500 ha susceptibles de cultivo de camarón. Los trabajos desarrollados por Araneda, G. (1990) sobre la elaboración de dietas utilizando una leguminosa nativa (*Leucaena leucocephala*) obteniendo conversiones de 2.36:1 y tasa de crecimiento de .488 gr/semana

Arredondo-Figueroa, J.L. (1990) realiza un revisión sobre las condiciones imperante del cultivo de camarón tomando en cuenta aspectos como técnicas e intensidad de cultivo, desarrollando un análisis sobre los mercados nacionales e internacionales.

De la Lanza-Espino, G. y Garcia-Calderon, J.L. (1991) hacen una caracterización del complejo lagunar Huizache-Caimanero y comentan que para ese año se encuentran establecidas 134 ha de cultivos extensivos (150 kg/ha). Gomez-Eternod, S. y De la Lanza-Espino, G. (1992) hacen una análisis muy completo de la actividad acuacultural en México describiendo su problemática, considerando aspectos principalmente de impacto ambiental y también sociales, económicos y políticos, proponiendo algunas alternativas para su solución. Un estudio socioeconómico sobre el cultivo de camarón en México es el desarrollado por Lobato-Gonzalez, P. (1992) considerando la composición de las sociedades cooperativas, su estructura y funcionamiento incluyendo aspectos legales, económicos y técnicos. Un diagnóstico que presenta un visión general de la pesca y el cultivo de camarón, considerando los principales aspectos biológicos y pesqueros es el desarrollado por Gracia-Gasca, A., 1992.

Hernandez-Llamas, A. *et al* (1993) realiza un análisis decrecimiento en camarón *Penaeus stylirostris* variando la fertilización el alimento peletizado y la densidad de siembra. Se desarrolla un modelo con la ecuación de von Bertalanffy reparametrizada considerando una ecuación de la mortalidad exponencial. Martinez-Cordova, L.R. *et al* (1995) conduce un experimento para establecer la factibilidad técnica del cultivo de camarón blanco en estanques bajo condiciones de bajo intercambio de agua.

### **3.3. Antecedentes metodologías utilizadas en análisis económico**

Gaines, J.P. *et al* (1984) desarrolla una metodología para la evaluación de la factibilidad económica, considerando, producción, número de cosechas, precio por unidad de cultivo, gasto de operación. Herramientas de análisis como Flujo de Caja y Análisis de Sensibilidad estaban incluidos. O' Rouke, P.D. (1996) desarrolla en un paquete computacional un serie de herramientas básicas y métodos

analíticos para la evaluación del potencial de una granja en un sistema de intensivo de producción de camarón que incluya un sistema de recirculación.

La importancia de los análisis económicos de sistemas acuaculturales como evaluación y factibilidad económica, rentabilidad, relación costo-beneficio son ampliamente discutidos (Engle, C.R., 1987; Wyban, *et al*, 1988; Wyban *et al*, 1990; Yahaya, J., (1988, 1989); Samonte, *et al*, 1991; Primavera, J. H., 1991; Hirasawa, Y., 1992).

En la literatura se encuentran diferentes indicadores de la rentabilidad de los proyectos, en el trabajo desarrollado Kungvankij, *et al*, 1988 analiza los costos y beneficios tres sistemas de cultivo, incluye factores de estructura de costos, capital, operación. Un análisis de Flujo de Caja y Sensibilidad son utilizados para la evaluación utilizando como criterio de rentabilidad la Tasa Interna de Retorno. Así mismo McKee, D.A. *et al*, 1989 realiza un análisis de factibilidad financiera utilizando criterios como Tasa Interna de Retorno (TIR) y Retornos Arriba del Costo Seleccionado (RASC).

Un modelo de simulación estocástico es desarrollado por Thacker, S.G. *et al* (1992), el modelo evalúa los escenarios de manejo potenciales para una granja intensiva de camarón. Se analizaron variables de manejo en términos de la producción y la supervivencia, estructura de costos de operación y origen de la inversión y plazo de pago. Los criterios de rentabilidad fueron el Valor Presente Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR). Sobre el análisis de esquemas de alimentación y su efecto en la rentabilidad de los sistemas, Arnason R. (1992) analiza la interdependencia entre estos esquemas de alimentación y la fecha óptima de cosecha, utilizando criterios de rentabilidad como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el radio entre los retornos y los costos marginales, Heaps T. (1993) modifica el modelo planteado por Børndal, T. (1988) y Arnason R. (1992) del efecto de los esquemas de alimentación en la fecha óptima de captura, introduciendo las variables de tasas de alimentación, la edad y el peso de cosecha como decisiones del acuicultor.

Rhodes, R.J. *et al* (1992) realiza un estudio de factibilidad financiera de la operación de una granja comercial de producción de postlarvas de peneidos, en este se realiza un análisis de rentabilidad, estimando los parámetros de Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno como indicadores. El

Análisis de Sensibilidad demostró que el parámetro mas sensible es el precio de la postlarva en el mercado. En el estudio reportado por De Silva, J.A. y Jayasinghe, J.M.P.K. (1993) en donde se analizaron un gran número de granjas en pequeña escala se utilizaron como variables, monto de inversión inicial total, el capital de operación, periodo de recuperación de capital y la TIR. Uno de los análisis mas completos realizados en material de análisis económico es el desarrollado por Chen, H. *et al* (1995) para sistemas integrados de crías de peces en la República Popular de China, 1013 estanques en 101 granjas fueron contabilizados. Analizando tres niveles de producción, parámetros como densidad, producción, alimentación, fertilización, integración peces con otros animales. La estructura de costos e ingresos para todas las clases fueron utilizadas para hacer clasificación de las granjas con fines de planeación gubernamental

Un enfoque totalmente novedoso es el desarrollado por Clifford, H.C.,III. (1994) ya que partiendo de la idea de que es difícil tener condiciones de experimentación a nivel comercial el propone una metodología de análisis de las condiciones ambientales imperantes en las unidades de producción de las granjas en donde se hallan tenido las mejores producciones, formulando así modelos empíricos de producción.

Un estudio conducido por Jackson, C.J. y Wang, Y. G. (1998) en donde se compara la rentabilidad de un sistema de producción de *P. monodon*, analizando 12 cosechas de 48 estanques durante 6.5 años indicando que el crecimiento está en función de la temperatura, la mortalidad y la edad de los estanques. Esta función de producción provee información para mejorar las estrategias de producción y para la selección de nuevos sitios para la localización de granjas.

Existe un gran discusión sobre los parámetros que deben ser incluidos en los análisis económicos, para los diferentes enfoques, como son Análisis Económicos Comparativos, Análisis de Función de Producción, y Análisis de Sensibilidad. En la Tabla 2, se presentan las propuestas de algunos autores:

Tabla 2. Comparación de las propuesta realizadas por diferentes autores de los parámetros que se deben de utilizar en los diferentes análisis económicos.

Autor	Año	Tipo de Análisis	Parámetros propuestos
Winfield, J. y Garnier, L.	1987	Análisis de Factibilidad	Selección del sitio, especies elegidas, densidad de siembra, técnica de siembra, transferencia de la semilla, control de la calidad del agua, fertilización, alimentación, crecimiento y producción .
Engle, C.R. y Hatch, U.	1988	Toma de decisiones de procesos con riesgo	Densidad, tasa de aireación, disposición de mano de obra, capital, energía eléctrica
Babu, K.R.R. y Ganapathy, G.	1988	Factibilidad Económica	Calidad del agua, suelo, clima, topografía, mareas, proximidad de abastecimiento de semillas, disponibilidad de alimento, puntos de venta y fuerza de trabajo.
Kungvankij, <i>et al</i>	1988	Selección de Sistemas de Cultivo, con criterios económicos	Abastecimiento de semilla, disponibilidad de alimento, tamaño del mercado, experiencia técnica y selección del sitio. dentro de los costos, costo de inversión, costo de la tierra y costos de producción.
Bosch D.J.; Shabman L.A.	1990	Modelo de Producción	Crecimiento, enfermedades, salinidad, disposición de la semilla.
Hernandez R., A.	1991	Evaluación financiera	Estructura de costos, de inversión y operación ,características tecnológicas.
Griffin, W.L.	1993	Análisis Económico	Tamaño de estanques niveles de aireación, calidad, cantidad y fuente del alimento, número de cosechas, si existen estanques de precría, densidades de siembra, tipo de especies, tasas de intercambio de agua y localización.
Springborn, R.R. <i>et al</i>	1992	Tiempo de cosecha óptimo	Sistema de producción, tipo de fertilización.
Dong, Yonghong	1992	Análisis Económico	Tamaño del estanque, fuerza de trabajo, capital total invertido.
Maguire, G.	1993	Estudios comparativos de Estructura de costos	Inversión inicial, Trabajo, alimentación, energía y crías para siembra.
Ajithkumar, V.; Panikkar, K.K.P.	1993	Rentabilidad y Factibilidad económica	Trabajo o mano de obra, energía, alimentación y combustibles
Asari, T.N.S.	1995	Estudios económicos comparativos	Selección del sitio, disposición del agua y estructura de costos para cada sitio.
Liao, D.S.	1996	Función de Producción (Cobb-Douglas )	Tamaño de la granja, trabajo, capital y manejo.
Ioslovich I. <i>et al</i>	1996	Modelo dinámico de	Costo de ventilación y calentamiento en un sistema

		Optimización No Lineal	con invernadero.
Ioslovich I. <i>et al</i>	1996	Modelo dinámico de Optimización No Lineal	Costo de ventilación y calentamiento en un sistema con invernadero.
Gasca-Leyva, E. y León C. <i>et al.</i>	1999	Relación Costo/Beneficio	Selección del sistema y selección del sitio, escala de operación, mercadeo y alternativas de manejo.

### 3.4. Antecedentes Modelos Bioeconómicos

Cano, C. A. y Luque, D. E. (1995) reflexionan alrededor de la idea de que las empresas acuícolas tienen inherentemente un componente alto de riesgo e incertidumbre por lo que la utilización de modelos de producción que permitan determinar, desde el punto de vista tanto biológico como económico y tecnológico, la viabilidad y rentabilidad de este tipo de empresas. Estos modelos se denominan modelos bioeconómicos cuyo eje vertical es la modelación de sistemas dinámicos y la simulación.

Allen, P. G. y Johnston, W. E. (1976) realizan el primer esfuerzo por resumir la información que en el área de bioeconomía se había realizado hasta esa fecha, desarrollan un modelo para evaluar la factibilidad técnica de un proyecto acuícola y describen con toda claridad las relaciones funcionales entre los parámetros biológicos y las diferentes expresiones de la producción expresadas en costos. Es de los primeros enfoques en donde se utiliza la concepción de sistemas acuiculturales y se establecen las relaciones matemáticas de función entre sus componentes. Griffing W. L. y Hanson J. S. *et al* (1981) desarrollaron un modelo bioeconómico considerando dos submodelos, calidad del agua y crecimiento.

La incorporación de variables estocásticas en la determinación de los parámetros del modelo es una aportación a los modelos en acuicultura y permite simular condiciones que representan más a las condiciones medioambientales. Un modelo conceptual consistente en cinco submodelos interconectados que incluían factores medioambientales, de producción, ingeniería, mercadeo y de rentabilidad fue diseñado por Griffing W. L. *et al* (1984). El objetivo del modelo era determinar las relaciones entre los componentes de ingeniería, manejo y medioambientales que afectan el crecimiento y la supervivencia de los camarones y como repercuten éstos en los costos y la rentabilidad.

Uno de los esfuerzos mas completos es el elaborado por Hanson, H. S. y Griffin W. L. *et al* (1985) los cuales desarrollan un modelo de simulación a nivel de empresa el cual simula las actividades anuales de una granja de camarón. Los autores determinan un horizonte de evaluación de 10 años y asignan valores azarosos de crecimiento y supervivencia de camarón, temperatura, huracanes, y precios, los cuales son generados por funciones de densidad empíricas multivariadas. Los criterios de evaluación son las tasas de retorno de la inversión

En uno de los primeros trabajos que sobre modelación en acuicultura se realizaron tenemos el de Tyssø, A., (1986) que partiendo del concepto de sistemas dinámicos instrumenta un modelo matemático para ilustrar como un modelo estocástico de crecimiento y un programa de simulación pueden ser utilizados para simular la distribución de pesos de peces en una granja, en función del tiempo, la temperatura y la tasa de alimentación. Børndal, T. (1988) desarrollo un modelo bioeconómico, utilizando para su subsistema biológico el modelo de Beverton-Holt para describir el proceso de crecimiento poblacional, introduciendo dos componentes adicionales, la densidad de peces y la cantidad de alimento, utilizando como variables del modelo económico los costos de cosecha, costos de inversión iniciales, costos de alimentación y el costo del seguro de la producción. El modelo evalúa el tiempo de cosecha óptimo.

O ' Hanlon, P. W. (1988) explora algunas de las consideraciones del enfoque bioeconómico dentro de la acuicultura. El enfoque principal es demostrar que la industria de la acuicultura para que sea viable requiere de la investigación y aplicación coordinada de teoría biológica y económica.

En el artículo escrito por Spratt, M., ( 1990) discute que este tipo de actividad con competencia creciente, altos costos y regulaciones medioambientales estrictas, requiere del apoyo e sistemas de análisis que permitan evaluar su actividad. Las hojas de cálculo, sistemas expertos y paquetes de simulación son herramientas en este momento necesarias para soportar los ejercicios de planeación no sólo de empresas privadas sino de instituciones gubernamentales.

Nerrie B. L. y Hath, L. U *et al* (1990) utilizando la función de Cobb-Douglas estiman la función de producción de una granja (66 estanques) considerando factores como la alimentación la inversión, el

capital de operación, densidad y tiempo de estancia en los estanques con el objetivo de encontrar los niveles de los parámetros que maximizan la rentabilidad

Cacho, O. J. y Hatch, U. *et al* (1990) y Cacho, O. J. y Kinnucan, H. *et al* (1991) desarrollan modelos bioeconómicos con modelos energéticos incorporados con el objetivo de determinar estrategias de alimentación rentables para peces criados en estanques. Se analiza la interacción entre la administración del alimento, calidad de la dieta, y la fecha de cosecha. Los modelos bioeconómicos son flexibles el planteamiento de los autores es que pueden usarse para obtener una visión en la eficacia de sistemas de producción acuaculturales en diferentes regiones geográficas.

La modelación de sistemas integrados como son los sistemas agro-acuaculturales requiere de un enfoque ecológico y económico, como el desarrollado por Zweig, R. D. (1991). En este caso la modelación matemática que incluye procesos como retroalimentación, por interconectividad y no linealidad, requiere herramientas utilizadas en modelación de sistemas dinámicos como funciones con retrasos y acumulaciones en dinámica trascendente bajo condiciones de no equilibrio. El autor utilizó el criterio de punto de equilibrio económico como criterio para la toma de decisiones.

