

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.

Análisis con función producción y análisis financiero del
cultivo semi-intensivo de camarón blanco (*Litopenaeus*
vannamei) en tres parques camaronícolas del sur de Sonora.

POR

MANUEL MARTÍN MARISCAL LAGARDA

TESIS APROBADA POR LA

UNIDAD MAZATLÁN EN ACUICULTURA
Y MANEJO AMBIENTAL

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS

MAZATLÁN, SINALOA

C.I.A.D, A.C.
RECIBIDO
R 07 ABR. 2005
10923
BIBLIOTECA
NOVIEMBRE DEL 2004

**Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo, A. C.**

Análisis con función producción y análisis financiero del cultivo semi-intensivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en tres parques camaronícolas del sur de Sonora.

Por

Manuel Martín Mariscal Lagarda

Tesis aprobada por la Unidad Mazatlán en
Acuicultura y Manejo Ambiental.

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS

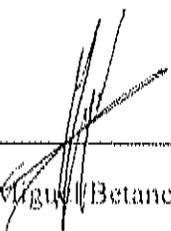
APROBACIÓN

Los miembros de este comité designado para revisar la tesis de Manuel Martín Mariscal Lagarda, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de maestro en ciencias.



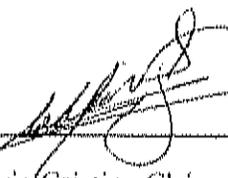
Dr. Francisco Javier Martínez Cordero
Director de tesis.

Dr. José Antonio Martínez de la Torre,



Dra. Miguel Betancourt Lozano.

Dr. Inocencio Higuera Ciapara.

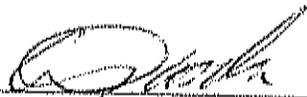


Dra. Maria Cristina Chávez Sánchez.

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se de el crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del director del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD).

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa aprobación escrita del director de tesis.



Dr. Alfonso Gardea Béjar
Director General del CIAD, A.C.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES) por haberme otorgado licencia para realizar mis estudios y muy en especial, al Lic. Francisco Carlos Silva Toledo (Director General), Ing. Arturo Sandoval Mariscal (Srto. Académico General) y al M.C. Manuel Valenzuela Rentería (Jefe del Departamento de Planeación e Investigación) por su apoyo y confianza siempre mostrada.

Al Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por haberme otorgado a través de CESUES los recursos económicos para la realización de mis estudios.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. por haberme acogido dentro de la Unidad Mazatlán y permitirme adquirir una mayor madurez como profesionista y en el ámbito de la investigación.

A los tres Directores Generales de los parques camaronícolas quienes desinteresadamente me proporcionaron la valiosa información para el desarrollo de mi estudio.

A mi compañero y amigo Ing. Manuel Navarro Vega, por su invaluable cooperación para conseguir la información para el desarrollo de este trabajo.

A los miembros de mi comité de tesis: Dr. José Antonio Martínez de la Torre, Dr. Miguel Betancourt Lozano, Dr. Inocencio Higuera Ciapara y Dra. María Cristina Chávez Sánchez. A todos ellos gracias por sus consejos y aportaciones ya que contribuyeron al mejoramiento de este documento y del estudio en sí.

A todo el cuerpo de investigadores titulares y asociados, personal administrativo y de servicios de la Unidad del CIAD Mazatlán, les agradezco por los conocimientos transmitidos y convivencias pasadas ya que hicieron muy amena mi estancia en la Unidad.

Con un profundo respeto y aprecio al Dr. Francisco Javier Martínez Cordero (Director de tesis) por sus enseñanzas y profesionalismo mostrado a lo largo de nuestra convivencia y sobre todo por no dejarme claudicar en los momentos difíciles que se presentaron e impulsarme a lograr conseguir las metas propuestas.

DEDICATORIA

Con amor y respeto para la persona que siempre ha estado conmigo apoyándome en todo lo que he emprendido y la que en ocasiones me ha aguantado mis malos ratos, mi esposa Elizabeth.

Para las personitas que a través de los últimos doce años has sido el motor de mi existencia, mis hijos Jesús Martín, Estefanie y María José.

A mis padres Sabino Mariscal Retana y Olga Lagarda Vega y a mis hermanos, con cariño y respeto.

A mi suegra Ofelia Mendivil y doña Carmen por estar siempre pendientes de nosotros.

A mis compañeros de la maestría Diana, Miguel, Eloy y Leo con quienes compartí momentos gratos y también difíciles.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
3. METODOLOGÍA	
3.1. Área de estudio.....	19
3.1.1. Características generales del Mpio. de Cajeme.....	19
3.1.2. Condiciones climáticas y físicas de la zona.....	20
3.2. Función producción	
3.2.1. Especificación de las variables.....	22
3.2.2. Recolección de datos.....	24
3.2.3. Caracterización de los parques estudiados.....	25
3.2.4. Estimación de la función producción.....	26
3.2.5. Interpretación de resultados.....	31
3.3. Análisis marginal.....	34
3.4. Análisis financiero.....	35

	Pág.
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 Función producción	
4.1.1. Recolecta de datos.....	37
4.1.2. Estimación de la función producción.....	39
4.1.3. Interpretación de resultados.....	40
4.2. Análisis marginal.....	61
4.3. Análisis financiero.....	67
5. CONCLUSIONES.....	73
6. RECOMENDACIONES.....	75
7. LITERATURA CITADA.....	76
ANEXO I. ABREVIATURAS EMPLEADAS.....	82
ANEXO II. GLOSARIO.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
Tabla 1. Valor promedio de las variables analizadas para los tres parques en el intervalo de densidad 10-14 pl / m ²	37
Tabla 2. Valor promedio de las variables analizadas para los tres parques en el intervalo de densidad 15-19 pl / m ²	38
Tabla 3. Valor promedio de las variables analizadas para los tres parques en el intervalo de densidad 20-25 pl / m ²	38
Tabla 4. Funciones producción estimadas para el parque "A" en los intervalos de 10-14 y 15-19 pl / m ²	39
Tabla 5. Funciones producción estimadas para el parque "B" en los intervalos de 10-14 y 20-25 pl / m ²	39
Tabla 6. Funciones producción estimadas para el parque "C" en los intervalos de 10-14, 15-19 y 20-25 pl / m ²	40
Tabla 7. Características de la función producción estimada para el parque "A" en el intervalo 10-14 pl / m ²	40
Tabla 8. Características de la función producción estimada para el parque "A" en el intervalo 15-19 pl / m ²	43
Tabla 9. Características de la función producción estimada para el parque "B" en el intervalo 10-14 pl / m ²	45
Tabla 10. Características de la función producción estimada para el parque "B" en el intervalo 20-25 pl / m ²	47
Tabla 11. Características de la función producción estimada para el parque "C" en el intervalo 10-14 pl / m ²	50
Tabla 12. Características de la función producción estimada para el parque "C" en el intervalo 15-19 pl / m ²	53
Tabla 13. Características de la función producción estimada para el parque "C" en el intervalo 20-25 pl / m ²	55

	Pág.
Tabla 14. Valor del producto físico marginal, producto físico promedio, elasticidad de producción, retornos a escala y valor del Producto Físico Marginal.....	63
Tabla 15. Resumen del análisis financiero para los tres parques e intervalos de densidad.....	67
Tabla 16. Valor promedio del análisis financiero.....	69
Tabla 17. Comparación entre el precio unitario de venta y el precio unitario de equilibrio.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
Figura 1. Parques camaronícolas analizados.....	26
Figura 2. Diagrama general Regiones de producción.....	32
Figura 3. Diagrama general de las regiones de producción que muestran la Elasticidad de producción del insumo alimento para todos los parques e intervalos de siembra.....	57
Figura 4. Diagrama general de las regiones de producción que muestran la Elasticidad de producción del insumo poslarvas para todos los parques e intervalos de siembra.....	58
Figura 5. Diagrama general de las regiones de producción que muestran la Elasticidad de producción del insumo fertilizante para todos los parques e intervalos de siembra.....	58
Figura 6. Diagrama general de las regiones de producción que muestran la Elasticidad de producción del insumo calhído para todos los parques e intervalos de siembra.....	59
Figura 7. Relación de la densidad de siembra vs alimento suministrado por hectárea al día.....	70
Figura 8. Relación entre los retornos a escala, PE, RBC y CP.....	72

RESUMEN

Se analizó la información correspondiente a 1427 hectáreas de estanquería distribuidas en 195 estanques durante los ciclos de producción 2001, 2002 y 2003 de tres parques camaronícolas del sur de Sonora cuando siembran a intervalos de 10-14, 15-19 y 20-25 Pl/m². Dicho análisis consistió en aplicar el análisis económico mediante la función producción Cobb-Douglas para determinar el nivel que se tiene en el uso de insumos como: postlarvas, alimento, recambio, fertilizante y calhídra. A la par, se realizó además un análisis financiero determinado Capacidad de Pago (CP), Punto de Equilibrio (PE) y Relación Costo-Beneficio (RCB) para determinar el intervalo de siembra con el cual mejora el proceso de producción y que ofrece las mejores utilidades.

Con el análisis económico se obtuvieron siete funciones producción Cobb-Douglas las cuales, al evaluar de manera individual el uso de los insumos en la mayoría de los casos las Elasticidades de Producción son menores a 1, indicando que los productores se encuentran dentro de un nivel adecuado del uso de los insumos. De manera similar al evaluar el uso de insumos en forma conjunta los Retornos a Escala tienen un valor promedio de 1.97. Por otra parte, el Producto Físico Marginal (PFM) indicó que los insumos para todas las funciones de producción son subutilizados por lo que es posible incrementar su empleo para obtener más producción. Por lo anterior, el presente estudio claramente deja ver que es factible intensificar el cultivo, aunque esto se recomienda solo si el productor adopta conjuntamente un cambio tecnológico en su sistema de producción como puede ser: introducción de sistemas de aireación, reducción del

tamaño de los estanques, uso de alimentos de mejor calidad, cambio en las estrategias de alimentación y monitoreo del consumo de alimento.

El análisis financiero reflejó que los parques pueden mantenerse con utilidades en los tres intervalos de siembra. Sin embargo, es en el intervalo de 15-19 Pl/m^2 donde se obtienen las ganancias más altas ya que van del orden de los 3089 dólares/ha en comparación a los intervalos 10-14 y 20-25 Pl/m^2 que son de 2102 y 1493 dólares/ha respectivamente. Un aspecto que resultó interesante al comparar los resultados obtenidos en el intervalo de siembra 10-14 y 15-19 Pl/m^2 es que el escenario entre ambos es muy similar y atractivo para los productores ya que en relación a la CP, PE, y RCB en el primero tienen un valor de 10.03, 30 % y 4.01 respectivamente, mientras que para el segundo van de 9.95, 24 % y 4.22. Si bien en el intervalo 10-14 Pl/m^2 existe una disminución de 987 dólares/ha en las utilidades, los costos de producción disminuyen en 1286 dólares/ha, haciendo menor la carga financiera y, con ello, el riesgo de la inversión. Por otro lado la tasa de alimentación diaria por hectárea se conserva en un intervalo de 20 a 24 $\text{kg}/\text{ha}/\text{día}$ la cual se considera dentro los límites permisibles para evitar generar problemas de calidad del agua dentro de los estanques.

Tomando en cuenta lo anterior los resultados de este estudio indican como recomendable mantener el nivel de siembra preferentemente en un intervalo de 15-19 Pl/m^2 pero si los recursos son escasos en un intervalo de 10-14 Pl/m^2 y en ambos casos en un ciclo de cultivo de 150 a 180 días.

1. INTRODUCCIÓN

Como respuesta a la creciente demanda de alimentos de origen marino, que no puede ser cubierta por las pesquerías, la acuicultura (principalmente el cultivo de camarón) se ha expandido en todo el mundo como una forma de complementar dichos requerimientos. Mundialmente existen más de 100 países que participan en el negocio del camarón capturando el producto o produciendo camarón de acuicultura y en total se calcula que la producción mundial de camarón, alcanzada para el 2002, fue del orden de las 8,400 millones de libras de camarón con cabeza; principalmente de países como: Tailandia, China, India, Vietnam, Ecuador, México, Brasil, Indonesia, Venezuela y Guyana, que producen aproximadamente el 75 % del total mundial (Ocean Garden, 2003).

De acuerdo a los reportes de la Ocean Garden en 1985, el 98 % de la oferta mundial de camarón provenía de origen silvestre y solo el 2 % de cultivo. En años recientes con el impresionante desarrollo de camaronicultura, en el 2002 el 50 % de la producción mundial de camarón fue cultivado (Ocean Garden, 2003). Este crecimiento puede atribuirse a la gran demanda de este crustáceo en los mercados internacionales, al alto margen de beneficios económicos que se generan y a las mejoras en las tecnologías de cultivo (Tobey *et al.*, 1998).

En México el crecimiento del cultivo de camarón presenta un comportamiento muy similar al resto del mundo, reportándose los primeros intentos de cultivo a partir de la década de los setentas en la unidad experimental del Centro de Investigaciones Científicas de la Universidad de Sonora (CICTUS) en Puerto Peñasco, Sonora (Barrena, 1987). Sin embargo, el período de franca expansión de la actividad se desarrolló

principalmente en la década de los noventa a medida que se fue dominando la biotecnología de cultivo y el camarón dejó de ser una especie reservada a las cooperativas. Esto permitió que la iniciativa privada incursionara en la actividad camaronícola inyectando recursos económicos para la construcción y operación de nuevas granjas de acuerdo a lo estipulado en la Ley Federal de Pesca de 1992 (Jimenez y Berdegú, 1992; IAES, 1999).

Según datos de la SAGARPA (2002), México cuenta con aproximadamente 335,000 ha con potencial para la camaronicultura siendo la región Noroeste del país donde se encuentran la mayor parte de ellas. Para el año 2002, México contaba con 49,305 ha de estanquería abiertas al cultivo semi-intensivo de camarón, las cuales generaron una producción de 45,853 toneladas de camarón con cabeza, representando un 45.63 % de la producción total del país incluyendo la producción pesquera (SAGARPA, 2002; Anuario estadístico de pesca, 2002). De la superficie total abierta al cultivo de camarón en el país, el 99 % se encuentran distribuidas en el litoral del Pacífico y de éstas, Sinaloa, Sonora y Nayarit cuentan con 32,932, 14,634 y 729 ha respectivamente (Anuario estadístico de pesca, 2002).

De las 335,000 ha con potencial para el cultivo de camarón en el país, 100,000 se encuentran en el estado de Sonora. De acuerdo a la información emitida por el Instituto de Acuacultura del Estado de Sonora (IAES), esta superficie se encuentra distribuida entre el sector social (ejidos, cooperativas y grupos diversos) con un 54 %, así como entre la propiedad privada y la federación en un 24 y 22 % respectivamente (IAES, 2001).

A pesar del amplio potencial, en Sonora sólo se encuentran abiertas al cultivo aproximadamente 11,481 ha de estanquería, operando en su totalidad bajo el sistema semi-intensivo de cultivo. De éstas, aproximadamente 6000 ha se encuentran en la parte sur del Estado y el resto, en la parte centro y norte (JAES, 2001). De la superficie abierta al cultivo que se encuentra en el sur del Estado, alrededor de 3000 ha están distribuidas en cinco parques acuícolas que son operados y administrados por grupos del sector social bajo la dirección de la Unión General Obrero Campesino Popular (UGOCEP), la Unión General Obrero Campesino de México (UGOCEM), así como por grupos independientes de distinta ideología política a las uniones antes mencionadas (JAES, 2001).

Sonora ocupa el segundo lugar a nivel nacional en cuanto a camarón de cultivo se refiere gracias a que cuenta con las condiciones climáticas adecuadas, con un buen dominio tecnológico y con un fuerte apoyo de asistencia técnica, lo cual se traduce en una producción total de 18,425 toneladas de camarón con cabeza, representando el 21.23 % de la producción total del país. Lo anterior genera un rendimiento promedio de 1259 kg/ha que es superior a la media nacional de 924 kg/ha (Anuario estadístico de pesca, 2002).

Como pudo apreciarse en los párrafos anteriores, el desarrollo de la camaronicultura tanto en el Estado de Sonora como a nivel nacional e internacional se ha dado de una manera acelerada. Sin embargo, este desarrollo se ha enfocado en mejorar los aspectos biotecnológicos como lo son: mejores diseños de las granjas, mejora genética de las postlarvas, alimentos de mejor calidad, mejores técnicas de alimentación, mayor

comprensión de la relación que guardan los aspectos medioambientales con la producción, empleo de medidas de bioseguridad, entre otras (Boyd, 2001; Fox, 2001; Haws *et al.*, 2001; Lightner y Pantoja, 2001; Treece, 2001).

Desafortunadamente en la mayoría de los casos el desarrollo biotecnológico no ha ido a la par de los aspectos económicos, quedando estos rezagados dentro del proceso de producción de las granjas. En su lugar, se ha empleado el análisis financiero que resultan de gran utilidad pero que no proporciona la información a cerca de si los productores hacen un buen uso de sus insumos para mejorar el proceso de producción y por ende sus utilidades. De acuerdo a NAFIN Y OEA (1998), el análisis financiero tiene como finalidad aportar una estrategia que permita al proyecto allegarse los recursos necesarios para su implantación y contar con la suficiente liquidez, para desarrollar ininterrumpidamente operaciones.

Por otro lado, el análisis económico permite evaluar la competitividad de los sistemas de producción mediante el análisis de: a) la viabilidad de nuevas inversiones, b) la eficiencia técnica y de asignación de recursos, c) la factibilidad de implementación de nuevas tecnologías, d) la valoración o el calculo de mercados potenciales para los productos y e) la caracterización de un proceso productivo para mejorar el empleo de los insumos, producir con máxima ganancia o bien, con mínimo costo (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993).

Con respecto al análisis de economía de la producción en el proceso productivo de una granja, el análisis económico puede enfocarse en cuatro puntos, como lo son: modelos bioeconómicos, análisis de fronteras de producción, análisis de riesgo y funciones de

producción (Khem, 2003; Martínez, 1998). Con la función producción, se puede determinar la cantidad que se obtiene de un producto mediante la combinación de una serie de insumos. Además de caracterizar adecuadamente el proceso productivo e identificar cuales son los puntos que la granja debe mejorar para lograr una mejor producción, minimizar los costos y aumentar sus ganancias (Shang, 1990; Ozsabuncuoglu, 1998; Pindick *et al.*, 1998).

