ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

"Evaluación de una estrategia de manejo de cultivo intensivo del *Litopenaeus vannamei* bajo invernadero"

Tesis de Grado

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO ACUICULTOR

Presentada por:

Daniel Antonio Chalén Rosado

Guayaquil – Ecuador

2006

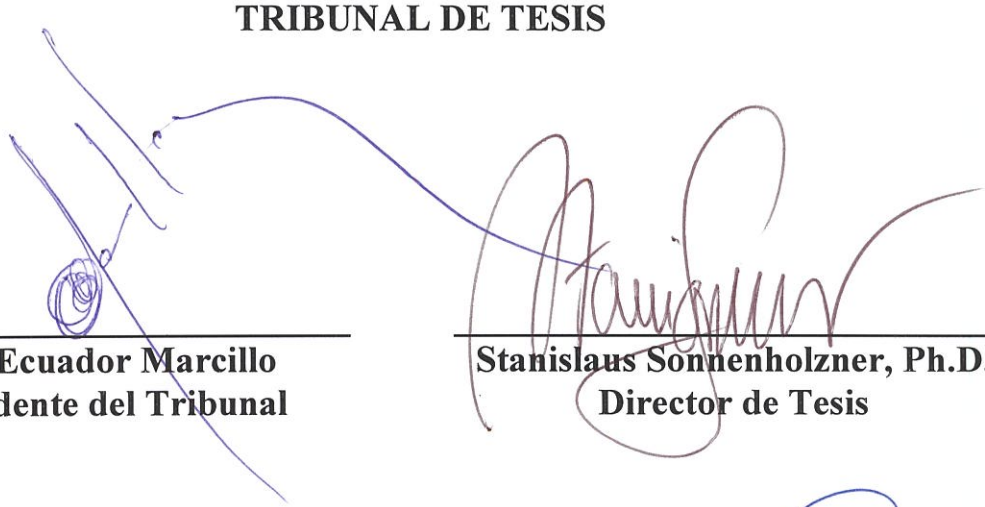
DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL."

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

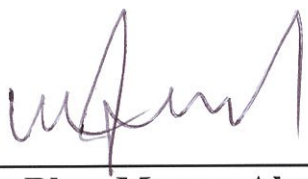
Daniel Chalén Rosado

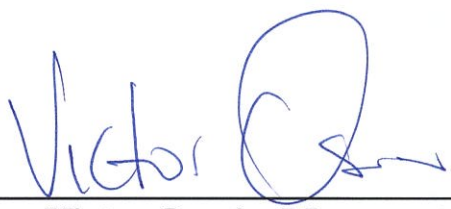
TRIBUNAL DE TESIS



Ing. Ecuador Marcillo
Presidente del Tribunal

Stanislaus Sonnenholzner, Ph.D.
Director de Tesis





Blgo. Marcos Alvarez
Miembro del Tribunal

Victor Osorio, Msc.
Miembro del Tribunal

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todas las bendiciones que me ha brindado durante toda mi vida.

A mis padres, Vicente y Cecilia, su ejemplo de amor y su apoyo incondicional me animan a ser mejor cada día.

A mis hermanos, Vicente, Miguel, Francisco y Andrés, quienes han estado conmigo en la lucha constante de esfuerzo y sacrificio para cumplir las metas propuestas.

A Jorge Calderón, Ph.D., promotor de mi tesis, por su invaluable colaboración y guía en el desarrollo de este trabajo.

A Stanislaus Sonnenholzner, Ph.D., por su apoyo incondicional al continuar la labor como mi director de tesis.

Al personal de la Estación Experimental Pesglasa, por las facilidades brindadas para el desarrollo de esta tesis.

A Julie Nieto, Ph.D., y Lourdes Cobo, M.Sc. por sus acertadas correcciones y sugerencias, y por su amistad durante todo este tiempo.

A Gabriela Cárdenas y Marcia Pacheco, por ser amigas inolvidables, siempre prestas a brindar su cariño y comprensión.

A Wilfrido Argüello, por todo el apoyo incondicional y confianza. Gracias inservible!!!

A Martín, Gustavo, David, Carlos, Rafael, Patricio, Roberto, Javier, Edú, Yamil, amigos de toda la vida.

A todos quienes forman la Fundación CENAIM – ESPOL, por todos las lecciones de vida aprendidas.

Daniel

DEDICATORIA

De sus manos he aprendido lo esencial de la vida, a reconocer lo hermoso de cada día y a fundamentar mis bases en su amor .....Vicente y Cecilia.

Fiel reflejo del amor de mis padres, su ayuda y apoyo siempre estarán conmigo todos los días de mi vida.....Vicente, Francisco, Miguel y Andrés.

Con todo mi amor *Daniel*

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS ix

LISTA DE TABLAS xi

LISTA DE ABREVIATURAS xii

RESUMEN xiii

1. INTRODUCCIÓN 1

2. ANTECEDENTES 3

2.1 ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CAMARON 4

2.1.1 Enfermedades provocadas por Bacterias 5

2.1.2. Enfermedades provocadas por Virus 5

2.1.2.1. El Síndrome de Taura (TSV). 5

2.1.2.2. La Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética (IHHNV) 6

2.1.2.3. White Spot Syndrome Virus (WSSV). 6

2.2 ESTRATEGIAS DE MANEJO 8

2.2.1. Inmunoestimulantes 8

2.2.2. Filtros (BioSeguridad) 9

2.2.3. Sistemas de Cultivo 10

2.2.3.1. Método Extensivo 10

2.2.3.2. Método Semi-Intensivo 11

2.2.3.3. Método Intensivo 11

2.2.4. Temperatura 12

2.2.5. Invernaderos 13

2.3 ALIMENTACION Y MUDA 16

2.4. OTRAS ESTRATEGIAS 22

2.5. SALUD DEL ANIMAL 23

3. MATERIALES Y METODOS 24

3.1. CICLOS DE PRODUCCIÓN 25

3.2. MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN 26

3.3. EVALUACIÓN DE LOS ESTADIOS DE MUDA 26

3.4. MUESTREOS DE POBLACION 27

3.5. MUESTREOS DE CRECIMIENTO 27

3.6. CONDICION DEL ANIMAL 28

3.7. ANALISIS ESTADISTICO 28

4. RESULTADOS 29

4.1. CICLOS DE PRODUCCION 29

4.1.1. Precría 29

4.1.2. Engorde 29

4.1.2.1. Estanque G2 29

4.1.2.2. Estanques G3 y G4 29

4.2. TEMPERATURA 30

4.3. MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN 30

4.4. EVALUACIÓN DE LOS ESTADIOS DE MUDA 31

4.4.1. Precría 31

4.4.2. Engorde 31

4.5. MUESTREO DE POBLACION 32

4.5.1. Precría 32

4.5.2. Engorde 32

4.6. MUESTREO DE CRECIMIENTO 34

4.6.1. Precría 34

4.6.2. Engorde 35

4.6.2.1. Invierno 35

4.6.2.2. Verano 35

4.7. CONDICIÓN ANIMAL 36

4.8. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RENTABILIDAD 38

5. DISCUSIÓN 40

6. CONCLUSIONES 45

7. RECOMENDACIONES 47

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 48

9. ANEXO 56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de la producción camaronera ecuatoriana, expresada en función del volumen exportado bajo la influencia de variaciones climáticas y enfermedades epidémicas presentadas durante los años 1979-2002. Tomada de Chavarría y Bayot (2004).....4

Figura 2. Curvas normales climatológicas de temperatura (°C) en el Océano Pacífico frente a la costa ecuatoriana y producción de camarón para el periodo post-WSSV. Tomado de Chavarría (2003). 12

Figura 3. Tipos de invernaderos . a y b. Invernaderos de estructura de caña guadúa. c y d. Invernaderos en el que se combinan varios elementos: hierro, cabos de polipropileno, PVC, y hormigón armado. 14

Figura 4. Aereador de paletas. a) juego de paletas sujetas por ejes a las boyas; b) motor de 8 HP..... 25

Figura 5. Promedio de temperatura del agua en 3 estanques, entre diciembre del 2002 a septiembre 2003..... 30

Figura 6. Distribución de animales en diferentes puntos de muestreo (±DS) Estanque G3 –1. *Barras con las mismas letras no son significativamente diferentes (p>0.05).... 33

Figura 7. Distribución de animales en diferentes puntos de muestreo (±DS) Estanque G4 –1. *Barras con las mismas letras no son significativamente diferentes (p>0.05).... 33

Figura 8. Crecimiento de los animales durante 11 semanas de cultivo (Etapa de Precría) Regresión lineal entre semanas de cultivo y peso (g) p=0,02. 34

Figura 9. Crecimiento de los animales durante 14 semanas de cultivo (Etapa de Precria). Regresión lineal entre semanas de cultivo y peso (g) p=0,63. 34

Figura 10. Crecimiento de los animales durante 11 semanas de cultivo (Etapa de Engorde), con 9 sitios de muestreo. Regresión lineal entre semanas de cultivo y peso (g) $p<0,01$ 35

Figura 11. Crecimiento de los animales durante 16 semanas de cultivo (Etapa de Engorde), con 12 sitios de muestreo. Regresión lineal entre semanas de cultivo y peso (g) $p<0,01$ 36

Figura 12. Porcentaje de coloración de animales durante todo el ciclo de producción del estanque G3. Los datos de los camarones color café no fueron considerados para el gráfico. 37

Figura 13. Porcentaje de coloración de animales durante todo el ciclo de producción del estanque G4. Los datos de los camarones color café no fueron considerados para el gráfico. 37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características principales de los diferentes métodos de cultivos, utilizados en el Ecuador. Tomada de Regueira (2001) 10

Tabla 2. Valores de SOTR (kgO_2/hr) y SAE (kgO_2/hr) de aireadores eléctricos 16

Tabla 3. Condiciones de los ciclos de producción. 26

Tabla 4. Clasificación de los organismos de acuerdo al estadio de muda en categorías ..27

Tabla 5. Ciclos de producción de los estanques G3 y G4. 30

Tabla 6. Alimento suministrado y FCR, en los ciclos de producción de precría y engorde. *Valor no calculado. 31

Tabla 7. Regresión lineal entre las observaciones hechas en el campo y al microscopio en la evaluación de los estadios de muda en los dos ciclos de cultivo..... 32

Tabla 8. Datos del último muestreo de población con los datos reales de cosecha y el margen de error. 32

Tabla 9. Costos de materiales y mano de obra para la construcción de invernaderos de 0,25; 0,5 y 1 ha. 38

Tabla 10. Análisis de rentabilidad de camaroneras con sistemas de invernadero 1 ha. (Estrategia de cultivo mixto). 39

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análisis de varianza
CENAIM	Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas
CNA	Cámara Nacional de Acuicultura
CsCl	Cloruro de Cesio
DNA	Acido Desoxiribonucleico
IHHNV	Virus de la Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética
LPS	Lipopolisacáridos
LSD	Mínima diferencia significativa
PO	Fenoloxidasa
PVC	Polivinil cloruro
RNA	Acido Ribonucleico
SAE	Eficiencia estándar de aeración
SOTR	Tasa estándar de transferencia de oxígeno
TSV	Virus del síndrome de Taura
UFC/mL	Unidades formadoras de colonias por mililitro
WSSV	Virus del síndrome de la mancha blanca

RESUMEN

Se evaluó un cultivo de *Litopenaeus vannamei* bajo invernadero en un sistema superintensivo (250 camarones/m^2) en precría y posteriormente en un sistema intensivo (80 camarones/m^2) en etapa de engorde, como estrategia para aumentar las producciones de camarón y con el incremento de temperatura (efecto del invernadero) mitigar el impacto de la mancha blanca. Al término del cultivo se obtuvo un rendimiento hasta de 5.472 kg/ha durante la época lluviosa, y una supervivencia de 67%. La tasa de crecimiento específico semanal alcanzó valores hasta 0,75g. Las temperaturas fluctuaron entre 29,5°C a 35,3°C (época lluviosa) y 29,5°C y 33,6°C (época seca). Además, se evaluaron dos métodos (campo y microscopio) para determinar el estadio de muda. No se registraron diferencias ($p>0,05$) entre los dos métodos para la etapa de precría, mientras que en engorde los porcentajes de animales duros y semi-duros fueron estadísticamente diferentes ($p<0,05$). Para todos los ciclos de producción el porcentaje de animales que presentaron coloración café fue mayor (>80%) siendo esta característica indicativo del buen estado de salud del animal.