De los pocos antecedentes en México de este tipo de análisis es el modelo bioeconómico desarrollado por Hernandez-Llamas, A. y Magallon-Barajas, F. J. (1991) el cual varía tipo de alimento y tipo de fertilización, volumen de intercambio de agua en un sistema semi-intensivo, se determinó el punto de equilibrio económico del sistema como criterio de decisión.

Uno de los principales objetivos del análisis bioeconómico es el de determinar bajo que condiciones del sistema se maximiza la rentabilidad, Zagorodny, A. *et al* (1993) desarrollaron un modelo para una granja de peces en un sistema cerrado con este propósito, partiendo de las condiciones iniciales del sistema propuesto.

Uno de los criterios que se usan actualmente para la toma de decisiones en el análisis económico, en los análisis de inversión manejo de los sistemas de producción es el de Flujo de Caja. Wright, C. S. (1994), utiliza esta herramienta para una granja de salmón. El modelo incluye funciones clásicas para la determinación del crecimiento de los peces y elementos de programación dinámica.

De los estudios recientes el realizado por Martínez-Cordero, F. J. *et al* (1995) sobre la factibilidad económica de un sistema de producción de larvas es de los más completos. Un modelo holístico y estocástico se desarrolló conteniendo cinco submodelos recursivos incorporando en el submodelo biológico una función de retrasos distribuidos. El modelo muestra que este sistema de producción podría tener ventajas de bajos costos de producción y recomendando su realización.

Kazmierczak, R. F. Jr. y Cafey, R. H. (1995) desarrollan un modelo bioeconómico de crecimiento de peces, el cual incorpora un modelo bioenergético con submodelos de crecimiento, producción de amonio y consumo de oxígeno. El objetivo del experimento era determinar las posibles relaciones entre nutrición, densidad y variables tecnológicas incluyendo el manejo del sistema. Se obtuvieron soluciones numéricas de los parámetros del modelo usando algoritmos matemáticos complejos, trayectoria óptimas, análisis de isocuantas y análisis de optimización.

Rizzo G. y Spagnolo M. (1996) desarrollan un modelo bioeconómico que considera las complejas interacciones de los aspectos técnicos, biológicos y económicos, con el objetivo de determinar el manejo óptimo de una granja de robalos. En el submodelo de biológico se incorporaron las variables de crecimiento y mortalidad como procesos Markovianos, considerando que las variables temperatura del agua, nivel de alimentación, contenido de oxígeno y abastecimiento de agua son determinantes en el modelo tecnológico. El submodelo tecnológico involucra aspectos de manejo de las estanquerías. El submodelo económico evalúa los costos e ingresos relacionados a las combinaciones de las variables mencionadas. Uno de los trabajos más interesantes encontrados en la literatura es el realizado por Naik, D. y Pascoe, S. (1996), los autores desarrollan un modelo bioeconómico evaluando las estrategias de cosecha y los tiempos de rotación para *Penaeus monodon*, los parámetros del modelo fueron tasas de descuento, tasas de mortalidad, costos variables y precios variables y constantes. Un análisis de sensibilidad demostró que el sistema es altamente sensible a la tasa de descuento e insensible a los costos variables.

## 4.0 Metodología

El presente trabajo se desarrolló en la Unidad de Producción Acuícola "Pacífico 22.4", propiedad de la compañía Aquastrat, S.A. de C. V., ubicada en el km 23.5 de la carretera Escuinapa-Teacapán en el municipio de Escuinapa, Sin.

El sistema de producción es de tipo intensivo con altas densidades de siembra, diferentes orígenes de la larva, aireación, estrategias de alimentación, recambio de agua, registro de parámetros de agua, registro sanitario para control de enfermedades y seguimiento del tamaño poblacional.

Las bases de datos de la empresa han ido cambiando con el tiempo desde su fundación en 1990, siendo los mas completos los registros del año 1997 en sus dos ciclos de cosecha en adelante, aunque para el año de 1999 se tuvieron muchos problemas de enfermedades..

Se cuentan con las siguientes bases de datos para el año 1997 ciclo I y II:

Alimentación: Registro diario por estanque del consumo del alimento para cada una de las seis raciones del día (0:00, 4:00, 8:00, 12:00, 16:00, 20:00)

Monitoreo de salud del estanque: Registro semanal del porcentaje por estanque de camarón, vivo, muerto y mudado. Este muestreo se da al mismo tiempo del poblacional.

Parámetros del agua: Se toman los parámetros cinco veces al día, al alba, mediodía, ocaso, medianoche y prelavar. El oxígeno se toma en los cinco muestreos, temperatura al alba, mediodía y al ocaso; salinidad, pH, nitratos y nivel se toman una vez al día.

Poblacional o de Crecimiento: Se realiza quincenalmente a partir de la semana cinco un muestreo por estanque con 10 lances con atarralla y se mide el peso y número de organismo, se estima el peso promedio y medidas de dispersión.

Biológica o sanitaria: Se tiene registro semanal de las observaciones sobre Tracto, Mudas, Branquias, Antenas, Necrosis, Actividad, Color, Mortalidad, Otras.

Distribución de tallas: Muestreo semanal de las tallas de los camarones por estanques, 100 org. Se les mide la talla y la talla promedio sirve para calcular el peso promedio y medidas de dispersión

Frecuencias: registro de la estructura de tallas por estanque en forma semanal No de org por clase de talla.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se utilizarán diferentes herramientas matemáticas como son: modelación del sistema de producción con un modelo de flujo de caja, simulación, análisis de sensibilidad, y la elaboración y utilización de indicadores de rentabilidad como criterios para la toma de decisiones.

Como fue comentado en la introducción las fases para la realización de un modelo son las siguientes: Descripción general del sistema y recopilación de información del sistema en su conjunto; segundo, Identificación de los elementos fundamentales del sistema que deben de estar totalmente definidos y acordes por los objetivos del estudio; tercero, Modelización del sistema lo mas simplificado posible para facilitar la incorporación de parámetros la interpretación del mismo; cuarto, experimentación, es decir realizar sucesivas simulaciones del modelo en diferentes escenarios y observando si representa la realidad que se quiere modelar en términos de la estructura que lo conforma; y la mas importante y última, la validación que es la etapa del proceso que nos confirma si el modelo está bien construido o no y hay *validación estructural empírica* por medio de análisis de sensibilidad y *validación estructural teórica* por medio de la comparación de los valores de los parámetros con los reportados en la literatura, revisando con esto la coherencia del modelo.

#### **4.1. La estrategia para la construcción del modelo**

1.- La generación de un análisis cualitativa, el cual consiste de una descripción de las relaciones entre los componentes del sistema de producción de forma global, basado en la experiencia de los productores. Por medio de entrevistas con los biólogos encargados de las diferentes actividades de la granja y con el Gerente General, se elaborarán diagramas de flujo en donde se describirán a detalle las actividades principales. A partir de esa descripción se definen los componentes fundamentales sobre los cuales se va a construir el modelo del sistema de producción.

2.- Para la construcción del modelo se utilizará un análisis de flujo de caja el cual es un tipo de planeación prospectiva, que consiste en establecer de manera anticipada las salidas o pagos de

dinero y las entradas con una base mensual para cada período de actividad, generalmente anual (Ingram, F.J. 1984). Esta información se generó en conjunto con en el departamento de contabilidad de la empresa con base en los registros históricos de la granja.

Este tipo de análisis requiere del establecimiento de un catálogo de capítulos de gasto corriente del sistema de producción, así como un conocimiento previo del comportamiento de éstos capítulos de cuenta en un período de actividad.

Con base en la determinación de las variables de control del sistema proveniente del análisis cualitativo del diagrama de flujo se elegirán los submodelos del sistema que se integrarán al modelo de Flujo de Caja. Los valores de los parámetros de los modelos se obtendrán del conocimiento previo del sistema y de la literatura existente.

3.- Para la evaluación del modelo del sistema se determinará la factibilidad económica a través de la estimación de indicadores de rentabilidad como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Presente Neto (VAN) (Shang, Y. C., 1990).

Se utilizará la metodología de evaluación económica y financiera planteada por Coss, B., (1996), en donde a partir del flujo de efectivo en un horizonte de evaluación y una tasa de descuento determinada por las condiciones financieras imperantes en el momento de la evaluación, se determinan los indicadores de rentabilidad de Valor Actual Neto o la cantidad de dinero a valor actualizado en tiempo presente que tendrías si realizaras la inversión; y la Tasa Interna de retorno, que es la tasa a la que esta redituando tu inversión.

El cálculo del valor actual neto se hace a partir de la formula expresada en la Figura 5. La tasa Interna de Retorno se calcula por medio de iteraciones en donde se varía la tasa de descuento hasta que el valor del VAN se vuelve cero.

$$VNA = \sum_{i=1}^n \frac{\text{valores}_i}{(1 + \text{tasa})^i}$$

Donde:

Valores: son los valores del flujo neto de efectivo al tiempo i

tasa: es la tasa de descuento a la que se evalúa la inversión

i = el tiempo en el horizonte del proyecto

### Figura 5. Fórmula para calcular el Valor Actual Neto

Bailly D. y Lagos P., (1991) consideran que los costos totales por unidad producida y el punto de equilibrio son buenos indicadores para la comparación de la producción de diferentes escalas, por lo tanto se estimaran como variables de salida del modelo

La determinación del punto de equilibrio se determinará según la propuesta de Parkin, M. (1996), el cual establece que una manera de determinar el punto de equilibrio o nivel de producción donde comienzan las ganancias es el cociente del Total de costos fijos y la razón de ingreso por venta unitario y los costos variables unitarios. Para lo que hay que descomponer la estructura de costos de la empresa en costos fijos y variables.

4.- Una vez integrado el sistema se validará por medio de los criterios de *validación estructural empírica* y *validación estructural teórica*.

Para la validación estructural empírica se compararán los valores de los parámetros elegidos contra los parámetros reportados en la literatura. Dado que se eligió un análisis de flujo de caja, la mayoría de los parámetros provendrán de los resultados de los cultivos anteriores efectuados en la granja.

Para la validación estructural teórica se llevará a cabo un análisis de sensibilidad: Se determinarán las variables control del sistema y se aplicarán intervalos de valores max-min, con intervalos porcentuales de 5 y 10% del valor del parámetro especificado tanto positivo como negativo, para cada uno de ellos, evaluando las variables de salida del modelo y determinando con ello la

sensibilidad del modelo a diversas variables de control.

Para evaluar el efecto de las variaciones de las variables de control en las variables de evaluación tanto de producción como de rentabilidad es necesario medir la elasticidad de las variables que es el incremento porcentual de cambio unitario de la variable de evaluación por cada cambio unitario porcentual de las variables de control (Baca U.G., 1995).

La fórmula del índice de elasticidad se muestra en la Figura 6.

$$\text{INDICE DE ELASTICIDAD} = \frac{\Delta P / P}{\Delta V / V}$$

Donde:

$\Delta P$  = incremento porcentual

$\Delta V$  = incremento de la variable

P = porcentaje de incremento

V = variable incrementada

**Figura 6. Fórmula para el cálculo del índice de elasticidad.**

La información se almacenará en hojas de cálculo del paquete EXEL 2000 de Microsoft y se procesará con las utilerías de ese paquete y con el paquete estadístico STATISTICAL v. 5 para Windows.

## 5.0. Resultados

### 5.1. Descripción General de Sistema de Producción

A partir de las entrevistas con el personal encargado de la operación de la granja se elaboró los diagramas de flujo de las principales actividades realizadas. Se determinó el flujo de la toma de decisiones de la granja, con base en ésta se anotaron los criterios de decisión. Se determinaron siete procesos mayores y se desglosaron al detalle las actividades que se llevan a cabo en ellos.

Fase de colecta de postlarvas y siembra en estanques de producción; preparación de estanques; siembra y cosecha. Por otro lado tres programas horizontales: Alimentación y crecimiento, sanidad acuícola y manejo de la calidad del agua. Los diagramas de flujo se muestran en el Anexo I.

1.- Preparación de estanques: Determinación del pH del suelo, secado y encalado, limpieza del estanque, reparación de bordos, compuerta y nivelación del estanque, rastreo y disqueo del fondo para aireación del suelo, desinfección de las zonas húmedas, secado durante 14 días, llenado 7 días y fertilización de 7 a 10 días y combate de insectos acuáticos.

2.- Fase de colecta de postlarvas y siembra en estanques de producción: Montaje en contenedores de transporte, conteo doble de verificación, transporte hacia la granja, instalación de equipos auxiliares para la siembra, descarga del contenedor a pie de estanque, aclimatación, chequeo de actividad, stres y mortalidad, igualación de las condiciones del estanque con el contenedor de transporte, vaciado del estanque para facilitar la siembra, traslado del contenedor al interior del estanque y vaciado de la postlarva.

3.- Programa de alimentación y crecimiento: las primeras cuatro semanas se muestrea semanal, de la semana cinco a la 16 el muestreo es quincenal, muestreo para seguimiento de tallas, determinación de la biomasa del estanque por extrapolación de áreas, alimentación y chequeo de consumo en los estanques.

4.- Programa de monitoreo de la calidad del agua: Oxígeno, temperatura y transparencia, pH, salinidad, nutrientes: amoníaco, nitritos, nitratos y fosfatos; Conteo y composición por especie de fitoplancton. Se determinó la frecuencia, el método de estimación de parámetros y las decisiones que se toman según la medición de los parámetros.

5.- Programa de sanidad animal: Análisis bacteriológicos, vibriosis por antibiograma, gregarina, y zoolanium por revisión de branquias, virus por histopatología, hepatoneumonía por revisión de hepatopancreas y organismos en músculos. Se tomo nota de las medidas de prevención en caso de encontrar cada una de las enfermedades mencionadas.

6.- Fase de cosecha del camarón: Determinación de biomasa por medio de estructura de tallas, determinación del precio por talla, porcentaje de camarones mudados, secado de estanques por gravedad, lavado del producto a 9°C , procesado del producto según destino y pesado y salida de la granja.

## 5.2. Matriz de componentes fundamentales del sistema de producción

Con base en la descripción general que se realizó del sistema se determinaron en cada fase cuales eran los puntos críticos o los procesos que determinan el flujo de la actividad, es decir cuales son los puntos en los que una omisión o un mal registro pueden afectar gravemente el desarrollo del proceso de producción, así mismo se cruzo la información con las bases de datos de la empresa de manera de determinar con que información se contaba para poder incluir en el modelo de producción del sistema y en el análisis de la función de producción. Esta información se resumen en la Tabla 3.