Según Shang (1990), Beatle y Taylor (1993), Ozsabuncuoglu (1998), William (1998), una función producción es una representación matemática que indica la cantidad de producto (Y) que se puede obtener a partir de una combinación dada de insumos (X), es decir:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1)$$

Para explicar, evaluar o caracterizar un proceso productivo, la función producción analiza los siguientes aspectos básicos: Elasticidades de producción, Retornos de escala, Producto Físico Marginal y Valor del Producto Físico Marginal. La Elasticidad de Producción muestra la variación registrada en el nivel de producción de un producto como respuesta a un cambio porcentual de un insumo cuando el resto de los insumos que intervienen en la producción permanecen constantes (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Ozsabuncuoglu, 1998; William, 1998; Karagiannis, 2000).

En cuanto a los Retornos a escala, estos muestran los cambios que sufre la producción cuando todos los insumos varían simultáneamente en la misma proporción y pueden ser constantes si el valor calculado es 1, crecientes si su valor es > 1 y decrecientes si el Retorno a Escala es < 1 (NAFIN y OEA, 1998; Beatle y Taylor, 1993). Un retorno a

escala constante indica que si los insumos utilizados en un proceso de producción aumentan, la producción incrementa en la misma proporción que el uso de los insumos. Contrariamente, un retorno a escala creciente refleja que el incremento de la producción obtenida es mayor a la de los insumos. Finalmente, un retorno a escala decreciente nos dice que cuando los insumos durante el proceso de producción son aumentados, el aumento en la producción es menor al uso de los insumos, lo cual significa que por más que se aumenten los insumos, el producto que se produce genera un menor rendimiento debido tal vez a una mala calidad del insumo, del producto, una combinación de ambos o bien, puede ser debido a malas prácticas de manejo durante el proceso de producción (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Ozsabuncuoglu, 1998; William, 1998).

El tercer aspecto básico de la función producción es el análisis marginal. Éste mide la tasa de cambio adicional que se puede obtener en la producción como resultado de un cambio infinitesimal en un insumo, mientras que el resto de los insumos involucrados en la producción se mantienen constantes (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; NAFIN Y OEA, 1998; Karagiannis y Katranidis, 2000).

La importancia que tiene el análisis marginal dentro de la economía de producción, radica en que puede revelar niveles óptimos en el uso de insumos para producir con máximas ganancias, por lo cual es necesario calcular el Producto Físico Marginal para cada uno de los insumos (Shang, 1990; Smith, 1994; NAFIN Y OEA, 1998). El Producto Físico Marginal se estima aplicando la primera derivada a la función producción con respecto a cada insumo y el valor obtenido se compara con la relación precio del insumo/precio del producto (P_x/P_y) para determinar si el empleo de los

insumos se debe incrementar, disminuir o bien definir si el productor los utiliza de manera óptima (Shang, 1990; Nerrie *et al.*, 1990; Orazem, 1992; Beatle y Taylor, 1993; Smith, 1994; Chong y Lizarondo, 1995; NAFIN Y OEA, 1998; Karagiannis y Katranídis, 2000)

Por último, el Valor del Producto Marginal representa la factibilidad del empleo de un insumo e indica el ingreso adicional que puede generar la producción como consecuencia del incremento de un insumo. Su cálculo se efectúa multiplicando el valor del Producto Físico Marginal por el precio de venta de la producción obtenida. Para decidir si un insumo puede ser incrementado, la cantidad numérica que resulte del cálculo anterior debe de ser mayor al precio del insumo que se está analizando y, viceversa, si la cantidad numérica es menor al precio del insumo este deberá disminuirse y cuando el resultado del cálculo del Valor del Producto Marginal es igual al del precio del insumo, se puede pensar que el productor está empleando de manera óptima los insumos. (Shang, 1990; Nerrie *et al.*, 1990; Orazem, 1992; Smith, 1994; Chong y Lizarondo, 1995; Karagiannis y Katranídis, 2000.)

De acuerdo a Griffin *et al.*, (1987), existen aproximadamente 20 tipos de funciones producción en el análisis económico, entre ellas, están:

- Leontief
- Lineal
- Cuadrática
- Cúbica
- Leontief generalizada

- Raíz cuadrada
- Logarítmica
- Mistschertich
- Spillman
- Cobb-Douglas
- Transcendental
- Resistencia
- Resistencia modificada
- Constante de Elasticidad de Substitución (CES)
- Translog
- Cuadrática generalizada
- Poder generalizado
- Box-Cox generalizado
- Fourier

A pesar de la amplia gama de posibilidades de formas funcionales existentes, en la práctica el número se reduce a unas cuantas. De acuerdo a Shang (1990) y Beatle y Taylor (1993), las que gozan de mayor preferencia debido a su facilidad de cálculo, interpretación y representación del proceso de producción son: la función producción Lineal, Transcendental, Cuadrática, Translog, CES y Cobb-Douglas. De éstas, las últimas cuatro tienen mayor uso en el campo económico, ya sea para análisis de economía de la producción o para el análisis de fronteras de producción (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993).

Es importante mencionar que ninguna forma funcional puede representar completamente un proceso de producción, pero sí pueden proporcionar una aproximación adecuada de lo que sucede en él. Es por ello que para seleccionar una forma funcional, es preciso que esta sea fácil de estimar y manipular, además de que su interpretación y aplicación sea de manera sencilla (Griffin *et al.*, 1987).

Por lo anterior, quizás una de las funciones producción más utilizadas es la Cobb-Douglas, que de acuerdo a Shang (1990), Nerrie *et al.* (1990), Orazem (1992), Beattie y Taylor (1993), Smith (1994), Chong y Lizarondo (1995), se representa por:

$$Y = AX_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} \dots X_n^{\beta_n} \varepsilon \quad (2)$$

Donde:

Y = Producto Físico Total (Producción o producto obtenido).

A = Ordenada al origen.

X_1, \dots, X_n = Cantidad de cada insumo utilizado.

β_1, β_n = Coeficientes de estimación para cada insumo, son a su vez las elasticidades de producción y su sumatoria representa los Retornos a escala

ε = Término de error aleatorio o residuales

Una de las principales ventajas que la Cobb-Douglas presenta es que la ecuación exponencial puede ser transformada mediante la aplicación de logaritmos a una forma lineal para facilitar su cálculo y se expresa como:

$$\text{Log}Y = \text{log}A + \beta_1 \text{log}X_1 + \beta_2 \text{log}X_2 + \dots + \beta_n \text{log}X_n + \varepsilon \quad (3)$$

Otras de las ventajas según Shang (1990), Beattie y Taylor (1993), Leung y Sharma (2001), que la Cobb-Douglas presenta son:

- a) Su cálculo es fácil y se realiza con regresión lineal múltiple mediante mínimos cuadrados ordinarios. Esto permite que la estimación sea secuencial, lo que permite seleccionar las variables más significativas dentro del modelo.
- b) Su interpretación y manipulación es relativamente sencilla, ya que permite que los coeficientes β del modelo puedan ser usados como una medida de elasticidad parcial de producción y su sumatoria proporcionan una medida de economía o retornos de escala.
- c) A diferencia de las funciones de producción lineal y cuadrática, la Cobb-Douglas puede describir una superficie de producción para demostrar incrementos, igualdades o decrementos de retornos de escala.

Por lo anteriormente expuesto y, para efecto de este trabajo, se desarrolló un análisis económico aplicando la función producción Cobb-Douglas para caracterizar el proceso de producción del cultivo semi-intensivo de camarón en tres parques camaronícolas pertenecientes al sector social en el sur de Sonora, complementando el estudio con un análisis financiero para evaluar la factibilidad de los parques y determinar con que densidad de siembra estos pueden obtener mejores resultados en su operación y aumentar sus ganancias. Cabe aclarar que en Sonora no se tienen antecedentes del empleo de la función producción Cobb-Douglas ni de ningún otro tipo, por lo tanto es importante generar herramientas de análisis que indiquen a los productores si están

usando de manera adecuada los insumos involucrados en la producción como mecanismo para mejorar sus procesos productivos.

La densidad de siembra es la principal discrepancia entre los parques variando de 10 a 25 Pl/m² y esto trae como consecuencia que utilicen mayores o menores cantidades de alimento, agua, combustibles, mano de obra, fertilizantes, etc. Esto ocasiona que se obtengan diferentes ingresos, utilidades y periodos de recuperación de la inversión, lo que ocasiona impactos variables sobre las ganancias. Lo anterior llevó a plantear la hipótesis de que al bajar la densidad de siembra en el cultivo semi-intensivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) el proceso de producción mejora y la rentabilidad aumenta en comparación a cuando se siembra a una densidad alta.

Para tratar de probar el planteamiento anterior se propone evaluar económica y financieramente el proceso productivo del cultivo semi-intensivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), mediante la función producción Cobb-Douglas y la evaluación financiera para determinar el nivel del uso de insumos y la rentabilidad con la que trabajan tres parques camaronícolas del sur de Sonora, cuando siembran a intervalos de 10-14, 15-19 y 20-25 Pl/m². Para ello se pretende:

- a) Analizar los datos de producción de tres parques camaronícolas para estimar una función producción Cobb-Douglas para cada uno de ellos cuando siembran a intervalos de 10-14, 15-19 y 20-25 Pl/m² y obtener: elasticidad de producción, retornos a escala y signos de los coeficientes.

- b) Realizar un análisis marginal por cada función producción estimada para determinar el incremento o decremento que se tiene para cada uno de los insumos involucrados en el proceso productivo y obtener: Producto Físico Marginal (PFM), Valor del Producto Marginal (VPM) y la relación Precio insumo – Precio producto (P_{vi}/P_{yi}).
- c) Realizar una evaluación financiera por parque camaronicola cuando siembran a intervalos de 10-14, 15-19 y 20-25 Pl/m² para determinar la rentabilidad de cada uno y obtener los índices de: Punto de Equilibrio (PE), Relación Beneficio – Costo (RCB) y Periodo de Recuperación de la Inversión (PR).
- d) Comparar los resultados del análisis con función producción y el análisis financiero mediante los Retornos a escala y los índices de PE, RCB y PR para establecer el intervalo de densidad de siembra que produce una mayor ganancia.

2. REVISION DE LITERATURA

Desafortunadamente para la acuicultura en general y específicamente para el cultivo de camarón, existen muy pocos trabajos relacionados con el empleo de la función producción, sin embargo su aplicación ha sido muy amplia en el sector agrícola y otras áreas de la industria.

Por ejemplo, Mann (1977), estableció una relación funcional entre la producción de trigo y las variables independientes de temperatura, precipitación y uso de fertilizantes para la provincia de Ankara, Turquía. Para ello utilizó datos de producción y climáticos del período comprendido entre 1946–1976, como resultado de su análisis observó que la precipitación de primavera y la fertilización tienen efectos significativos sobre el rendimiento de la producción de trigo, recomendando el incremento en el empleo de dichos insumos para obtener mayores cosechas.

Erkan y Mazid (1991), usaron datos de 153 campos agrícolas pertenecientes a siete provincias del norte de Siria y tres provincias del sureste de Turquía para analizar la producción de cebada en relación a la cantidad de semillas sembradas, variedad de semilla, cantidad de fósforo y nitrógeno usados como fertilizantes. Sus resultados mostraron que el efecto de los fertilizantes y la variedad de la semilla sobre la producción de cebada dependen de la cantidad de fertilizante usado y de la región, demostrando que la producción de dos líneas de cebada blanca es más alta comparada con la producción obtenida con líneas de cebada negra; Además concluyeron que el beneficio de los fertilizantes no se puede dar sin una adecuada cantidad de agua,

encontrando que cuando se fertiliza en ausencia de agua la producción tiende a sufrir una reducción.

Ozşabuncuoğlu (1998), estimó tres funciones producción (lineal, cuadrática y Cobb-Douglas) para analizar la situación del cultivo de trigo en el sureste de Turquía (provincias de Gaziantep, Sanlıurfa, Diyarbakir y Mardin) utilizando la información de producción de trigo para el período de 1963 a 1989. Los insumos considerados para el análisis fueron la aplicación de agua para el riego tanto por precipitación como por irrigación, además del fertilizante y la superficie de cultivo. Sus resultados muestran que los modelos estimados son estadísticamente significativos en un nivel de confianza del 95 % y observó que el agua es el insumo de mayor peso en la producción de trigo, por lo que recomienda mayor inversión en los sistemas de irrigación.

Chow y Lin (2000), realizaron un estudio para comparar el crecimiento económico en Taiwán y China, para un período de 50 años (1951 a 1999) enfocándose principalmente en la mano de obra y el capital. Los resultados muestran que la tasa de crecimiento económico para Taiwán decreció aproximadamente 6.5 % como resultado de un ligero incremento de la mano de obra y a la poca oferta de trabajo, mientras que para el caso de China no se presenta pero se prevé que pueda suceder, más no existe una evidencia estadística significativa que lo demuestre. Por otro lado se determinó que la acumulación de capital ha sido el factor más importante para incrementar la producción en ambas economías, contribuyendo en un 40 % para el crecimiento económico de Taiwán y en un 70 % para el caso de China.

Uno de los pocos trabajos encontrados en acuicultura con función producción, es el realizado por Tokrisna (1979), quien desarrolló una función producción Cobb-Douglas para estudiar las granjas de camarón en Tailandia. El estudio indica que los granjeros aplican los recursos ineficientemente debido principalmente a que las granjas son operadas por las propias familias que en la mayoría de las veces no tienen ningún conocimiento empresarial, por lo que se recomendó disminuir el empleo de la mano de obra familiar y se capacite a las familias en el manejo técnico-administrativo para mejorar la producción y por ende el ingreso familiar.

Wattanuchariya (1982), aplicó la función producción Cobb-Douglas para caracterizar el cultivo del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) en cuatro regiones de Tailandia analizando el empleo de los principales insumos en la producción, encontrando que estos se usan de manera ineficiente por los productores y que la elasticidad de producción es inelástica (respecto a densidad de siembra, alimento, recambio, mano de obra y fertilización), lo que explica que la industria se encuentre en un nivel medio de desarrollo. Como alternativa para mejorar la producción recomienda que se deben disminuir la densidad de siembra y el alimento empleado para elevar las ganancias de los granjeros.

Jackson (1982), estudio la situación de las granjas que se dedican al cultivo de milkfish en Java Central e Indonesia, mediante la función producción Cobb-Douglas. El autor determinó que los productores subutilizan los fertilizantes y la densidad de siembra, mientras que se presenta una sobreutilización de la mano de obra. Por lo tanto, el estudio concluyó que granjeros debían incrementar el uso de fertilizantes y la densidad de

siembra pero disminuir el uso de la mano de obra y así estar en posibilidades de aumentar sus ganancias.

Chong y Lizarondo (1995), utilizaron la función Cobb-Douglas para caracterizar la relación insumo-producto en el cultivo de milkfish en Filipinas. Los resultados muestran que Filipinas tiene un gran potencial para desarrollar esta industria, además, reflejan que los productores son ineficientes para producir por lo que se debe mejorar el uso de los diferentes insumos para fortalecer la producción.

Nerrie *et al.* (1990), desarrollaron un estudio aplicando la función producción Cobb-Douglas para determinar el nivel de uso de insumos que tienen los productores de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) en el oeste central de Alabama, Estados Unidos. Dicho estudio fue realizado analizando los datos de producción de dieciséis granjas durante los ciclos de producción 1983, 1984 y 1985. Las variables que ellos consideraron para estimar el modelo fueron: alimento aplicado, capital invertido, mano de obra requerida, densidad de siembra y tiempo de cultivo estandarizados a la hectárea con excepción de este último.

Los resultados que arrojó el estudio muestran, por un lado, que el nivel promedio de uso de insumos utilizados por los granjeros del oeste de Alabama son más bajos que los empleados por los granjeros de Arkansas y Mississipi. Además el estudio refleja que todos los productores de Alabama, tienen un gran potencial para intensificar el uso de los insumos con lo cual pueden incrementar fuertemente sus utilidades. A pesar de que las utilidades se maximizan, los autores hacen notar que al intensificar el uso de los insumos las pérdidas monetarias también pueden ser mayores debido a problemas de

calidad de agua y enfermedades, por lo tanto, resulta útil que los productores fijen muy bien sus objetivos, los cuales pueden ser: maximizar ganancias, minimizar costos, minimizar el riesgo entre otros.

Karagiannis y Katranidis (2000), estudiaron la relación técnica involucrada en la producción de seabass (lubina) y seabream (dorada) en Grecia, mediante el análisis de una función producción translogarítmica. El estudio se realizó en una muestra de 40 granjas lo que representa el 25 % del total de las granjas que cultivan seabass y seabream.

El análisis se enfocó en determinar los Productividad marginal, Retornos a escala y elasticidades de sustitución entre los insumos utilizados en la producción. Para ello, las variables que intervinieron fueron: Producción de seabass y seabream, alimento aplicado, densidad de siembra y mano de obra, también se consideraron los ingresos totales, costo de alimento, alevines y mano de obra.

Los resultados obtenidos de acuerdo a la productividad marginal indicaron que el alimento y la densidad de siembra están relacionados con la mayor productividad marginal (0.313 y 0.259 respectivamente), lo que señala que estos insumos son los de mayor potencial para incrementar la producción. En cuanto a los Retornos a escala estos fueron decrecientes con un valor promedio de 0.703, probablemente debido a restricciones biológicas en la producción, así como a la restricción del área marina que puede ser empleada por las granjas. Con las elasticidades de sustitución se observó que existía una fuerte relación complementaria entre la densidad de siembra, el alimento y la

mano de obra, indicando que si se incrementa la densidad de siembra, se requiere de un incremento de alimento y mano de obra con el fin de obtener una mayor producción.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudio.

Uno de los aspectos fundamentales para la realización de este estudio fue que los parques analizados contaran con características similares en cuanto a ubicación, aspectos medioambientales, relieve, suelos, hidrología, así como con características semejantes de producción relativo a la tecnología de cultivo, el manejo del cultivo, los insumos, comercialización, financiamiento, etc.

En lo que respecta a ubicación, los tres parques acuícolas mencionados en este estudio, se encuentran ubicados en los municipios de San Ignacio Río Muerto, Cajeme y Benito Juárez. Sin embargo, todos tienen su base de operaciones en el municipio de Cajeme, específicamente en su cabecera municipal que es Cd. Obregón. Por lo tanto la descripción general que se mencionará será la información correspondiente a dicho municipio. Se aclara que toda la información vertida en este apartado fue tomada del Plan Municipal de Desarrollo, 2003-2006.