1. INTRODUCCIÓN

Desde Mayo de 1999, se confirma oficialmente la presencia de mancha blanca (WSSV, por sus siglas en inglés) en el Ecuador (Calderón *et al.*, 1999), trayendo consigo una de las mayores crisis en el sector camaronero ecuatoriano. Las exportaciones de camarón en 1998 generaron 900 millones de dólares al país. En 1999 la epidemia causada por el virus de la mancha blanca las redujo a 500 millones, en el 2000 y en el 2001 bajaron a 300 millones de dólares. El virus de la Mancha Blanca no solo provocó la reducción de la producción ecuatoriana en un 70%, sino que Brasil, China, Centroamérica y ciertos países africanos ocuparon el espacio dejado por los exportadores ecuatorianos, ofertando camarón más barato. Supervivencias menores al 15% (en promedio) se siguen registrando en los estanques de cultivo. Frente a este panorama desalentador, la búsqueda constante de posibles soluciones a los problemas de la actividad acuícola y la presentación de las innovaciones en este campo no cesan.

El sector productor de camarón ha ensayado varias metodologías (con y sin fundamento científico) para controlar o disminuir la mortalidad del camarón en los estanques. La comunidad científica se dispuso a tratar de controlar la epidemia a través de investigaciones de tipo fisiológico y genómico del WSSV, desarrollando métodos de diagnóstico, investigando posibles portadores del virus, y tratando de controlar ya sean las entradas del virus o su desarrollo en los estanques. El uso de antibióticos, probióticos e inmunoestimulantes como medidas preventivas o tratamientos para el síndrome fueron examinados, pero ninguno de ellos mostró un resultado significativo a la hora de disminuir el riesgo de una epidemia.

De toda la experiencia acumulada desde 1999, el efecto más destacado es el producido por la variabilidad climática. Los impactos sobre la producción camaronera en Ecuador están gobernados por la naturaleza y fundamentalmente por eventos climáticos de gran

escala. Así como se observan incrementos en las exportaciones en la época de los eventos El Niño, también existe una marcada disminución de las mismas durante las ocurrencias de los eventos La Niña. En el análisis de aproximadamente 2000 ciclos de producción durante el período 1998-2001, se puede observar que la prevalencia del Virus de la Mancha Blanca esta inversamente relacionada con anomalías térmicas (Calderón, 2001).

El CENAIM realizó durante el año 2001 varios experimentos exponiendo camarones juveniles *Litopenaeus vannamei* al virus de la Mancha Blanca mantenidos en agua a diferentes temperaturas (Sonnenholzner *et al.*, 2002a). Los resultados consistentemente demostraron una supervivencia superior al 95% cuando los camarones eran expuestos al virus con una temperatura del agua de 33°C. En contraste camarones cultivados a 27°C siempre registraron elevadas mortalidades (72% a 100%) al desafiarlos con el virus de la Mancha Blanca. Basados en estas experiencias, el reto consistió por lo tanto en encontrar una metodología que permita elevar la temperatura del agua de los estanques a 32-33°C y corroborar la hipótesis que a mayor temperatura existe menor riesgo de mortalidad por WSSV en condiciones de campo, lo cual se tradujo posteriormente en una propuesta práctica de cultivo de camarón en estanques con invernadero.

La presente tesis tuvo como objetivo evaluar el uso de invernadero, como estrategia de manejo para desarrollar un cultivo con bajo índice de mortalidad por WSSV, y aumentar la producción utilizando sistemas superintensivo e intensivo (precría y engorde, respectivamente) buscando viabilidad económica en la metodología.

2. ANTECEDENTES

En el año de 1968 se inició el cultivo de camarón en el Ecuador, la producción total fue de 660 TM/ha. El crecimiento de la industria fue lento durante los primeros años, iniciándose con un estimado de 600 hectáreas con un registro máximo de 939 lbs/ha por ciclo de producción (Mc. Padden, 1985). Es en la década de los 70's que el cultivo de camarón comienza a expandirse. Durante los años 1983 - 1984 la costa ecuatoriana se vio afectada por el evento Oceanográfico denominado "El Niño". Este acontecimiento alteró las condiciones normales del medio marino, a tal punto que en ese año se contó con abundante larva silvestre. Luego de este evento las condiciones normales oceanográficas no se restablecieron, provocando en los dos años siguientes una gran escasez de larvas de camarón del medio natural.

En 1987, Ecuador pasó del cuarto al tercer lugar de países productores de camarón, donde se mantuvo durante dos años. Entre 1989 y 1992 se ubicó nuevamente en la cuarta posición, ascendiendo en 1993 y ocupando el primer lugar como exportador de camarón en cautiverio del mundo, teniendo en esta época aproximadamente 120.000 hectáreas de estanques camaroneros y mas de 120 laboratorios de producción de larvas, que generaban ingresos de forma directa a mas de medio millón de ecuatorianos. En 1998, la producción mundial de camarón de cultivo fue estimada en 737.200 TM/ha, lo que representó un incremento del 12% con respecto a 1997 (Rosenberry,1998). En 1998, el Hemisferio Occidental produjo 207.000 TM/ha de camarón entero, representando el 28% de la producción mundial. De ese total, Ecuador alcanzó una producción estimada de 156.000 TM/ha, que representó el 63% de la producción regional (Rosenberry,1998). En 1999 la camaronicultura constituyó la segunda actividad económica del país y el

camarón el tercer producto exportable. En este año se reportaron 175.253 hectáreas de cultivos de camarón repartidos en las cuatro provincias costeras del Ecuador (Guayas, Manabí, El Oro y Esmeralda) y 312 laboratorios de producción de larvas, fundamentalmente de la especie de *L. vannamei*, y 76 empresas de exportación y 21 fábricas especializadas en la elaboración de alimento balanceado (CNA, 1999).

2.1 ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CAMARON

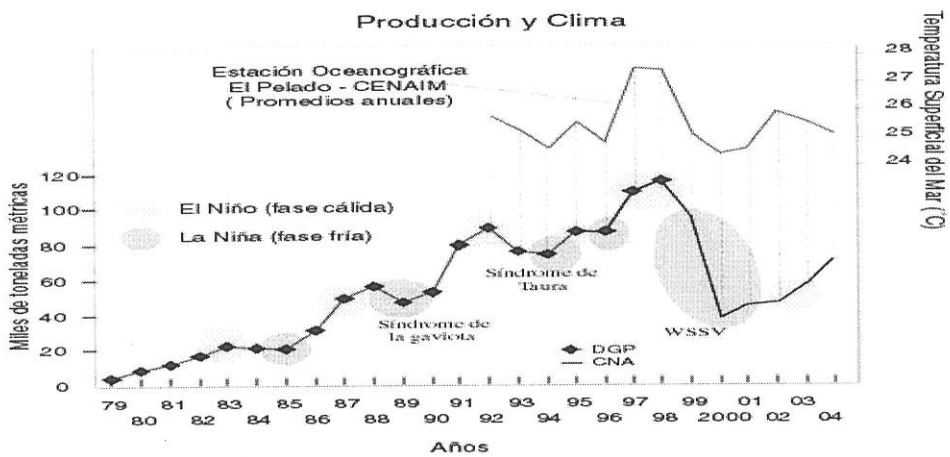


Figura 1. Proceso de la producción camaronera ecuatoriana, expresada en función del volumen exportado bajo la influencia de variaciones climáticas y enfermedades epidémicas presentadas durante los años 1979-2002. Tomada de Chavarria y Bayot (2004).

Desde los inicios de la camaronicultura en el mundo, las enfermedades son consideradas como el principal factor limitante en el desarrollo de los organismos. Es así que en estas últimas décadas, el camarón ha sido afectado por un sinnúmero de enfermedades relacionadas con virus y bacterias que han provocado fluctuaciones en el crecimiento de la producción y consecuencias negativas en lo económico y social (Fig. 1).

2.1.1 Enfermedades provocadas por Bacterias

El término vibriosis es empleado para referirse a todos los tipos de infecciones que son causados por bacterias del grupo *Vibrio*. Esta bacteria es oportunista y toma ventaja de camarones enfermos o débiles y mal nutridos (Bucheli y Maridueña, 1999). La vibriosis puede ocurrir tanto en animales cultivados o capturados, en todas las especies, diferentes estadios y etapas de crecimiento, pero particularmente en animales jóvenes bajo circunstancias como la temperatura alta en el mar, la mala calidad del agua, escaso recambio de agua y bajas concentraciones de oxígeno disuelto, que pueden ser considerados como factores estresantes (Lewis, 1973; Baticados, 1988).

Las bacterias marinas se encuentran entre los principales agentes etiológicos causantes de enfermedades en crustáceos marinos, capturados del medio natural o cultivados. Algunos géneros de bacterias han sido implicadas como causantes de enfermedades y mortalidades en peneidos (Lightner *et al.*, 1983).

El síndrome de bolitas, es provocado por *Vibrio harveyi,* tiene como signo clínico característico anorexia y ausencia de alimento en el tracto intestinal.

El síndrome de las gaviotas, es otra enfermedad que provocó altas mortalidades en toda la zona camaronera del Ecuador, apareció a finales de 1989, se la denominó así por la observación de bandadas de aves marinas que se alimentaban de animales muertos y animales moribundos de los estanques afectados (Mohney *et al.*, 1994). Resultados de varios estudios establecieron que las mortalidades se debían a bacterias, principalmente del genero *Vibrio* spp.

2.1.2. Enfermedades provocadas por Virus

2.1.2.1. El Síndrome de Taura (TSV).

Es un virus del tipo ARN que afecta a juveniles de entre 0,1 y 5,0 g de peso.

La enfermedad puede presentarse de manera aguda o crónica. Los síntomas de la fase aguda son: expansión de cromatóforos rojos y necrosis epitelial en apéndices; mientras que los organismos en fase crónica pueden exhibir lesiones cuticulares y expansión de los cromatóforos rojos. Los ejemplares que sobreviven son portadores de la enfermedad y pueden transmitirla horizontal y verticalmente. El síndrome de Taura en el Ecuador aparece en el año de 1992. Sin embargo, fue en el año de 1993 que provocó graves daños a la actividad camaronera existente en el Golfo de Guayaquil. Durante este año la producción de camarón declinó un 17% y mas de 16 mil hectáreas fueron afectadas (Regueira, 2001) trayendo consigo un sinnúmero de problemas que afectaron directamente a la industria.

2.1.2.2. La Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética (IHHNV)

Es conocido como el Síndrome del Enanismo, este virus de forma icosaedral tiene un diámetro aproximado de 22 nm y una densidad de 1,4 g/ml en CsCl. Contiene ADN con una talla estimada de 4,1 kb. Contiene 4 polipéptidos con un peso molecular de 74; 47; 39 y 37,5 kb en la cápside. Afecta a todos los peneidos cultivables en estadio juvenil con transmisión horizontal y vertical. La infección por este virus puede causar ciertos problemas en todos los camarones peneidos. Los tejidos u órganos afectados son branquias, epidermis, epitelio del estómago, cordón nervioso, tejido hematopoyético, glándula antenal, tejido conectivo, tejido linfoide, mesodermo y ectodermo. Tiene como característica principal una deformación que afecta al rostro, antena y otras áreas torácicas y abdominales del exoesqueleto (Lightner, 1993).

2.1.2.3. White Spot Syndrome Virus (WSSV).

El WSSV son viriones alargados de forma ovoidea con una envoltura (alrededor de la

núcleo-cápsula) suelta que lo rodea (Takahashi *et al.,* 1994; Inouye *et al.,* 1994). El virión mide 80 nm de diámetro y 350 nm de largo (Huang *et al.,* 2001). Este virus posee moléculas de DNA de doble cadena de aproximadamente 290 kb (van Hulten *et al.*, 2000). Es un virus baciliforme, no ocluido, con estructura en forma de colas. El virus de la Mancha Blanca, tiene un amplio rango de hospederos en especies tanto cultivadas como silvestres entre las que se encuentran la mayor parte de los Peneidos (Chang *et al.*, 1998; Chang *et al.*, 2000). Los signos clínicos principales son; manchas de color blanco en el exoesqueleto y en la cutícula (Lightner,1996) además produce letargia, anorexia y a menudo una decoloración rojiza a rosada (Durand *et al.*,1997).

El WSSV se detectó por primera vez en Taiwán en 1992 de donde rápidamente se dispersó al resto de Asia, posteriormente al norte y centro de América, y recientemente a Europa y Australia (Peinado *et al.*, 2002). La presencia del WSSV en Latinoamérica fue reportada por primera vez a inicios de 1999 en Honduras. Calderón *et al.* (2000), indican que en el año 1999 se confirmó la presencia del WSSV en el Ecuador, pues a partir de este periodo se registraron las mas altas mortalidades y pérdidas económicas producidas en nuestro país.