**Tabla 3. Componentes del sistema o puntos críticos que determinan el flujo de la actividad.**

Acciones o componentes fundamentales del sistema		Actividades realizadas	Registro de la información por estanque
Preparación de estanques	Valor del pH	S	N
	Desinfección	S	N
	Reparación de estanque	S	N
	Secado	S	N
	Fertilización	S	N
	Limpieza de insectos acuáticos	S	N
Transporte y siembra de la postlarva	Condiciones adecuadas del contenedor del transporte	S	N
	Conteo doble para certificación del número de postlarvas	S	N
	Instalación de equipos auxiliares para la transferencia a los estanques	S	N

	Aclimatación	S	N
	Chequeo de actividad y strees	S	N
	Vaciado parcial del estanque	S	N
	Registro de densidad de siembra	S	S
Alimentación y crecimiento	Muestreo de población (biomasa)	S	S
	Muestreo de tallas (crecimiento)	S	S
	Chequeo de la alimentación	S	S
Monitoreo de la calidad del agua	Oxígeno	S	S
	Temperatura	S	S
	Transparencia	S	S
	pH	S	S
	Salinidad	S	S
	Nutrientes	N	N
	Fitoplancton	N	N
Sanidad animal	Virus	S	N
	Protozoarios	S	N
	Zoolanium	S	N
	Hepatoneumonia	S	N
	Mlcrosporidiasis	S	N
Cosecha	Determinación de biomas por tallas	S	S
	Determinación de precios por tallas	S	S
	Secado completo del estanque	S	N
	Lavado del producto	S	N
	Tratamiento del producto	S	N
	Pesado del producto (producción)	S	S

La información de las variables que se consideran relevantes en la construcción del modelo y en análisis de la función de producción y que se encuentra disponible es la siguiente: Densidad de siembra, crecimiento y estructura de tallas, alimentación, oxígeno, temperatura, transparencia, salinidad y pH. Por otro lado se tiene la estructura de costos de operación de la empresa para un ciclo anual considerando: Post-larva, Alimento Balanceado, Energía Eléctrica, Combustibles, Materiales Diversos, Costos de Cosecha, Mano de Obra Directa, Impuestos a la Producción, Otros Costos Variables, Mantenimiento y Reparaciones y Costos de Comercialización. La estructura de costos y su importancia relativa en los costos totales se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4. Importancia relativa de la Estructura de Costos de la empresa**

Capítulo de cuenta	Importancia relativa
<i>Post-larva</i>	15.7%
Alimento Balanceado	35.3%
Energía Eléctrica	7.0%
Combustibles	0.6%

Materiales Diversos	0.2%
Costos de Cosecha	0.4%
Mano de Obra Directa	9.9%
Impuestos a la Producción	2.9%
Otros Costos Variables	1.1%
Gastos de Administración	8.0%
Gastos de Oficina	1.5%
Mantenimiento y reparaciones	2.9%
Costos de Comercialización	14.5%

Como se observa en la Tabla ##, los costos mas importantes en este sistema de producción son el alimento balanceado y el costo de la postlarva, se pondrá especial énfasis en el impacto de las variables del modelo en el comportamiento de estos costos de producción, no así al costo de comercialización por no ser parte del proceso mismo de la producción.

### 5.3. Modelo bioeconómico de flujo de caja.

Para la construcción del modelo se utilizó un análisis de flujo de caja el cual es un tipo de planeación prospectiva, se establecieron las salidas o pagos de dinero y las entradas con una base mensual para dos períodos de actividad para el año 1997. La estructura del flujo de caja se muestra en las figuras 7 para el Ciclo 97-I y la figura 8 para el Ciclo 97-II.

FLUJO DE EFECTIVO Y DETERMINACION DEL CAPITAL DE TRABAJO							
	1er. Ciclo						
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
<b>Saldo al 6 de Enero de 1997</b>		16,087	27,691	24,676	5,108	-34,546	31,744
<b>INGRESOS</b>							
Ventas						204,506	772,577
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>						204,506	772,577
<b>Saldo</b>		16,087	27,691	24,676	5,108	169,959	804,321
<b>EGRESOS</b>							
Post-larva	93,500	24,750					66,000
Alimento Balanceado	6,854	29,232	41,530	54,768	69,216	72,240	22,176
Energía Eléctrica	3,856	4,602	7,111	9,619	10,637	11,655	8,527
Combustibles	688	688	688	781	688	781	781
Materiales Diversos	250	250	250	250	250	250	516
Costos de Cosecha							5,781
Mano de Obra Directa	12,246	12,246	12,246	12,246	12,246	12,246	12,246
Impuestos a la Producción							
Otros Costos Variables	1,316	1,316	1,316	1,316	1,316	1,316	1,316
Gastos de Administración	9,753	9,863	9,425	10,138	9,852	9,425	10,117
Gastos de Oficina	1,814	1,814	1,814	1,814	1,814	1,814	1,814
Mantenimiento y Reparaciones	3,636	3,636	3,636	3,636	3,636	3,636	3,636
Costos de Comercialización						24,851	93,882
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	133,913	88,396	78,015	94,568	109,654	138,215	226,792
<b>Saldo</b>	-133,913	-72,309	-50,324	-69,892	-104,546	31,744	577,528
<b>FINANCIAMIENTO</b>							
P. Avío USD	150,000	100,000	75,000	75,000	70,000		
<b>TOTAL DEL FINANCIAMIENTO</b>	150,000	100,000	75,000	75,000	70,000		
<b>Saldo</b>	16,087	27,691	24,676	5,108	-34,546	31,744	577,528
<b>AMORTIZACIONES</b>							
P. Avío en USD							470,000
Capital Intereses							19,474
<b>TOTAL DE LIQUIDACIONES</b>							489,474
<b>Saldo</b>	16,087	27,691	24,676	5,108	-34,546	31,744	88,055

Costo por kg. de Camarón

Figura 7. Flujo de efectivo y capital de trabajo para el ciclo 97-I (enero- julio).

FLUJO DE EFECTIVO Y DETERMINACION DEL CAPITAL DE TRABAJO

2do. Ciclo					Total	Porcentaje	
Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
88,055	50,832	26,558	-10,494	-110,324			
				795,299	1,772,382		<b>INGRESOS</b>
				795,299	1,772,382	100.0%	Ventas
88,055	50,832	26,558	-10,494	684,975	1,772,382		<b>TOTAL DE INGRESOS</b>
							<b>Saldo</b>
					233,750	15.7%	<b>EGRESOS</b>
49,500					524,160	35.3%	Post-larva
28,224	35,280	47,040	58,800	58,800	103,633	7.0%	Alimento Balanceado
8,602	9,619	10,637	11,655	7,111	8,719	0.6%	Energía Eléctrica
781	688	688	688	781	5,781	0.4%	Combustibles
516	250	250	250	250	146,954	9.9%	Materiales Diversos
					42,948	2.9%	Costos de Cosecha
12,246	12,246	12,246	12,246	12,246	15,788	1.1%	Mano de Obra Directa
21,163					118,403	8.0%	Impuestos a la Producción
1,316	1,316	1,316	1,316	1,316	21,769	1.5%	Otros Costos Variables
9,425	9,425	9,425	9,425	12,131	43,634	2.9%	Gastos de Administración
1,814	1,814	1,814	1,814	1,814	215,377	14.5%	Gastos de Oficina
3,636	3,636	3,636	3,636	3,636	1,484,446	100.0%	Mantenimiento y Reparaciones
				96,643			Costos de Comercialización
137,222	74,274	87,052	99,830	216,513			<b>TOTAL DE EGRESOS</b>
-49,168	-23,442	-60,494	-110,324	468,462	287,936		<b>Saldo</b>
							<b>FINANCIAMIENTO</b>
100,000	50,000	50,000			670,000		P. Avío USD
100,000	50,000	50,000			670,000		<b>TOTAL DEL FINANCIAMIENTO</b>
50,832	26,558	-10,494	-110,324	468,462	957,936		<b>Saldo</b>
				200,000	670,000		<b>AMORTIZACIONES</b>
				6,988	26,461		P. Avío en USD Capital
				206,988	696,461		Intereses
							<b>TOTAL DE LIQUIDACIONES</b>
50,832	26,558	-10,494	-110,324	261,474	261,474		<b>Saldo</b>

Figura 8. Flujo de efectivo y capital de trabajo para el ciclo 97-II (agosto-diciembre).

Para la construcción de cada uno de los costos de producción se elaboraron submodelos y se relacionaron las celdas de la hoja de cálculo de manera que cualquier cambio en el submodelo implica un cambio en la hoja del flujo de caja o de efectivo. Los costos se estimaron en dólares, para poder comparar con otros proyectos y porque los precios internacionales del camarón están en esa divisa, además se consideró el tipo de cambio como una variable que afecta al sistema de producción y la rentabilidad del sistema.

Para la construcción de los indicadores económicos se evaluó el proyecto a un horizonte de 5 años y una tasa de descuento de 3.0% con la estructura de costos producto del análisis de flujo de caja, se estimaron valores de la TRI y el VAN.

### 5.2.1. Inversiones.

Para realizar el análisis de factibilidad económica es necesario contar con la información o activo fijo directo, por lo que se tomó la información del avalúo bancario de la empresa realizado en 1996. La estructura del activo fijo se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5. Conceptos de Inversión para la determinación del activo fijo directo.**

Conceptos de Inversión	Monto
Terrenos	394,749
Infraestructura hidráulica	1,303,853
Construcciones	133,819
Maquinaria y equipo	447,193
<b>Total valor físico o directo</b>	<b>2,279,614</b>

### 5.2.2. Financiamientos

Se consideró un financiamiento por medio de dos préstamos de avío a una tasa de interés de 8.50% compuesta por una tas Libor de 5.50% y una sobretasa de intermediación de 3.0%, con un monto de 470,000 dls. para el ciclo de cultivo 97-I. Un segundo préstamo bajo las mismas condiciones para el ciclo 97-II, con un monto de 200,000 dls.

La estructura del préstamo se muestra en la Tabla 6, incluyendo los plazos de pago y el monto de los intereses. Estos datos son considerados en el análisis de factibilidad económica.

**Tabla 6. Estructura del financiamiento al proyecto de inversión del sistema de producción.**

Prestamos	Montos	Intereses
P. Avío (Ciclo 1 de 1997)	470,000	
Vencido.	31-Jul-97	
Tasa de interés	10.75	
Libor	5.50	
Sobretasa	3.0	
Total	8.50	
	Capital US\$	Intereses
Ene-97	150,000	8,376
Feb-97	100,000	4,658
Mar-97	75,000	2,867
Abr-97	75,000	2,172
May-97	70,000	1,400
Total	470,000	19,474

P. Avío (Ciclo 2 de 1997)	200,000	
Vencido.	31-Dic-97	
Tasa de interés	10.75	
Libor	5.50	
Sobretasa	3.0	
Total	8.50	
	Capital US\$	Intereses
Ago-97	100,000	4,539
Sep-97	50,000	1,448
Oct-97	50,000	1,000
Nov-97	0	0
Dic-97	0	0
Total	200,000	6,988

### 5.2.3. Costos de Proceso y Comercialización

Se consideró el proceso de comercialización por ser el 14.5% de los costos de la empresa y porque es necesario incluirlo en el análisis de factibilidad. Los conceptos, unidad, cantidad e importe total y por kilo producido, incluyendo gastos de exportación se encuentran en la Tabla 7.

**Tabla 7. Estructura de costos de Procesos y Comercialización**

CONCEPTO	Unid.	Cantidad	\$/Unit.	Importe	US\$/kg
Hielo	kg.	1.1	0.17	0.18	0.0219
Aditivos	kg.	0.013	6.50	0.08	0.0106
Fletes	kg.	1.0	0.50	0.50	0.0625
Maquila	kg.	1.0	4.50	4.50	0.5625

### 5.2.4. Costo de la Postlarva

Este es uno de los costos mas grandes de la granja, se sembró a una densidad de 50 organismos por metro cuadrado de camarón *Penaeus stylirostris* de un laboratorio en los 42 estanques de la granja, con un costo de 5.50 dls el millar. La variable de costo de la postlarva es una de las variables que hay que analizar para determinar su sensibilidad en la rentabilidad del sistema. Los costos totales en función de la densidad, hectáreas sembradas y costo por millar de la postlarva se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Costo de la postlarva. Densidad, hectáreas y costo por millar y costo total para los dos ciclos de producción analizados.

### 5.2.5. Sub modelo de consumo de energía eléctrica

Se realizó una proyección para el gasto de energía eléctrica según los cobros realizados a la granja en los períodos anteriores, se calculo el gasto según el tipo de equipo para la determinación del consumo del equipo en KW/hr, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Equivalentes según las características del equipo en Kilowatts / hora.

Para calcular los consumos mensuales para cada tipo de equipo se calculo cuantas horas, están prendidos por días, cuantos días al me. En el caso de aireadores se consideró también el número de estanques que reciben aireación. Los cálculos se resumen en la Tabla 10.

Tabla 10. Cálculo del consumo mensual en KW por hora para cada equipo eléctrico, operados al 100%.

Con los datos de consumo mensual en Kw/hr por tipo de equipo operados al 100% y con las datos de la granja de tiempo de operación mensual expresado en porcentaje, a partir de datos históricos en los dos ciclos de cultivo, se calculó el gasto total mensual y por ciclo del consumo de energía eléctrica, como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Consumo de energía eléctrica total con base en el gasto por tipo de equipos, y los tiempos de operación mensual de cada uno .

Los datos en azul, reflejan de alguna manera el nivel de operación de la granja y son una mediada del manejo que se hace de la estanquería en la granja de producción. Criterio dentro del subcomponente tecnológico del modelo bioeconómico.

#### 5.2.6. Modelo General de operación de la granja, Ciclos I y II de 1997.

Se proyectó la operación de 22 estanques de cultivo de diferentes superficies, el número de organismos y su densidad; fecha de siembra y período de cultivo; peso inicial y crecimiento semanal, número de organismos a la cosecha y supervivencia; biomasa de cosecha, factor de conversión alimenticia, así como consumo de alimento; precio en dls. por kilogramos y los ingresos por estanque.

Se consideró el tamaño de los estanques el cual varía entre 1 y 2.25 ha, para la siembra de los organismos. Se sembraron 500,000 en los de una ha, 1'000,000 en los de 2 ha y 1'125,000 en los de 2.25 ha; resultando densidades de 50 org/m<sup>2</sup>.

Se registró la fecha de siembra variando del 7 de enero al 4 de febrero y se mantuvo el cultivo durante 24 semanas.

Se consideró el peso inicial en menos de un gramo y el crecimiento semanal como un crecimiento rectilíneo uniforme con una tasa de 0.5 gr. por semana. El peso al final del ciclo se estimó por medio de la función de la figura 9, suponiendo que el crecimiento del camarón en sus etapas tempranas de crecimiento se pudo comportar como una recta, así mismo este tipo de crecimiento es compatible con la experiencia en la granja.

$$W(t) = W_i + b \cdot t$$

$b = 0.5 \text{ gr}$                        $i = \text{semanas}$

Figura 9. Ecuación de crecimiento rectilíneo uniforme, para el modelo de operación de la granja.