3.1.1. Características generales del Municipio de Cajeme.

El municipio de Cajeme, se encuentra localizado al sur del Estado de Sonora, en las coordenadas geográficas $27^{\circ} 06'$ de latitud norte y $110^{\circ} 08'$ de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Guaymas, Suaquí Grande, Onavas y Rosario; al este, con los municipios de Rosario y Quiriego; al sur con los municipios de Quiriego, Navojoa y Etchojoa; al oeste con el Golfo de California y los municipios de Bácum y Guaymas.

El municipio cuenta en su territorio con una superficie de 5280 km², lo cual representa el 2.7 % de la superficie total del Estado y está integrado por 16 localidades principales y una cabecera municipal (Cd. Obregón).

3.1.2. Condiciones climáticas y físicas de la zona.

En lo que respecta a las condiciones medioambientales los tres parques presentan características muy similares, por lo cual sus pronósticos climatológicos están basados en dos estaciones meteorológicas.

Clima. La descripción de las características climatológicas del área para el proyecto, fue obtenida de los registros de las estaciones climatológicas más cercanas al sitio como la CNA 4 – 10, de Villa Juárez y la del ITSON – 2, en el block número dos del Valle del Yaqui. De acuerdo al sistema de Köepen modificada por García, el clima se clasifica como BW (h)(x')(e), que significa, BW clima muy seco o desértico, (h') muy cálido con temperatura media anual mayor de 22°C, (x') régimen de lluvias intermedio entre el verano e invierno, debido principalmente a la actividad ciclónica, (e) con clima extremo y una oscilación anual de temperatura entre 7°C y 14°C.

Precipitación. El promedio de lluvia en el área del proyecto fluctúa entre 200 y 500 mm al año, el período de mayor lluvia comprende los meses de julio a septiembre, en donde se concentra el 70 % del total, en los meses de diciembre a enero ocurren lluvias de menor intensidad que ocupan el 30 % restante, recibiendo el nombre de "equipatas"

Temperatura. En general, la temperatura media anual es de 22.8°C, presentándose mínimas de 10° C en los meses de diciembre, enero y febrero, así como máximas de 43° C en julio, agosto y septiembre.

Evaporación. La evaporación media anual varía de 210 a 320 mm concentrándose la mayor parte en los meses de mayo, junio y julio, siendo la mínima anual de 211 mm en tanto que la máxima es de 349.8 mm el promedio de evaporación de los últimos 10 años es de 224 mm para la estación CIANO (Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste) y de 212 mm para la estación CNA 4-10. Por lo que respecta a la insolación, los datos registrados durante los últimos 10 años para la zona, muestran que existe un 71 % de días despejados durante todo el año.

Vientos. Los vientos predominantes en la mayor época del año son de baja intensidad en dirección SW- NE; en febrero y marzo se presentan los vientos del N y N-E que son de mayor intensidad. Los vientos huracanados y ciclones se presentan a principios del otoño con una periodicidad de 1 a 5 años respectivamente, son de gran intensidad y comúnmente en dirección SW-NE provenientes del mar. Los ciclones que se presentan en los meses de septiembre y octubre pueden ocasionar daños a las actividades agrícolas, acuícolas y pesca.

Tipos de suelos presentes en el área. Los suelos encontrados son finos, inorgánicos limosos y arcillosos, mientras el nivel freático varía de 0.80 a 1.0 m de profundidad.

Hidrología e hidrografía. En el área del Proyecto, no existe ningún río ni arroyo de importancia, sólo en época de lluvias se forman algunos arroyuelos con gastos pequeños,

menores de 50 lps en dirección al Estero San José y a la Bahía del Tóbari. Sin embargo, el parque acuícola del "Tóbari" y el parque acuícola "La Atanasia" reciben descargas de algunos drenes agrícolas. Aproximadamente a 45 km se encuentra el cauce del Río Yaqui y al sur, a unos 62 km el Río Mayo. En estos dos ríos, solo hay escurrimientos continuos en la época de lluvias o cuando existen desfogues de los Distritos de Riego.

3.2. Función producción.

Antes de iniciar a describir la metodología para estimar la función producción, se aclara que al final del documento se encontrará como anexo las abreviaturas y las definiciones de los términos económicos y financieros utilizados en el texto.

Para estimar las funciones producción de cada uno de los parques camaronícolas se siguieron los cuatro pasos generales descritos por Shang (1990), Smith (1994), Ozsabuncuoglu (1998), es decir: Especificación de variables a medir, recolecta de datos y caracterización de los parques, estimación e interpretación de resultados.

3.2.1. Especificación de las variables.

En el cultivo de camarón, la producción que se obtiene en condiciones normales está en función de los insumos que se utilicen y esto, se representa mediante la siguiente expresión:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (4)$$

Donde Y es la biomasa de camarón obtenida y X_1, X_2, \dots, X_n son los insumos o variables utilizadas (Shang, 1990; Nerrie *et al.*, 1990; Smith, 1994; Ozsabuncuoglu, 1998). En el

presente estudio las variables que se consideraron para el análisis fueron de dos tipos: cuantitativas y cualitativas, denominando a estas últimas como variables “dummy” (Shang, 1990; Smith, 1994).

Para el caso de las variables cuantitativas (X) se estandarizaron en cantidades físicas por hectárea y fueron aquellas que tuvieron un efecto directo en la producción, como lo son:

X_1 = Alimento (kg/ha/ciclo)

X_2 = Densidad de siembra (Pl/ha/ciclo)

X_3 = Recambio de agua (m^3 /ha/ciclo)

X_4 = Fertilizante (kg/ha/ciclo)

X_5 = Calhídra (kg/ha/ciclo)

(Boyd, 1998; Clifford III, 1999; USDA, 2001)

Otra variable que se consideró importante fue la duración del ciclo de cultivo pero debido a que es difícil considerarla dentro del análisis económico como una variable o insumo directo, se introdujo como una variable cualitativa (dummy). En ese sentido se establecieron tres intervalos de tiempo, los cuales fueron: 1) 120-150 días, 2) 151-180 días y 3) 181-220 días. De acuerdo a la metodología planteada por Hardy (1993), y Winston *et al.*, (1997) cuando se tiene una variable “dummy” con j categorías requiere un paso de $j-1$ variables “dummy”, por lo tanto para este estudio se definió como “dummy” de referencia el intervalo de 120-150 días y entonces se establecieron las siguientes variables “dummy” que adoptaron valores de 1 y 0 de acuerdo a lo siguiente:

$D_1 = 1$ para 180 días > tiempo > 151 días.

= 0 otras

$D_2 = 1$ para 220 días > tiempo > 181 días.

= 0 otras

3.2.2. Recolecta de datos.

Los datos que se recolectaron para el análisis pertenecen a 195 estanques de tres parques camaronícolas (a los cuales por razones de confidencialidad se les llamo A, B y C) que utilizan el método de cultivo semi-intensivo en la zona sur del Estado de Sonora (comprendidos desde el estero del Siaric hasta el estero de Melagos) y corresponden a los ciclos de producción 2001, 2002 y 2003. Es importante mencionar que únicamente se recabó la información que tuviera una relación directa con las variables de trabajo especificadas anteriormente, por lo tanto los datos registrados se enmarcan en los siguientes conceptos:

- Área de cada estanque
- Fecha de siembra y cosecha
- Duración del ciclo de cultivo
- Densidad de siembra
- Alimento total utilizado
- Porcentaje de recambio aplicado
- Agua consumida en el ciclo (llenado y recambios)
- Tipo de fertilizante y cantidad total aplicado en el ciclo
- Producción total obtenida
- Peso inicial y final de los camarones

- Porcentaje de sobrevivencia
- Precios de venta del producto
- Factor de Conversión Alimenticia (F.C.A.)

3.2.3. Caracterización de los parques estudiados.

Todos los parques estudiados practican el método semi-intensivo de cultivo y pertenecen al sector social. Su funcionamiento, diseño y estrategia de manejo para abaratar costos es muy parecido, debido a que cada parque se compone de varias granjas que comparten infraestructura y servicios de uso común, como puede ser: canal de llamada, carcamo y estación de bombeo, canal distribuidor, canal de desagüe, así como la administración, compras, comercialización y financiamiento, entre otras.

Los parques, sin embargo, variaron en superficie, tamaño de estanques y densidad de siembra, por ejemplo: en cuanto a la superficie, esta pueden ser de 274 a 658 ha. Respecto al tamaño de los estanques varía de 5 a 12 ha y la densidad de siembra de 10 a 25 Pl/m² (fig.1). La producción se desarrolla en un ciclo corto o uno largo con una duración de 120 a 220 días respectivamente, realizando ya sea una cosecha final en el ciclo corto o bien, una cosecha parcial y una final en el ciclo largo.

Dependiendo de la estrategia de cultivo que los parques empleen, el rendimiento promedio de la producción anual osciló entre los 970 y 3,200 kg/ha de camarón con cabeza y las tallas obtenidas del producto final sin cabeza fluctuaron desde la 61-70 a la 26-30 (13 y 32 g con cabeza respectivamente).

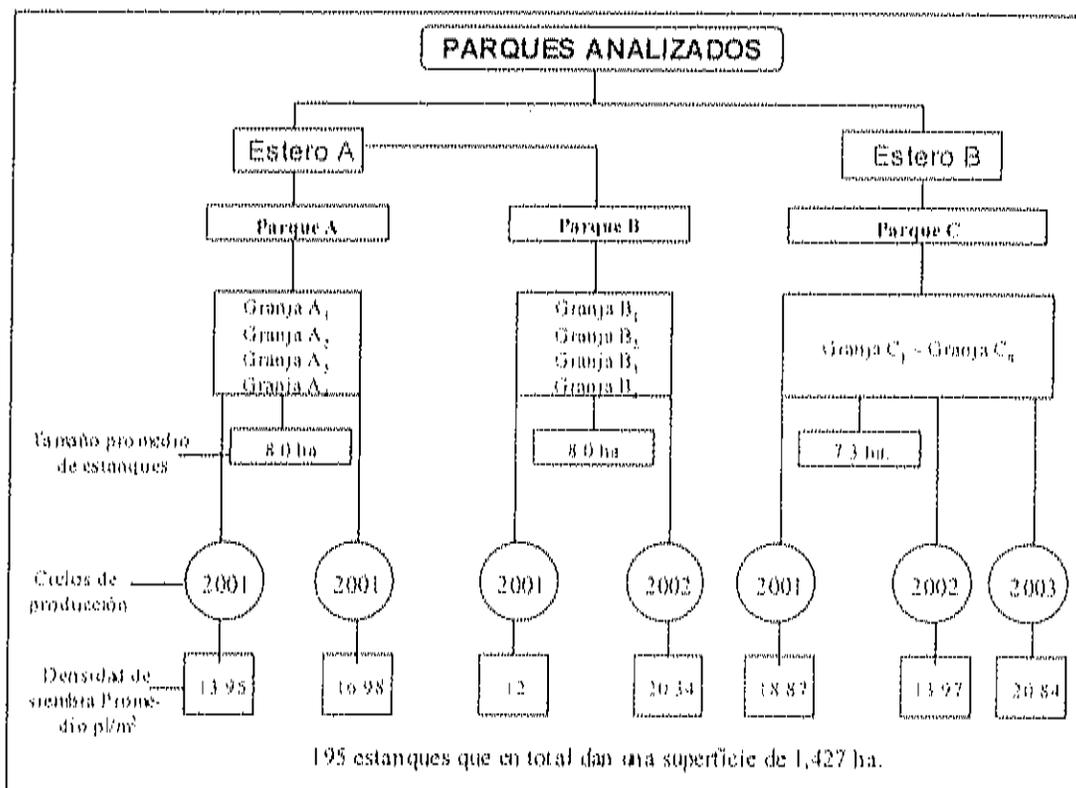


Fig. 1. Granjas por parque, tamaño promedio de estanques, ciclos de cultivo y densidad de siembra promedio por parque.

3.2.4. Estimación de la función producción.

Es importante aclarar que, antes de estimar la función producción para cada parque, la información recabada se ordenó partiendo del hecho de que la densidad de siembra fue el aspecto crucial del proceso productivo. Las densidades de siembra que se presentaron variaron de 10 hasta 25 PI/m^2 y en ocasiones la variación fue tan pequeña que no valía la pena tomarlas de manera individual, por tal motivo se decidió separar las densidades en intervalos de cinco unidades, obteniéndose los siguientes intervalos: 10-14, 15-19 y 20-25 PI/m^2 .

Habiendo identificado los intervalos de siembra a analizar, se intentó estimar una función producción para cada ciclo de producción en cada intervalo de siembra para cada parque. Sin embargo, los resultados que se obtuvieron de esta forma fueron muy pobres, ya que para la mayoría de los casos solamente las variables de alimento y densidad de siembra podían ser introducidas a los modelos, aunado al hecho de que en ocasiones el tamaño de muestra no era suficiente (mínimo de quince) para realizar un análisis confiable de independencia de los residuales o error aleatorio.

Para dar una solución a lo mencionado anteriormente, se trabajó con datos agregados de los tres ciclos anuales de producción y de esa manera se logró estimar las funciones de producción Cobb-Douglas en cada uno de los parques para cada intervalo de siembra señalado con anterioridad. Esta función producción de acuerdo a Shang (1990), Nerrie (1990), Orazem (1992), Smith (1994), Ozsabuncuoglu (1998), en su forma general se expresa por:

$$Y = AX_1^{\beta^1} X_2^{\beta^2} X_3^{\beta^3} X_4^{\beta^4} X_5^{\beta^5} \quad (5)$$

Donde:

Y = Biomasa de camarón en kg/ha.

A = a la ordenada al origen o bien la cantidad de producto que se obtendría si durante el cultivo de camarón no se agregan insumos.

X_1, X_2, \dots, X_5 = Son las variables o Insumos utilizados para el análisis de este estudio.

$\beta^1, \beta^2, \dots, \beta^5$ = Coeficientes o exponentes que indican elasticidad de producción de cada variable y retornos de escala.

Dicha ecuación se transformó a su forma lineal aplicando logaritmos para facilitar su cálculo y se expresó como:

$$\text{Log}Y = \log A + \beta_1 \log X_1 + \beta_2 \log X_2 + \beta_3 \log X_3 + \beta_4 \log X_4 + \beta_5 \log X_5 + \varepsilon \quad (6)$$

(Shang, 1990; Nerrie, 1990; Smith, 1994; Ozsabuncuoglu, 1998).

Para estimar dicha ecuación, fue necesario transformar todos los datos de las variables a logaritmos. Para ello primero se estandarizaron en cantidades físicas por hectárea y solo hasta entonces se realizó la transformación utilizando la hoja de cálculo EXCEL 2000.

Se calculó la función producción mediante el método de los mínimos cuadrados ordinarios, utilizando los paquetes estadísticos Sigma Stat 3.0 y Statistica 2000 respetando los siguientes supuestos básicos para que las funciones estimadas fueran robustas: primero, no debe existir relación lineal entre las variables independientes; segundo, el término de error tiene un valor esperado de cero y una varianza constante para todas las observaciones; tercero, los errores correspondientes para diferentes observaciones son independientes, por lo tanto incorrelacionados; y cuarto, la variable del error tiene una distribución normal (Pindyck, 1991; Yamane 1999; Zar, 2001).

Por lo anterior, cuando el término de error no satisfacía la prueba de independencia y de normalidad, se discriminaron los datos atípicos, que fueron aquellos que presentaron una desviación estándar mayor a tres al momento de graficar los residuales (Montgomery, 2002). También se puso un especial cuidado en que no se presentara multicolinealidad ya que cuando se presenta, es difícil determinar o explicar la varianza de los parámetros estimados y los errores aleatorios o residuales se comportan de manera no independiente

(Griffin *et al.*, 1987; Shang, 1990; Pindyck, 1991; Smith, 1994; Zar, 2001). Para minimizar el problema de multicolinealidad es necesario eliminar una de las variables que la presentan o bien aumentar el tamaño de muestra (Griffin *et al.*, 1987; Pindyck, 1991; Zar, 2001). Cuando en algunas de las funciones producción estimadas se presentó el problema de multicolinealidad entre las variables, se optó por eliminar la variable colineal y seguir con la estimación ya que no era posible aumentar el tamaño de la muestra.

Además de las pruebas anteriores, todas las funciones tuvieron que pasar la prueba de Durbin-Watson para comprobar la independencia de los residuales (Griffin *et al.*, 1987; Pindyck, 1991; Ozsabuncuoglu, 1998; Yamane, 1999; Zar, 2001). Esto es importante debido a que cuando los residuales no son independientes, el método de los mínimos cuadrados ordinarios con el que se estima la regresión, puede no dar las mejores estimaciones y las varianzas muestrales de los coeficientes de la regresión subestiman la verdadera varianza y por otro lado, no se puede utilizar las distribuciones t y F para probar hipótesis o construir intervalos de confianza (Pindyck, 1991; Yamane, 1999; Zar, 2001)

Si alguna de las funciones no pasaba una de las pruebas antes señaladas, no se aceptaba, realizando de nuevo la estimación hasta que todas las pruebas fueran aprobadas. Por tal motivo, en algunos casos las funciones presentaron su mejor ajuste con tres o cuatro variables, pero no necesariamente con las mismas.

Cuando todas las funciones producción quedaron estimadas, se procedió a evaluarlas analizando la bondad de ajuste del coeficiente de determinación múltiple ajustado (R^2 ajustado), el cual se calculó mediante la siguiente expresión:

$$R^2 \text{ ajustado} = 1 - (1 - R^2) (N-1) / (N - K) \quad (7)$$

Donde N representa el tamaño de muestra y K el número de variables. El motivo para utilizar el R^2 ajustado obedece a que éste no sobreestima la bondad de ajuste del modelo y sólo se incrementa cuando una variable tiene realmente efecto en el modelo que se está estimando, mientras que el coeficiente de determinación múltiple sin ajustar (R^2), aumenta conforme se agregan variables al modelo sin que necesariamente estas tengan un efecto verdadero en él (Pindyck, 1991; Ozsabuncuoglu, 1998; Yamane, 1999; Zar, 2001).

La evaluación de las funciones producción también se llevaron a cabo con el cálculo del estadístico t para determinar la significancia de cada variable dentro del modelo y debido a que las variables analizadas tienen una distribución normal, el valor crítico del estadístico fue de 1.96. Es decir que si el valor absoluto del estadístico t de cada variable estaba por debajo de 1.96, esto significaba que la variable no era estadísticamente significativa (Pindyck, 1991; Yamane, 1999; Zar, 2001).