Registros en Ecuador indican, que entre tres y seis semanas después de la siembra, aparecen camarones infectados en estanques de producción (Montesdeoca *et al.*, 2002). Los animales infectados presentan una coloración rosada causada por la distensión de cromatóforos en la cutícula y/o la hemolinfa rosada (provocada por una inadecuada actividad fenolóxidasa (PO) plasmática) (Montesdeoca *et al.*, 2002). Presentan letárgia y reducen el consumo de alimento (Aguirre y Ascencio, 2000). Se pueden observar camarones moribundos en la superficie y en las orillas de la piscina que eventualmente mueren en el fondo. Mortalidades altas (hasta un 100%) ocurren en un periodo de tres a diez días después de las primeras observaciones de la presencia de la enfermedad (Chou

et al., 1998; Aguirre y Ascencio, 2000; Peinado *et al.*, 2002). Después de confirmar la presencia de WSSV en Ecuador, se ha tratado de buscar posibles soluciones y estrategias de manejo en camaroneras que ayuden a mitigar el impacto que provoca el virus.

2.2 ESTRATEGIAS DE MANEJO

La solución a problemas de enfermedades que comúnmente se presentan en piscinas camaroneras se basa en la aplicación de estrategias de manejo adecuadas. En esencia, estas estrategias pueden ser tomadas para incrementar la sostenibilidad de la industria camaronera y a su vez reducir los problemas asociados con enfermedades. Estrategias más conservativas con enfoque ecológico y que pongan en uso lo último en cuanto a desarrollo de la biotecnología, con el objetivo de aumentar al máximo las salidas productivas y económicas. El acercamiento "ecológico" implica que los cultivos sean hechos a baja densidad y que los esfuerzos de la industria estén a tono con procesos y funciones del ecosistema. La alternativa "tecnológica" tiende a conducir el desarrollo hacia sistemas de cultivos intensivos, los cuales se aíslan completamente del ambiente y consideran tratamiento de los desechos, desinfección del entorno de los estanques y uso de animales genéticamente seleccionados para resistencia a enfermedades (Kautsky *et al.*, 2000).

2.2.1. Inmunoestimulantes

Los inmunoestimulantes son moléculas que se derivan de las paredes celulares de microorganismos y que activan el sistema inmune. Estos componentes activos son fragmentos de peptidomuramil (peptidoglicanos), lipopolisacaridos (LPS), presentes en bacterias Gram + y Gram -. Los β-glucanos son moléculas de poli-D-glucopiranosa con

enlaces β-1,3 y β-1,6 (Deacon, 1984 tomada de Burbano, 1999). En peces son activadores alternativos del sistema inmune, además actúan como estimulantes del sistema retículo endotelial en los vertebrados (Valerie *et al.*, 1984) y en los crustáceos inducen la melanización de la hemolinfa por activación del sistema profenoloxidasa (Unestam, 1979). Los β-glucanos están involucrados en el incremento de la actividad fagocítica de los hemocitos (Sung *et al.,* 1994; Chang *et al.,* 2000), adhesión celular y producción de anión superóxido en reproductores (Chang *et al.,* 2000). Al igual los peptidoglucanos derivados de *Bifidobacterium thermophilum,* mejoran la actividad fagocítica de los hemocitos granulosos en animales desafiados experimentalmente con WSSV, incrementando la resistencia y supervivencia de los animales al virus (Itami *et al.*, 1998).

El método más práctico para la inmunoestimulación en los sistemas de cultivo de camarón es por vía oral. Rodríguez *et al.* (2003), indican que animales de precría y engorde luego de ser inmunoestimulados reaccionan mejor si hay presencia de un brote de WSSV. Del mismo modo, Otero (2001), afirma que los animales que son inmunoestimulados poseen menor carga viral que los animales no inmunoestimulados .

2.2.2. Filtros (BioSeguridad)

Calderón (2001), en un análisis de la situación previa al desastre que provocaría la mancha blanca en el mundo, explica un sinnúmero de acciones que los involucrados en esta industria aplicaron. Uno de estos puntos fue la utilización de filtros que fueron colocados en los canales reservorios de las camaroneras, para de esta manera reducir el intercambio con el medio ambiente, y tratar el ingreso de posibles vectores patógenos que afecten a los organismos.

2.2.3. Sistemas de Cultivo

La densidad de siembra es otra de las estrategias de manejo que se debe considerar al momento de cultivar camarones *L. vannamei*. Esta varía según la intensidad que tenga el cultivo y los fines productivos que desea el productor (Díaz-Granda,1997).

Tabla 1. Características principales de los diferentes métodos de cultivos, utilizados en el Ecuador. Tomada de Regueira (2001)

Características	Extensivo	Semi-intensivo	Intensivo
Tamaño de los estanques (ha)	>10	5 a 25	0,1 a 5
Fuente de semilla	Silvestre	Silvestre o Laboratorio	Laboratorio
Estanques de precría	No	Si	Si
Densidad de siembra (animales/m^2)	<3	4 a 20	20
Recambio de agua (%)	0 a 5	5 a 10	30
Aireación	No	A veces	Si
Tipo de alimento	Alimento natural y fertilización	Alimento natural y fertilización	Alimento artificial

Algunos estudios se han centrado en buscar el efecto que tiene la densidad de siembra en el crecimiento y supervivencia de estos crustáceos. Los criterios en cuanto al efecto de la densidad son muy variados pero la mayoría coincide en que a medida que aumenta la densidad disminuye el crecimiento (Díaz-Granda, 1997). En el Ecuador el cultivo de *Litopenaeus vannamei* se lo realiza por tres métodos (Tabla 1).

2.2.3.1. Método Extensivo

El método extensivo es el mas simple. Este sistema tiene bajos niveles tecnológicos, utiliza bajas densidades de siembra (<3 animales/m^2) y sin alimentación. Los estanques utilizados en este tipo de cultivo son de superficie variable, aunque es frecuente encontrarlos de gran tamaño, algunos casos exceden las 50 hectáreas.

Este método no utiliza fertilización y la producción se basa en la productividad natural y en los florecimientos (blooms) de fitoplancton para administrar la alimentación requerida. El intercambio de agua y la demanda de oxigeno es baja, pues la biomasa animal no es significativa. Los rendimientos en esta clase de operaciones son bajos y la demanda de mano de obra es también baja. Esta forma de cultivo puede arrojar rendimientos relativamente satisfactorios cuando existe un manejo adecuado, pero resulta poco rentable (Weidner, 1992).

2.2.3.2. Método Semi-Intensivo

Este sistema se distingue del anterior, por el uso de (relativamente) mas altas densidades de siembra (4-12 animales/m^2). Se utiliza alimentación suplementaria y fertilización a través del ciclo de cultivo y hay un monitoreo de las variables ambientales y la biomasa de los camarones .

2.2.3.3. Método Intensivo

Este método es utilizado actualmente en un sinnúmero de granjas camaroneras en el Ecuador. Sin embargo, ha despertado muy poco interés en los productores ecuatorianos ya que necesita niveles de inversión bien altos. En un sistema intensivo la nutrición del camarón depende, casi exclusivamente, del aporte del alimento artificial, siendo uno de los rubros mas representativos del costo total de producción. Por lo tanto, es indispensable encontrar estrategias de alimentación que permitan disminuir los gastos generados por la alimentación. Una buena estrategia de manejo del alimento tendrá un efecto significativo en el éxito y rentabilidad del cultivo.

Alimentación, aireación, calidad de agua y suelo, son aspectos importantes en el manejo de estanques de producción de camarón. Cada uno de ellos debe ser debidamente

monitoreados y controlados. Puesto que en este tipo de cultivo existe un alto riesgo de enfermedades, que están estrechamente relacionados con la calidad de las larvas y con otros tipos de factores que pueden afectar la producción.

2.2.4. Temperatura

En la producción de camarón la temperatura es una variable que influye directamente en los rendimientos. Maldonado (2002), denota que la industria camaronera Ecuatoriana depende de las condiciones ambientales locales. Así mismo, Chavarría (2003), indica que el factor de mayor importancia es la temperatura. Varios estudios sugieren que la temperatura del agua en la época seca (temperaturas más bajas del año) podría ser un factor de riesgo que induce una mayor mortalidad por WSSV. Por otra parte se han reportado modificaciones en la respuesta inmune de los crustáceos provocadas por fluctuaciones de la temperatura (Sonnenholzner *et al.*, 2001).

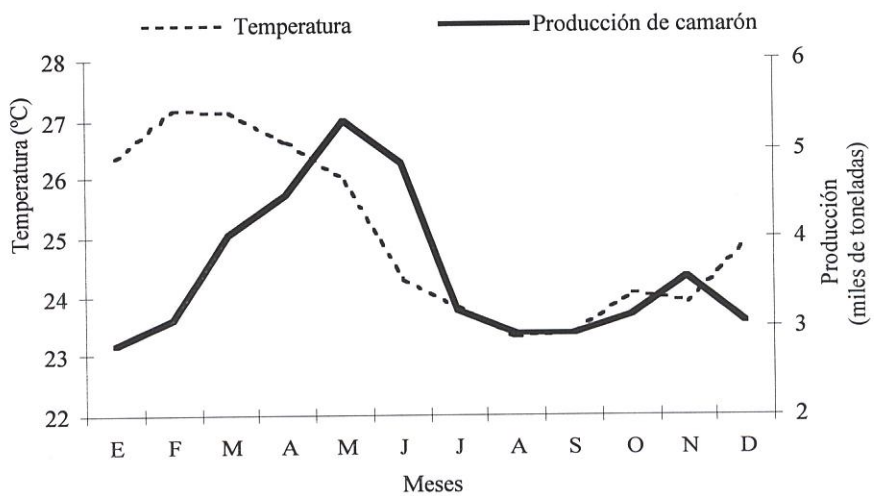


Figura 2. Curvas normales climatológicas de temperatura (°C) en el Océano Pacífico frente a la costa ecuatoriana y producción de camarón para el periodo post-WSSV. Tomado de Chavarría (2003).

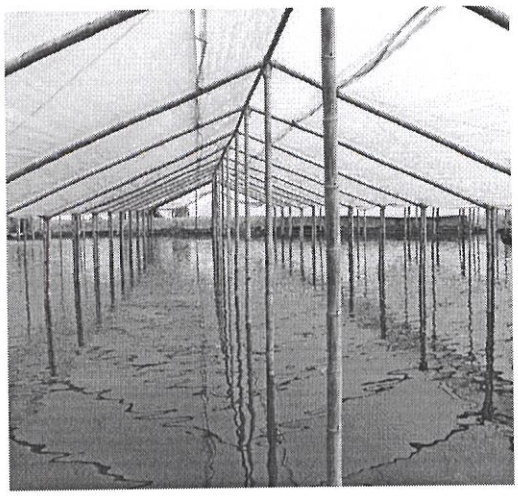
En Ecuador se observó que las producciones siempre han sido superiores durante el verano del hemisferio sur o entre los meses de enero y abril (Regueira, 2001). Del mismo

modo, las pérdidas causadas por WSSV son reducidas durante estos periodos cálidos (Fig.2; Vidal *et al.*, 2001; Sonnenholzner *et al.*, 2001). En Ecuador la temperatura del agua en estanques de cultivo puede alcanzar valores entre los 28 y 31°C en época cálida. Experiencias, a nivel de laboratorio, indican que la supervivencia de camarones desafiados con el WSSV es superior cuando se mantiene una temperatura del agua por encima de 31,5°C (Vidal *et al.*, 2001; Sonnenholzner *et al.*, 2001). En un trabajo reportado por Sonnenholzner (2002a), sobre el efecto de la temperatura del agua en la supervivencia del camarón sometido a desafíos con WSSV, se encontró que temperaturas de 33°C, inducen una respuesta inmune en el camarón que se traduce en una supervivencia superior al 90%. No se ha determinado aún los efectos negativos de una elevada temperatura sobre el camarón y sobre la calidad del agua. Sin embargo, observaciones en el laboratorio indican que la patogenicidad de algunas bacterias aumentan a 35°C y la exposición prolongada de más de seis días a temperaturas de 38°C o superiores causó mortalidades del 100%. Los resultados sugieren que no existe un efecto residual al tratamiento térmico.