Por resultados de este tipo de cultivos, llevadas a cabo en la misma granja se consideró conveniente estimar la supervivencia en un 70%, siendo esto compatible con la experiencia previa de los acuacultores

El factor de conversión alimenticia se estimó en 2.0 con fines de planeación por que en la granja se han tenido factores de conversión entre 0.89 y 3.45, con una media de 2.02 y varianza de 1.25 dependiendo de la época, la especie y la experiencia de los acuacultores de la granja en su conjunto.

El precio kilo de camarón se calculó por medio de una tabla de conversión de tallas a pesos y precio por kilo proporcionada por Ocean Garden para el 11 de mayo de 1997, considerando el tipo de cambio a \$8.00 peso por dólar. Las conversiones se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Conversión de pesos a tallas y precio por kilo de camarón (Ocean Garden, mayo 1977)

El valor de la producción y por lo tanto los ingresos por estanque se estimaron por la multiplicación de la cosecha del estanque por su precio por kilo según su talla.

La información se resume en la Tabla 13. Para el Ciclo 97-1, en donde todos los valores de las columnas se encuentran relacionados y forman parte integral del modelo bioeconómico, dado que las columnas de densidad, crecimiento, sobrevivencia y FCA, son determinados por el investigador y los costos como precio de postlarva, costo del alimento dependen de los valores establecidos por estos parámetros. Estos valores de los parámetros se consideran dentro del submodelo biológico del modelo bioeconómico. La programación de la operación de la estanquería del ciclo 91-II se presenta en la figura 14. Bajo las mismas consideraciones.

### 5.2.7. Submodelo de Consumo del Alimento

Con la información generada en la proyección de la operación se tiene una estimación del consumo del alimento al final del período por estanque de cultivo, para hacer el cálculo del costo del alimento mensual e integrarlo a los costos de operación, se consideró un consumo del alimento diferencial por mes con base en la experiencia de los acuacultores de la granja. El cálculo del costo del alimento mensual para el ciclo 97.I se presenta en la tabla 15.

Tabla 15. Estimación del costo total mensual de alimento para el ciclo 97-I  
Consumo del Alimento

De igual manera se calcularon los costos totales mensuales de alimento para el ciclo 97-II los cuales se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. Estimación del costo total mensual de alimento para el ciclo 97-II  
Consumo de alimento

Los valores de los costos de los alimentos mensuales se integran al análisis del flujo de caja, que se muestra en las figuras 7 y 8.

### 5.3. Evaluación Económica del Proyecto

Con toda la información generada e integrada en la hoja de flujo de efectivo se procedió a determinar, el estado de resultados, el punto de equilibrio y el análisis financiero con sus indicadores de rentabilidad (TIR y VAN).

#### 5.3.1. Estado de resultados

El estado de resultados es integración de los ingresos y los egresos, divididos en de operación, administrativos y de financiamiento, de manera de calcular el resultado de la operación antes de impuestos y el resultado neto después de éstos. Los resultados del análisis se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Estado de resultados de la operación de la empresa con un horizonte a cinco años.

Con fines de evaluación financiera se consideran costos y precios constantes (Parkin, M., 1996)

#### 5.3.2. Determinación del Punto de Equilibrio

Parkin, M. (1996), define como Punto de Equilibrio al punto de nivel de producción en donde los costos totales sean iguales a los ingresos totales y puede darse el caso que se encuentren varios puntos de este tipo. Dicho de otra manera el nivel de producción en donde empiezas a ganar. La metodología definida por el autor, establece que es necesario determinar los costos fijos y variables y el costo total, como se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Determinación de costos fijos y variables de la empresa, para el análisis de punto de equilibrio

Se determinó el precio de venta por unidad ( $\text{Ingresos totales} / \text{producción total}$ ), el costo variable por unidad ( $\text{costo variable total} / \text{producción total}$ ) y el punto de equilibrio, como se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Determinación del punto de equilibrio económico del sistema de producción.

#### 5.4. Evaluación financiera del proyecto, indicadores de rentabilidad.

Para la integración de los flujos necesarios para el análisis financieros, se consideró la información de financiamiento, estados de resultados (balance de costos de operación e ingresos), inversiones, amortizaciones. El proyecto está evaluado a un Horizonte de Evaluación de 5 años y la tasa de descuento de 3% Coss, B. (1996)

El análisis financiero muestra que el proyecto es capaz de pagar el préstamo y ser viable, ya que los indicadores de rentabilidad resultaron positivos, el valor actual neto es de \$ 287,306.00 mn y la tasa interna de retorno es de 5.4 %. La información relativa al análisis financiero se presenta en la Tabla 20.

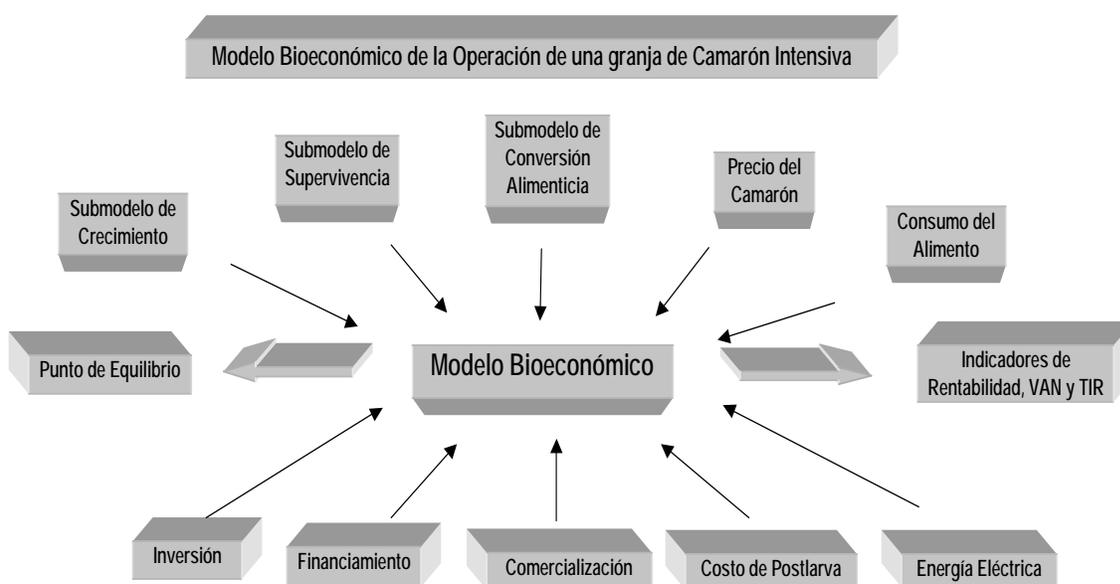


Figura 10. Diagrama del Modelo Bioeconómico de la operación de una granja de producción de camarón intensiva.

#### 5.5. Validación del Modelo de Producción

##### 5.5.1. Validación estructural empírica.

La validación estructural empírica es la que se realiza cuando se comparan los valores utilizados para los parámetros del sistema, con datos reales producto de la operación anterior de la granja o con los reportados en la literatura.

Se analizan todos los costos y variables de operación incorporados en el modelo, la fuente donde se obtuvieron o si fueron generados ex profeso y las consideraciones que respaldan su utilización, se subdividen en tres: Costos de operación, Modelo de operación y Evaluación del proyecto. Los resultados se muestran en la Tabla 21.

Un diagrama que resumen el modelo bioeconómico de la operación de la granja intensiva de camarón en Escuinapa Sin. Se presenta en la Figura 10.

Tabla 21. Validación estructural empírica del modelo de producción de la granja.

Se considera que en general el sistema tiene “coherencia” en su estructura con el sistema real.

#### 5.5.2. Validación Estructural Teórica

Para la validación estructural teórica se llevó a cabo un análisis de sensibilidad: Se determinarán las variables control del sistema y se aplicaron valores max-min, con intervalos porcentuales de 5 y 10% del valor del parámetro especificado tanto positivo como negativo, para cada uno de ellos, se evaluaron las variables de salida del modelo y determinando con ello la sensibilidad del modelo a diversas variables de control.

##### 5.5.2.1. Determinación de las variables del sistema para el análisis de sensibilidad

Se decidió con base en la estructura del modelo del sistema que las variables de supervivencia, crecimiento y factor de conversión alimenticia eran variables de las que dependía en sí el submodelo biológico por lo que se integraron al análisis con los valores de 70%, 0.5 gr de crecimiento semanal y 2.0 respectivamente.

El Costo de la Postlarva, Costo del Alimento y Tipo de cambio son las variables que determinan los cambios en la estructura de costos, por ser las que afectan los componentes de mayor importancia relativa. Se fijaron los valores iniciales en 5.50 dls/millar el primero, 0.80 dls/kg. El segundo y \$8.00 pesos/dólar el tercero.

Las variables de salida del sistema de producción son Producción anual total y Utilidad Anual como criterios de producción; el Punto de equilibrio, la Tasa Interna de Retorno y el Valor Actual Neto como criterios de rentabilidad.

El resultado del análisis de sensibilidad de las variables de control contra los criterios de producción y de rentabilidad se presentan en la Tabla 22,

Tabla 22. Análisis de sensibilidad de las variables de control del modelo y sus indicadores de producción y rentabilidad.

Para evaluar el efecto de las variaciones de las variables de control en las variables de evaluación tanto de producción como de rentabilidad se estimó el índice de elasticidad de las variables que es una medida adimensional que mide el incremento porcentual de cambio unitario de la variable de evaluación por cada cambio unitario porcentual de las variables de control. El resultado se presenta en la Tabla 23.

Tabla 23. Elasticidades de las variables de control del modelo y sus indicadores de producción y rentabilidad.

El índice de elasticidad se extrae de la diferencia entre el valor del estado basal del sistema analizado y la diferencia de los incrementos porcentuales en las variables de control. Las relaciones de elasticidad son a adimensionales y los números en rojo indican relaciones inversas.

## 6.0 Discusión

### 6.1. Descripción General de Sistema de Producción

En el período de evaluación se cultivo la especie *Liptoenaeus stylirostris*, a diferencia de la *L. vannamei*, por ofrecer mejores condiciones de sanidad y de abastecimiento de postlarva certificada en laboratorio. Habiendo existido experiencias en la propia granja sobre esa especies y teniendo buenos resultados.

Se describió a detalle los flujos de actividades, decisiones y comportamiento de todos los procesos llevados a cabo en la fase de operación de la granja de producción intensiva de camarón. El objetivo del análisis descriptivo de las actividades era determinar cuales eran las actividades que implicaban la ejecución de decisiones que eran relevantes en la ejecución de la operación. Es decir que decisiones tenían un efecto de importancia sobre el desarrollo de la actividad de cultivo.

Se utilizó una metodología cuya fase gráfica describe los procesos y muestra los puntos donde se toman decisiones describiendo éstas y los flujos que se deriven de ellas. Generalmente estos puntos son en donde hay que poner atención y donde están las variables que se deben de incluir en los modelos.

En la Tabla 3. Se describen los componentes del sistema o puntos críticos que determinan el flujo de la actividad, idealmente estos puntos deberían de ser integrados en un modelo, sin embargo en las granjas de producción difícilmente se lleva un registro detallado de este tipo de información. Para poder generar una base de éste tipo sería necesario realizar una planeación que compilara la información necesaria.

Si bien la empresa cuenta con un registro muy bueno de sus actividades el objetivo del registro no es con fines de modelar la actividad, sino con un fin mas enfocado a las actividades de producción, encaminadas a su administración.

Por lo tanto fue necesario determinar que información de la existente en las base de datos de la granja, se podría usar para el desarrollo del modelo Tabla 3. En cada una de las actividades hay acciones y decisiones relevantes, sin embargo poca información necesaria se encuentra registrada.

La información de las variables que se consideran relevantes en la construcción del modelo y que se encuentra disponible es la siguiente: Tamaño de los estanques, densidad de siembra, crecimiento y estructura de tallas, alimentación, oxígeno, temperatura, transparencia, salinidad y pH. Por otro lado se tiene la estructura de costos de operación de la empresa para un ciclo anual considerando: Post-larva, Alimento Balanceado, Energía Eléctrica, Combustibles, Materiales Diversos, Costos de Cosecha, Mano de Obra Directa, Impuestos a la Producción, Otros Costos Variables, Mantenimiento y Reparaciones y Costos de Comercialización.

Esta información esta agregada de tal manera que puede ser susceptible de integrarse en un modelo bioeconómico, adicionalmente se cuenta con información de varios ciclos anteriores y por lo tanto con la experiencia del comportamiento de los diferentes componentes del sistema de producción.

Otra herramienta que no permite concluir cuales de las actividades relevantes es el peso que tienen en la estructura de costos de la empresa, es decir el porcentaje del total de costo que implica cada actividad.

Como se observa en la Tabla 4, los costos mas importantes en este sistema de producción son el alimento balanceado y el costo de la postlarva, se pondrá especial énfasis en el impacto de las variables del modelo en el comportamiento de estos costos de producción.

## 6..2. Modelo bioeconómico de flujo de caja.

La estrategia de modelación elegida entre un sin numero de opciones es la de análisis de flujo de caja, que entre sus ventajas ofrece una estructura clara de los costos de producción por capítulos de cuenta, que casi en cualquier empresa de cultivo semi e intensivo de producción se cuenta con ella. Cada uno de los capítulos está relacionado a las actividades de la empresa y mientras mas desmenuzado el gasto mejor control de ellos es posible.

Los capítulos de cuenta, costo de cosecha o combustible, son sujetos de modelación independiente con libertad en los supuestos de su generación, porque lo que se integra al flujo de caja es los costos mensuales en su capítulo correspondiente. Esta metodología ofrece enormes ventajas de incorporarse a las granjas como un mecanismo que ayude a la toma de decisiones a diferencia de la programación dinámica o dinámica de sistemas que requieren de una capacitación muy especializada, no fácil de adquirir en el mercado académico.

Uno de los resultados de la integración de la información en un flujo de caja es que sus datos de salida son insumo de los análisis económicos y financieros de factibilidad, así como para la determinación del punto de equilibrio.

La integración del modelo bioeconómico con todos sus submodelos se describe gráficamente en la figura 10.