Además de los estadísticos antes mencionados también se utilizó la prueba F para medir la significancia global del modelo. La prueba F consistió en contrastar el valor calculado con el valor de tablas y, si el primero resultaba mayor al segundo, se determinaba que el modelo era significativo, lo que permitió que las variables que no fueran significativas

con el estadístico t , fueran aceptadas como válidas dentro del modelo con un nivel de confianza del 95 % (Pindyck, 1991; Ozsabuncuoglu, 1998; Yamane, 1999; Zar, 2001).

3.2.5. Interpretación de los resultados.

Para tomar medidas de decisión con los indicadores arriba mencionados, se calcularon las Elasticidades de producción, Retornos de escala y se interpretaron los signos de los coeficientes.

Las Elasticidades de producción y su valor simplemente se tomó de los coeficientes β de cada variable estimada en el modelo, en otras palabras, dividiendo el Producto Físico Marginal de un insumo entre el Producto Físico Promedio del mismo insumo (Shang, 1990; Nerrie, 1990; Pindyck, 1991; Smith, 1994; Ozsabuncuoglu, 1998).

Una vez que se obtuvo el valor de las Elasticidades de producción para cada uno de los insumos analizados se determinó en que región de producción se desarrolló el proceso productivo en cuanto al uso de los insumos. En teoría de producción de acuerdo a Shang, (1990), Nerrie *et al.*, (1990), Beatle y Taylor, (1993), Smith, (1994), Ozsabuncuoglu, (1998), Karagianinis, y Katranidis, (2002) se distinguen tres regiones de producción en las que un productor puede producir durante el desarrollo de su proceso de producción (fig. 2)

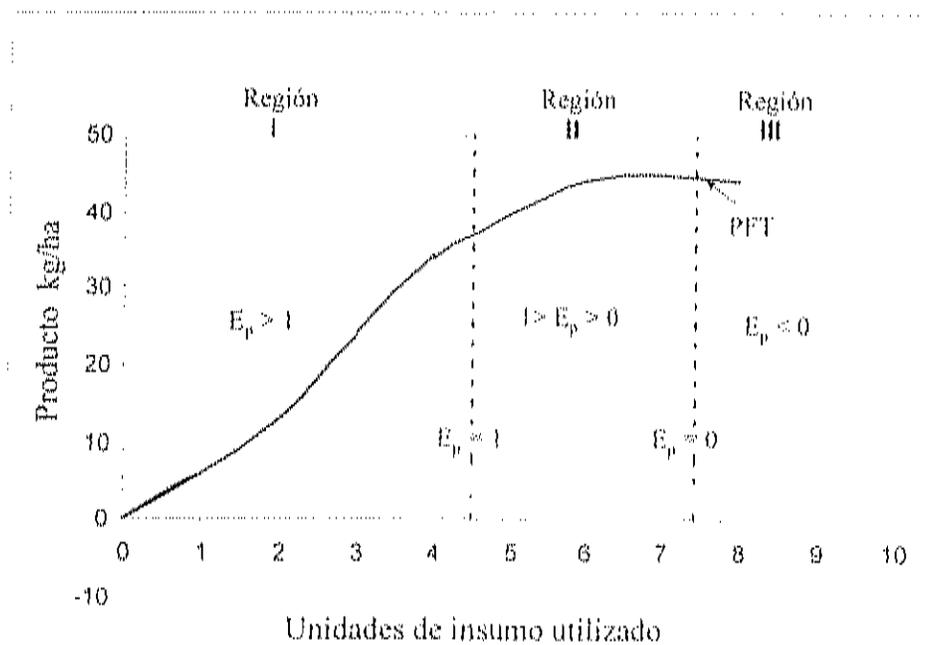


Fig.2. Regiones de producción en las que un productor puede producir

En la región de producción I, la Elasticidad de producción de cada insumo es mayor a uno. En esta región el Producto Físico Total (PFT) o la producción que se obtiene esta creciendo conforme se adiciona cantidades extras de insumo y se dice que se incrementa de manera creciente, pero aún no se llega al nivel óptimo de uso de insumo por lo que es necesario seguir utilizando una mayor cantidad (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Smith, 1994). La región II es la región en la que se recomienda se mantenga el productor, en ésta, la Elasticidad de producción del insumo se encuentra entre los valores de cero y uno. Ésta región es una zona racional entre el empleo del insumo y la producción que se obtiene ya que es donde se está alcanzando la máxima producción con un nivel óptimo del insumo y se dice que se tiene un crecimiento en la producción de manera decreciente (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Smith, 1994). Por último la región III, es una región irracional de producción ya que indica un uso ineficiente de los

insumos. En esta región la Elasticidad de producción es menor a cero y la producción esta cayendo a pesar de que el empleo del insumo se incrementa (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Smith, 1994).

Los Retornos de escala muestran los cambios que sufre la producción cuando todos los insumos varían en la misma proporción y al mismo tiempo (Shang, 1990; Smith, 1994; Beatle y Taylor, 1993; Ozsabuncuoglu, 1998; NAFIN y O.E.A., 1998; Karagiannis y Katranidis, 2000) y su cálculo se realizó sumando los coeficientes β de la función producción.

De acuerdo a lo anterior tenemos que según Shang (1990), Beatle y Taylor (1993), Smith (1994), Ozsabuncuoglu (1998), NAFIN y OEA (1998).

Si $\sum \beta_i > 1$: indica retornos de escala crecientes, lo cual indica que al incrementar al doble el uso de los insumos se obtiene más del doble de la producción.

Si $\sum \beta_i < 1$: indica retornos de escala decrecientes y refleja que si se el uso de los insumos se aumenta al doble la producción crece menos del doble, sugiriendo que el uso de un insumo en particular debe reducirse.

Si $\sum \beta_i = 1$: indica una economía de escala constante, es decir que si los insumos se incrementan al doble, la producción tiende a aumentar exactamente al doble.

En cuanto a los signos de los coeficientes, se consideraron positivos ya que los insumos involucrados tienen una relación positiva con el proceso de producción (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Smith, 1994; Ozsabuncuoglu, 1998).

3.3. Análisis marginal

Se realizó un análisis marginal para cada una de las variables en todos los modelos estimados aplicando la primera derivada a la forma general de la función producción (Shang, 1990; Nerie *et al.*, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Smith, 1994; Ozsabuncuoglu, 1998; NAFIN Y OEA, 1998), ecuación 2 y se determinó Producto Físico Marginal (PFM) y Valor del Producto Marginal (VPM) mediante:

$$PFM_i = \delta Y / \delta X_i \quad (8)$$

$$VPM_i = PFM_i * \text{precio del producto (Y)} \quad (9)$$

Posteriormente el valor de estos se compararon con la relación precio insumo – precio producto (P_{Xi}/P_{Yi}) para determinar si el empleo de los insumos se debe de incrementar, reducir o bien establecer si el productor tiene un uso óptimo de los mismos, bajo los siguientes criterios (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Smith, 1994; Ozsabuncuoglu, 1998; NAFIN Y OEA, 1998).

Si $PFM > P_{Xi}/P_{Yi}$ el uso de un insumo en particular puede incrementarse por que se incrementan las ganancias

Si $PFM < P_{Xi}/P_{Yi}$ el uso de un insumo en particular debe reducirse por que las ganancias disminuyen.

Si $PFM = P_{Xi}/P_{Yi}$, indica que el productor es económicamente eficiente.

Si $VPM > P_{Xi}$, el uso de un determinado insumo se puede incrementar.

Si $VPM < P_{vi}$, el uso de un insumo en particular debe de reducirse.

Si $VPM = P_{vi}$ el productor es económicamente eficiente.

3.4. Análisis financiero

Para determinar la rentabilidad en cada uno de los parques, se llevó a cabo una evaluación financiera con los siguientes datos de producción: inversión total, precios de venta para el producto, Costos Variables (poslarva, alimento, fertilizante, calhídra, sanidad acuícola (análisis patológicos, bacteriológicos, probióticos e implementación de medidas de bioseguridad en general), combustibles y lubricantes, mantenimiento a infraestructura, vehículos y equipo, procesamiento, comercialización y sueldos), así como Costos Fijos (Gastos administrativos, de oficina, previsión, seguros y capacitación).

Con la información que se obtuvo, se determinaron los indicadores: Punto de Equilibrio de la producción (PE.) Relación Costo-Beneficio (RCB) y Periodo de Recuperación (PR).

El Punto de Equilibrio representa el volumen de operación o nivel de utilización de la capacidad instalada, en el cual los ingresos son iguales a los costos. Por debajo de ese punto la empresa incurre en pérdidas y por arriba obtiene utilidades (Shang, 1990; NAFIN y OEA, 1998; Engle y Valderrama, 2001).

La relación Costo-Beneficio indica la utilidad que la producción genera por cada peso invertido. Si el valor de esta relación es menor a uno, la empresa esta incurriendo en

pérdidas; si es igual a uno, los beneficios y los costos se igualan, cubriendo apenas el costo mínimo; si es mayor a uno la empresa estará recibiendo utilidades. Por último el Periodo de Recuperación se define como el tiempo en el cual los beneficios o utilidades futuras del proyecto cubren el monto de la inversión (Shang, 1990; NAFIN y OEA, 1998; Engle y Valderrama, 2001).

El cálculo de los indicadores arriba mencionados se realizó de acuerdo a Shang (1990) y NAFIN y OEA (1998) y Engle y Valderrama (2001), con las siguientes fórmulas:

$$PE = \text{costos fijos} / \text{ingresos} - \text{costos variables} \quad (10)$$

$$RBC = \text{Valor Presente de la utilidad} / \text{inversión} \quad (11)$$

$$PR = \text{inversión} / \text{utilidad} \quad (12)$$

Finalmente una vez realizado el análisis económico con la función producción y el análisis financiero, se comparó la información obtenida con los Retornos a escala y los indicadores de PE, RBC y PR para ver si ambos análisis mantienen un comportamiento similar para establecer si al disminuir la densidad de siembra el proceso de producción mejora.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Función producción

4.1.1. Recolecta de datos.

Para el parque "A" se observaron dos densidades de siembra distintas, las cuales se separaron en intervalos siendo estos de 10-14 y 15-19 PI/m^2 . De igual forma para el parque "B" los intervalos de densidad que se presentaron fueron de 10-14 y 20-25 PI/m^2 y para el parque "C" se tienen los intervalos de 10-14, 15-19 y 20-25 PI/m^2 . El valor promedio de las variables que intervinieron en el análisis para cada parque e intervalos de densidad se puede observar en las tablas 1, 2 y 3. Así mismo en el apéndice 1, se encuentran los valores individuales de cada variable para cada parque e intervalo de densidad.

Tabla 1. Valor promedio de las variables analizadas para los tres parques en el intervalo de densidad 10-14 PI/m^2

PROMEDIOS	DENSIDAD 10-14	PARQUES		
		A	B	C
Área (ha)		167.97	164.80	170.35
Densidad (PI/m^2)		13.95	12.00	13.97
Biomasa (kg/ha)		970.83	2,151.17	1,537.85
Alimento (kg/ha)		1,941.48	4,561.15	2,559.08
Densidad (cañu/ha)		139,531.96	120,000.00	139,653.20
Recambio (m^3/ha)		163,725.71	284,914.29	169,104.00
fertilizante (kg/ha)		95.99	26.52	832.60
Calhidra (kg/ha)		611.10	533.98	809.94
días de cultivo		124.95	174.24	136.23
Sobrev (%)		51.57	75.76	79.19
Talla final (g)		17.33	25.91	16.80
P.C.A.		2.01	2.18	1.59
Recambio (%/día)		13.00	13.90	12.26
Alimento (kg /ha/ día)		15.54	26.18	18.78

Tabla 2. Valor promedio de las variables analizadas para los tres parques en el intervalo de densidad 15-19 Pl/m²

PROMEDIOS	DENSIDAD 15-19	PARQUES		
		A	B	C
Área (ha)		385.61	X	267.10
Densidad (Pl/m ²)		16.98	X	18.17
Biomasa (kg/ha)		1.374.47	X	2.336.50
Alimento (kg/ha)		2.733.05	X	4.771.54
Densidad (cam/ha)		169.815.00	X	181.740.39
Recambio (m ³ /ha)		149.527.66	X	211.395.00
fertilizante (kg/ha)		72.83	X	1.030.77
Calhídra (kg/ha)		634.59	X	1.000.08
días de cultivo		115.85	X	168.63
Sobrev (%)		54.48	X	75.15
Talla final (g)		16.11	X	21.71
F.C.A.		1.98	X	1.99
Recambio (%/día)		13.00	X	11.88
Alimento (kg/ha/ día)		23.59	X	28.30

Tabla 3. Valor promedio de las variables analizadas para los tres parques en el intervalo de densidad 20-25 Pl/m²

PROMEDIOS	DENSIDAD 20-25	PARQUES		
		A	B	C
Área (ha)		X	143.00	119.12
Densidad (Pl/m ²)		X	20.34	20.82
Biomasa (kg/ha)		X	1.682.94	2.715.00
Alimento (kg/ha)		X	4.795.22	5.733.56
Densidad (cam/ha)		X	203.425.60	208.238.27
Recambio (m ³ /ha)		X	211.383.16	219.000.00
fertilizante (kg/ha)		X	67.80	1.065.34
Calhídra (kg/ha)		X	1.189.57	1.069.17
días de cultivo		X	155.95	185.52
Sobrev (%)		X	49.66	63.73
Talla final (g)		X	20.14	23.50
F.C.A.		X	3.08	2.13
Recambio (%/día)		X	12.95	11.81
Alimento (kg/ha/ día)		X	30.75	30.90

4.1.2. Estimación de la función producción.

Con las variables especificadas y los datos recolectados, se obtuvieron siete funciones producción, dos para el parque "A" cuando siembra con intervalos de 10-14 y 15-19 Pl/m² y dos para el parque "B" al sembrar a 10-14 y 20-25 Pl/m². Finalmente para el parque "C" se estimaron tres funciones para los intervalos de siembra de 10-14, 15-19 y 20-25 Pl/m², tal y como se muestra en las tablas 4, 5 y 6.

Tabla 4. Funciones de producción estimadas para el parque "A" en los intervalos 10-14 y 15-19 Pl/m²

Densidad	PARQUE A
10-14	$Y = 1.87(X_1)^{0.722}(X_2)^{0.069}(\text{dummy } 1)^{0.788}$
15-19	$Y = 0.0001309(X_1)^{0.736}(X_2)^{0.814}(X_3)^{0.0138}(\text{dummy } 2)^{1.12}$

Tabla 5. Funciones de producción estimadas para el parque "B" en los intervalos 10-14 y 20-25 Pl/m²

Densidad	PARQUE B
10-14	$Y = (1.22 \cdot 10^{-21})(X_1)^{0.543}(X_2)^{3.915}(X_3)^{0.133}(\text{dummy } 1)^{0.190}$
20-25	$Y = 0.0329(X_1)^{1.111}(X_2)^{1.296}(X_3)^{0.517}(X_4)^{1.143}(\text{dummy } 1)^{0.739}$

Tabla 6. Funciones de producción estimadas para el parque "C" en los intervalos 10-14 15-19 y 20-25 Pl/m²

Densidad	PARQUE C
10-14	$Y = 0.001492(X_1)^{0.736}(X_2)^{1.965}(\text{dummy } 1)^{0.272}(X_4)^{1.87}$
15-19	$Y = 0.00024378(X_1)^{0.334}(X_2)^{0.780}(X_3)^{0.526}(X_4)^{1.010}(X_5)^{2.014}(\text{dummy } 1)^{1.05}$
20-25	$Y = 0.001963(X_1)^{0.753}(X_2)^{0.628}(X_4)^{0.0105}(\text{dummy } 1)^{1.185}$

4.1.3 Interpretación de los resultados.

Parque "A" intervalo 10-14 Pl/m². En la tabla 7, se pueden observar las características de evaluación como: R, R², R² ajustado, Prueba F, Error estándar, Prueba de Durbin-Watson, Prueba de normalidad, varianza constante, valor de los coeficientes de las variables, estadístico T y P, para la función producción en el intervalo de 10-14 Pl/m².

Tabla 7. Características de la función producción estimada para el parque "A" en el intervalo 10-14 Pl/m²

Densidad	Modelo estimado	Características del modelo		
10-14	$Y = 1.87(X_1)^{0.722}(X_2)^{0.969}(\text{dummy } 1)^{0.288}$	r	0.911	
		r ²	0.83	
	dummy 1 = 150-180 días	r ² ajustado	0.8	
	X ₁ = Alimento	F	37.605	
	X ₂ = Densidad	Error estándar	0.077	
	X ₃ = Recambio	N = 21.000		
	X ₄ = Fertilizante	Durbin-Watson	1.9950	
	X ₅ = Callosa	Normality Test	Passed (P = 0.853)	
		Constan. Variance.	Passed (P = 0.757)	
		Coeff.	t	p
	Constant	0.273	0.0927	0.927
	alimento	0.722	6.251***	0.001
	densidad	0.069	0.12	0.906
	dummy 1	-0.103	-0.416	0.683

*** nivel de significancia de 0.01 %

En ella se aprecia que las variables involucradas en el análisis, pueden explicar en un 80.3 % la producción de acuerdo al valor especificado del coeficiente de determinación múltiple R^2 ajustado. De igual manera, el estadístico de Durbin-Watson muestra que el término de error o residuales conserva su independencia y por lo tanto se garantiza en un nivel de confianza del 95 % que las varianzas muestrales de los coeficientes de la regresión no fueron subestimados y que las distribuciones t y F pueden usarse para probar hipótesis y crear intervalos de confianza (Yamane, 1999; Zar, 2001).

En cuanto al estadístico t muestra que solo la variable alimento es estadísticamente significativa en el modelo al 0.01 % de significancia. Sin embargo, dado que el valor de F calculado es mayor a la F de tablas ($F_{2, 18, 0.05} = 3.55$) el modelo de manera global es estadísticamente significativo al 95 % de confianza y entonces se asume que todas las variables dentro del modelo son significativas para explicar la variación de Y (Pindyck, 1991; Ozsabuncuoglu, 1998; Zar, 2001). Por otro lado, los signos de los coeficientes son todos positivos como se esperaban e indican que existe una relación positiva entre las variables y el proceso de producción.

La elasticidad parcial de producción indica la variación que se puede tener en la producción como consecuencia de un incremento porcentual en el uso de un insumo en particular, mientras que el resto permanecen constantes (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Smith, 1994; Ozsabuncuoglu, 1998). De acuerdo a la información generada en la función producción, un incremento del uno por ciento en el uso del alimento genera 0.672 % más de producción, así mismo, al incrementar en uno por ciento la densidad de siembra aumenta la producción en 0.139 %.