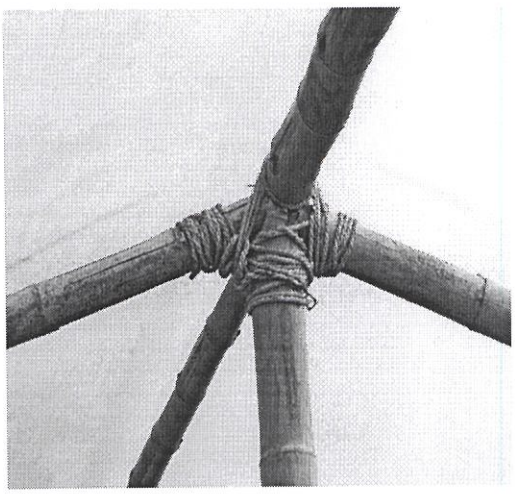
2.2.5. Invernadero

Una de las alternativas propuestas por el CENAIM en el año 2001, para alcanzar temperaturas elevadas que minimicen el impacto que provoca el virus de la mancha blanca fue la implementación de invernaderos. Su utilización implica el empleo de sistemas de cultivos intensivos debido a que los costos de inversión son muy elevados, y se requiere en el menor tiempo posible recuperar la inversión. Estudios preliminares realizados por el CENAIM indican que los rendimientos en estanques bajo invernadero, muestran una dependencia directa con la densidad de siembra y pueden alcanzar niveles

de hasta 6.000 kg/ha/ciclo para una densidad de siembra de 80 PL/m^2 (Calderón y Sonnenholzner, 2003).

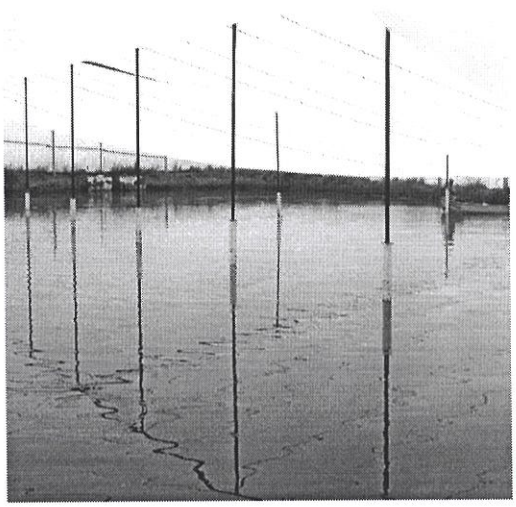


a



b

c



d

Figura 3. Tipos de invernaderos . a y b. Invernaderos de estructura de caña guadúa. c y d. Invernaderos en el que se combinan varios elementos: hierro, cabos de prolipropileno, PVC, y hormigón armado.

Considerando que la alternativa de cultivar en invernadero requiere inversiones altas, se propuso también un sistema de cultivo mixto, con precría bajo invernadero y engorde en estanques no cubiertos. Los rendimientos en estanques abiertos luego de permanecer bajo invernadero en una fase de precría de 45 a 50 días dependen de la época del año y dan rendimiento promedio de 1450 kg/ha para la época cálida, e indican que los invernaderos responden adecuadamente a pesar de la baja cantidad de radiación solar que hay durante la época fría y que durante esta misma época se puede obtener un promedio 300 kg/ha (Calderón y Sonnenholzner, 2002). Los invernaderos tradicionalmente en agricultura no son directamente aplicables a los cultivos acuícolas.

Las diferencias más notables en los diseños están basadas en los materiales de construcción, los cuales varían en tipo y calidad. Dentro de la gama de invernaderos, los mas económicos de construir son los que tienen estructura de caña guadúa (Fig. 3 a y b). Sin embargo, la durabilidad de los mismos está por ser determinada. En el extremo más alto de inversión se encuentran los invernaderos cuya estructuras son de hormigón armado o metálica. Estos invernaderos presentan la ventaja de permitir templar y mantener los plásticos con mayor facilidad que la opción anterior. A pesar de que la inversión es más alta se estima que la amortización se realizará en un periodo mayor. En el rango intermedio se encuentran los invernaderos que usan una mezcla de materiales que permiten reducir los costos iniciales sin sacrificar mayormente el tiempo de vida de la estructura. Uno de estos diseños es el utilizado por el CENAIM que combinan elementos de hierro, cabos de polipropileno, PVC, y hormigón armado (Fig. 3 c y d).

La aeración es un factor importante que se debe considerar al utilizar invernadero. Calderón (2003), indica que en los invernaderos se utiliza aireadores de paletas o de inyección por venturi en capacidades de motor equivalente a 32 – 40 HP/ha. La cantidad de oxígeno suministrado por aireadores comerciales se expresa en términos de SOTR y

SAE (siglas en inglés para Tasa de Transferencia Estándar de Oxígeno y Eficiencia Estándar de Aireación, respectivamente). El SOTR indica la cantidad de oxígeno (kg) proporcionado por el aireador bajo condiciones estándares (20°C, agua dulce) por hora. El SAE expresa la eficiencia de la transferencia de oxígeno por unidad de fuerza o energía del aireador. El SAE se obtiene, por lo tanto, al dividir SOTR para la cantidad de caballos de fuerza (HP) o kilowatios (kW) del motor aplicados al eje y se expresa en unidades de kg. O_2/HP o kW-hr. En la Tabla 2 se presenta un resumen de los rangos de valores de SOTR y SAE de aireadores eléctricos utilizados en acuicultura. Es importante considerar sin embargo que la transferencia de oxígeno disminuye a medida que la concentración de oxígeno disuelto en el agua se aproxima a su valor de saturación, reduciendo el valor del SAE.

Trabajos de investigación de respiración realizados en estanques acuícolas, han revelado que aproximadamente el 20% del oxígeno disuelto disponible en el agua es consumido por la especie en cultivo, el restante 80% es consumido por procesos biológicos (respiración de fitoplancton, organismos bentónicos y bacterias) y químicos (oxidación de sustancias reducidas).

Tabla 2. Valores de SOTR (kgO_2/hr) y SAE (kgO_2/hr) de aireadores eléctricos utilizados en acuicultura (Tomada de Boyd 1990).

			SAE	
Tipo de aerador	**No. aeradores**	**Rango de SOTR**	**Promedio**	**Rango**
Paletas	24	2,5 - 23,2	2,2	1,1 - 3,0
Aspirador-propela	11	0,1 - 4,4	1,6	1,3 - 1,8
Bomba vertical	15	0,3 - 10,9	1,4	0,7 - 1,8
Bomba dispersadora	3	11,9 - 14,5	1,3	0,9 - 1,9
Aire por difusión	2	0,6 - 3,9	0,9	0,7 - 1,2

2.3 ALIMENTACION Y MUDA

La alimentación de los Peneidos está netamente basada en una variedad de organismos bentónicos tales como el fito y zooplancton y detritos de diversos orígenes (Díaz-Granda,

1997). El alimento natural posee una gran importancia en la dieta de los organismos que están cultivados en estanques acuícolas, pero en cultivos intensivos el alimento natural no cumple con los requerimientos alimenticios que el camarón necesita para su perfecto desarrollo. Es por esto que se utiliza alimento artificial para poder suplir las necesidades alimenticias. La formulación y los requerimientos nutricionales que el camarón necesita en un cultivo ha sido revisada por varios autores, y es considerada como un factor de mucha importancia. Díaz-Granda (1997), indica que la calidad del alimento, así como el manejo del mismo, juegan roles importantes en la eficiencia de la conversión alimenticia y minimizan el deterioro del fondo de los estanques debido a una sobrealimentación o una pobre estabilidad del agua. Jory y Cabrera (2001), afirman que el manejo del alimento se refiere a la selección del alimento, manipulación y almacenamiento; métodos de aplicación, tasas y frecuencias de alimentación.

Debido a que en esta estrategia de cultivo, el costo del alimento balanceado representa más del 50% del costo total de producción es indispensable encontrar estrategias de alimentación que permitan disminuir los gastos generados por este rubro. Una buena estrategia de manejo del alimento tendrá un efecto significativo en el éxito y rentabilidad del cultivo. Para hacer estable la producción y reducir los costos que la alimentación provoca se hace evaluaciones de diferentes tasas de alimentación con el fin de encontrar una ración optima (Díaz-Granda, 1997).

El contenido de proteína es probablemente la primera característica de un alimento examinada por los camaroneros. Basados en el contenido proteico, la ración diaria de alimento aumenta en relación inversa con el contenido de proteína y en relación directa con la biomasa individual. El suministro diario de alimento balanceado es calculado en base a la tasa de crecimiento, el requerimiento de nitrógeno por parte del animal y el contenido de proteína en el alimento balanceado (Calderón, *com. per.*). Trabajando con

diferentes estrategias de manejo de la alimentación y diferentes dietas comerciales se ha encontrado que el 57% del nitrógeno suministrado es recuperado en el tejido del camarón (Calderón, 2003).

Según Bador (1998), la práctica de la utilización de charoles (comederos) para suministrar el alimento, tiene la ventaja de permitir una estimación del alimento consumido por los camarones, en un momento determinado. De acuerdo a este consumo aparente, las raciones pueden ser ajustadas. Sin embargo, el uso de comederos como estrategia de alimentación, tiene sus desventajas de tipo práctico, ya que se necesitaría colocar de alrededor de 40 a 50 comederos por hectárea, cuyo manejo bajo las condiciones de temperatura y humedad son imprácticas.

Akiyama y Polanco (1995), indican que el ajuste de alimentación en cultivos intensivos puede efectuarse tomando en consideración población, crecimiento, estado del camarón examinado en el sitio y observaciones de comederos:

Requerimiento fuerte = Aumentar el 40%

Consumo total del alimento = Aumentar de 20-30%

Sobrante menor del 5% = Mantener la misma ración

Sobrante mayor al 5% = Reducir el 5%

Sobrante mayor al 20% = Suspender la ración

La alimentación de los sistemas intensivos con invernaderos requiere de atención particular, dado que las condiciones de calor y humedad imponen serias restricciones al método manual tradicional de distribuir el alimento (Calderón, 2003).

La estrategia de alimentación afectará a las variables de calidad del agua como: oxígeno disuelto (OD); demanda bioquímica de oxígeno (BOD), materia orgánica en los sedimentos, y el contenido de algunos nutrientes en el agua.

Existe controversia acerca de la hora óptima y la frecuencia de alimentación para camarones. Para esto es necesario estudiar los procesos fisiológicos del organismo que afectan la capacidad de consumo y digestión del alimento, en el cual la actividad enzimática cumple una acción de vital importancia. La actividad de las enzimas, presentes en el hepatopáncreas, son las que controlan los procesos de digestión y varían por factores como: ayuno, edad y tamaño de los animales, cantidad y frecuencia de alimentación, fuente y nivel de proteína del alimento, estimulantes alimenticios, estadio de muda y ritmo circadiano (Molina *et al.*, 2000). Molina *et al.* (2000), indican que la mayor cantidad de alimento consumido equivalente al 1,3 y 1,0% de la biomasa fue observado a las 12h00 y 14h00, respectivamente, disminuyendo gradualmente hasta alcanzar el 0,1% a las 24h00. La mejor utilización de la proteína (eficiencia proteica, EP) y del alimento (Tasa de conversión alimenticia, FCR, siglas en inglés) fue obtenida cuando el alimento fue suministrado en el horario de 12h00 y 20h00.

Una alimentación frecuente resultaría en una ingesta de nutrientes superior y por consiguiente mayor crecimiento de camarón. El ritmo de crecimiento del *L. vannamei* mantenidos en corrales en estanques de tierra se incrementó progresivamente a medida que se incrementó la frecuencia de alimentación de 1 a 4 veces por día (Robertson *et al.*, 1993). Por lo tanto, para hacer más efectiva y apropiada la alimentación de camarones se debe considerar sus hábitos naturales de alimentación en términos de horario, frecuencia y cantidad, sobre todo en vista de que en la producción camaronera de tipo intensivo, de la eficiencia en el suministro del alimento artificial depende el éxito o fracaso del cultivo.

Las tablas de alimentación son un método que efectivamente nos permite estimar la cantidad de alimento a ser suministrado diariamente. Sin embargo, estas no toman en consideración la condición fisiológica de los animales. Uno de estos ritmos biológicos es

el fenómeno de la muda (Díaz-Granda, 1997; Nolasco, 1998) y es el que interesa por su relación directa con los procesos de alimentación de los camarones en cultivo.