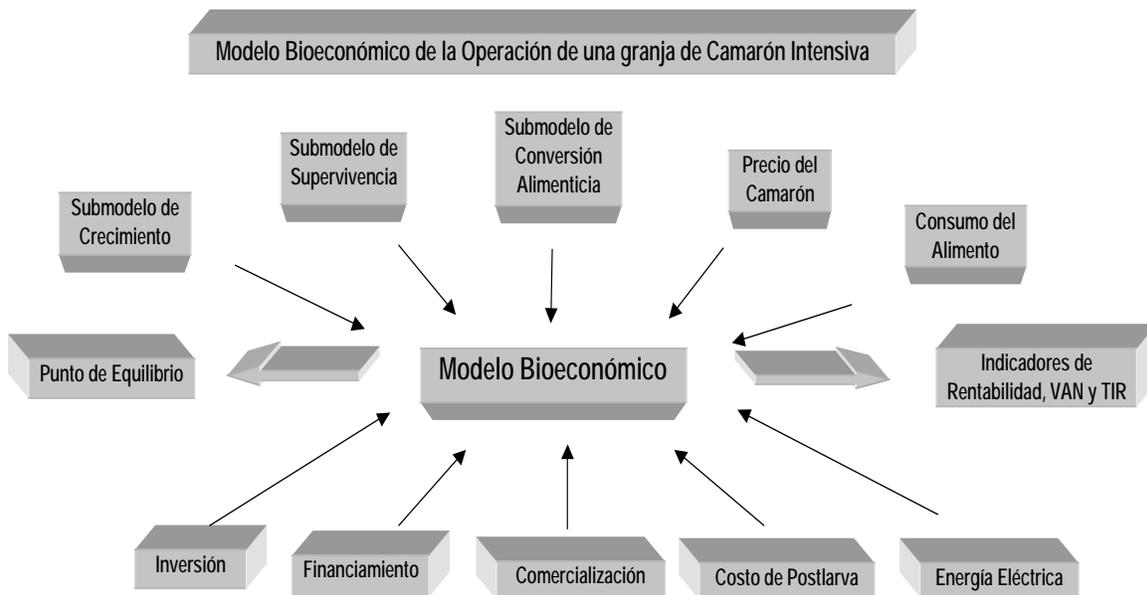


Figura 10. Diagrama del Modelo Bioeconómico de la operación de una granja de producción de camarón intensiva

Se integraron submodelos o estimaciones de diferentes componentes de la estructura de costos, como son los costos de Inversión, que se obtuvo de un avalúo de la granja del año de 1996. La estructura de Financiamiento, se consideró de la asignación de un préstamo vigente en la granja para ese período, los datos son reales proporcionados por el gerente de la granja.

Los costos y Procesos de Comercialización, se actualizaron precios y conceptos del período anterior, por lo que también es real. El modelo de costo de la postlarva, es con base en la definición de la densidad de siembra, el número de hectáreas y el precio que corre en el mercado en esa fecha, para los dos ciclos, La densidad se establece como de 50 org/m<sup>2</sup> por experiencias anteriores con buenos resultados de producción y mortalidad.

Se elabora un submodelo para los costos de energía eléctrica, con base en los datos de las capacidades de los diferentes equipos (bombeo, usos generales y aireación) usados en la granja. Se determina el gasto eléctrico en Kw/hr por tipo equipo, se incorpora una tabla de utilización del equipo mensual como un criterio de manejo de la estanquería y con base a esto se calcula el costo mensual.

Así mismo se generaron submodelos relacionados a los componentes de alimentación y crecimiento. El submodelo de crecimiento, se generó con base en los datos históricos de los

muestreos quincenales en la granja en operaciones anteriores, considerando un modelo de crecimiento rectilíneo uniforme, para el período de cultivo, que se considera dentro de las primeras fases de crecimiento de camarón. El modelo supone un crecimiento uniforme a razón de 0.5 gr/semana.

Dentro de los datos que se toman en la granja de los muestreos poblacionales se determina el peso promedio y se le da seguimiento para cada estanque y durante todo el ciclo, por lo que se cuenta con información para generar un modelo que mejor responda al crecimiento del camarón, dado que la experiencia de Tian, X. et al (1993) en donde compara diferentes funciones de crecimiento incluida la de Bertalanfy y su efecto en estimaciones de indicadores de factibilidad económica, concluyendo que existe una subestimación de los indicadores cuando no se usa la ecuación adecuada. Por lo mismo se considera conveniente hacer las corridas necesarias con los datos de crecimiento y determinar el modelo de crecimiento que mejor explica los datos e introducir la función al submodelo de crecimiento.

Con relación a la supervivencia se estableció con base en los datos históricos de los muestreos para la cosecha en operaciones anteriores, que una tasa de supervivencia del 70% es compatible con los resultados anteriores de la granja y que ésta puede ser constante a lo largo del período.

Dado que se tienen muestreos semanales de las tallas del camarón por estanque, es posible a partir de la metodología propuesta por Jones y Van Zalinge (1983) para la determinación de la tasa instantánea de mortalidad a partir de curvas de captura con datos de estructura de tallas.

Esta metodología implica graficar  $\ln(C(t_i, t_2)/\text{inc } t)$  vs  $t(1) = t_0 - 1/k \ln(1 - l_{\text{max}})$  y calculando la pendiente de la recta de regresión de los datos del bajante de la curva, se tiene una estimación de la mortalidad total que en este caso por tratarse de acuicultura es equivalente a la natural. Fig. 11.

Figura 11. Curva de captura de una serie de datos de tallas según Jones y Van Zalinge (1983)

Por lo mismo se considera conveniente hacer las corridas necesarias con los datos de las estructuras de tallas de los muestreos y determinar el las tasas de mortalidad para cada uno de los estanques en el período de estudio e introducir los datos al submodelo de supervivencia

El submodelo para el factor de conversión alimenticia, se generó a partir de los registros anuales de cantidad de alimento proporcionado y peso de la cosecha, se observan valores que van entre .89 y 3.45, con una media de 2.02 y varianza de 1.25. El valor de 2.0 es compatible con el promedio de los resultados de la granja y se considera constante a lo largo del período.

De igual manera es conveniente introducir una variable estocástica que describa el comportamiento del parámetro, mas acorde con la realidad.

Para poder determinar el precio del camarón en función del peso de cosecha se estructuró un Submodelo de Costo de camarón (kg), con base en una lista de precios de camarón proporcionada por Ocean Garden para el 11 de mayo de 1997, con la estructura de la tabla de equivalencias de peso, tallas y precio de camarón el sistema es capaz de tomar la decisión del precio de acuerdo al peso de cosecha.

El submodelo de consumo del alimento está basado en una tabla de consumo diferencial del alimento por mes, que se elaboró con base en la experiencia de los acuacultores, Se liga la columna de consumo de alimento del modelo de operación a la tabla de consumo diferencial de alimento y se calcula el consumo y costo mensual por ciclo de operación. Estos consumos se integran directamente en la hoja de flujo de caja.

La estructuración de la tabla de consumo diferencial es una forma de incorporar las estrategias para la alimentación de los organismos dentro del modelo, ya que se genera en términos del porcentajes de asignación del alimento en forma mensual y éste porcentaje es decidido por el acuacultor.

Toda la información de los submodelos se incorpora en la proyección de la operación de la estanquería para los 97-I y II para las 42 ha de cultivo, en donde todos los valores de las columnas se encuentran relacionados y forman parte integral del modelo bioeconómico, dado que las columnas de densidad, crecimiento, sobrevivencia y FCA, son determinados por los submodelos correspondientes así como los costos como precio de postlarva, costo del alimento dependiendo de los valores establecidos para estos parámetros. Estos valores de los parámetros se consideran dentro del submodelo biológico del modelo bioeconómico. Así mismo la información de producción se liga al flujo de caja para determinar el nivel de producción y los ingresos.

### 6.3. Evaluación del proyecto, punto de equilibrio, indicadores de rentabilidad VAN y TIR

Resultado del modelo de operación de la granja y del análisis de resultados, se determinó el punto de equilibrio de acuerdo a Parkin, M. (1996). El resultado es de \$239,191.00 dls. éste valor se incorpora en el análisis de sensibilidad para la validación del modelo.

Resultado del modelo de operación de la granja y del análisis de resultados, Se determinaron los indicadores VAN y TIR de acuerdo a Coss, B., (1996), bajo un horizonte de evaluación de 5 años y una tasa de descuento del 3%, éstas condiciones son establecidas para un préstamo que operaba en ese momento en la granja. El análisis financiero muestra que el proyecto es capaz de pagar el préstamo y ser viable, ya que los indicadores de rentabilidad resultaron positivos, el valor actual neto es de \$ 35,913.00 dls y la tasa interna de retorno es de 5.4 %. Estos valores se incorpora en el análisis de sensibilidad para la validación del modelo.

### 6.4. Validación del Modelo de Producción

#### 6.4.1. Validación estructural empírica.

Se analizaron todos los costos y variables de operación incorporados en el modelo, la fuente donde se obtuvieron o si fueron generados ex profeso y las consideraciones que respaldan su utilización, se subdividen en tres: Costos de operación, Modelo de operación y Evaluación del proyecto. En general el conjunto de los parámetros de los submodelos son estimaciones de la actividad real de la granja, las incorporaciones o consideraciones teóricas como el consumo del alimento como un reflejo de la estrategia de alimentación y la tabla de uso de energía como una estrategia de manejo de estanquería son también respaldadas por la experiencia de los acuacultores responsable de la granja.

La modelación del sistema en su conjunto muestra “coherencia” con el comportamiento real del sistema y por lo tanto es válido.

#### 6.4.2. Validación Estructural Teórica

Para la validación estructural teórica se llevó a cabo un análisis de sensibilidad: Se determinaron las variables de control del sistema y se aplicaron de valores max-min, con intervalos porcentuales de 5 y 10% del valor del parámetro especificado tanto positivo como negativo, para cada uno de ellos, se evaluaron las variables de salida del modelo y determinando con ello la sensibilidad del modelo a diversas variables de control. Se decidió con base en la estructura del modelo del sistema que las variables de supervivencia, crecimiento y factor de conversión alimenticia eran variables de las que dependía en sí el submodelo biológico por lo que se integraron al análisis con los valores de 70%, 0.5 gr de crecimiento semanal y 2.0 respectivamente.

El análisis de sensibilidad debe hacerse con respecto al parámetro mas incierto o del que mas variación se espere. Es conveniente determinar que tan sensible son los indicadores de rentabilidad a esos variables por la falta de certidumbre en su comportamiento (Coss, B., 1996)

El Costo de la Postlarva, Costo del Alimento y Tipo de cambio son las variables que determinan los cambios en la estructura de costos, por ser las que afectan los componentes de mayor importancia relativa. Se fijaron los valores iniciales en 5.50 dls/millar el primero, 0.80 dls/kg. El segundo y \$8.00 pesos/dólar el tercero. Las variables de salida del sistema de producción son Producción anual total y Utilidad Anual como criterios de producción; el Punto de equilibrio, la Tasa Interna de Retorno y el Valor Actual Neto como criterios de rentabilidad.

Para evaluar el efecto de las variaciones de las variables de control en las variables de evaluación tanto de producción como de rentabilidad se midió la elasticidad de las variables que es el incremento porcentual de cambio unitario de la variable de evaluación por cada cambio unitario porcentual de las variables de control. Las elasticidades de extraen de la diferencia entre el valor del estado basal del sistema analizado y los resultados de los incrementos en las variables de control.

La lectura de las elasticidades con relación a los incrementos de los porcentajes de las variables debe de hacerse de la siguiente manera, por cada unidad porcentual de incremento varia la variable de control en una unidad porcentual igual al índice de elasticidad.

Con fines de análisis y de facilitar la discusión sólo comentaré los valores de 10% y -10%, con relación a cada variable de control y las elasticidades de los indicadores de producción y rentabilidad.

La supervivencia. Se observa un resultado muy lógico pues a medida que aumenta la supervivencia la producción total aumenta, desciende el punto de equilibrio. La utilidad y la TIR aumentan aproximadamente 1.5 puntos por cada aumento en la supervivencia y el VAN aumenta 2.24 veces y se vuelve negativo cuando la supervivencia decrece 10%. El modelo es sensible a la supervivencia, es necesario enfocar el esfuerzo a mantener ésta en los niveles superiores a 70%.

El crecimiento semanal. El comportamiento del crecimiento semanal es muy similar al de la supervivencia, con relación a la producción anual total, sin embargo con relación al punto de equilibrio cuando decrece de 0.50 gr/semana se vuelve negativo, aunque cuando crece el punto de equilibrio se ve medianamente afectado. No así la utilidad la TIR y el VAN que son muy sensibles a los cambios en el crecimiento semanal. por lo que es necesario realizar prácticas que permitan mantener ese nivel. Sistemas de precría, estrategias de alimentación , mejora la calidad del alimento y el mantenimiento de la calidad del agua de los estanques son de vital importancia para mantener esos niveles de crecimiento.

A la luz de este resultado se vuelve importante la elaboración del modelo de crecimiento con los datos existentes en la granja, para poder mejorar el modelo y elevar su predictibilidad.

Como se observa en la Tabla 23. El FCA no tiene ningún impacto sobre el nivel de producción, no así sobre los demás parámetros. Es coherente el descenso en el FCA con el descenso en el punto de equilibrio, así como la utilidad anual que aumenta 1.30 veces por cada punto porcentual que desciende el FCA. El valor del VAN es el que es mas sensible al aumento de la FCA. Cuando decrece el valor del FCA, tiene un efecto directo sobre la rentabilidad.

Al igual que el FCA el costo de la postlarva no tiene efecto sobre la producción anual y un impacto muy moderado y similar para la utilidad y la TIR , teniendo mayor impacto cuando baja que cuando tiene valores altos. Sin embargo el mayor impacto lo tiene sobre el VAN, que tiene un incremento de 1.29 cuando el valor de valor del costo de las postlarva desciende 10%. Esto quiere decir que si se consigue postlarvas mas baratas se tiene un impacto inmediato en la rentabilidad. Un efecto importante es que si se compra hasta un 10% mas cara el impacto en la utilidad y la rentabilidad es escaso. Esto nos da ventaja de comprar postlarva mas cara, y por lo tanto mas grande, mejorando las condiciones del cultivo porque se tienen menores mortalidades y la fase de crecimiento es mas corta, reduciendo los costos. Este es un importante resultado para el manejo de la granja.

El costo del alimento se comporta inversos con relación a la utilidad, TIR y VAN, cuando se tienen valores altos del valor del alimento se tiene un impacto bajo en las variables mencionadas, y por el contrario cuando baja el costo del alimento los aumentos en la rentabilidad son considerables en todos los indicadores principalmente en el VAN. Quiere

decir que es importante dedicar un tiempo a conseguir buen alimento a mejores precios o a buscar alternativas alimenticias que mejoren la rentabilidad.

El tipo de cambio al igual que el costo del alimento no tiene impacto alguno en el nivel de producción y cuando decrece el tipo de cambio el monto de equilibrio se incrementa en un 1.17 por unidad porcentual. La utilidad, la TIR y el VAN se comportan de igual manera, siendo muy sensibles a los cambios en la variable. Cuando éste sube la rentabilidad se incrementa intensamente y por el contrario cuando decrece el proyecto puede dejar de ser rentable. Este es un problema general de los proyectos dolarizados, las alternativas son: particionar el mercado con el interno y buscar alternativas financieras no dolarizadas, así como esquemas de aseguramiento de la producción.