La variable “dummy” deja ver que al trabajar con una duración del ciclo de cultivo entre los 150 y 180 días se puede generar un aumento de 0.788 kg/ha a diferencia que cuando no se trabaja en dicho período.

Como se especificó en la parte correspondiente a la metodología, los retornos de escala se calcularon mediante la sumatoria de los coeficientes de las variables, dando como resultado que la función estimada tenga retornos a escala decrecientes adoptando un valor de 0.688. Es decir que el incremento proporcional en el nivel de uso de insumos, genera un rendimiento proporcional menor en el nivel de producción.

Parque “A” intervalo 15-19 Pl/m². La tabla 8, muestra las características generales de la función producción estimada para el parque A en el intervalo de 15-19 Pl/m², como se observa se tiene un ajuste de la regresión del 86.3 % de acuerdo al R² ajustado. En otras palabras, las variables introducidas al modelo son capaces de explicar la variación de la producción en un 86.3 %. Como también puede apreciarse, el estadístico de Durbin-Watson revela que los residuales son independientes manteniendo así uno de los supuestos básicos de la regresión (Shang, 1990; Pindyck, 1991; Smith, 1994; Ozsabuncuoglu, 1998; Zar, 2001).

Tabla 8. Características de la función producción estimada para el parque "A" en el intervalo 15-19 P/m²

Densidad	Función estimada	Características del modelo			
15-19	$Y = 0.0001309(X_1)^{0.796}(X_2)^{0.814}(X_3)^{0.0138}(\text{dummy } 2)^{1.33}$	r	0.937		
		r ²	0.878		
		r ² ajustado	0.863		
		F	58.791		
	220 > Dummy 2 > 181	Error estándar	0.062		
		N = 47.000			
		Durbin-Watson	1.852		
		Normality Test:	Passed (P = 0.201)		
		Var. Const.	Passed (P = 0.209)		
		Coeff.	t	p	
		Constant	-3.883	-1.222	0.229
		alimento	0.796	10.618 ***	<0.001
		Densidad	0.814	1.302	0.2
		fertilizante	0.0138	0.211	0.834
		dummy 2	0.126	0.616	0.542

*** nivel de significancia al 0.01 %

El estadístico t refleja al igual que la función producción anterior que la única variable estadísticamente significativa en un 0.01 % nivel de significancia es el alimento. Sin embargo, dado que el valor de F calculado para la regresión es mayor a la F de tablas ($F_{3, 43, 0.05} = 2.82$) el modelo de manera global es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95 %. Por lo tanto, se asumió que las variables dentro del modelo son significativas para explicar la variación de Y (Pindyck, 1991; Ozsabuncuoglu, 1998; Zar, 2001).

Los signos de los coeficientes son todos positivos como se esperaban por lo que se puede argumentar que existe una relación positiva entre los insumos y el proceso de producción.

Los coeficientes de cada variable dan una lectura de elasticidad de producción, la cual, dice que si incrementamos en un uno por ciento el uso del alimento, el beneficio generado es de 0.796 % de incremento en la producción, así mismo, cuando se incrementa en el mismo porcentaje la densidad de siembra la producción se ve aumentada en un 0.814 %, mientras que, al incrementar el fertilizante el incremento en la producción es de 0.0138 %.

En cuanto a la influencia del tiempo de cultivo medido con la variable "dummy₂", como puede observarse provoca que la producción sufra un incremento de 1.32 kg/ha cuando el período de cultivo está entre los 181 y 220 días.

El cálculo de los retornos a escala generan un valor de 1.7498, dicho resultado indica que para este caso se tienen retornos a escala crecientes reflejando que si todos los insumos son aumentados al mismo tiempo en uno por ciento, la producción podría verse incrementada en 1.75 %. Esta lectura en cierta manera es un reflejo de la eficiencia que el productor tiene en el uso de los insumos, ya que el valor generado nos está diciendo que la producción tiene un rendimiento mayor que el empleo proporcional de cada insumo (Chong y Lizarondo, 1993).

Parque "B" intervalo 10-14 Pl/m². Las características generales de la función producción estimada para este parque e intervalo de siembra, pueden apreciarse en la tabla 9. Como se puede observar según el coeficiente de determinación múltiple R^2 ajustado, las variables involucradas pueden explicar la variación de la producción con un 66 % a un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 9. Características de la función producción estimada para el parque "B" en el intervalo 10-14 PJ/m²

Densidad	Modelo estimado	Características			
10-14	$Y = (1.22 \cdot 10^{-21})(X_1)^{0.343}(X_2)^{1.915}(X_3)^{0.333}(\text{dummy } 1)^{0.390}$	t	-0.848		
		R ²	0.72		
		R ² ajustado	0.65		
		F	10.26		
	180 > dummy 1 > 151 días	Error estándar	0.06		
		N = 21.000			
		Durbin-Watson	2.62		
		Normality Test	Passed (P = 0.400)		
		Var. Cons	Passed (P = 0.935)		
		Coef.	t	β	
		Constant	-20.912	-2.514	0.023
		alimento	0.543	3.337 ***	0.004
		recambio	1.915	2.586 ***	0.02
		calhidra	-0.335	-1.828 ***	0.001
		Dummy 1	-0.0408	-0.446	0.651

*** nivel de significancia al 0.01 %

** nivel de significancia al 0.05 %

Con el estadístico de Durbin-Watson observado, se mantiene la independencia de los residuales o término de error aleatorio tal y como sucedió en los modelos analizados anteriormente, cumpliendo así con uno de los enunciados básicos de la regresión (Shang, 1990; Pindyck, 1991; Smith, 1994; Ozsabuncuoglu, 1998; Zar, 2001).

El estadístico t muestra que las variables alimento y recambio son altamente significativos en un nivel de significancia de 0.01 % mientras que la calhidra es estadísticamente significativa en un alfa de 0.05 %. Sin embargo, dado que el valor de F calculado es mayor a la F de tablas ($F_{3, 17, 0.05} = 3.20$) el modelo de manera global es estadísticamente significativo y entonces se asume que todas las variables dentro de él son significativas para explicar la variación de Y (Pindyck, 1991; Ozsabuncuoglu, 1998; Zar, 2001). Por otro lado, los signos de los coeficientes son todos positivos como se esperaban e indican que existe una relación positiva entre las variables y el proceso de producción.

Con los valores mostrados en los coeficientes de cada variable se puede decir que si se incrementa en uno por ciento el uso del alimento, este genera 0.744 % de incremento en la producción, pero al incrementar en la misma proporción el recambio la producción aumenta de manera más fuerte en un 4.769 % mientras que, al incrementar la calhidra la producción se incrementa en 0.239 %.

En este parque de acuerdo a la variable "dummy_i", Si el período de cultivo se mantiene en un intervalo de tiempo de 151-180 días provoca un efecto de incremento en la producción de 0.390 kg/ha.

El valor de los retornos a escala es de 4.75, lo cual dice que en este parque para el intervalo de 10-14 Pl/m² se presentan retornos a escala crecientes, dando como resultado que la que la producción se vería incrementada en un 4.75 % si el empleo de todos los insumos se incrementan de manera conjunta en un uno por ciento.

Parque "B" intervalo 20-25 Pl/m², En la tabla 10, se pueden observar las características de evaluación como: R, R², R² ajustado, Prueba F, Error estándar, Prueba de Durbin-Watson, Prueba de normalidad, varianza constante, valor de lo coeficientes de las variables, estadístico T y P, para la función producción en el intervalo de 20-25 Pl/m².

Tabla 10. Características de la función producción estimada para el parque "B" en el intervalo 20-25 PJ/m²

Densidad	Modelo estimado	Características			
20-25	$Y = 0.0329f(X_1)^{1.111}(X_2)^{1.296}(X_3)^{2.081}(X_4)^{0.547}(\text{dummy } 1)^{0.131}$	r^2	0.898		
		r^2 ajustado	0.807		
	$F(0.05; \text{dummy } 1 = 131 \text{ días})$	F	10.861		
		Error estándar	0.076		
		N = 19.000			
		Durbin-Watson	1.402		
		Normality Test	Passed (P = 0.452)		
		Var. Const.	Passed (P = 0.877)		
		Coef.		P	
		Constant	-1.521	0.125	0.9
		Alimento	1.111	1.898 ***	0.001
		Densidad	1.296	0.547	0.594
		Recambio	0.517	2.08 **	0.058
		Caldera	-1.143	3.94 ***	0.003
		dummy 1	-0.131	-0.778	0.451

*** nivel de significancia de 0.01 %

** nivel de significancia de 0.05 %

En ella se aprecia que las variables involucradas en el análisis, pueden explicar en un 73.3 % la variación de la producción de acuerdo al valor especificado del coeficiente de determinación múltiple R^2 ajustado. De igual manera, el estadístico de Durbin-Watson nos muestra que los residuales son independientes.

En cuanto al estadístico t muestra que de las cinco variables consideradas en el modelo solamente tres son estadísticamente significativas, éstas son: alimento, caldera y recambio. Las dos primeras, son significativas a un nivel de significancia del 0.01 % y la tercera a un nivel del 0.05 %. De acuerdo a la prueba F el valor calculado de ésta es mayor a la F de tablas ($F_{4, 14, 0.05} = 3.11$) por lo que el modelo de manera global es estadísticamente significativo al 95 % de confianza y entonces se asume que todas las variables en conjunto pueden explicar la variación de Y (Pindyck, 1991; Ozsabuncuoglu, 1998; Zar, 2001).

Los signos de los coeficientes son positivos como se esperaban a excepción de la variable recambio y calhídra que son negativos indicando una relación negativa entre estas variables y el proceso de producción. El signo negativo que presenta el recambio tal vez pueda deberse a la naturaleza misma del cálculo de la regresión para obtener la función producción ya que aparentemente no existe una diferencia entre la tasa de aplicación del recambio de agua entre los tres parques para todas las densidades variando este entre 11.81 a 13.90 %/ día, lo cual se considera normal para este tipo de cultivos (Cliford III, 1999; Boyd, 2001; Trecece, 2001).

Por otro lado, una relación negativa entre el recambio de agua y la producción de camarón, lo puede representar el hecho de que el recambio aplicado en exceso puede disminuir la concentración de nutrientes y ocasionar una pérdida de productividad natural en el estanque, trayendo como consecuencia una reducción del alimento natural lo que puede provocar que el crecimiento del camarón se vea retrasado y exista una disminución en el rendimiento por unidad de área de la producción (Haws *et al.*, 2001).

De acuerdo a la información generada en la función producción, un incremento del uno por ciento en el uso del alimento genera 1.11 % de incremento en la producción, así mismo, al incrementar en uno por ciento la densidad de siembra la producción se eleva en 1.296 %, sin embargo al incrementar el recambio y la calhídra la producción decrece en 0.517 y 1.143 % respectivamente.

La variable “dummy₁” indicó que si se mantiene el cultivo entre un tiempo de 150-180 días provoca un beneficio adicional de 0.739 kg/ha en la producción.

Los retornos a escala se calcularon mediante la sumatoria de los coeficientes de las variables, dando como resultado que la función estimada tenga retornos a escala decrecientes adoptando un valor de 0.616, lo cual indica que si todos los insumos son aumentados al mismo tiempo en uno por ciento la producción podría verse incrementada en 0.616 %. En otras palabras la producción tiene un rendimiento menor al generado por los insumos.

Parque "C" intervalo 10-14 Pl/m². En la tabla 11, se pueden observar las características de evaluación como: R, R², R² ajustado, Prueba F, Error estándar, Prueba de Durbin-Watson, Prueba de normalidad, varianza constante, valor de los coeficientes de las variables, estadístico T y P, para la función producción en el intervalo de 10-14 Pl/m².

En ella se aprecia que las variables involucradas en el análisis, pueden explicar en un 81.3 % la variación de la producción de acuerdo al valor especificado del coeficiente de determinación múltiple R² ajustado. De igual manera, el estadístico de Durbin-Watson muestra que el término de error aleatorio es independiente tal y como ha sucedido en los modelos anteriores.

Tabla 11. Características de la función producción estimada para el parque "C" en el intervalo 10-14 Pl/m²

Densidad	Modelo estimado	Carac. del modelo			
10-14	$Y = 0.001492(X1)^{0.776}(X2)^{1.005}(\text{dummy } 2)^{0.127}(X4)^{1.07}$	R ²	0.918		
	320 > dummy 2 > 151 días	R ² ajustado	0.843		
		F	38.151		
		Error estándar	0.068		
		N = 26.000			
		Durbin-Watson	1.005		
		Normality Test	Passed	(P = 0.621)	
		Constant Variance Test	Passed	(P = 0.862)	
		Coeff		t	p
		Constant	-2.836	-1.026	0.317
		Alimento	0.736	7.69 ***	<0.001
		Densidad	1.065	2.078 **	0.05
		Fertilizante	0.682	-2.839	0.01
		dummy 2	-0.272	-2.014 **	0.057

*** nivel de significancia al 0.01 %

** nivel de significancia al 0.05 %

En cuanto al estadístico t muestra que todas las variables son estadísticamente significativas en el modelo. Alimento y fertilizante lo son en un 0.01 % mientras que densidad y dummy 2 lo son en un 0.05 %. Además, dado que el valor de F calculado es mayor a la F de tablas ($F_{3, 23, 0.05} = 3.03$) el modelo de manera global es estadísticamente significativo al 95 % de confianza (Pindyck, 1991; Ozsabuncuoglu, 1998; Zar, 2001). Por otro lado, los signos de los coeficientes son positivos como se esperaban a excepción de la variable fertilizante indicando una relación negativa entre ésta y el proceso de producción. En relación a la fertilización se sabe que esta se aplica para sostener la productividad natural del estanque y así proveer al camarón de micronutrientes esenciales que pueden ser deficientes o estar ausentes en los alimentos balanceados. Además, la fertilización cuando se aplica en niveles apropiados (20 a 40 kg/ha/aplicación) ayuda a mantener la concentración de oxígeno en rangos adecuados para el crecimiento del camarón (Boyd, 1998; Clifford III, 1999; Boyd, 2001; Treece,

2001). Sin embargo, cuando la dosis de aplicación de los fertilizantes se hace por encima de lo niveles recomendados, la relación entre la producción y esta puede ser negativa existiendo una disminución en el rendimiento ocasionado por un crecimiento anormal en la cantidad de fitoplancton dentro del estanque y como consecuencia la fluctuación del oxígeno disuelto en el agua varía más fuertemente entre el día y la noche. Lo anterior podría ocasionar que los niveles de oxígeno se reduzcan drásticamente en las horas de la madrugada sometiendo a los camarones a periodos de estrés, por lo que el crecimiento del camarón se vera reducido o inclusive podría morir por asfixia (Boyd, 1998; Clifford III, 1999; Boyd, 2001, Trece, 2001, Haws *et al.*, 2001).

Como puede observarse en la tabla 1, la cantidad de fertilizante aplicado en el parque "C" es de 832.60 kg/ha/ciclo en promedio, esta tasa representa una aplicación aproximada de 86 kg/ha/aplicación cada dos semanas. Este nivel de aplicación como se ve esta por encima de la dosis recomendada y posiblemente por eso la variable aparece como negativa en la función producción estimada.

De acuerdo a la información generada en la función producción, un incremento del 1 por ciento en el uso del alimento genera 0.736 % de incremento en la producción, así mismo, al incrementar en uno por ciento la densidad de siembra la producción se eleva en 1.065 %, pero al aumentar el nivel de uso del fertilizante la producción puede decrecer en 0.682 %.

Para este intervalo de siembra la variable "dummy₁" reflejó al mantener la producción en un ciclo de cultivo de 150-180 días se podría generar un incremento de 1.87 kh/ha de camarón.

Los retornos a escala se calcularon mediante la sumatoria de los coeficientes de las variables, dando como resultado que la función estimada tenga retornos a escala crecientes adoptando un valor de 1.3910, lo cual indica que si todos los insumos son aumentados al mismo tiempo en uno por ciento la producción podría verse incrementada en 1.3910 %.

Parque "C" intervalo 15-19 Pl/m². En este modelo, la variación en la variable dependiente Y puede ser explicada en un 73 % según lo indica el R² ajustado en la tabla 12. En ella también se alcanza a distinguir que las variables alimento y calhidra son estadísticamente significativas al 0.01 % de nivel de significancia lo cual señala un mayor grado de relación con la variable dependiente Y (Pindyck, 1991; Zar, 2001; Karagianinis y Katranidis, 2002). De igual manera se aprecia que las variables recambio y fertilizante son estadísticamente significativas con un alfa de 0.05 % que en comparación a los dos variables anteriores tienen un menor pero aceptable grado de relación con la producción (Pindyck, 1991; Zar, 2001; Karagianinis y Katranidis, 2002).

Tabla 12. Características de la función producción estimada para el parque "C" en el intervalo 15-19 Pl/m³

Densidad	Modelo estimado	Características			
15-19	$Y = 0.00024378(X_1)^{0.154}(X_2)^{0.276}(X_3)^{0.220}(X_4)^{0.101}(X_5)^{0.244}(\text{dummy}_1)^{0.01}$	r	0.878		
		r ²	0.77		
		r ² ajustado	0.729		
	180 > dummy 1 > 150 días	F	18.443		
		Error estándar	0.068		
		N = 40 000			
		Durbin-Watson	1.896		
		Normality Test	Passed	(P = 0.316)	
		Constant Variance Test	Passed	(P = 0.867)	
		Coeff.	t	p	
		Constant	3.013	-1.028	0.312
		alimento	0.354	3.015 ***	0.001
		densidad	0.78	1.897	0.067
		recambio	0.526	2.475 **	0.019
		fermentos	1.61	2.131 **	0.041
		calhídra	-2.044	2.63 ***	0.013
		dummy 1	0.22	1.32	0.196

*** nivel de significancia al 0.01 %

** nivel de significancia al 0.05 %

Las variables densidad y "dummy₁" resultaron ser no significativas de manera individual dentro del modelo, sin embargo, dado que la prueba F arroja un valor calculado mayor al de tablas ($F_{5, 34, 0.05} = 2.49$) la función producción de manera global es estadísticamente significativo, por lo tanto, se considera que todas las variables son importantes para explicar la variación de Y (Pindyck, 1991; Ozsabuncuoglu, 1998; Zar, 2001).