La muda o ecdisis representa para los crustáceos, la posibilidad de llevar a cabo los procesos normales de crecimiento. Esto ocurre de forma cíclica cada vez que el organismo está preparado para aumentar de talla y peso. El viejo exoesqueleto es liberado rápidamente y es producido una nueva capa quitinosa que tiende a endurecerse hasta adquirir la consistencia y dureza del exoesqueleto anterior. Durante este proceso el cuerpo del camarón ha absorbido agua y la división celular se ve favorecida provocando el incremento de volumen y peso del animal (van Wormhoudt *et al.*, 1996). Según Drach (1944), se puede diferenciar cincos estadios principales:

- *Estadio A;* 2,5% de la duración del ciclo: Postmuda, exoesqueleto muy blando.
- *Estadio B;* 16,5% de la duración: Postmuda, el exoesqueleto muestra una consistencia apergaminada.
- *Estadio C;* 21% de la duración: Intermuda, el exoesqueleto está completamente formado y es resistente.
- *Estadio D;* 60% de la duración: Premuda, este estadio se subdivide en cuatro estadios: D0 y D1 en Premuda temprana, D2 y D3 en Premuda tardía.
- *Estadio E;* 1% de la duración: Ecdisis, en el momento donde el camarón se despoja de su exoesqueleto viejo.

Algunos autores (Brito-Pérez y Diaz-Iglesia, 1983) han demostrado el cese parcial o total de la alimentación en determinados estadios de muda de diversos crustáceos. Muy poco se ha hecho en la aplicación de este conocimiento en la alimentación de especies de interés comercial. A esta conducta cíclica de no alimentación se le ha denominado "ayuno fisiológico" y se ha sugerido que puede deberse al hecho de que en el proceso de despojarse del exoesqueleto, algunas estructuras como la boca, el esófago y parte del

estómago dejan de ser funcionales. Estos órganos poseen una capa de quitina que es una continuación de las capas externas. Esta cubierta quitinosa en el momento de la muda, se desprende junto con el antiguo exoesqueleto impidiendo que se sigan realizando las funciones normales de presión, tránsito y molienda del alimento. Como este proceso de desprendimiento de las capas quitinosas del sistema digestivo comienza durante la premuda final (D2 y D3) el animal no puede comer desde ese momento y comienza a utilizar las grasas y azúcares que tiene de reserva para llevar con éxito las etapas subsecuentes de la muda así como la construcción del nuevo exoesqueleto (Vega-Villasante *et al.,* 1999). En un estanque de cultivo, siempre habrá camarones en diferente estadio del ciclo de muda. Por lo tanto un porcentaje importante de estos camarones estará en los estadios de premuda, muda y postmuda y por lo tanto no comerán.

Las tablas de ajuste de las raciones no consideran a la muda dentro de sus cálculos, por lo tanto y seguramente, gran parte del alimento que se está agregando al estanque no esta siendo consumido, ni aprovechado por los camarones. Fernández *et al.* (1997), desarrollaron técnicas que permiten el cálculo de la cantidad de alimento a ser agregado en el estanque con base en los estadios de muda de la población de camarones *Litopenaeus schmitti*. Mediante esta metodología, se logró bajar el FCR de 4,36 kg de alimento por kg de camarón a un FCR de 1,02 kg de alimento por kg de camarón.

Las mayores actividades específicas de amilasa y lipasa se presentan en los estadios Do y D2, y la menor en D3 durante el ciclo de muda. Mientras que para la proteasa en los estadios B, C y D0 se encontró la mayor actividad, coincidiendo con la etapa donde el camarón consume 18% mas alimento. El glicógeno hepatopancreático presentó una alta concentración en los estadios A, D1 y D3. Los camarones alimentados a las 12h00 y 20h00 produjeron la mayor actividad específica de proteasa, amilasa y lipasa, con un pico máximo a las 14h00 y en segundo de menor intensidad a las 02h00. La cantidad de

alimento consumido muestra que desde premuda D1 hasta postmuda A, existe un periodo de consumo de alimento inferior al 3% de la biomasa y es a partir de postmuda tardía B hasta premuda temprana D0 que los camarones aumentan en al menos un 33% su ingestión de alimento, alcanzando en intermuda C un consumo superior al 50% de lo observado durante premuda D1 y postmuda A (Molina *et al.*, 2000). Adicional al manejo del alimento, el conocimiento de los porcentajes de muda de la población del estanque puede ser una buena herramienta para mejorar el manejo de los estanques aumentando la eficiencia de la producción y para determinar el momento mas adecuado de cosecha.

2.4. OTRAS ESTRATEGIAS

Algunos estudios indican que el recambio de agua del 5% o menos, afecta negativamente la supervivencia y producción del camarón blanco (Martínez-Córdova, 1995). Varios trabajos afirman, que 6 horas de aeración y 15% de recambio de agua, son suficiente para elevar los parámetros a los obtenidos regularmente (Martínez-Córdova, 1997).

En el proceso de cultivo de camarón es indispensable estimar la biomasa existente en el estanque para poder realizar los cálculos de la cantidad de alimento a suministrarse, y a la vez, obtener datos de producción necesarios para los planes de comercialización futura del producto. Una manera de evaluar la población de camarones en un cultivo es mediante el uso de una atarraya. Estos muestreos permiten tener un margen de confiabilidad de entre el 90-95% (Talavera *et al.*, 1996).

Los factores que influyen en los resultados son: periodo de muda, fase lunar, siendo favorable 3-4 días después de luna nueva o llena (según estudios realizados por Molina *et al.* (2000), en luna nueva y llena los camarones se sincronizan para mudar en mayor porcentaje 80% y 30% respectivamente), días de seguridad para que el camarón no se encuentre enterrado y los resultados del muestreo sean más reales, tamaño de malla y

peso de la atarraya, experiencia del atarrayador y altura de la columna de agua. Unos autores recomiendan realizar de 6-10 lances, otros dan un número mayor de 8-12 lances y otros de 10-14 lances como suficientes para determinar la biomasa total del estanque.

2.5. SALUD DEL ANIMAL

Para la detección oportuna de enfermedades, ciertos signos externos pueden servir de guía, aunque no den un diagnóstico definitivo de la enfermedad. Estos se pueden obtener mediante observaciones directas del comportamiento del camarón en el estanque. El nado errático cerca de la superficie, presencia de camarones muertos en las orillas y la observación de los camarones en la atarraya nos dan una idea de lo que pasa en el estanque. Deformaciones físicas; rostro torcidos, enanismo, lesiones, erosiones, manchas en el exoesqueleto y/o apéndices, presencia de protozoarios son otros signos que ayudan a determinar el estado de salud del camarón.

Los camarones pueden desarrollar coloración color marrón/rosados en oposición al color claro, verdusco del camarón normal. Esa coloración puede deberse a problemas relacionados con la muda o como reacción a infecciones virales o bacterianas (Boletín Nicovita, 1996).

3. MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la estación experimental "Pesglasa" ubicada en el Km 52 vía a Machala en la localidad de "El Mango", Churute, Provincia del Guayas, Ecuador, desde el 05 de Diciembre del 2002 hasta el 10 de Agosto del 2003. La estación experimental cuenta con una dimensión total de 6 ha. Se utilizaron tres estanques (de 0,25 ha en promedio) con invernadero y espejo de agua de 0,23 ha (42x55 m), 0.26 ha (47x56 m) y 0,30 ha (49x62 m).

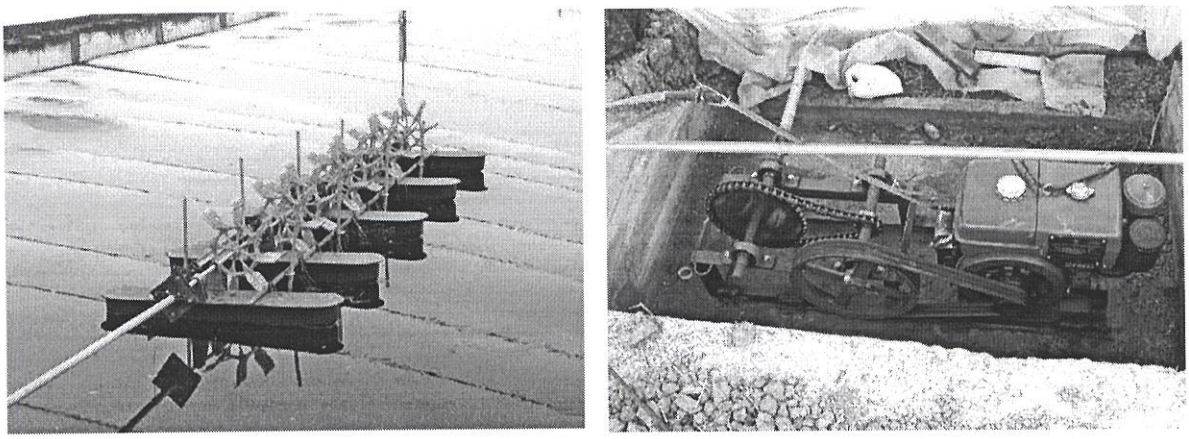
Entre los principales componentes de los invernaderos se encuentran: el plástico, sustentado en una estructura compuesta de elementos metálicos, hormigón y cabos de polipropileno. El plástico usado es de tipo UV térmico de 8/1000 de pulg. el cual presenta una apariencia blanco traslúcido. La estructura de los pilares compuesta de un plinto de hormigón de 0,6m x 0,6m x 0,2m , un tubo de PVC de 6 pulg. de diámetro y 3 m de longitud, una correa metálica de 8 cm x 4 cm y 6 m de longitud y anclas laterales de hormigón.

El cultivo fue llevado a cabo en dos fases: una de precría y otra de engorde. La fase de precría realizada en el estanque G2 (3.069m^2) con una densidad de siembra de 250±32 animales/m^2. En esta fase, los animales fueron mantenidos durante siete semanas hasta que alcanzaron un peso de 3,1±0,2g. Posteriormente fueron transferidos a los estanques G3 (2.630 m^2) y G4 (2.310 m^2) correspondiente a la fase de engorde a una densidad de 82±2 animales/m^2. En esta fase fueron mantenidos por un tiempo aproximado de ocho semanas hasta que alcanzaron 12,9±3,3g.

El agua empleada, en este experimento, tenía como procedencia el Golfo de Guayaquil. Para evitar la introducción de organismos vectores de enfermedades, el agua fue filtrada a través mallas de 600 µ, 400 µ y 120 µ. Se empleó un sistema de cero recambio de agua,

adicionando agua sólo para reemplazar las pérdidas por percolación. Sin embargo, se hicieron recambios, cuando la temperatura del agua en el estanque sobrepasó los 34°C.

En cada estanque se colocó un aereador de paletas de 8 HP (Fig. 4a y b) y un aereador eléctrico adicional de 2 HP del tipo venturi (Aire O2) para mantener los niveles de oxígeno por encima de 2 mg/L.



a b

Figura 4. Aereador de paletas. a) juego de paletas sujetas por ejes a las boyas; b) motor de 8 HP. Fuente: Estación Experimental Pesglasa CENAIM-ESPOL.

Las mediciones de oxígeno disuelto, temperatura del agua, temperatura ambiente dentro y fuera del invernadero se realizaron seis veces al día, a intervalos de tres horas, desde las 06h00 hasta las 21h00.

Los nauplios fueron provistos de un laboratorio comercial y la larvicultura se llevó a cabo en el laboratorio de Larvicultura, siguiendo los protocolos de la Fundación CENAIM-ESPOL.

3.1. CICLOS DE PRODUCCIÓN

En la tabla 3 se resume los ciclos de producción realizados en este estudio.

Tabla 3. Condiciones de los ciclos de producción.

Estanque	Fase	Fecha	Densidad de siembra	Duración	Alimento
			Animales/m^2	días	% de Proteína
G2	Precria	5-Dec-2002	228	75	35
G2	Precria	5-Mar-2003	274	68	35
G2	Engorde	21-May-2003	180	97	35 - 28
G3	Engorde	18-Feb-2003	80	71	28
G3	Engorde	12-May-2003	81	120	28
G4	Engorde	18-Feb-2003	84	71	28
G4	Engorde	12-May-2003	82	120	28

3.2. MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN

El alimento fue suministrado al voleo. Se colocaron ocho comederos testigos distribuidos equidistantes entre sí, en los que se adicionó el 3% del total del alimento de cada dosis, para evaluar el consumo diario. La frecuencia de alimentación fue de cuatro veces al día (8h00, 12h00, 16h00, 20h00) y la dosis suministrada al 20% y 30% alternadamente, de la ración diaria de alimento. Dos cepas de probióticos: *Vibrio* spp. y *Bacillus* spp. (codificadas P62 y P64, respectivamente), diluidas en agua de mar acutoclavada, fueron mezcladas con el alimento, el cual fue recubierto con aceite de pescado, asegurando la retención del probiótico en el alimento. La adición fue hecha a razón de 1 mL de la cepa por cada 3 kg de alimento. La concentración final de las cepas fue de 10^{10} UFC. La curva de alimentación fue ajustada basándose en las estimaciones de los muestreos semanales de peso , biomasa y su relación con la curva de crecimiento.