Este tipo de análisis permite tener una medición muy buena del impacto de las variables definidas por el usuario sobre el sistema modelado, siendo ésta una herramienta poderosa para la toma de decisiones.

### Conclusiones

La estrategia utilizada en este trabajo es sencilla, se puede instrumentar una hoja de cálculo en un ordenador de mediana capacidad y no requiere conocimientos muy especializados sobre modelación y simulación, que son difíciles de obtener en el mercado de capacitación institucional, por otro lado, el personal contratado para la administración de la granja en participación con el biólogo responsable son capaces de elaborar, instrumentar todas las base de datos que se requieren para la definición, elaboración e instrumentación del modelo bioeconómico.

Se pueden incorporar metodologías nuevas al sistema e integrarlos haciendo las modificaciones respectivas en los submodelos de manera que los resultados se pueden comparar con la situación del sistema previa a la instrumentación de la tecnología y tomar una decisión sobre ésta. Se reducen los tiempos para la toma de decisiones a bajo costo.

Es fácil de incorporar a la práctica cotidiana en las granjas, tiene como insumo el conocimiento general que de la actividad tienen los acuacultores, que es incorporada en cada una de las fases de definición del modelo, adicionalmente dado que utiliza el flujo de caja como corazón del modelo se pueden modificar los submodelos según se valla avanzando en el conocimiento del sistema sin que se tenga que modificar el modelo en su conjunto.

Y por último tienen dos estrategias de validación del modelo que proporcionan medidas muy formales del impacto de las variables en los indicadores de producción y rentabilidad.

Se cumplen los objetivos del análisis bioeconómico, ya que:

Se evaluó un sistema de producción complejo describiéndolo completamente y partiendo de la experiencia adquirida por los propios usuarios de la información y de la información generada anteriormente por el propio sistema.

En un medio de complejidad biológica y numerosos medios físicos para satisfacer requerimientos biológicos, se definió un sistema de producción y se determinaron cuales eran las variables del sistema que permite lograr la mejor combinación de factores que potencialmente produzcan el mayor beneficio, utilidad y retorno de la inversión.

Se generaron líneas de investigación que se necesita realizar acerca del sistema de cultivo para obtener información que provea más credibilidad en la estimación de los costos o ventajas a nivel técnico, que reditúen en mayor rentabilidad económica.

## Recomendaciones

1.- Con base en el análisis cualitativo inicial del sistema y del cruce de la matriz de actividades contra los datos disponibles, se propone desarrollar un sistema de captación de información que permita la incorporación de información relevante en el desarrollo del modelo.

2.- La metodología de Análisis de Fuljo de Caja es una herramienta de modelación que ofrece muchas ventajas sobre las alternativas tradicionales de simulación, por ser de fácil acceso, sencilla planeación, desarrollo, instrumentación y evaluación en las granjas de producción.

3.- Con base en el análisis de sensibilidad se considera conveniente hacer las corridas necesarias con los datos de crecimiento y determinar el modelo de crecimiento que mejor explica los datos e introducir la función al submodelo de crecimiento. De igual manera se considera conveniente hacer las corridas necesarias con los datos de las estructuras de tallas de los muestreos y determinar las tasas de mortalidad para cada uno de los estanques en el período de estudio e introducir los datos al submodelo de supervivencia

Para el caso del FCA que resulto srr una variable relevante en el sistema se considera conveniente introducir una variable estocástica que describa el comportamiento del parámetro, mas acorde con la realidad, dado que se tienen valores de su media y varianza.

4.- Con relación a los resultados de sensibilidad de la supervivencia se concluye que es una variable sensible y que es necesario enfocar los esfuerzos a mantener la sobrevivencia en niveles superiores a 70% y por otro lado abrir líneas de investigación para garantizar al menos éstos niveles o superiores.

5.- La utilidad, el VAN y el TIR son los parámetros más sensibles a los cambios en el crecimiento semanal, por lo que es necesario realizar prácticas que permitan mantener ese nivel. Estrategias como los sistemas de precría, estrategias de alimentación , mejora la calidad del alimento y el mantenimiento de la calidad del agua de los estanques son de vital importancia para mantener esos niveles de crecimiento.

6.- En el caso del costo de la postlarva, un efecto importante es que la variable cuando se le aumenta el 10% al costo, el impacto en la utilidad y la rentabilidad es escaso. Se

recomienda comprar postlarva mas cara, y por lo tanto mas grande, mejorando las condiciones del cultivo porque se tienen menores mortalidades y la fase de crecimiento es mas corta, reduciendo los costos. Este es un importante resultado para el manejo de la granja.

7.- El costo del alimento tiene un efecto muy pequeño cuando aumenta y muy intenso cuando decrece, lo cual sugiere poner énfasis en las estrategias de compra del alimento o en buscar alternativas alimenticias que iguallen en los rendimientos pero que mejoren la rentabilidad, siendo ésta una línea de investigación que instrumentar.

8.- Dado la alta sensibilidad del proyecto al tipo de cambio, cuando éste sube la rentabilidad se incrementa intensamente y por el contrario cuando decrece el proyecto puede dejar de ser rentable. Se proponen alternativas como particionar el mercado con el interno y buscar alternativas financieras no dolarizadas, así como esquemas de aseguramiento de la producción.

## Bibliografía

Alatorre, F.M. (1998). La Acuicultura en México: un sector del futuro. Ed. Panorama Acuícola. México. 175 pp.

Alvares T.P.; Hernández M.M.;Díaz L.C.; Romero B.E.; LyleF.L., (2000). Camarón. Estado de Salud de la Acuicultura en México. Instituto Nacional de la Pesca. Dirección General de Investigación en Acuicultura. SEMARNAP.1-68 pp.

Allan, G.L.; Maguire, G.B., (1992). Effects of stocking density on production of *Penaeus monodon* Fabricius in model farming ponds. AQUACULTURE. 1992. vol. 107, no. 1, pp. 49-66.

Allen, P.G.; Johnston, W.E., (1976). Research direction and economic feasibility: an example of systems analysis for lobster aquaculture. Aquaculture, 9: 155-180 pp.

Ajithkumar, V.; Panikkar, K.K.P., (1993). An analysis of factor- product relationship in prawn farming: A production function approach. MARICULTURE RESEARCH UNDER THE POSTGRADUATE PROGRAMME IN MARICULTURE. PART-3 Rengarajan, K.;Noble, A.;Prathibha;Kripa, V.;Sridhar, N.;Zakhriah, M. eds. COCHIN INDIA CMFRI 1993 vol. 54 pp. 85-93.

Araneda, G., (1990). Utilization of *Leucaena leucocephala* in balanced diets for penaeid shrimps. INVEST.-MAR.-CICIMAR 1990 vol. 5, no. 1 esp, pp. 39-46.

Arnason R., (1992). Optimal Feedings Schedules and Harvesting Time in Aquaculture. Marine Resource Economics, Vol. 7(1): 15-35 pp.

Asari, T. N. S., (1995). Production models for potential shrimp farming in Kerala. FISH.-CHIMES 1995 vol. 15, no. 5, pp. 45-46.

Avalle, O.; Jeppesen, G., (1993). Technical and economic viability study on the establishment of a commercial shrimp farm at Costa do Sol, Maputo, (Mozambique). Report prepared for the project "Support to the Fisheries Development Programme and Aid Coordination. FAO, Rome (Italy). 1993 105 pp.

Babu, K.R.R.; Ganapathy, G., (1988). Criteria for establishing economically viable prawn farming in India. SEAFOOD EXPORT J. 1988. vol. 20, no. 6, pp. 5, 7-8.

Baca, U. G., (1995). Evaluación de Proyectos. McGraw-Hill Interamericana de México. México 3ª ed. 339 p.

Barrena-Vazquez, B., (1987). La camaronicultura, practica reciente en México. ACUAVISION. 1987. vol. 2, no. 8, pp. 4-7.

Bailly D.; Lagos P., (1991). Aquaculture Economics: identification and management of producton cost. AQUACULTURE EUROPE '89 – BUSINESS JOINS SCIENCE. N. de Pauw and R. Billard (Eds.) European Aquaculture Society. No 12: 360-369 pp.

Bailly, D., (1991). Bioeconomic modelling and resource distribution (workshop report). THE ECOLOGY AND MANAGEMENT ASPECTS OF EXTENSIVE MARICULTURE. Lockwood, S.J. ed. 1991. vol. 192 pp. 247-248.

Bosch D.J.; Shabman L.A., (1990). Simulation Modeling to Set Priorities for Research on Oyster Production. Amer. J. Agr. Economics. Vol 1:371-381 pp.

Boyd, C.E. , (1982). Water Quality Management for Pond Fish Culture. Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, 319 pp.

Brock, J.A.; Main, K.L., (1994). A guide to the common problems and diseases of cultured Penaeus vannamei. HONOLULU, HI USA OCEANIC INSTITUTE 1994 242 pp.

Børndal, T., (1988). Optimal Harvesting of Farmed Fish. Marine Resource Economics, Vol. 5(2): 139-159 pp.

Cacho, O.J.; Hatch, U.; Kinnucan, H., (1990). Bieconomics analysis of fish growth: effects of dietary protein and ration size. Aquaculture. 88:223-238 pp.

Cacho, O.J.; Kinnucan, H.; Hatch, U., (1991). Optimal control of fish growth. AM. J. AGRIC. ECON. 1991. vol. 73, no. 1, pp. 174-183.

Cano, C.A.; Luque D.E., (1995). La Modelización de la Empresa Acuícola. Ministerio de Agricultura, Pesca y Agricultura. Seminario de Acuicultura y Economía. G. Ruiz Bravo y Ruiz Molina A. (eds). Universidad de Málaga, Esp. Vol. 1: 287-311 pp.

- Castille, F.L.; Samocha, T.M.; Lawrence, A.L.; He, H.; Frelier, P.; Jaenike, F., (1992). Variability in growth and survival of early postlarval *Penaeus vannamei*, Boone (1931). *AQUACULTURE '92: GROWING TOWARD THE 21st CENTURY*. 1992. p. 58.
- Clifford, H.C.,III., (1994). Semi-intensive sensation. A case study in marine shrimp pond management. *WORLD AQUACULT.* 1994 vol. 25, no. 3, pp. 6-13.
- Coss B., (1996). Análisis y evaluación de proyectos de inversión. LIMUSA-NORIEGA ed. México. 375 pp
- Cruz, P. S., (1991). Shrimp feeding management. Principles and practices. DAVAO CITY PHILIPPINES KABUKIRAN ENTERPRISES, INC. 1991 57 pp.
- Cruz Torres, M. L., (1996). Shrimp mariculture development in two rural Mexican communities. *AQUACULTURAL DEVELOPMENT: SOCIAL DIMENSIONS OF AN EMERGING INDUSTRY*. Bailey, C. ;Jentoft, S. ;Sinclair, P. eds. BOULDER, CO USA WESTVIEW PRESS, INC. 1996 pp. 171-192.
- Chen, H.; Hu B.; Charles A.T., (1995). Chinese integrated fish farming: a comparative bioeconomic analysis. *Aquaculture Resarch*. No. 26: 81-94 pp.
- Cheriyann, K.P.; Asari, T.N.S., (1995). Site suitability and economic advantage of semi-intensive shrimp farming in Kerala. *FISH. CHIMES* vol. 14, no. 12, pp. 19-20.
- Chong, K. C., (1992). Improving profitability of shrimp aquaculture. *PROCEEDINGS OF THE 3RD GLOBAL CONFERENCE ON THE SHRIMP INDUSTRY*. HONG KONG, 14-16 SEPTEMBER 1992. de Saram, H.;Singh, T. eds. KUALA LUMPUR MALAYSIA INFOFISH 1992 pp. 81-98.
- Dierberg, F.E.; Kiattisimkul, W., (1996). Issues, impacts, and implications of shrimp aquaculture in Thailand. *ENVIRON. MANAGE.* 1996 vol. 20, no. 5, pp. 649-666.
- De Silva, J.A.; Jayasinghe, J.M.P.K., (1993). The technology and economics of small scale commercial shrimp farms in the west coast of Sri Lanka. *J. AQUACULT. TROP.* 1993 vol. 8, no. 2, pp. 141-149.
- Dong, Yonghong, (1992). The multi-variable multinomial regression model and its use in freshwater fishery (aquaculture). *J. ZHEJIANG COLL. FISH. ZHEJIANG SHUICHAN XUEYUAN XUEBAO*. 1992. vol. 11, no. 2, pp. 123-133.
- Duerr, E.O.; Walsh, W.A., (1993). Loading rate effects on water quality and biological performance of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) in small scale culture. *FROM DISCOVERY TO COMMERCIALIZATION*. Carrillo, M.;Dahle, L.;Morales, J.;Sorgeloos, P.;Svennevig, N.;Wyban, J. eds. OOSTENDE BELGIUM EUROPEAN AQUACULTURE SOC. 1993 no. 19 p. 128.

Ellson, R.W., (1984). The potential economic effects of aquaculture on a regional economy. SHRIMP AQUACULTURE IN THE CARIBBEAN BASIN: PROSPECTS AND CONSTRAINTS. Vernberg, F.J.;Taniguchi, A.K.;Russell, F.A.;Chappell, J.A.;Miller, A.B. eds. 1984. pp. 243-260.

Engle, C.R., (1987). Analisis economico de la produccion comercial de la Tilapia, Colossoma y Macrobrachium rosenbergii en mono y policultivo en Panama. REV. LATINOAM. ACUICULT. 1987. no. 33, pp. 6-25.

Engle, C.R.; Hatch, U., (1988). Economic assessment of alternative aquaculture aeration strategies. J. WORLD AQUACULT. SOC. 1988. vol. 19, no. 3, pp. 85-96.

Fast, A.W., (1991). Penaeid semi intensive growout systems. MARINE SHRIMP CULTURE: PRINCIPLES AND PRACTICES. Fast, A.W.;Lester, L.J. eds. 1991 vol. 23 pp. 369-380.

Fast, A.W.; Boyd, C.E., (1991). Water circulation, aeration and other management practices. MARINE SHRIMP CULTURE: PRINCIPLES AND PRACTICES. Fast, A.W.;Lester, L.J. eds. 1991 vol. 23 pp. 457-496.

Fast, A.W.; Lannan, J.E., (1991). Pond dynamic processes. MARINE SHRIMP CULTURE: PRINCIPLES AND PRACTICES. Fast, A.W.;Lester, L.J. eds. 1991 vol. 23 pp. 431-456.

Farish-Lacey, P., (1996). Using cash flow analysis in recirculating aquaculture . AQUACULTURAL ENGINEERING SOCIETY PROCEEDINGS II: SUCCESSES AND FAILURES IN COMMERCIAL RECIRCULATING AQUACULTURE. 1996 vol. 1, pp. 104-115.