Al revisar los signos de los coeficientes se observa que son positivos como se esperaba excepto para la variable calhídra, lo cual indicó una relación negativa entre esta y el proceso de producción. Aunque no existe una evidencia científica clara respecto al uso de la calhídra, esta se emplea en los parques durante el ciclo de cultivo principalmente para regular la población de fitoplancton, mejorar la textura del camarón, controlar la población bacteriana y corregir el mal sabor del camarón (Cliford III, (1999) y Haws *et*

al; (2001). De acuerdo a estos autores la dosis recomendada para la aplicación de calhídra durante el ciclo de cultivo es de 50 a 100 kg/ha/mes y al observar las dosis aplicadas en este parque y en el "B" se aprecia que estas fueron de 178 kg/ha/mes y 237 kg/ha/mes respectivamente, por lo tanto probablemente las dosis excedidas que se aplicaron hayan reducido drásticamente la población de plancton en los estanques y con ello la disponibilidad de alimento natural para el buen desarrollo del camarón, redundando finalmente en una disminución de la producción.

Las elasticidades de producción muestran que solo al incrementar en 1 % el nivel de empleo del alimento, la producción se incrementa hasta en un 0.354 %, así mismo, al elevar el uso de las poslarvas la producción refleja una alza de 0.780 %. Con el aumento en un uno por ciento del nivel de uso de recambio y fertilizante se da un incremento del 0.526, 1.61 % respectivamente en la producción. Caso contrario sucede al intensificar el uso de la calhídra, ya que como muestra el signo negativo de su coeficiente, la producción podría verse disminuida en un 2.044 %.

En relación al efecto que tiene introducir la variable "dummy₁" en la producción, se observó que desarrollar la producción en un ciclo de 150-180 días es posible obtener un incremento de 1.65 kg/ha.

La cantidad de 1.4460 obtenida en los retornos a escala da como resultado que la función estimada tenga retornos a escala crecientes, lo cual, significa que si todos los insumos son incrementados en un uno por ciento al mismo tiempo, la producción puede incrementarse hasta en un 1.4460 %, reflejando de alguna manera la eficiencia de los productores debido a que la producción tienen un mayor rendimiento de acuerdo al nivel

de empleo de los insumos (Shang, 1990; Nerie *et al.*, 1990; Ozsabuncuoglu, 1998; Karagianinis y Katranidis, 2002).

Parque "C" intervalo 20-25 Pl/m². En la tabla 13, se pueden observar las características generales de evaluación como: R, R², R² ajustado, Prueba F, Error estándar, Prueba de Durban-Watson, Prueba de normalidad, varianza constante, valor de los coeficientes de las variables, estadístico T y P, para la función producción en el intervalo de 20-25 Pl/m².

Tabla 13. Características de la función producción estimada para el parque "C" en el intervalo 20-25 Pl/m².

Densidad	Modelo estimado	Características		
20-25	$Y = 0.001963(X_1)^{0.743}(X_2)^{0.625}(X_3)^{0.0194}(\text{dummy } 1)^{0.188}$	r	0.891	
	180 > dummy 1 > 150 días	r ²	0.794	
		r ² ajustado	0.743	
		F	15.429	
		Error estándar	0.021	
		N = 21.000		
		Durban-Watson	1.932	
		Normality Test	Passed	(P = 0.174)
		Constant Variance Test	Passed	(P = 0.784)
		Coeff.		P
		Constant	-2.707	0.179
		Abono	0.785	0.351***
		Densidad	1.92	0.073
		Fertilizante	0.0105	0.91
		dummy 1	0.0751	0.047

*** nivel de significancia a 0.01 %

** nivel de significancia al 0.05 %

En ella se aprecia que las variables involucradas en el análisis, pueden explicar en un 74,3% la variación de la producción de acuerdo al valor especificado del coeficiente de determinación múltiple R² ajustado. De igual manera, el estadístico de Durbin-Watson muestra que las variables no presentan correlación positiva en serie, es decir que se garantiza en un nivel de confianza del 95 % que las variables no duplican su función dentro del modelo estimado y además un aspecto muy importante es que el término de

error es independiente, cumpliendo así con los supuestos básicos del proceso de regresión (Shang, 1990; Pindyck, 1991; Smith, 1994; Ozsabuncuoglu, 1998; Zar, 2001).

En cuanto al estadístico *t* muestra que solo las variables de alimento y tiempo de cultivo son estadísticamente significativas en el modelo a un nivel de significancia del 0.01 y 0.05 % respectivamente. Pero se considera que el resto de las variables son importantes para explicar la variación de la producción, debido a que la prueba *F* da un valor de *F* calculado mayor a la *F* de tablas ($F_{3, 18, 0.05} = 3.16$) por lo que el modelo de manera global es estadísticamente significativo a un nivel de confianza del 95 %, (Pindyck, 1991; Ozsabuncuoglu, 1998; Zar, 2001). Por otro lado, los signos de los coeficientes son todos positivos como se esperaban e indican que existe una relación positiva entre las variables y el proceso de producción.

De acuerdo a la información generada en la función producción, las elasticidades parciales de producción de los insumos revelan que al incrementar en uno por ciento el nivel de uso de cada insumo, se podría generar un incremento en la producción de 0.753 0.628 y 0.0105 % cuando se eleva el empleo del alimento, la densidad y el fertilizante respectivamente.

Por otro lado el valor de la variable "dummy₁" reflejó que el mantener la operación del cultivo en un intervalo de tiempo de 150-180 días puede provocar un incremento en la producción de 1.188 kg/ha.

Los retornos a escala se calcularon mediante la sumatoria de los coeficientes de las variables, dando como resultado que la función estimada tenga retornos a escala

crecientes adoptando un valor de 1,4466, lo cual indica que si todos los insumos son aumentados al mismo tiempo en uno por ciento la producción podría verse incrementada en 1,4466 %.

Como puede observarse en las figuras 3,4,5 y 6, en todos los parques y para todos los intervalos de siembra, las elasticidades de producción en la mayoría de los insumos analizados tienen un valor menor uno y mayor a cero, lo cual indica que la actividad de producción se desarrolla en la segunda región de producción que es la región donde el productor produce de una manera más racional (Shang, 1990; Nerie *et al.*, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Smith, 1994; Ozsabuncuoglu, 1998; Karagianinis, y Katranidis, 2002), excepto para las variables fertilizante y calhidra que se encuentran en la tercera región de producción indicando que se dio un uso irracional de los mismos durante el período de estudio por lo que se recomienda disminuir su empleo.

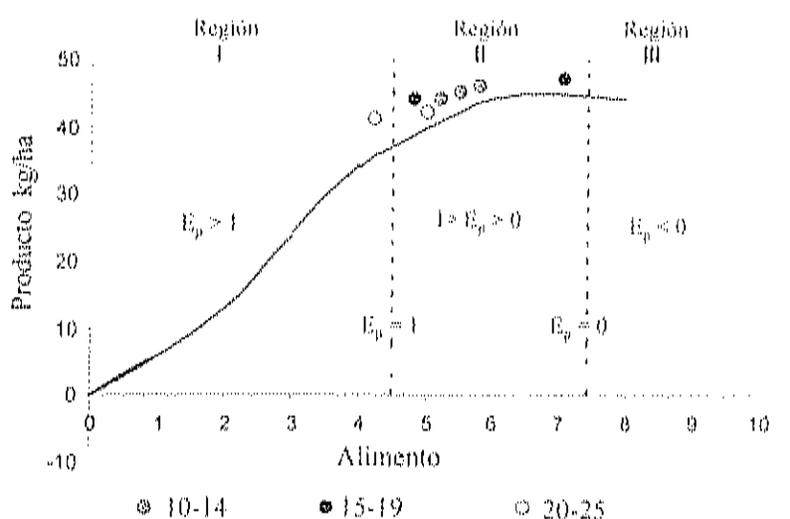


Fig.3. Regiones de producción que muestran la Elasticidad de producción del alimento para todos los parques e intervalos de siembra.

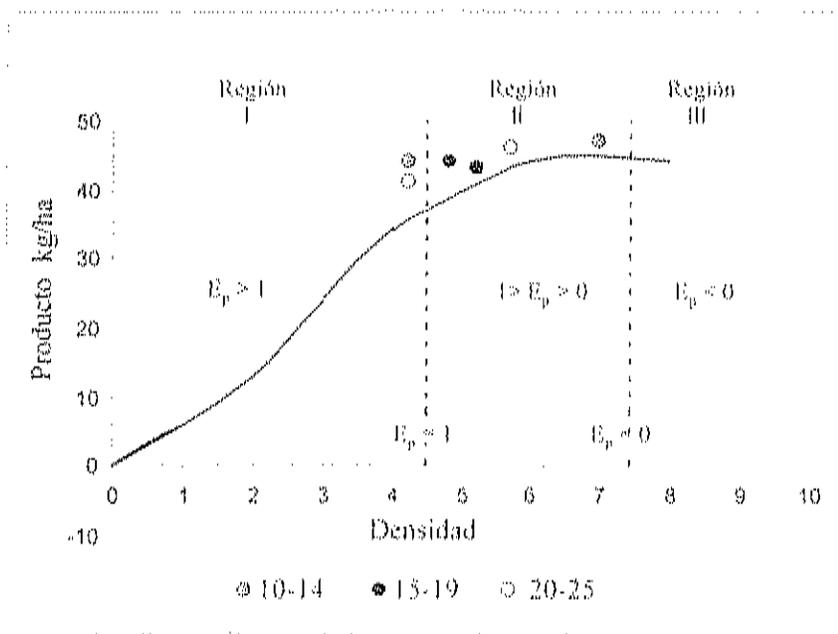


Fig.4. Regiones de producción que muestran la Elasticidad de producción de la densidad de siembra para todos los parques e intervalos de siembra.

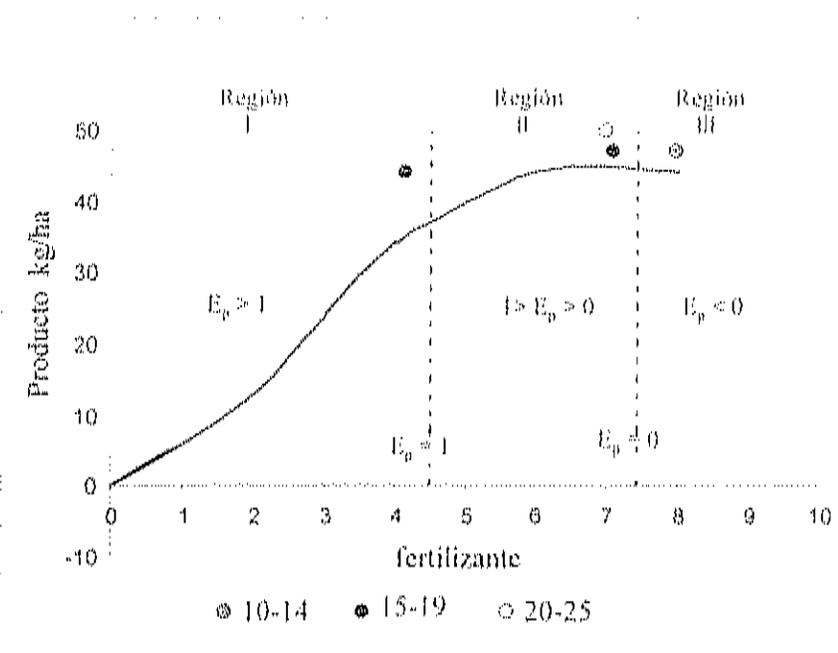


Fig.5. Regiones de producción que muestran la Elasticidad de producción del fertilizante para todos los parques e intervalos de siembra.

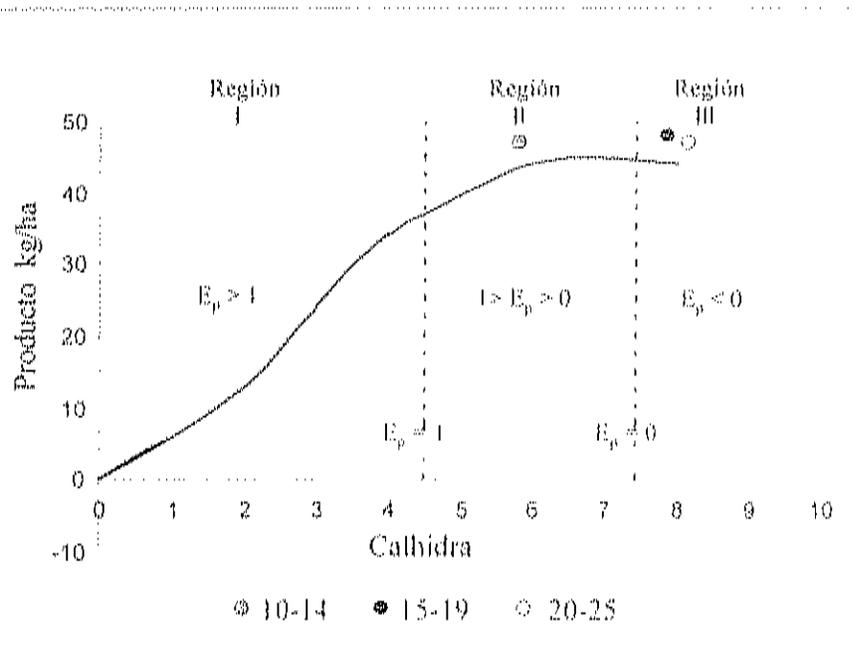


Fig.6. Regiones de producción que muestran la Elasticidad de producción de la calhídra para todos los parques e intervalos de siembra.

Por otro lado, una manera válida de evaluar la bondad de ajuste del modelo de regresión lineal con el que se obtiene la función producción, es calcular el coeficiente de determinación R^2 el cual se encuentra reportado en los diferentes estudios realizados con función producción. En este estudio ese coeficiente se encontró que va de un intervalo de 74,5 a 87,8 % con un valor promedio de 81 %. Estos valores de acuerdo a Nerrie *et al.* (1990), Chong (1995), y Karagianinis (2002), se considera normal para el tipo de datos analizados.

Algo que resulta interesante resaltar es que si bien es válido reportar el coeficiente R^2 según Pindick y Rubinfeld (1991), Ozsabuncuoglu (1998), Yamane (1999), Zar (2000) y Salvatore (2000), no es muy conveniente hacerlo debido a que R^2 es sensible al número de variables independientes incluidas en el modelo, por eso, si más variables

independientes son agregadas al modelo de regresión, el valor de R^2 puede nunca bajar y entonces si un investigador quiere maximizar el valor de R^2 , solo tiene que agregar variables, aunque estas no sean tan importantes para explicar la variación de un proceso productivo (Pindyck y Rubinfeld, 1991; Ozsabuncuoglu, 1998; Yamane, 1999; Zar, 2000; y Salvatore, 2000). Una solución para no sobreestimar la bondad de ajuste de algún modelo es eliminar la dependencia de la bondad de ajuste de las variables independientes, para ello es necesario calcular el coeficiente de determinación $R^2_{ajustado}$ tal y como se explico en la parte de metodología. Este coeficiente tiene como ventaja que incluye los grados de libertad de las variables y por lo tanto solo aumenta si las variables que se incluyen en el modelo tienen importancia o peso para explicar la variación en un proceso de producción. Lo anterior es importante por permitir que a través de la prueba F se puedan validar todas las variables de un modelo aún si alguna de ellas resulta no significativa en el estadístico t (Pindyck y Rubinfeld, 1991; Ozsabuncuoglu, 1998; Yamane, 1999; Zar, 2000; y Salvatore, 2000)

Para efectos de este estudio la bondad de ajuste de los siete modelos obtenidos se evaluó mediante el valor de $R^2_{ajustado}$, el cual varió del 66-86 % con un valor promedio del 76.3 %. Como puede observarse el $R^2_{ajustado}$ se presenta aproximadamente un 5 % por debajo del R^2 . A pesar de ello, se sigue considerando un valor normal para el tipo de información analizada (Nerrie *et al.*, 1990, Chong, 1995, y Karagianinis, 2002).

Aunque el valor promedio de 76.3 % del $R^2_{ajustado}$ se puede considerar normal, talvez valdría la pena analizar la información en estudios posteriores con un análisis de función producción no lineal ya sea Cuadrática, Cúbica, Translog o Elasticidad Constante de

Substitución (CES) para ver si existe la posibilidad de que la bondad de ajuste se incremente y la significancia individual de las variables independientes mejore, pero se debe de tomar en cuenta que las últimas tres son difíciles de estimar debido a la gran cantidad de parámetros que se requieren para analizarlas, aunado al hecho de la fuerte multicolinealidad que se presenta entre sus regresores y además de que son complicadas de manipular matemáticamente (Griffin *et al.*, 1987; Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Gunartne and Leung, 1996; Irz y Mekenzi, 2003).

4.2. Análisis marginal.

El análisis económico con la función producción no podría estar completo sin la realización del análisis marginal, ya que este, es una poderosa herramienta que sirve para la toma de decisiones por parte del productor en cuanto a si debe aumentar o disminuir el uso de algún insumo en particular durante el proceso de producción (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Smith, 1994). En otras palabras se puede decir que en cierta forma mide la eficiencia que los productores tienen en el uso de los insumos que utilizan en la producción (Sahang, 1990; Smith, 1994).

En este sentido, para este estudio se determinó el Producto Físico Marginal (PFM) y el Valor del Producto Físico Marginal (VPM) para cada una de las funciones producción estimadas en el apartado anterior. El PFM se calculó mediante el cálculo de la primera derivada con respecto a cada insumo utilizado (Griffin *et al.*, 1987; Shang, 1990; Nerie *et al.*, 1990; Orazem, 1992; Beatle y Taylor, 1993; Smith, 1994; Karagianinis y Katranidjis, 2002).

El Producto Físico Marginal, proporciona la tasa exacta de cambio que tiene la producción debido a un cambio infinitesimal de un insumo en particular y representa la pendiente de la función producción evaluada en un nivel particular un insumo (Beattie y Taylor, 1993). Entonces para el parque "C" se tiene que el Producto Físico Marginal de las variables alimento (X_1), densidad (X_2), fertilizante (X_4) y dummy 2 correspondientes a la función producción estimada en el intervalo de 10-14 Pl/m² se calculó como:

$$\begin{aligned} PFM_{X_1} &= \delta Y / \delta X_1 = 0.00149(0.736)(2559.08)^{0.736-1}(139653.96)^{1.065}(832.6)^{-0.682}(1.8077)^{0.272} \\ &= 0.499 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PFM_{X_2} &= \delta Y / \delta X_2 = 0.00149(1.065)(2559.08)^{0.736}(139653.96)^{1.065-1}(832.6)^{-0.682}(1.8077)^{0.272} \\ &= 0.0132 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PFM_{X_4} &= \delta Y / \delta X_4 = 0.00149(-0.682)(2559.08)^{0.736}(139653.96)^{1.065}(832.6)^{-0.682-1}(1.8077)^{0.272} \\ &= -1.422 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PFM_{dummy_2} &= \delta Y / \delta dummy_2 = 0.00149(-0.682)(2559.08)^{0.736}(139653.96)^{1.065}(832.6)^{-0.682} \\ &\quad \cdot (1.8077)^{0.272} = -1.422 \end{aligned}$$

Siguiendo el mismo procedimiento, se fue calculando el PFM para cada una de las variables en todas las funciones de producción estimadas, reflejándose los resultados en la tabla 14.