3.3. EVALUACIÓN DE LOS ESTADIOS DE MUDA

Para las dos etapas (precría y engorde) se realizaron muestreos semanales en cinco puntos diferentes del estanque, cuatro a los extremos (dos cerca de la orilla de entrada y dos en la orilla de salida separadas cada una por 25 metros aproximadamente uno del otro) y uno

en el centro, de los cuales se tomaron aleatoriamente 50 animales de cada lance. La textura de estos animales fue evaluada tomando en cuenta las características de clasificación especificadas por Drach (1944). A este grupo de animales, se les extrajo parte de los urópodos, los cuales fueron fijados con formol al 5% y observados al microscopio para determinar el estadio de muda, siguiendo el protocolo descrito por Robertson (1987). Se agruparon varios estadios del método de observación al microscopio y se les asignó categorías arbitrarias para poder relacionarlas con observaciones realizadas en el campo (tabla 4).

Tabla 4. Clasificación de los organismos de acuerdo al estadio de muda en categorías.

Estadio	Categorías	Simbología
Microscopio	**Campo**	
C, D0	Duro	D
B, D1, D2	Semi-duro	S
A, D3	Blando	B
E	Muy blando	BB

3.4. MUESTREOS DE POBLACION

Los muestreos de población fueron realizados con una atarraya con ojo de malla 1,5 cm y un área de $4m^2$, calculando un 50% de eficiencia. El número de lances dependió del estanque que se muestreó, y se hicieron de la siguiente manera: durante la fase de precría se realizaron seis lances y en la fase de engorde fueron hechos 9 y 12 lances en cada estanque (G3 y G4) respectivamente.

3.5. MUESTREOS DE CRECIMIENTO

Los muestreos de crecimiento tuvieron una periodicidad semanal y se los realizaron con la ayuda de una atarraya (ojo de malla 1,5 cm área de $4m^2$ y una eficiencia del 50%). Se hizo un lance en cinco puntos diferentes de cada estanque: dos en la orilla de salida uno

en el centro y dos en la orilla de entrada separados 25 metros uno de otro. De cada lance se escogieron 50 animales al azar y se registró el peso individual, para determinar el peso promedio semanal y establecer la curva de crecimiento en cada fase.

3.6. CONDICION DEL ANIMAL

De los 50 animales escogidos por lance en el muestreo de crecimiento, se observó el color como característica de clasificación (blanco, verde y café = sanos; rosados = enfermos; rojos = moribundos) para posteriormente relacionarla con el número de animales muertos cada semana.

3.7. ANALISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos en este estudio fueron sometidos a una prueba para verificar homogeneidad de varianzas (Levene) y la normalidad fue analizada gráficamente. Para determinar diferencias estadísticas se corrieron los siguientes análisis: prueba t de Student, para el seguimiento de la muda en precría y engorde; Análisis de varianza (ANOVA) de una vía, para establecer diferencias entre los sitios de muestreo (9 y 12) en las piscinas de engorde en la estimación de la población. Cuando se encontraron diferencias a un nivel de significancia del 95% los datos se sometieron a la prueba de rango múltiple de Fisher (LSD, Least Significant Difference) para comparaciones de media. Se realizaron análisis de regresión múltiple (método estándar) para: (1) relacionar el incremento en peso de los camarones con la edad del cultivo; (2) las observaciones hechas en el campo versus las del microscopio en la evaluación de la muda; y (3) entre el número de animales que presentaron una coloración rosada y el número de animales muertos en cada muestreo. Para los análisis estadísticos se utilizó el programa STATISTICA® 4.1 (1994-2000, StatSoft, Oklahoma, EE.UU.).

4. RESULTADOS

4.1. CICLOS DE PRODUCCION

4.1.1. Precría

Se realizaron dos ciclos; en el primer ciclo (época lluviosa) se obtuvo una biomasa de 1.578 kg, con un peso individual de 3,27g, y una supervivencia de 69%. En el segundo ciclo (época lluviosa), se realizó una cosecha parcial resultando 354,55 kg, con un peso individual de 2,3 g, que representó el 18,3% del número de animales sembrados. Y en la cosecha final se obtuvo 1.562,28 kg y un peso de 3g por individuo. La supervivencia total fue de 66.1%.

4.1.2. Engorde

Se utilizaron 3 estanques, en las que se desarrollaron 5 ciclos de producción (en total), en 2 épocas del año:

4.1.2.1. Estanque G2

En este estanque se realizó una cosecha parcial y se obtuvo 218,2 kg, con un peso individual de 2,2g, y una supervivencia del 18%. En la cosecha final se obtuvo 1354,56 kg, con un tamaño de 7,1g que representó el 29% de supervivencia. La supervivencia total fue de 47%.

4.1.2.2. Estanques G3 y G4

En la tabla 5 se indican los rendimientos obtenidos en los estanques G3 y G4, durante los ciclos de engorde.

Tabla 5. Ciclos de producción de los estanques G3 y G4.

Estanques	Época del año	Biomasa (kg)	Peso Individual (g)	Supervivencia (%)
G3 - 1	Invierno	1.353	9,6	67
G3 - 2	Verano	432	16,5	12,3
G4 - 1	Invierno	1.368	10,68	66
G4 - 2	Verano	854	14,66	30,8

4.2. TEMPERATURA

Durante la época lluviosa (Diciembre a Mayo) se registraron valores de temperaturas desde 29,5°C a 35,3°C, mientras que en la época seca, las mínima y máxima temperaturas registradas fueron 29,5°C y 33,6°C, respectivamente. Desde Julio del 2003 se observaron niveles bajos de temperatura (<30°C), permaneciendo constantes hasta el mes de Septiembre del mismo año (Fig. 5).

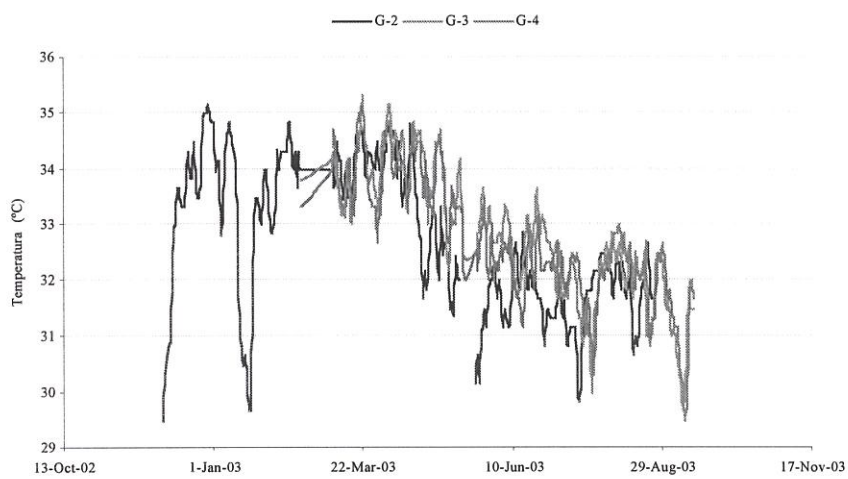


Figura 5. Promedio de temperatura del agua en tres estanques, entre diciembre del 2002 a septiembre 2003.

4.3. MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN

La tabla 6 muestra el alimento suministrado (en kilogramos) en cada fase de cultivo, para todos los ciclos de producción y el factor de conversión (FCR) obtenido.

Tabla 6. Alimento suministrado y FCR, en los ciclos de producción de precría y engorde. *Valor no calculado.

Etapa	Estanques	Alimento Suministrado (kg)	FCR
Precria	G2 – 1	2.552,00	1,62
	G2 – 2	2.119,20	1,39
Engorde	G2 – 1	2.251,25	1,66
	G3 – 1	2.296,30	3,45
	G3 – 2	3.457,40	*
	G4 – 1	2.168,10	2,96
	G4 – 2	3.618,80	12,7

4.4. EVALUACIÓN DE LOS ESTADIOS DE MUDA

4.4.1. Precría

En esta etapa no se observaron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los dos métodos evaluados para determinar el estadio de muda (observaciones en el campo y al microscopio), para ninguno de los niveles de clasificación empleados.

4.4.2. Engorde

Durante esta etapa, el porcentaje de los animales duros (62,5±11% campo; 72,9±9,9% microscopio) y semi – duros (18,6±8,9% campo; 16,3±6,5% microscopio) presentaron diferencias significativas, mientras que los blandos y muy blandos no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$). Las ecuaciones resultantes del análisis de regresión para los dos ciclos se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Regresión lineal entre las observaciones hechas en el campo y al microscopio en la evaluación de los estadios de muda en los dos ciclos de cultivo.

Ecuación	p (_=0,05)	r^2
Y(campo)=3,395+0,989(microscopio)	**<0,01**	0.99
Y(campo)=5,129+0,794(microscopio)	**<0,01**	0,88

4.5. MUESTREO DE POBLACION

4.5.1. Precría

En el primer ciclo de producción de esta etapa se estimó una supervivencia del 68% en el último muestreo, y se obtuvo como dato real en la cosecha un valor del 69%, teniendo un error del 1%. Para el segundo ciclo en el último muestreo de población se obtuvo un valor de 54% del número de animales inicial, obteniendo como valor final 66% el día de la cosecha, mostrando un error de 12%.

4.5.2. Engorde

Se realizaron cinco ciclos de producción para esta fase de cultivo. En la tabla 8 se muestran los datos de los últimos muestreos, los datos reales obtenidos en la cosecha y el margen de error que es la diferencia del dato real menos el dato del último muestreo.

Tabla 8. Datos del último muestreo de población con los datos reales de cosecha y el margen de error.

	Época Lluviosa		**Época Seca**		
Supervivencia (%)	**G3 - 1**	**G4 - 1**	**G2 - 1**	**G3 - 2**	**G4 - 2**
Ultimo muestreo	47	51	40	29	50
Cosecha final	67	66	47	12	31
Margen de error	20	15	7	-17	-19

La Figura 6, muestra la distribución de los animales en los nueve puntos de muestreo en el estanque G3. Se puede observar que no hay diferencias significativas en ningún punto ($p>0.05$). En la Figura 7, se muestra la distribución de los animales y su desviación estándar en los doce puntos de muestreo en el estanque G4, y su media. En esta figura se puede observar que el punto 2 es diferente al resto de puntos, mientras que el resto no muestran diferencias significativas ($p>0.05$).

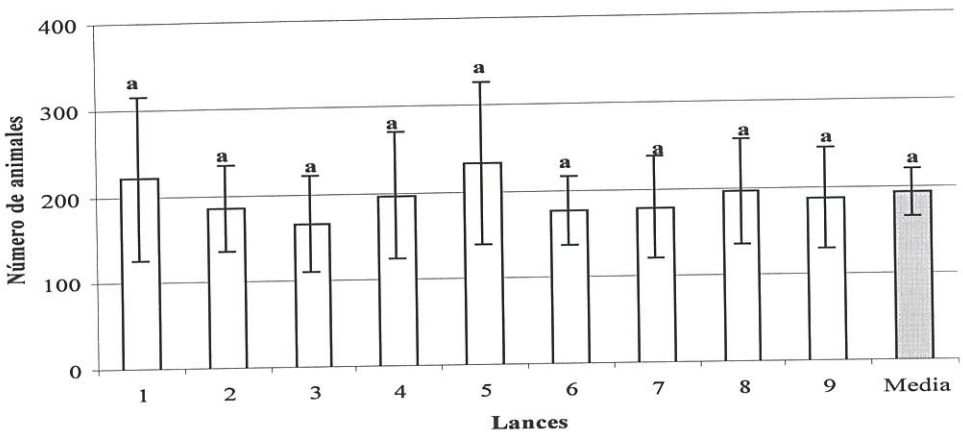


Figura 6. Distribución de animales en diferentes puntos de muestreo (±DS) Estanque G3 –1. *Barras con las mismas letras no son significativamente diferentes ($p>0.05$).