Gasca-Leyva, E.; León C.; Vergara J., (1999). Economics of Comercial Gilthead Seabream (Sparus aurata) Production. Informes Técnicos del Instituto Canario de Ciencias Marinas. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España. No 8: 95-105 pp.

Gaines, J.P.; Kendree, J.; Ingram, F.J., (1984). A methodology for assessing the economic feasibility of aquaculture ventures. SHRIMP AQUACULTURE IN THE CARIBBEAN BASIN: PROSPECTS AND CONSTRAINTS. Vernberg, F.J.;Taniguchi, A.K.;Russell - F.A.;Chappell, J.A.;Miller, A.B. eds. pp. 181-212.

Gomez-Eternod, S.; De la Lanza Espino, G., (1992). Analysis of the shrimp farming in Mexico until 1991. 1992 48 pp.

Griffing W.L. ; Hanson J.S.; Brick, R.W.; Johns M.A., (1981). Bioeconomics Modelling with stochastic elements in shrimp culture. J. World Maricul. Soc. Vol 12(1): 94-103 pp.

Griffing W.L.; Grant, W.E.; Brik, R.W; Hanson J.S., (1984). A bioeconomic model of shrimp maricultural systems in the U.S.A.. Ecological Modelling. 25: 47-68 pp.

Griffin, W.L., (1993). Economic analysis of production alternatives for Texas shrimp farms. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL WORKSHOP ON CONTAINMENT AQUACULTURE. No. 93(26) 36-44 pp.

Griffin, W.L.; Johannes, A.D.; Lambregts, J.A.D.; Yates, M.W.; Garcia, A., (1993). The impact of aquaculture pond engineering design on the returns to shrimp farms. J. WORLD AQUACULT. SOC. 1993 vol. 24, no. 1, pp. 23-30.

Guiffre, P., (1991). Aquaculture: The potentials but with the limits. PROD. MER. 1991. vol. 8, pp. 34- 37.

Hanson, H.S.; Griffin W.L.; Richardson, W.J.; Nixon, C.J., (1985). Economic feasibility of shrim farming in Texas: An investment analysis for semi.intensive pond grow-out. J. World Maricult. Soc. Vol 16: 129-150 pp.

Heaps, T., (1993). The Optimal Feedings of farmed Fish. Marine Resource Economics. Vol 8: 89-99 pp.

Hernandez R., A., (1991). Mozambique. Bioeconomia del cultivo de camaron. FAO, Rome (Italy). 1991. 101 pp.

Hernández G. J.; Gasca L. E. , (1999). Introducción a la Modelización de Sistemas Acuícolas: Dinámica de Sistemas. Apuntes del curso. CINVESTAV, Unidad Mérida, México 35 pp.

Hernandez-Llamas, A.; Magallon-Barajas, F.J., (1991). Bioeconomic analysis for the grow-out *Penaeus stylirostris* using organic and inorganic fertilizers and pelleted feed. INVEST.-MAR.-CICIMAR 1991 vol. 6, no. 2, pp. 267-281.

Hernandez-Llamas, A.; Hernandez-Lizardi, J.L.; Gonzalez-Garibay, M.; Magallon-Barajas, F.J. (1993). Growth and survival response of *Penaeus stylirostris* (Stimpson) to fertilization, pelleted feed and stocking density in earthen ponds. AQUACULT. FISH. MANAGE. 1993. vol. 24, no. 1, pp. 57-69.

Higuera Ciapara, I. (1986). Perspectives for the Mexican shrimp industry. SHRIMP WORLD II. PROCEEDINGS. THE SECOND WORLD SHRIMP MARKET CONFERENCE, ISLAND OF MAUI, HAWAII, USA, FEBRUARY 26 MARCH 2, 1986. Henriques, D.S. ed. 1986. pp. 93-97.

Hiller, S.F. ; Lieberman, J.G., (1997). Introducción a la Investigación de Operaciones. McGraw-Hill Interamericana de México. 4ª.ed en Español. México. 998 pp.

Hirasawa, Y., (1992). Economic analysis of prawn culture in Asia. Liao, I Chiu;Shyu, Chung Zen;Chao, Nai Hsien eds. KEELUNG-TAIWAN TAIWAN-FISHERIES-RESEARCH-INSTITUTE 1992 no. 1 pp. 201-222.

Hopkins, T.A.; Mancini, W.E. (1989). Feed conversion, waste and sustainable aquaculture. The fate of the feed.AQUACULT. MAG. 1989. vol. 15, no. 2, pp. 30, 32-36.

Hopkins,-J.S.; Browdy,-C.L.; Hamilton,-R.D.,II; Heffernan,-J.A.,III. (1995). The effect of low-rate sand filtration and modified feed management on effluent quality, pond water quality and production of intensive shrimp ponds. ESTUARIES 1995 vol. 18, no. 1A, pp. 116-123.

Hopkins, J.S.; Sandifer, P.A. (1993). Development of environmentally sensitive shrimp aquaculture. FROM DISCOVERY TO COMMERCIALIZATION. Carrillo, M.; Dahle, L.; Morales, J.; Sorgeloos, P.; Svennevig, N.; Wyban, J. eds. OOSTENDE BELGIUM EUROPEAN AQUACULTURE SOC. 1993 no. 19 p. 95.

Ingram, F.J. (1984). Revisión de los análisis de factibilidad en acuicultura: Tecnología, economía y decisiones publicas. SHRIMP AQUACULTURE IN THE CARIBBEAN BASIN: PROSPECTS AND CONSTRAINTS. Vernberg, F.J.;Taniguchi, A.K.;Russell, F.A.;Chappell, J.A.;Miller, A.B. eds. np. pp. 167-180.

Innocenti, L.; Montanelli, M. (1988). Costi, ricavi ed elementi tecnico economici dell'allevamento di gamberi in America Latina. IL PESCE. 1988. no. 5, pp. 33-35,38.

Ioslovich I. ; Gutman P.O.; Seginer, I. (1996). A Non-linearl optimal Greenhouse control problem with heating and ventilation. Optimal Control Applications and Methods. Vol 17: 157-169 pp.

Jackson, C.J.; Wang, Y. G. (1998). Modelling growth rate of *Penaeus monodon* Fabric's in intensively managed ponds: Effects of temperature, pond age and stocking density. AQUACULT. RES. 1998 vol. 29, no. 1, pp. 27-36.

Jaime, B.; Hernandez, I.; Galindo, J.; Alvarez, S.; Perez, M.; Fraga, I.; Pelegrin, E. (1994). Optimización de la estrategia de alimentación para la engorde de *Penaeus schmitti*. REV. INVEST. MAR 1994 vol. 15, no. 2, pp. 165-169.

Jayagopal,-P.; Sathiadhas,-R. (1993). Productivity and profitability of prawn farming practices: An economic analysis. MARICULTURE RESEARCH UNDER THE POSTGRADUATE PROGRAMME IN MARICULTURE. PART 4 Rengarajan, K.;Noble, A.;Prathibha;Kripa, V.;Sridhar, N.;Zakhriah, M. eds. COCHIN INDIA CMFRI 1993 vol. 55 pp. 16-25.

Johannes A. D., Lambregts, J.A.D.; Thacker, S.G.; Griffin, W.L. (1993). Economic evaluation of different stocking densities for various sized shrimp farms in Texas. J. WORLD AQUACULT. SOC. 1993 vol. 24, no. 1, pp. 12-22.

Juan, Y. S.; Griffin, W.L.; Lawrence, A.L. (1988). Production costs of juvenile penaeid shrimp in an intensive greenhouse raceway nursery system. J. WORLD AQUACULT. SOC. 1988. vol. 19, no. 3, pp. 149-160.

Juesas, J.M. (1987). The economics of aquaculture. Factors affecting the production function. THE ECONOMICS OF FISHING. ECONOMIA DE LA PESCA.

BARCELONA, 19 21 DE JUNIO DE 1985. Bas, C.;Rubies, P. eds. 1987. vol. 51, no. suppl. 2 pp. 237-242.

Kazmierczak, R. F. Jr.; Cafey, R.H. (1995). Management Ability and Economics of Recirculating Aquaculture Production Systems. *Marine Resource Economics*. Vol 10; 187-209 pp.

Kikuchi,A. (1993). The development and associated problems of intensive shrimp culture in Thailand. Southeast Asian Fisheries Development Cent., Samutprakarn (Thailand). Training Dep. 1993. no. 33, 14 pp.

Kongkeo,-H. 1995. How Thailand made it to the top. *INFOFISH-INT*. no. 1, pp. 25-31

Kusumastanto, T.; Jolly, C.M.; Muluk, C., (1996). Investment analysis for Indonesian shrimp aquaculture. *J.-APPL.-AQUACULT*. 1996 vol. 6, no. 4, pp. 1-16.

Kungvankij, P. ; Kongkeo, H. , (1988). Culture system selection (shrimp culture). *INFOFISH*, Kuala Lumpur (Malaysia). *SHRIMP ' 88, BANGKOK, THAILAND*, 26-28 JANUARY 1988. *CONFERENCE PROCEEDINGS*. 1988. pp. 123-136.

Lawrence, A.; Castille, F. (1993). Growth, survival and consumption rate of *Penaeus vannamei* to feeds containing different levels of fish, krill and Artemia meals. *FROM DISCOVERY TO COMMERCIALIZATION*. Carrillo, M.; Dahle, L.; Morales, J.; Sorgeloos, P.; Svennevig, N.; Wyban, J. eds. *OOSTENDE BELGIUM EUROPEAN AQUACULTURE SOC*. 1993 no. 19 p. 96.

Liao, D.S. (1996). The production economics of freshwater shrimp farming in southern Taiwan. *J. FISH. SOC. TAIWAN* 1996 vol. 23, no. 1, pp. 59-66.

Lobato Gonzalez, P. (1992). Estudio socioeconómico del cultivo de camarón realizado por sociedades cooperativas. *FAO Proy. Aquila II, Brasilia (Brazil)*. Apoyo a las Actividades Reg. de Acuicultura para America Latina y el Caribe. *FAO* 1992. 78 pp.

Main, K.L.; Fulks, W. eds. (1990). Discussion group F: Design and management practices in hatchery systems. *THE CULTURE OF COLD TOLERANT SHRIMP: PROCEEDINGS OF AN ASIAN U.S. WORKSHOP ON SHRIMP CULTURE, HONOLULU, HAWAII, U.S.A. OCTOBER 2 4, 1989*. Main, K.L.;Fulks, W. eds. 1990. pp. 135-141

Mallet, J.P.; Charles, S.; Persat, H.; Auger, P. (1999). Growth modelling in accordance with daily water temperature in European grayling (*Thymallus thymallus* L.). *Can J Fish Aquat Sci; J Can Sci Halieut Aquat* 1999 vol. 56, no. 6, pp. 994-1000.

Maguire,G. (1993). Are our labour costs competitive?. *AUSTASIA-AQUACULT*. 1993 vol. 7, no. 4, pp. 47-50.

Martinez-Cordova, L.R.; Villarreal, C.,-H.; Porchas, C., M.A. (1995). Culture of white shrimp *Penaeus vannamei* in reduced water exchange ponds in Sonora, Mexico. *WORLD-*

AQUACULT. 1995 vol. 26, no. 4, pp. 47-58.

Martinez-Cordero, F.J.; Seijo, J.C.; Juárez-Mabarak, L., (1995). The bioeconomic analysis of a *Penaeus vannamei* hatchery in Mexico, applying time distributed delay functions. INTERNATIONAL COOPERATION FOR FISHERIES AND AQUACULTURE DEVELOPMENT: PROCEEDINGS OF THE 7TH BIENNIAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL INSTITUTE OF FISHERIES ECONOMICS AND TRADE. Liao, D.S. ed. KEELUNG TAIWAN NATIONAL TAIWAN OCEAN UNIVERSITY 1995 vol. 2, pp. 115-126.

McKee, D.A.; Lawrence, A.L.; Griffin, W.L. (1989). Stocking strategies and an investment analysis for producing *Penaeus setiferus* as a live bait shrimp on the Texas Gulf coast. J. WORLD AQUACULT. SOC. 1989. vol. 20, no. 2, pp. 72-80.

Moreno, L. (1986) El cultivo del camarón en México. TEC. PESQ. 1986. vol. 19, no. 224, pp. 12-16.

Naik, D.; Pascoe, S. (1996). Optimal harvesting strategies in sea bream and tiger prawn (*Penaeus monodon*) culture. CEMARE Res. Pap. Portsmouth UK University of Portsmouth. no. 104, 14pp.

Nash, C.E. (1988) Aquaculture the investment picture. AQUACULTURE INTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION, VANCOUVER TRADE AND CONVENTION CENTRE, VANCOUVER, BRITISH COLUMBIA, CANADA, SEPTEMBER 6 9, 1988. 1988. p. 18.

Neiland, A.E.; Mennillo, J.J.; Bye, V.; Larrazabal, G.A.; Lebeller, M.; Lomelde, S. (1990). Aquaculture commerce: The impact of international regulations and restrictions. BUSINESS JOINS SCIENCE. Depauw, N.;Billard, R. eds. 1990 no. 12 pp. 379 387.

Nerrie B.L.; Hath, L.U; Engle, C.R.; Smitherman, R.O. (1990) The Economics of Intensifying Catfish Production: A Production Function Analysis. Journal of the World Aquaculture Society. Vol 21(3): 216-224 pp.

Ogle, J.T. (1992) Variability in growth of postlarval *Penaeus vannamei*. GULF RES. REP. 1992 vol. 8, no. 4, pp. 423-426.

O' Hanlon, P.W. (1988). Bioeconomic considerations in aquaculture. FIRST AUSTRALIAN SHELLFISH AQUACULTURE CONFERENCE. PROCEEDINGS. Evans, L.H.;O' Sullivan, D. eds. 1988. pp. 370-379.

O'-Rourke, P.D. (1996). The economics of recirculating aquaculture systems. AQUACULTURAL ENGINEERING SOCIETY PROCEEDINGS II: SUCCESSES AND FAILURES IN COMMERCIAL RECIRCULATING AQUACULTURE. 1996 vol. 1, pp. 61-78.

Paez-Osuna, F. (1992) Calidad del agua: Evaluación y su importancia en la

Camaronicultura. CIENC. MAR. MAZATLAN. 1992. vol. 1, no. 12, pp. 3-5.

Paez-Osuna,-F.; Guerrero-Galvan,-S.R.; Ruiz-Fernandez,-A.C.(1998) The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. Mar.-Pollut.-Bull. 1998 vol. 36, no. 1, pp. 65-75.

Parkin, M., (1996). Microeconomía. Addison Wesley Iberoamericana eds. EUA. 650 pp.