Tabla 14. Valor del Producto Físico Marginal, Elasticidad de Producción, Retornos a Escala y Valor del Producto Físico Marginal.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PARQUE	VARIABLE	PPM	Py/Pv	PPP	Ep	Retornos a escala	Ps	UNIDAD	MPM	Py dólar/ha	DECISION
A 10-14	Alimento	0.3591	0.1927	0.5000	0.6720	0.84	0.5650	dólar/L	1.9296	9.01	Aumentar
	Densidad	0.0003	0.0013	0.0070	0.0867		0.0082	dólar/ha	0.0033		Disminuye
	Dummy 1	69.5805		679.5831	0.0817						
A 15-19	Alimento	0.1978	0.0737	0.5020	0.7993	1.75	0.6107	dólar/L	1.4408	8.04	Aumentar
	Densidad	0.0069	0.0009	0.0091	0.0140		0.0090	dólar/ha	0.0073		Aumentar
	Fertilizante	0.2626	0.0000	0.0714	0.0190		0.0190	dólar/L	2.5947		Aumentar
	Dummy 3	167.9099		1.318.37	0.1269						
B 10-14	Alimento	0.2380	0.0515	0.4716	0.7440	0.03	0.5550	dólar/L	1.2109	9.02	Aumentar
	Recambio	0.0298	0.0016	0.0076	0.0680		0.0136	dólar/ml	0.1295		Aumentar
	Calidad	1.3591	0.6908	4.0289	0.2500		0.4988	dólar/L	8.8298		Aumentar
	Dummy 1	61.8231		1.002.28	0.2829						
D 20-25	Alimento	0.3621	0.0699	0.4519	1.1110	0.88	0.6183	dólar/L	1.6429	8.24	Aumentar
	Densidad	0.0100	0.0006	0.0083	0.2060		0.0079	dólar/ha	0.0029		Aumentar
	Recambio	0.0008	0.0017	0.0089	0.3170		0.0155	dólar/ml	0.0153		Disminuye
	Calidad	1.4908	0.0974	1.4147	1.1436		0.9099	dólar/L	13.3720		Disminuye
	Dummy 1	149.0234		1.229.84	0.1110						
C 10-14	Alimento	0.4996	0.1145	0.6079	0.7360	1.19	0.6176	dólar/L	2.0025	5.39	Aumentar
	Densidad	0.0132	0.0013	0.0110	1.0000		0.0068	dólar/ha	0.0014		Aumentar
	Fertilizante	1.4228	0.0078	1.8471	0.0829		0.0022	dólar/L	0.0689		Disminuye
	Dummy 2	261.3611		850.7203	0.2720						
C 15-19	Alimento	0.1751	0.0920	0.4899	0.3540	1.45	0.6497	dólar/L	1.4796	7.85	Aumentar
	Densidad	0.0101	0.0005	0.0129	0.7800		0.0070	dólar/ha	0.0096		Aumentar
	Recambio	0.0059	0.0002	0.0111	0.5200		0.0088	dólar/ml	0.0061		Disminuye
	Fertilizante	3.6874	0.0045	2.2968	0.6500		0.0034	dólar/L	28.9611		Aumentar
	Calidad	4.8251	0.0127	2.3363	2.0440		0.1989	dólar/L	17.99		Disminuye
	Dummy 2	273.3505		1.229.74	0.2200						
C 20-25	Alimento	0.4216	0.0676	0.5573	0.7530	1.47	0.6245	dólar/L	1.8952	9.24	Aumentar
	Densidad	0.0097	0.0007	0.0153	0.6280		0.0090	dólar/ha	0.0094		Aumentar
	Fertilizante	0.0116	0.0015	2.9991	0.0105		0.0114	dólar/L	0.2923		Aumentar
	Dummy 2	168.7414		2.236.58	0.0751						

Según puede observarse para el parque "A" en el intervalo 10-14 Pl/m² si se aumenta en 1 % el nivel de uso del alimento se tendría un beneficio adicional en la producción de 0.3591 kg de camarón/ha respectivamente, mientras que con la densidad de siembra no hay un reflejo claro de aumento en la producción.

Para el mismo parque pero en el intervalo 15-19 Pl/m² al aumentar en 1 % el uso del alimento la producción tiene un incremento adicional de 0.3978 kg de camarón/ha y cuando se aumenta en el mismo porcentaje el uso del fertilizante e incrementa el tiempo de cultivo la producción se ve beneficiada con un aumento aproximado de 0.262 y 168 kg/ha respectivamente.

Con la información vertida en la tabla 14, se puede ver que el parque "B" con el intervalo 10-14 Pl/m² al incrementar el empleo del alimento en 1 % se puede esperar que la producción aumente en 0.2580 kg/ha. Así mismo, al emplear más recambio se produce un aumento de 0.0298 kg/ha y con un mayor uso de calhidra el beneficio adicional es de 1.35 kg/ha. Por último si se da un mayor tiempo de cultivo esto puede arrojar una disminución en la producción de - 61.82 kg de camarón/ha.

También se observa que cuando la densidad pasa a un intervalo de 20-25 Pl/m² se empiezan a notar efectos negativos mínimos en la producción, pues como se refleja en la tabla 14, al incrementar el recambio, la producción sufre una caída pequeña de 0.0038 kg/ha comportándose de igual manera al elevar el empleo de calhidra ya que se nota una disminución de 1.45 kg/ha. Sin embargo, cuando se aumenta el alimento se ve un beneficio de 0.362 kg/ha al igual que con el tiempo de cultivo ya que arroja una producción de 149 kg/ha mayor.

Para el parque "C" en el intervalo de 10-14 Pl/m², las variables alimento y tiempo de cultivo pueden provocar un aumento en la producción. Por ejemplo, dar una mayor intensidad al uso del alimento puede generar aproximadamente 0.500 kg/ha más de

producto y si se aumenta el tiempo de cultivo la producción se beneficia con 261 kg/ha de incremento.

Cuando se siembra en un intervalo de 15-19 Pl/m², al igual que en el intervalo anterior de las seis variables que intervienen en el modelo, solamente tres generan un aumento notorio en la producción, estas son: Alimento, fertilizante y tiempo de cultivo, sin embargo cuando se aumenta la calidra la producción se puede ver reducida en 4.8 kg/ha.

Al pasar al intervalo de 20-25 Pl/m² el incremento en el empleo de alimento y tiempo de cultivo, produce un aumento en la producción de 0.175 y 168 kg/ha respectivamente, mientras que las variables densidad y fertilizante prácticamente no tienen ningún efecto para incrementar la producción.

Como se mencionó con anterioridad para poder tomar una decisión de si se aumenta o disminuye el empleo de algún insumo, el PFM de cada variable para todas las funciones generadas se comparó con la relación Precio insumo/Precio producto. Cabe aclarar que los precios tanto de los insumos como del producto corresponden a la información proporcionada por el productor sacando un promedio para los años analizados.

Los resultados de esta comparación están disponibles en la última columna de la tabla 14, los cuales, reflejan que para la mayoría de los insumos es posible intensificar su empleo. Para llegar a esta decisión se siguieron las siguientes reglas (Shang, 1990; Nerie *et al.*, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Smith, 1994; Ozsabuncuoglu, 1998).

Si $PFM > P_{x_i}/P_{y_i}$, el uso de un insumo en particular puede incrementarse por que se incrementan las ganancias.

Si $PFM < P_{x_i}/P_{y_i}$, el uso de un insumo en particular debe reducirse por que las ganancias disminuyen.

Si $PFM = P_{x_i}/P_{y_i}$ indica que el productor es económicamente eficiente

Una vez que se calcularon los Productos Físicos Marginales, se procedió a calcular el Valor del Producto Marginal (VPM) mismo que indica de cuanto podría ser el ingreso adicional que puede obtener el productor por la adición unitaria de algún insumo (Shang, 1990; Nerie *et al.*, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Ozsabuncuoğlu, 1998). Su cálculo se realizó siguiendo lo expresado en la ecuación 9. Es decir, simplemente se multiplicó el PFM de cada variable por el precio unitario del producto correspondiente a cada una de las funciones estimadas y su resultado puede verse en la columna 10 de la tabla 14.

En la mayoría de los casos el incremento en el empleo de los insumos analizados produce ingresos adicionales, sin embargo resulta importante ver que en todos los casos el ingreso adicional que se obtiene con todos los intervalos de densidad de siembra es muy similar, lo que podría indicar que el productor bien se puede mantener con niveles de siembra entre los intervalos 10-14 y 15-19 Pl/m², lo cual traería como consecuencia que se utilizará menos cantidad de insumos y por ende probablemente disminuya el riesgo.

4.3 Análisis financiero.

En la tabla 15, se pueden apreciar los valores de Capacidad de Pago (CP), Punto de Equilibrio (PE), Relación Beneficio-Costo (RBC), Ingresos brutos, Costos de operación y Utilidades Netas por hectárea, entre otros.

Tabla 15. Resumen del análisis financiero para los tres parques e intervalos de densidad.

Parque	sup. ha.	Días cult.	Dens. Pl/m ²	Retornos de escala	CP	PE %	RBC	Ingresos dólares	Costo de oper. /ha US / ha.	Utilidad neto / ha US / ha.	Sobrev. %	Talla g	FCA	Alimento kg/ ha / día
A	168	125.00	10-14	0.84	4.67	48.00	1.26	1.141.230	5.759.10	658.21	52.00	17.31	2.00	20.06
	386	116.00	15-19	1.75	5.42	34.00	2.29	3.099.096	6.305.62	1.117.99	54.50	16.11	1.99	35.63
B	165	175.00	10-14	6.03	11.20	21.00	3.90	2.070.555	8.311.66	3.125.79	75.49	15.91	2.18	24.75
	143	154.00	20-25	0.88	1.23	91.00	0.52	1.465.520	9.572.55	103.23	49.72	20.11	3.01	34.41
C	171	136.00	10-14	1.19	14.21	20.00	4.87	1.704.383	6.617.01	2.522.64	79.00	16.81	1.59	21.63
	267	168.00	15-19	1.45	14.48	14.00	6.15	3.756.545	10.056.76	5.040.08	75.19	21.71	1.99	31.65
	119	186.00	20-25	1.47	7.47	29.00	4.90	1.852.603	11.458.36	2.883.12	63.73	33.50	2.13	31.13

Como se refleja en la columna de las utilidades netas, todos los parques en todas las densidades presentan factibilidad positiva ya sea en mayor o menor grado, provocado por las diferencias entre las tallas cosechadas, sobrevivencia, tiempo y superficie de cultivo. Lo anterior provoca que se generen diferentes niveles de ingresos y costos de operación.

Al comparar las diferencias entre los parques A, B y C cuando sembraron en el intervalo de 10-14 Pl/m², se observa que los costos de operación en el parque B son mayores, aproximadamente en 2,123 dólares por hectárea y básicamente esta diferencia se debe a la mayor duración del ciclo de cultivo, aunado a un ligero aumento en el consumo de

alimento situación que finalmente se vio reflejada en un incremento del Factor de Conversión Alimenticia (FCA). Sin embargo, debido a que la talla cosechada fue mayor, el ingreso percibido es más alto y, aunque el costo de operación se incrementa, la utilidad neta se mantiene por encima de los otros dos parques.

Al comparar los parques A y C cuando trabajaron con el intervalo de 15-19 Pl/m^2 se puede observar que de nueva cuenta se presentan diferencias entre los ingresos y costos de operación, lo cual, trae como resultado que las utilidades netas sean diferentes, presentándose en mayor escala en el parque C. Resulta interesante que de nuevo el tiempo de cultivo tenga una influencia positiva en la generación de utilidades, como se aprecia en la tabla 15, para el parque C el tiempo es de 168 días en comparación a los 116 días del parque A.

Es claro que entre mayor sea el tiempo de cultivo la talla cosechada será más grande por lo que se puede percibir un mayor ingreso y aunque los costos de operación se incrementan las utilidades tienden a ser altas (tabla 15)

Respecto a los parques B y C para el intervalo de 20-25 Pl/m^2 los costos de operación son mayores en el parque C y de nueva cuenta se observa que esto es en principio debido a la amplitud del tiempo de cultivo, a pesar de eso, las utilidades netas recibidas en el parque C son más elevadas y esto es un reflejo de un mejor manejo del cultivo ya que como se aprecia en la tabla 15, el FCA, sobrevivencia y talla cosechada son mejores que en el parque B. Ahora bien, si se compara el Punto de Equilibrio entre los dos parques, se observa que en el parque "B" es de 91 %, lo cual resulta ser sumamente alto y

prácticamente el productor tendría que estar trabajando al 100 % de su capacidad para poder recuperar sus costos de producción.

Lo anterior puede deberse a que en el parque "B" la sobrevivencia obtenida al final del ciclo de cultivo fue de 50 % aproximadamente contra un 64 % en el parque C, esto hace que se obtenga menos biomasa y por ende menos ingresos percibidos pero si a esto se le agrega que el Factor de Conversión Alimenticia (FCA) en el parque "B" fue mucho más alto que en el parque "C" (3.08 vs 2.1) entonces los costos totales se incrementan teniendo un impacto finalmente en las utilidades netas generadas.

La tabla 16 muestra resultados interesantes lo cual vienen a corroborar en cierta forma la información expresada en la tabla 15. Como se observa en la tabla 16, la factibilidad de los parques para los tres intervalos de siembra es positiva aunque varía dependiendo de la densidad de siembra en la que se trabaje.

Tabla 16. Valores promedios de los Retornos a Escala, Utilidades Netas, Capacidad de Pago (CP), Punto de Equilibrio (PE) y Relación Costo-Beneficio (RCB).

Densidad Pl/m ²	Sup. ha	Retornos de escala	Días cult.	Ingresos dólares	Utilidad neta US/ha	Costo de op. / ha US/ha	CP	PE %	RCB	Sobrev. %
10-14	168	2.75	168	1,638,723	2,102.21	6,895.92	10.03	0.30	4.01	58.83
15-19	327	1.60	142	3,427,821	3,089.04	8,181.19	9.95	0.24	4.22	64.84
20-25	131	1.17	170	1,659,061	1,493.18	10,515.46	4.35	0.60	2.71	56.73

Al observar dichos promedios, se percibe claramente que es más conveniente para el productor mantenerse a un intervalo de siembra de 15-19 Pl/m² seguida por el intervalo de 10-14 Pl/m² ya que las utilidades recibidas son aproximadamente 50 y 40 % mayores respectivamente a las que se obtienen cuando siembran de 20-25 Pl/m².

Otro punto que el productor debe considerar para no mantenerse en el intervalo de 20-25 Pl/m² es que la Capacidad de Pago es aproximadamente 50 % menor a la recibida en los intervalos 15-19 y 10-14 Pl/m². Por otro lado al revisar el Punto de Equilibrio en el intervalo de 20-25 Pl/m², este es de un 60 % del total de la producción, lo cual significa que los productores tienen que obtener al menos este mismo porcentaje en la producción para cubrir sus costos de operación y al pasar de este porcentaje empezar a obtener utilidades.

Aunado a lo anterior es interesante ver como la cantidad de alimento por hectárea al día va aumentando conforme lo hace la densidad de siembra, esto se observa de manera clara en la figura 7.

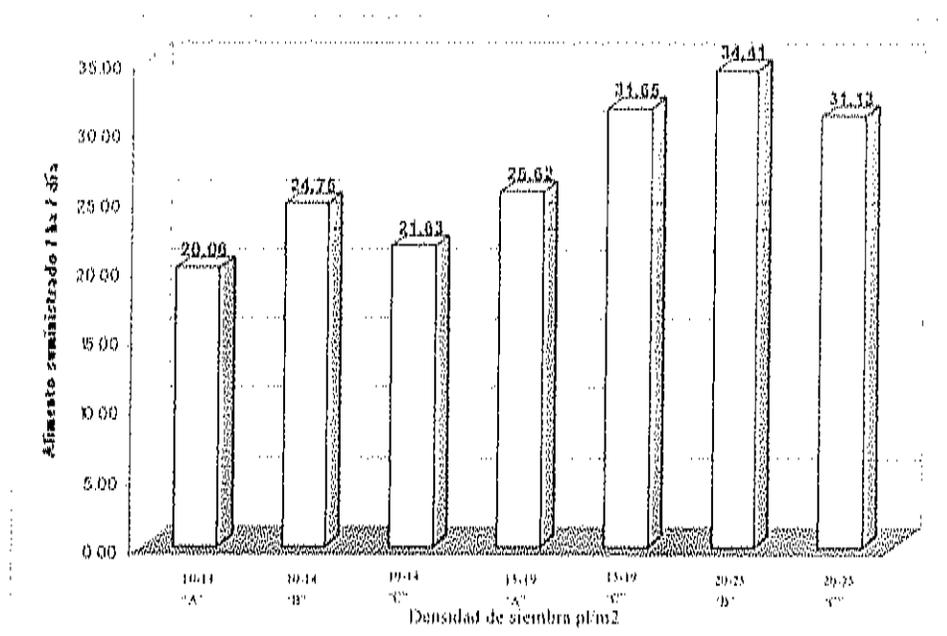


Fig. 7. Relación entre la densidad de siembra vs alimento suministrado por hectárea al día.

Como alcanza a reflejarse en el caso de los parques B y C cuando siembran en el intervalo de 20-25 Pl/m² la tasa de alimentación alcanza a sobrepasar la tasa de alimentación recomendada por Boyd (1998) y Clifford III (1999) y Boyd, (2001) que es de 30-40 kg/ha/día para no tener problemas de calidad de agua en los estanques y disminuir la contaminación generada hacia fuera de las granjas.

Otro aspecto interesante que resultó del análisis financiero, es que los productores de los tres parques para todos los intervalos de siembra se pueden mantener sin ningún problema con los precios de venta en los que comercializaron su producción, ya que al observar la tabla 17, se aprecia que el producto se vendió a un precio unitario mayor al precio unitario de equilibrio de acuerdo a lo estipulado por Engle y Valderrama (2001).

Tabla 17. Comparación entre el precio de venta y el precio de equilibrio para los tres parques e intervalos de densidad.