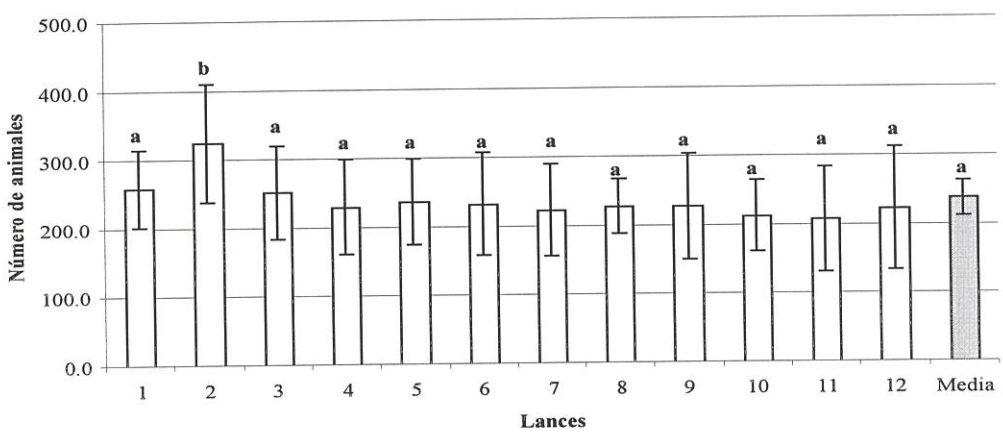


Figura 7. Distribución de animales en diferentes puntos de muestreo (±DS) Estanque G4 –1. *Barras con las mismas letras no son significativamente diferentes ($p>0.05$).

4.6. MUESTREO DE CRECIMIENTO

4.6.1. Precría

En el primer ciclo se realizó un último muestreo de crecimiento dando un peso promedio de 3,50 g. El peso promedio en la cosecha fue 3,27g. Observándose un incremento semanal promedio de 0,31g (Fig. 8).

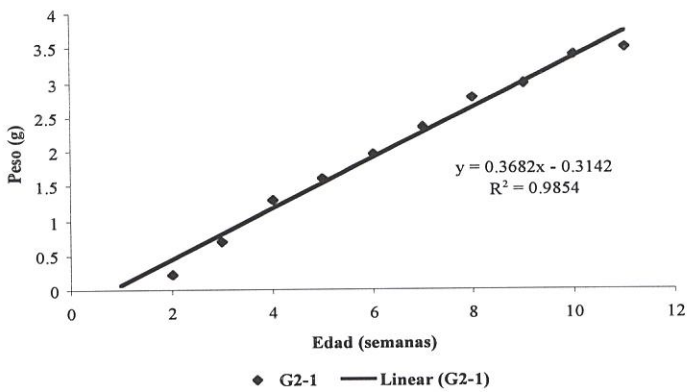


Figura 8. Crecimiento de los animales durante 11 semanas de cultivo (Etapa de Precría) Regresión lineal entre semanas de cultivo y peso (g) p=0,02.

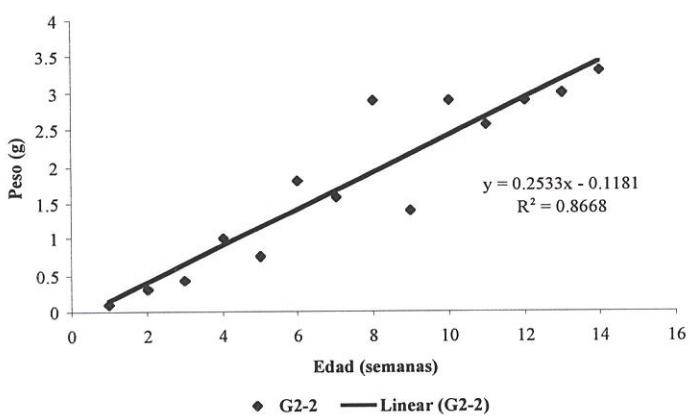


Figura 9. Crecimiento de los animales durante 14 semanas de cultivo (Etapa de Precria). Regresión lineal entre semanas de cultivo y peso (g) p=0,63.

En la Figura 9 se muestra la ganancia en peso de los animales. El valor promedio obtenido en el último muestreo fue de 3,30g. El peso promedio final de cosecha fue 3,00g, y se observó un incremento semanal promedio de 0,31g.

4.6.2. Engorde

4.6.2.1. Invierno

Estos dos ciclos fueron realizados en los estanques G3 y G4 simultáneamente, presentaron un peso promedio en el último muestreo de 10,9g, se obtuvo como dato real el día de la cosecha de 10,12g, con un incremento semanal promedio de 0,67g (Fig. 10).

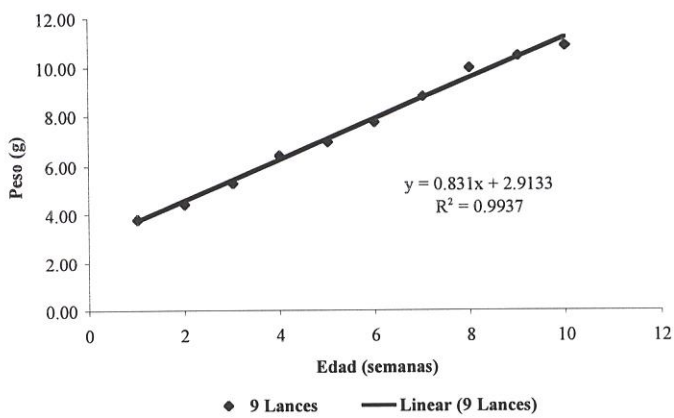


Figura 10. Crecimiento de los animales durante 11 semanas de cultivo (Etapa de Engorde), con 9 sitios de muestreo. Regresión lineal entre semanas de cultivo y peso (g) $p<0,01$.

4.6.2.2. Verano

Estos dos ciclos fueron realizados en los estanques G3 y G4 al mismo tiempo, presentaron un peso promedio en el último muestreo de 14,93g, obteniendo como dato real el día de la cosecha 15,58 g, con un incremento semanal promedio de 0,75 g (Fig.11).

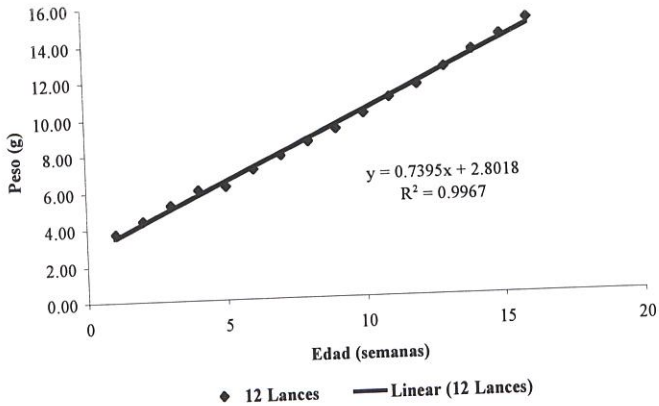


Figura 11. Crecimiento de los animales durante 16 semanas de cultivo (Etapa de Engorde), con 12 sitios de muestreo. Regresión lineal entre semanas de cultivo y peso (g) $p<0,01$.

4.7. CONDICIÓN ANIMAL

Durante todo el ciclo de producción en los 2 estanques se pudo observar que la mayor parte de los organismos presentaron una coloración café (80,5±1,3 organismos aparentemente sanos).

La Figura 12 indica el porcentaje de cada una de las coloraciones que se presentaron a lo largo del ciclo de producción del estanque G3 (excepto color café). Se observa una mayor cantidad de animales con coloración rosada durante las 16 semanas de cultivo. Se observó también organismos de color rojos, blancos y verdes.

En el estanque G4 se observó que la mayor incidencia fue para los camarones que presentaban coloración rosada (Fig. 13). Los índices de regresión para los estanques G3 y G4 fueron $r = 0,81$ y $r = 0,49$ respectivamente.

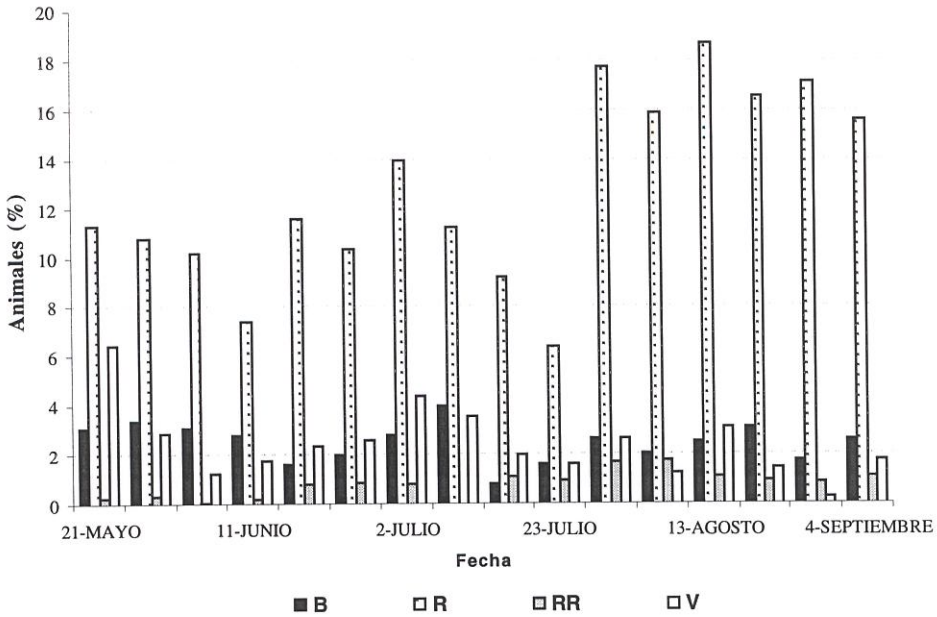


Figura 12. Porcentaje de coloración de animales durante todo el ciclo de producción del estanque G3. Los datos de los camarones color café no fueron considerados para el gráfico.

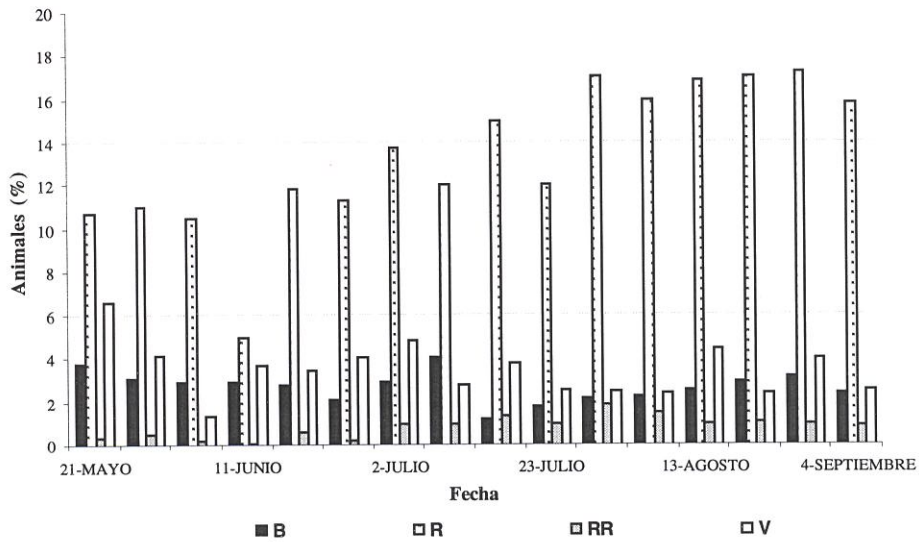


Figura 13. Porcentaje de coloración de animales durante todo el ciclo de producción del estanque G4. Los datos de los camarones color café no fueron considerados para el gráfico.

4.8. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

El análisis referencial de costos de construcción de invernaderos de 0,25 ha; 0,50 ha y 1 ha se resume en la tabla 9. En base a estos resultados, las proyecciones económicas utilizando el sistema de cultivo mixto en una camaronera de 16 ha aproximadamente, con una supervivencia de 65% en la fase de precría (conservadora en comparación con los resultados obtenidos en el campo) y de 50% en la fase de engorde (también conservadora), en un escenario pesimista la rentabilidad sería de USD 85.000,00 al año. El caso para el cultivo de tipo intensivo es similar, con supervivencias estimadas en 65 y 75% en cada fase, una utilidad de aproximadamente USD 100.000,00 al año para una camaronera de 9 ha.