Pham, D. (1992). Intensification of *Penaeus stylirostris* culture in New Caledonia. AQUACULTURE ' 92: GROWING TOWARD THE 21st CENTURY. 1992. p. 185.

Pretto, R. (1991). Economic and social aspects of penaeid shrimp culture in Latin America. 1990 AAAS ANNUAL MEETING ABSTRACTS. Games, M.D. comp. 1991. p. 97

Primavera, J. H., (1991). Intensive prawn farming in the Philippines: Ecological, social, and economic implications. AMBIO. 1991. vol. 20(1): 28-33 pp.

Pruder, G.D.; Duerr, E.O.; Walsh, W.A.; Lawrence, A.L.; Bray, W.A. (1992) The technical feasibility of pond liners for rearing Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) in terms of survival, growth, water exchange rate and effluent water quality. AQUACULT. ENG. 1992. vol. 11, no. 3, pp. 183-201.

Rhodes, R.J.; McGovern Hopkins, K.; Browdy, C.L. (1992) Preliminary financial feasibility analysis of an independent penaeid shrimp hatchery located in South Carolina, U.S.A. AQUACULTURE ' 92: GROWING TOWARD THE 21st CENTURY. 1992. pp.

Rissato,-D. (1995). Analysis of fish production costs in semi-intensive and extensive culture systems. PROCEEDINGS OF THE 6TH RIO GRANDE MEETING OF AQUACULTURE EXPERTS AND 3RD SOUTH BRAZIL MEETING ON AQUACULTURE. Zimmermann, S. eds. 1995 pp. 135-145.

Rosas,-C.; Sanchez,-A.; Gallardo,-P.; Quiroz,-J.; Gaxiola,-G.; Diaz-Iglesia,-E.; Soto,-L.A. (1995) Oxygen consumption and ingestion rate of *Penaeus setiferus* larvae fed *Chaetoceros ceratosporum*, *Tetraselmis chuii* and *Artemia nauplii*. AQUACULT.-NUTR. 1995 vol. 1, no. 1, pp. 13-20.

Rizzo G.; Spagnolo M. (1996) A Model for de Optimal Management of Sea Bass *Dicentrarchus labrax* Aquaculture. Marine Resource Economics. Vol 11, 267-286 pp.

Robertson, L.; Lawrence, A.; Castille, F. (1992) Feeding frequency and feeding time effects on growth of *Penaeus vannamei*. AQUACULTURE ' 92: GROWING TOWARD THE 21st CENTURY. 1992. p. 194.

Ruttanagosrigit, W.; Musig, Y.; Boyd, C.E.; Sukchareon, L. (1991) Effect of salinity on oxygen transfer by propeller aspirator pump and paddle wheel aerators used in shrimp farming. AQUACULT. ENG. 1991. vol. 10, no. 2, pp. 121-131.

- Samocha, T.M.; Castille, F.L.; Lawrence, A.L.; Talley, S.E. (1993) Early spring growth trial of *Penaeus vannamei* postlarvae at high stocking densities in raceways. **TECHNIQUES FOR MODERN AQUACULTURE**. Wang, J. K. ed. ST. JOSEPH, MI USA AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS 1993 pp. 230-240.
- Saint Paul, U. (1992). Status of aquaculture in Latin America. *J. APPL. ICHTHYOL. Z. ANGEW. ICHTHYOL.* 1992. vol. 8, no. 1-4, pp.
- Saju,-K.A.; Suresh,-R.; Sukumaran,-N. (1995). Comparative economics of *Penaeus indicus* and *Penaeus monodon* under extensive shrimp culture practices in Tamil Nadu, India. *FISH.-CHIMES* 1995 vol. 15, no. 4, pp. 47-49.
- Sapag, Ch. N.; Sapag Ch. R., (1989). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. McGraw-Hill Interamericana de México. 2<sup>a</sup>.ed. México. 391 pp.
- Scura, E.D. (1995) Dry season production problems on shrimp farms in Central America and the Caribbean Basin. **SWIMMING THROUGH TROUBLED WATER. PROCEEDINGS OF THE SPECIAL SESSION ON SHRIMP FARMING**. Browdy, C.L.; Hopkins, J.S. eds. BATON ROUGE, LA USA WORLD AQUACULTURE SOCIETY 1995 pp. 200-213.
- SEMARNAP, (1999) *Anuario Estadístico de Pesca 1999*. México, D:F:
- Samonte, G.Ph.; Agbayani, R.F.; Tumaliuan, R.E. (1991). Economic feasibility of polyculture of tiger shrimp (*Penaeus monodon* ) with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* ) in brackishwater ponds. *ASIAN FISH. SCI.* 1991. vol. 4 (3): 8 pp.
- Shang, Y.C. (1990). *Aquaculture economic analysis*. BATON ROUGE, LA USA WORLD AQUACULTURE SOCIETY. 1990. 211 pp.
- Shen, Guoying; Lin, Junmin; Huang, Lingfeng; Shu, Xiaoming. (1992) On the primary production and it's significance in prawn ponds during the early cultural stage. *J. XIAMEN UNIV. NAT. SCI. XIAMEN DAXUE XUEBAO.* 1992. vol. 31, no. 2, pp. 188-193.
- Spratt, M., ( 1990). Simulation of Aquaculture production for economical and environmental impacts. **SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE. INTERNATIONAL INSTITUTE OF FISHERIES ECONOMICS AND TRADE.** . *Appling Evolving Technologies.* 1-11 pp.
- Springborn, R.R.; Jensen, A.L.; Chang, W.Y.B.; Engle, C. (1992). Optimum harvest time in aquaculture: An application of economic principles to a Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), growth model. *AQUACULT. FISH. MANAGE.* 1992. vol. 23, no. 6, pp. 639-647.
- Sriraman, K.; Sathiyamoorthy, G. (1988) Rearing of PL 20 of *P. monodon* in nursery pond an experimental study. *CMFRI SPEC. PUBL.* 1988. no. 40, p. 54.
- Tian, X.; Leung, P.S.; Hochman, E. (1993). Shrimp growth functions and their economic

implications. AQUACULT. ENG. 1993 vol. 12, no. 2, pp. 81-96.

Thacker, S.G.; Griffin, W.L.; Lambregts, H.A.D. (1992). An evaluation of the effects of management quality on the financial performance of very-intensive shrimp aquaculture using stochastic simulation Modelling. AQUACULTURE'92: GROWING TOWARD THE 21st CENTURY. 1992. p. 215.

Tian, Xijun. (1992) Optimal shrimp farm structure and size. AQUACULTURE ' 92: GROWING TOWARD THE 21st CENTURY. 1992. p. 216.

Tsai, C. K. (1990) Water quality management. PROCEEDINGS OF THE SOUTHEAST ASIA SHRIMP FARM MANAGEMENT WORKSHOP, PHILIPPINES, INDONESIA, THAILAND, JULY 26 AUGUST 11, 1989. Akiyama, D.M. ed. SINGAPORE AMERICAN SOYBEAN ASSOC. 1990 pp. 56-63.

Tyssø, A., (1986). Computer-Aided Modelling of Aquaculture Plants. CAMO A/S, Trondheim, Norway. 81-85 pp.

Vernberg, F.J. (1984). Ecosystems approach to evaluating the impacts of commercial aquaculture development on estuaries and mangrove coastlines. SHRIMP AQUACULTURE IN THE CARIBBEAN BASIN: PROSPECTS AND CONSTRAINTS. Vernberg, F.J.;Taniguchi, A.K.;Russell, F.A.;Chappell, J.A.;Miller, A.B. eds. 1984. pp. 413-443.

Villarreal,-H.; Hinojosa,-P.; Naranjo,-J. (1994) Effect of temperature and salinity on the oxygen consumption of laboratory produced *Penaeus vannamei* postlarvae. COMP.-BIOCHEM.-PHYSIOL.,-A 1994 vol. 108A, no. 2-3, pp. 331-336.

Villarreal, H.; Ocampo, L. (1993). Effect of size and temperature on the oxygen consumption of the brown shrimp *Penaeus californiensis* (Holmes, 1900). COMP. BIOCHEM. PHYSIOL., A 1993 vol. 106A, no. 1, pp. 97-101

Villarreal, H.; Rivera, A. (1992). Effect of temperature and salinity on the oxygen consumption of laboratory produced *Penaeus californiensis* postlarvae. AQUACULTURE ' 92: GROWING TOWARD THE 21st CENTURY. 1992. pp. 224-225.

Villarreal, H.; Rivera, J.A. (1993). Effect of temperature and salinity on the oxygen consumption of laboratory produced *Penaeus californiensis* postlarvae . COMP. BIOCHEM. PHYSIOL., A 1993 vol. 106A, no. 1, pp. 103-107.

Wade,-E.M.; Summerfelt,-S.T.; Hankins,-J.A. (1996). Economies of scale in recycle systems. AQUACULTURAL ENGINEERING SOCIETY PROCEEDINGS II: SUCCESSES AND FAILURES IN COMMERCIAL RECIRCULATING AQUACULTURE. 1996 vol. 2, pp. 575-588.

Wang, Jinshan; Sun, Xiping; Duan, Meiping; Zhao, Yuzhuo. (1994) On technique for semi closed cultivation of prawns. SHANDONG FISH. QILU YUYE 1994 vol. 11, no. 3, pp.

13-15.

Weidner, D.M.; Wells, R.M. (1991). Mexican shrimp culture: Legal changes. National Marine Fisheries Serv., Silver Spring, MD (USA). 1991. 13 pp.

Wells,R.; Weidner,D. (1992) Mexican shrimp culture. National Marine Fisheries Serv., Silver Spring, MD (USA). 1992 123 pp.

Williams, A.S.; Davis, D.A.; Arnold, C.R.. (1996). Density dependent growth and survival of *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei* in a semi closed recirculating system. J. WORLD AQUACULT. SOC. 1996 vol. 27, no. 1, pp. 107-112.

Winfield, J.; Garnier, L. (1987) Notes techniques sur la faisabilite de l'elevage de crevettes marines au niveau comercial. REPORT OF THE SEMINAR ON AQUACULTURE IN HAITI.. DEROULEMENT DU SEMINAIRE SUR L' AQUACULTURE EN HAITI. Garnier, L.;Miller, J.W. eds. Ministere de l' Agric., Ressour. Nat. Dev. Rural, Port au Prince Haiti 1987. pp. 37-47.

Wright,-C.S. (1994). Dynamic cash flow models in aquaculture: Amplifying the scope of managers. PROCEEDINGS OF THE SIXTH CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL INSTITUTE OF FISHERIES ECONOMICS AND TRADE. ACTES DE LA SIXIEME CONFERENCE DE L' ASSOCIATION INTERNATIONALE D' ECONOMIE DES PECHEES. Antona, M.;Catanzano, J.;Sutinen, J.G. eds. ISSY LES MOULINEAUX FRANCE IFREMER CENT. PARIS 1994 pp. 343-353.

Wyban, J.A.; Lee, C.S.; Sato, V.T.; Sweeney, J.N.; Richards, W.K.,Jr. (1987) Effect of stocking density on shrimp growth rates in manure fertilized ponds. AQUACULTURE. 1987. vol. 61, no. 1, pp. 23-32.

Wyban, J. A.; Sweeney, J.N.; Kanna, R.A. (1988). Shrimp yields and economic potential of intensive round pond system. J. WORLD AQUACULT. SOC. 1988. vol. 19, no. 4, pp. 210-217.

Wyban, J.A.; Sweeney, J.N. (1990). A systems approach to developing intensive shrimp growout technology. THE SECOND ASIAN FISHERIES FORUM. PROCEEDINGS OF THE SECOND ASIAN FISHERIES FORUM, TOKYO, JAPAN, 17 22 APRIL 1989. Hirano, R.;Hanyu, I. eds. 1990. pp. 91-94.

Wyban, J.A.; Sweeney, J.N.; Kanna, R.A.; Kalagayan, G.; Godin, D.; Hernandex, H.; Hagino, G. (1990) Intensive shrimp culture management in round ponds. PROCEEDINGS OF THE SOUTHEAST ASIA SHRIMP FARM MANAGEMENT WORKSHOP, PHILIPPINES, INDONESIA, THAILAND, JULY 26 AUGUST 11, 1989. Akiyama, D.M. ed. SINGAPORE SINGAPORE AMERICAN SOYBEAN ASSOC. 1990 pp. 42-47.

Wyban, J.; Walsh, W.A.; Godin, D.M. (1995). Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). AQUACULTURE 1995 vol. 138, no. 1 4, pp. 267-279.

Yahaya, J., (1988). An economic analysis of brackishwater shrimp pond culture in Johore, Peninsular Malaysia. Chou, L. M.;Chua, Th. E.;Khoo, H. W.;Lim, P. E.;Paw, J.N.;Silvestre, G.T.;Valencia, M.J.;White, A.T.;Wong, P. K. eds. MANILA PHILIPPINES ICLARM 1991 no. 22 pp. 255-266.

Yahaya, J., (1989). An economic analysis of brackishwater shrimp pond culture, Johore, Peninsular Malaysia. 2º Asian Fisheries Forum, Tokyo (Japan), 17- 22 Apr 1989. Hirano, R.;Hanyu, I. eds. 1990. pp. 233-236.

Yang, Cong Hai et al . (1993) Studies on *Penaeus monodon* culture in the northern part of Shandong Province. Liao, I Chiu;Cheng, Jin Hua;Wu, Mei Cheng;Guo, Jiin Ju eds. KEELUNG TAIWAN , TAIWAN FISHERIES RESEARCH INSTITUTE 1993 no. 3 pp. 245-254.

Zagorodny,-A.; Sviridov,-A.; Chmelnitsky,-V. (1993). Mathematical Modelling of the fish rearing in closed water systems. FROM DISCOVERY TO COMMERCIALIZATION. Carrillo, M.;Dahle, L.;Morales, J.;Sorgeloos, P.;Svennevig, N.;Wyban, J. eds. OOSTENDE BELGIUM EUROPEAN AQUACULTURE SOC. 1993 no. 19 p. 286.

Zweig, R.D. (1991). Principles and methodology of ecological economic modelling of integrated agriculture aquaculture farming systems. AQUACULTURE RESEARCH AND DEVELOPMENT IN RURAL AFRICA. SUMMARY REPORT ON THE ICLARM GTZ MALAWI FISHERIES DEPARTMENT UNIVERSITY OF MALAWI CONFERENCE, ZOMBA, MALAWI, 26 APRIL 1990. Costa Pierce, B.A.;Lightfoot, C.;Ruddle, K.;Pullin, R.S.V. eds. 1991. no. 27 p. 17.

## ANEXO I

DIAGRAMAS DE FLUJO DE LAS ACTIVIDADES DE LA GRANJA DE PRODUCCIÓN INTENSIVA DE CAMARON, AQUASTRAT S.A. DE C.V.