Parque	densidad Pl / m ²	Precio venta US / kg	Precio de equilibrio US / kg
A	10-14	7.81	4.59
	15-19	7.81	4.23
B	10-14	8.44	4.19
	20-25	8.44	5.44
C	10-14	7.81	3.57
	15-19	8.44	4.24
	20-25	8.44	4.22

Al realizar la comparación entre los resultados promedio del análisis de función producción (tomando como base los retornos a escala) y el financiero, se observa como los retornos a escala se comportan de manera similar o mejor dicho conservan la tendencia de que a partir del intervalo de siembra 15-19 Pl/m² la operación del proceso

productivo tiende a desmejorar sin que esto signifique que no sea rentable para los parques operar en estas condiciones (tabla 16).

En la figura 8, se muestra de manera más clara lo anterior, ahí se aprecia como los retornos a escala son mayores en los intervalos de 10-14 y 15-19 Pl / m^2 coincidiendo también con mayores índices de Capacidad de Pago y Relación Costo-Beneficio, lo anterior da como consecuencia que el punto de equilibrio sea bajo 30 y 20 % respectivamente, lo cual resulta en un menor riesgo para la operación del cultivo.

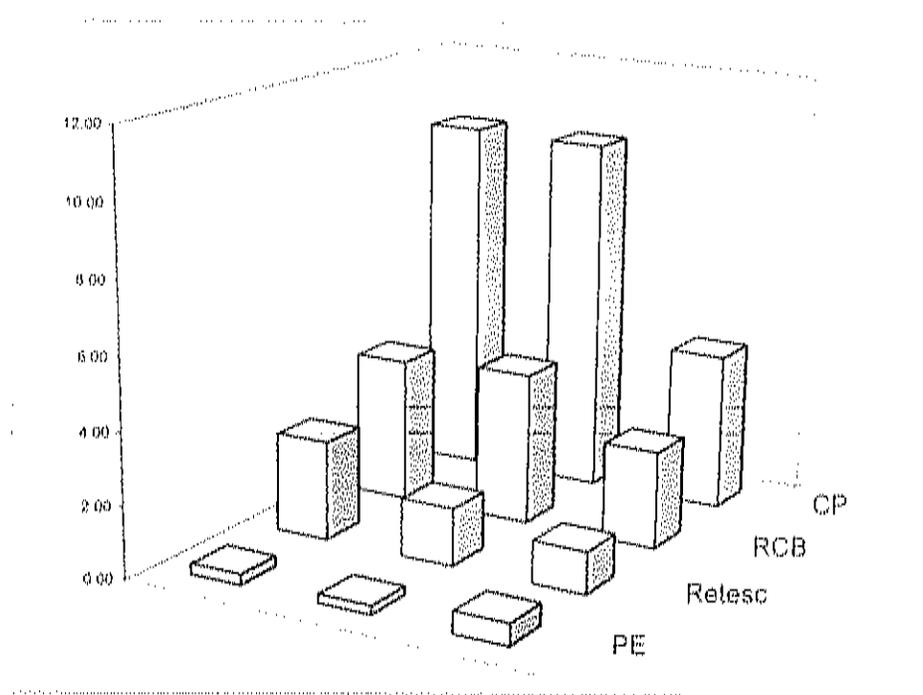


Fig. 8. Relación entre Punto de Equilibrio (PE), Retornos a Escala (Retesc), Relación Costo-Beneficio (RCB) y Capacidad de Pago (CP).

5. CONCLUSIONES

El análisis económico con función producción reflejó en las Elasticidades de producción que para todos los parques e intervalos de densidad de siembra, el nivel de uso para la mayoría de los insumos fue adecuado, ya que su empleo se mantuvo en la región II de producción, pero son el alimento, la densidad de siembra y el tiempo de cultivo en la mayoría de los intervalos de siembra los que presentan los coeficientes más altos, por lo tanto, son los que pueden dar una mayor variación a la producción en el cultivo de camarón para los parques analizados.

El tiempo de cultivo que resulto ser significativamente mejor de acuerdo a la variable "dummy" es el que se encuentra en el intervalo de 150-180 días.

Mediante el análisis marginal se determinó que es factible para la mayor parte de los insumos analizados incrementar su empleo para intensificar la producción, sin embargo, el productor debe tomar en cuenta que para tal fin, tiene que realizar un cambio tecnológico en su sistema de producción como puede ser: introducción de sistemas de aireación, estanques más pequeños, alimentos de mejor calidad, cambio en las estrategias de alimentación y monitoreo del consumo de alimento, entre otras.

De acuerdo al análisis financiero los tres intervalos de siembra con los que trabajaron los parques presentan factibilidad positiva, pero es en el intervalo de 15-19 Pl/m² cuando el proceso de producción ofrece mayor rentabilidad. Como segunda alternativa viable de producción se puede optar por sembrar en el intervalo de 10-14 Pl/m².

De acuerdo a la hipótesis planteada, al comparar los resultados del análisis económico y el análisis financiero mediante los Retornos a escala y los índices de PE, RBC y PR, se observó que ambos análisis mantienen el mismo comportamiento, mejorando el valor de sus indicadores cuando disminuye la densidad de siembra por debajo del intervalo 20-25 Pl/m^2 .

6. RECOMENDACIONES

Si los productores quieren obtener mejores beneficios económicos bajo las condiciones analizadas en este estudio, es deseable que mantengan el nivel de siembra preferentemente en un intervalo de 15-19 Pl/m², pero si los recursos son escasos, pueden obtener un adecuado margen de utilidades sembrando en un intervalo de 10-14 Pl/m² y en ambos casos es aconsejable trabajar en un ciclo de cultivo de 150 a 180 días.

Realizar un modelo bioeconómico con los intervalos de siembra 15-19 y 10-14 Pl/m² para que con base en un análisis semanal determine la semana óptima de cosecha en la que se obtenga la máxima ganancia o el mínimo costo.

Realizar un modelo bioeconómico que incluya estrategias de planeación en el corto y largo plazo para ver como respondería la empresa a los cambios tecnológicos y económicos, a las condiciones cambiantes de mercado, ambientales y enfermedades.

Realizar un análisis de riesgo económico, sanitario y ambiental comparando de nueva cuenta los tres intervalos de siembra analizados en este estudio.

7. LITERATURA CITADA

- Allen, P.G., Botaford,L.W., Salmor, A.M., and Johnston W.E., (1984),** Bioeconomics of aquaculture, *Aquaculture Economics & Management*, 2, pp. 33-49
- Barrena, V.B.,(1987),** La camaronicultura: práctica reciente en México, *Acuavisión* 2 (8), pp. 4-7.
- Beatle, B.R. and Taylor, C.R., (1993),** The economics of production, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, U.S.A., 258 pp.
- Boyd, C.E., (1998),** Water quality for pond aquaculture, memorias del curso manejo de estanquería para camaronicultura, promovido por el ITESM campus Mazatlán, Mazatlán, Sinaloa. 150 pp.
- Boyd, C.E., (2001),** Prácticas de manejo para reducir el impacto ambiental del cultivo de camarón. En Haws, M.C. y Boyd, C.E. (Eds). *Metodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica*, Managua, Nicaragua, pp. 267-295.
- Clifford III, H.C., (1999),** Manual de operaciones de Super Shrimp, 102 pp.
- Chong, K.C and Lizarondo., M.S., (1995),** Input-output relationships of philippine milkfish aquaculture, *Aquaculture Economics & Management*, 1, pp. 10-16
- Chow, G. and Lin, A., (2002),** Accounting for economic growth in Taiwan and Mainland China: a comparative analysis, *Journal of comparative economics* 30, pp.507-530.
- Erkan, O, and Mazid, A., (1991),** Barley production function in southeast Anatolia (Turkia) and northern Siria, in: C.V.Ziraat fakultesi dergisi adana, 6(2),pp.143-158.

- Engle, C.R. y Valderrama, D., (2001)**, Administración y economía de fincas camaroneras manual de capacitación. En Haws, M.C. y Boyd, C.E. (Eds). Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. Managua, Nicaragua, pp. 231-263.
- Fox, J., (2001)**, Nutrición y manejo del alimento. En Haws, M.C. y Boyd, C.E. (Eds). Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica, Managua, Nicaragua. pp. 65-90.
- Griffin, R.C., Montgomery, J.M., and Rister, M.E., (1987)**, Selecting functional form in production function analysis, *Western Journal of Agricultural Economics*, 12(2), pp. 216-227.
- Gunarnte, L.H.P. and Leung, P.S., (1996)**, Asian black tiger shrimp industry: a meta-production frontier analysis. In: Leung, P.S. and Sharma, K.R. (Eds), Economics and management of shrimp and carp farming in Asia., Network of Aquaculture Centers in Asia-Pacific (NACA), Bangkok, Thailandia., pp. 55-68.
- Hardy, M.A., (1993)**, Regresión with dummy variables. (ed) SAGE publications, USA, 90 pp.
- Haws, M.C., Boyd, C.E. y Green, B.W., (2001)**, Buenas prácticas de manejo en el cultivo de camarón en Honduras. Ed. Coastal Resources Center University of Rhode Island. U.S.A., 101 pp.
- IAES, (1999)**, Directorio estatal de acuacultores, Secretaría de Desarrollo Económico y Productividad, Hermosillo, Sonora, México, pp. 1-8.
- IAES, (2001)**, Directorio estatal de acuacultores, Secretaría de Desarrollo Económico y Productividad, Hermosillo, Sonora, México, pp. 1-11.

- Irz, X. and Mckenzi, V., (2003)**, Profitability and technical efficiency of aquaculture systems in Pampanga, Philippines, *Aquaculture Economics & Management*, 7(3/4), pp. 195-211.
- Jackson, C.S., (1982)**, Economics of Taiwán milkfish system in: *Aquaculture Economics Reaserch in Asia*, International Development Research Center, pp. 25-38.
- Jimenez, F. y Berdegué, F., (1992)**, Camaronicultura en México, *Acuae. Inter.* 2(5), pp.9-17.
- Karagianinis, G. and Katranidis, S.D., (2002)**, A production function analysis of seabass and seabream production in Greece, *Journal of the World Aquaculture Society*, 31(), pp 297-305.
- Khem, R. S. and Leung P., (2003)**, A review of production frontier analysis for aquaculture management, *Aquaculture Economics & Management*, 7, pp. 15-34.
- Lightner, D., Pantoja, R.C., (2001)**, Bioseguridad en el cultivo de camarones. En Haws. M.C. y Boyd, C.E. (Eds). *Metodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica*, Managua, Nicaragua, pp. 123-165.
- Mann, C.k., (1977)**, Turkiye deki bugday uretiminde teknolojinin etkisi, bugday drastirma ve egitim projesi, Ankara, pk.226.
- Martínez, C.F.J., (1997)**, Economía de la producción en el cultivo de camarón, *Revista Unión*, pp. 8-10.
- Montgomery, D.C., (2002)**, *Diseño y análisis de experimentos*, ed. Limusa Wiley, segunda edición, México, D.F. 686 pp.
- Nafinsa, OEA, (1998)**, *Diplomado en el ciclo de vida de los proyectos de inversión "formulación y evaluación"*, Nacional Financiera, México, D.F., 154 pp.

- Nerrie, B.L., Hatch, L.U., Engle, C.R. and Smitherman, R.O., (1990)**, The economics of intensifying catfish production: A production function analysis, *Journal of the World Aquaculture Society*, 21(3), pp. 216-224.
- Ocean Garden, (2003)**, página Electrónica, <http://www.oceangarden.com/spanish/html/span.html>
- Orazem, P.F., (1992)**, Empirical Isoquants and Observable Optima: Cobb and Douglas at Seventy , *Review of Agricultural Economics*, 20(2), pp. 489-501.
- Ozsabuncuoglu, H., (1998)**, Production function for wheat: a case study of Southeastern Anatolian Project (SAP) region, *Agricultural Economics*, ELSEVIER, 18, pp. 75-87.
- Pindick, R., Pindick, S. And Rubinfeld, D., (1998)**, *Microeconomía*, Limusa, México, D.F., 821 pp
- Pindick, R.S., Rubinfeld, D.L., (1991)**, *Econometric models and economic forecast*, third edition, Mcgraw-Hill, U.S.A., 587 pp.
- SAGARPA, (2002)**, Boletín de indicadores de la producción pesquera, diciembre 2002.
- Salvatore, D., (2000)**, *Econometría*, ed. M^c Graw Hill, México, D.F. 201 pp.
- Shang, C. Y., (1990)**, *Aquaculture Economic Analysis an Introduction*, The World Aquaculture Society, E.U.A., 201 pp.
- Smith L.R., (1994)**, Microeconomics of existing aquaculture production systems: Basic concepts and definitions, *Aquaculture Economics & Management*, pp.15-25.
- Subasinghe, R., (2002)**, Shrimp aquaculture: prospects and challenges en: "Taller sobre procedimientos para la validación de métodos de diagnóstico de enfermedades

de camarón”, Programa de cooperación técnica de la FAO, proyecto TCP/RLA/0071 (A), Mazatlán, Sinaloa, México.

Tobey, J., Vergne, C., Vergne, P., (1998), Impactos económicos ambientales y sociales del cultivo de camarón en Latino América, Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island, E.U.A, 61 pp

Tokriska, R.M., (1979), Economic analysis of shrimp culture in Thailandia. University of Hawaii, unpublished dissertation.

Toruner, M. and Karakaya, O., (1975), Bitkisel uretimdefaktor larin pagilimi verimilik ve uretim fonksiyonlari devlet planlama teskilati, Ankara. pub. DPT:1388-SPD:270.

Treese, G.D., (2001), Diseño y construcción de estanques. En Haws, M.C. y Boyd, C.E. (Eds). Metodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica, Managua, Nicaragua. pp. 49-62.

USDA, (2001), Metodos para mejorar la camaronicultura en Centro America. ed. Imprenta Universidad Centro Americana, Managua, Nicaragua. 295 pp.

Yamane, T., (1999), Estadística, tercera edición, ed. HARLA, México, D.F., 767 pp.

Wattanuchariya, S. and Panayotu, T., (1979), The economics of aquaculture: the case of catfish in Thailandia. in: Aquaculture Economics Research in Asia, International Development Research Center, pp. 56-80.

Weilhold, D., (1999), Estimating the loss of agricultural productivity in the Amazon, Ecological economics, 31, pp. 63-76.

William, A., (1998), Economía: una introducción contemporánea, cuarta edición, International Thompson Editores, México, D.F., 384 pp.

Winston, W.L., Albright, S.L., Brodie, M., (1997), Practical Management Science,
(ed) Duxbury, USA., 796 pp.

ANEXO II ABREVIATURAS EMPLEADAS

Pl: poslarvas de camarón

m²: metro cuadrado

m³: metro cúbico de agua

lps: litros por segundo

kg: kilogramo

ha: hectárea

g: gramo

E_{prod}: Elasticidad de producción

Retorno_{esc}: Retorno a escala

PFM: Producto Físico Marginal

VPM: Valor del Producto Marginal

P_{si}/P_{yi}: Relación precio insumo/precio producto

PE: Punto de Equilibrio

RCB: Relación Costo-Beneficio

PR: Periodo de Recuperación

ANEXO II. GLOSARIO

Función producción o forma funcional: según Shang (1990), Beatle y Taylor (1993), Ozsabuncuoglu (1998), William (1998), una función producción es una representación matemática que indica la cantidad de producto (Y) que se puede obtener a partir de una combinación dada de insumos (X), es decir: $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$

Elasticidad de Producción: muestra la variación registrada en el nivel de producción de un producto como respuesta a un cambio porcentual de un insumo cuando el resto de los insumos que intervienen en la producción permanecen constantes (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Ozsabuncuoglu, 1998; William, 1998; Karagiannis, 2000).

Retornos a escala: muestran los cambios que sufre la producción cuando todos los insumos varían simultáneamente en la misma proporción y pueden ser constantes si el valor calculado es 1, crecientes si su valor es > 1 y decrecientes si el Retorno a Escala es < 1 (NAFIN y OEA, 1998; Beatle y Taylor, 1993).

Retorno a escala constante: indica que si los insumos utilizados en un proceso de producción aumentan, la producción incrementa en la misma proporción que el uso de los insumos (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; NAFIN y OEA, 1998)

Retorno a escala creciente: refleja que el incremento de la producción obtenida es mayor a la de los insumos (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; NAFIN y OEA, 1998)

Retorno a escala decreciente: dice que cuando los insumos durante el proceso de producción son aumentados, el aumento en la producción es menor al uso de los insumos, lo cual significa que por más que se aumenten los insumos, el producto que se produce genera un menor rendimiento (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Ozsabuncuoglu, 1998; William, 1998).

Producto Físico Marginal: mide la tasa de cambio adicional que se puede obtener en la producción como resultado de un cambio infinitesimal en un insumo, mientras que el resto de los insumos involucrados en la producción se mantienen constantes (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; NAFIN Y OEA, 1998; Karagiannis y Katranidis, 2000).

Valor del Producto Marginal: representa la factibilidad del empleo de un insumo e indica el ingreso adicional que puede generar la producción como consecuencia del incremento de un insumo (Shang, 1990; Beatle y Taylor, 1993; Karagiannis y Katranidis, 2000).

Punto de Equilibrio: representa el volumen de operación o nivel de utilización de la capacidad instalada, en el cual los ingresos son iguales a los costos. Por debajo de ese punto la empresa incurre en pérdidas y por arriba obtiene utilidades (Shang, 1990; NAFIN y OEA, 1998; Engle y Valderrama, 2001).

Relación Costo-Beneficio: indica la utilidad que la producción genera por cada peso invertido. Si el valor de esta relación es menor a uno, la empresa esta incurriendo en pérdidas; si es igual a uno, los beneficios y los costos se igualan, cubriendo apenas el costo mínimo; si es mayor a uno la empresa estará recibiendo utilidades (Shang, 1990; NAFIN y OEA, 1998; Engle y Valderrama, 2001).

Período de Recuperación: se define como el tiempo en el cual los beneficios o utilidades futuras del proyecto cubren el monto de la inversión (Shang, 1990; NAFIN y OEA, 1998; Engle y Valderrama, 2001).

Utilidad Neta: Ganancia generada por el proceso de producción una vez que se han descontado los costos de operación y los gastos financieros (NAFIN y OEA, 1998).

Costo de operación: costo en el que incurre la empresa para desarrollar el proceso de producción (NAFIN Y OEA, 1998).

Costo Variable: Costo que varia de acuerdo al nivel de producción que se mantenga (NAFIN Y OEA, 1998)

Costo Fijo: Costo que permanece constante sin importar la variación en el nivel de producción (NAFIN Y OEA, 1998).