Tabla 9. Costos (en dolares americanos USD)de materiales y mano de obra para la construcción de invernaderos de 0,25; 0,5 y 1 ha.

	0,25 ha		**0,50 ha**		**1 ha**	
	Materiales	**Mano de Obra**	**Materiales**	**Mano de Obra**	**Materiales**	**Mano de Obra**
Anclas laterales	195	339	376	651	736	1.276
Anclas compuertas	120	130	120	130	120	130
Pilares	462	134	996	289	2.169	630
Estructura Metálica	729	400	1.367	750	2.643	1.450
Estructura de cabos	326	135	653	270	1.306	540
Techo	1.856	464	3.640	909	7.209	1.801
Puertas	20	45	20	45	20	45
Subtotal	3.708	1.647	7.172	3.044	14.203	5.872
TOTAL	5.355		10.216		20.075	
Costo x m^2	2,14		2,04		2,01	

En cultivos intensivos se utilizan invernaderos para la fase de precría y de engorde. La tabla 10 toma en cuenta una duración de ciclo de 15 semanas. La fase de precría (realizada en tres hectáreas) a 250 individuos/m^2, con una supervivencia de 65%, FCR 1,2 y peso a cosecha de 3,0 g. La fase de engorde (en seis hectáreas) se realiza a una

densidad de 80 individuos/m^2, con una supervivencia proyectada de 75%, FCR 1,2 y peso de cosecha de 10 g.

Tabla 10. Análisis de rentabilidad de camaroneras con sistemas de invernadero 1 ha. (Estrategia de cultivo mixto).

Costos deproducción Precría : 1 ciclo			
Fase I 1 ha	**10.000 m^2**		
Duración del ciclo I	7 semanas		
Peso estimado de cosecha	3,0 g		
Supervivencia	65%		
Densidad de siembra (ind/m^2)	250		
Individuos a sembrarse	2.500.000		
FCR	1,2		
Alimento	5.850	USD 0,58/kg	USD 3.370
Diesel (4 aeradores)	1 gal/h	USD 0,90/gal	USD 1.054
Larva		1,8	USD 4.500

DEPRECIACIÓN	COSTO (USD)	T VIDA (AÑOS)	COSTO/CICLO
Invernaderos			
Plástico	7.800	2	USD 650
Estructura	11.000	4	USD 458
Aeradores (4 x 8 HP)	8.736	5	USD 291
SUBTOTAL COSTOS			**USD 10.323**

Costos deproducción - Engorde			
Fase II 1 ha	**10.000 m^2**		
Duración del ciclo II	7 semanas		
Peso estimado de cosecha	10 g		
Supervivencia	75		
Densidad de siembra (ind/m^2)	80		
Individuos a sembrarse	800.000		
FCR	1,2		
Alimento	7.200 kg	USD 0,52/kg	USD 3744
Diesel (4 aeradores)	1 gal/h	USD 0,90/gal	USD 1054

DEPRECIACIÓN	COSTO (USD)	T VIDA (AÑOS)	COSTO/CICLO
Invernaderos			
Plástico	7.800	2	USD 650
Estructura	11.000	4	USD 458
Aeradores (4 x 8 HP)	8.739	5	USD 291
SUBTOTAL COSTOS			**USD 6.197**

5. DISCUSIÓN

La temperatura del agua es uno de los factores de mayor importancia en el cultivo de camarones en estanques de producción. Varios estudios afirman que animales que son sometidos a temperaturas de 33°C frente a 27°C presentan un mayor índice de supervivencia y mejor crecimiento (Sonnenholzner *et al.*, 2002b). Así mismo, Miao y Tu (1995) y Wyban *et al.* (1995), en estudios realizados bajo condiciones de laboratorio determinaron que la temperatura y la tasa de crecimiento presentan una relación directamente proporcional. Ponce-Palafox *et al.* (1997), indican que la temperatura estimula el crecimiento de juveniles de *L. vannamei*, y reportan como rangos óptimos 25 a 35°C para el crecimiento de estos organismos. A pesar que por la cobertura de nubes (muy frecuente en el sitio donde se desarrolló el presente trabajo) tomó aproximadamente 10 días subir la temperatura en época seca (Calderón y Sonnenholzner, 2003), se pudo mantener la temperatura dentro de los rangos mencionados anteriormente. Cabe resaltar que se reportó presencia del WSSV desde inicio del cultivo (análisis histológicos no presentados). Sin embargo, las manifestaciones de la enfermedad causada por el virus, se observaron sólo cuando la temperatura se mantuvo por un tiempo prolongado (dos semanas aproximadamente) en valores inferiores a 30°C, causando mortalidad en los estanques G3 y G4. Estos resultados corroboran los reportes de Vidal *et al.* (2001) y Sonnenholzner *et al.* (2002a), donde indican que temperaturas menores a 30°C son valores críticos de mortalidad por WSSV en *L. vannamei*, según ensayos de desafío a diferentes temperaturas realizados a nivel de laboratorio. Además, esto contribuye a lo mencionado por Rodríguez (*com.pers.*) que camarones cultivados a 33° C, presentan un sistema inmune mas resistente y bajos niveles de infección de WSSV. Puesto que, a esta

temperatura la fórmula hemocitaria cambia, permitiendo al camarón controlar la replicación del virus y eventualmente "limpiarse" del mismo (Calderón, 2001).

Partiendo del criterio de que los camarones son organismos rastreadores de la superficie de los fondos y que se alimentan de forma intermitente, se asume, que la conducta alimenticia es la clave que dicta la estrategia de manejo, por lo que se requiere suministrar el alimento en horas de máximo aprovechamiento por parte del camarón. Es generalmente conocido que alimentaciones múltiples mejoran el crecimiento y la conversión del alimento, minimizando las acumulaciones del alimento no consumido. Clifford (1993), sugiere un mínimo de 3 - 4 alimentaciones por día. Este trabajo concuerda con el número de alimentaciones diarias que se utilizó (4 raciones). Por su parte, Calderón (*com. pers.*) sugiere un régimen de 7 alimentaciones diarias, sin embargo, este procedimiento demandaría mayor esfuerzo humano siendo limitante en algunas granjas de producción de camarón bajo invernadero.

Un indicativo del buen manejo de la alimentación es mantener el FCR bajo. Sin embargo, en la segunda corrida del estanque G4 (época seca) se registró un FCR de 12,7, este valor fue ocasionado por la mortalidad que se presentó durante este periodo, debido a los niveles bajos de temperatura registrados (<30°C). A partir de este evento se asumió el 30% de mortalidad de los camarones y se fue ajustando la tabla de alimentación para las siguientes semanas de cultivo. Sin embargo, este porcentaje (30% de mortalidad) fue una subestimación de la mortalidad real, lo que ocasionó sobrealimentar el estanque, al ser suministrado en cantidades que no fueron aprovechadas por los camarones, contribuyendo al incremento del FCR. Además, la evaluación de los comederos testigos fue utilizada como referencia para el ajuste de la alimentación, sin embargo no fue eficiente por encontrarse vacíos siempre que fueron revisados, aún cuando la supervivencia fue baja en este estanque, y se consideraron observaciones erróneas del

consumo del alimento, lo que indica la no utilidad de ese número de comederos (8) para el manejo de la alimentación. Estudios realizados en estanques (con las mismas dimensiones de los estanques utilizados en esta tesis) en la Estación Experimental del CENAIM, ubicada en Palmar (Prov. Del Guayas) durante los años 2004 y 2005 se evaluaron dos tipos de alimentación; al voleo y con comederos, utilizando 100 comederos por estanque , sin obtener diferencias en el factor de conversión alimenticia, ni optimizando el aprovechamiento del alimento por parte del camarón (Chalén, *com. pers.*)

Los estadios de muda generalmente, se los determina por observaciones al microscopio. En esta tesis se evaluó la posibilidad de establecer los estadios de muda con observaciones directas de la textura del camarón en el campo. El análisis de la prueba t de Student demostró que no existe diferencias entre las observaciones en el microscopio y las realizadas en el campo durante la etapa de precría ($p>0.05$). Sin embargo durante la etapa de engorde, se encontraron diferencias estadísticas para las categorías duros y semiduros ($p<0.05$). Generalmente, las observaciones en el campo son subestimadas en un 10% de las realizadas bajo microscopio, específicamente cuando los camarones se encuentran duros.

Una buena estimación de la biomasa del estanque ayuda a un adecuado manejo del alimento y mejor estimación de la cosecha. En la precría (estanque G2) se obtuvo valores mas próximos a los registrados en la cosecha cuando la población fue estimada en la semana diez (ultima semana) que cuando se estimó en la semana nueve. Esta diferencia se atribuye a la relación entre el tamaño del camarón y el ojo de malla de la atarraya. Puesto que, en la semana nueve se observó que la longitud del camarón posibilitaba la salida del animal por el ojo de malla, dando estimaciones erróneas. En la etapa de engorde en la estación lluviosa la subestimación fue similar entre los estanques G3 y G4. Por otro lado, la mortalidad que se presentó en la estación seca de esta misma etapa

(engorde) resultó en una sobreestimación de la población. En estos mismos estanques se comparó la efectividad del número de lances (9 y 12) para la estimación de la biomasa, no existiendo diferencias en el estanque G3. Mientras que en el estanque G4 el punto de muestreo N° 2 no fue consistente durante todas las semanas. La diferencia de este punto (N° 2), dio estimaciones de biomasa más próximas a la real, siendo el sitio de muestreo más representativo en el estanque. Cuando se lleva a cabo un cultivo de cualquier especie, es necesario registrar el peso promedio de los animales para determinar la tasa de crecimiento semanal alcanzada y poder predecir el desarrollo a medida que el cultivo progresa. Varias investigaciones han reportado tasas de crecimiento desde 0,51 g/semana (Sandifer *et al.,* 1988) hasta 1,8 g/semana (Wyban y Sweeney, 1989) para *L. vannamei.* En el presente trabajo, los valores de la ganancia de peso de los camarones estuvo comprendido entre 0,31 g/semana para precría, y engorde 0,67 g/semana y 0,75 g/semana en invierno y verano respectivamente. El incremento de peso semanal obtenido en el verano pudo deberse a la mortalidad que se presentó durante este período. Los índices de regresión obtenidos en este estudio (superior a $r^2 = 0.87$) indican una fuerte relación entre la edad del cultivo y el peso de los camarones en la etapa de precría. Así mismo, en la fase de engorde (tanto en la estación lluviosa como en la estación seca) se obtuvo una relación positiva ($r^2 = 0.99$) entre estas dos variables.

Como se describió anteriormente, el estado de salud (condición) de los animales fue categorizado bajo criterios subjetivos de clasificación. A lo largo del cultivo, la incidencia de los camarones que presentaban una coloración café y un comportamiento normal fue mayor, siendo registrados como animales sanos. Por otro lado, se estableció una correlación entre los animales con tonalidad rosada y los animales muertos que se colectaban de cada muestreo en los estanques G3 y G4. Por los resultados obtenidos no se asume una correlación directa entre el número de animales muertos y aquellos que

presentaron coloración rosada. Cabe destacar que desde el inicio del ciclo de producción, se observaron animales rosados sin que se registraran índices altos de mortalidad. A excepción del estanque G3 donde se obtuvo una correlación relativamente alta ($r = 0.81$) entre animales rosados y muertos, pero que se explica por los problemas que se presentaron con las bajas temperaturas y la presencia de WSSV durante este periodo.

6. CONCLUSIONES

- Las manifestaciones del WSSV, son mas reducidas en los meses cálidos (Diciembre a Mayo) en los sistemas de cultivo bajo invernadero, debido a que es mas fácil mantener la temperatura en un rango de 31°C a 34°C.
- El número de comederos empleados (8) en este trabajo, no fue suficiente para la estimación real del suministro de alimento en los estanques.
- Estimaciones erróneas en el cálculo de la población inducen a sobrestimar la cantidad de alimento a adicionar en los estanques, contribuyendo al aumento del FCR.
- Los resultados indican que no existieron diferencias estadísticas en cuanto al número de lances utilizados en este trabajo para la estimación de la población, (9 y 12).
- El punto de muestreo 2 (junto al aerador) en el estanque G4, fue el mas representativo (por su proximidad) en la estimación de la biomasa.
- Las observaciones en el campo son válidas para el seguimiento de la muda de los camarones en la fase de precría, mientras que en engorde, en la clasificación duros y semiduros se encontró un error del 10% en contraste con las observaciones hechas al microscopio.
- La ganancia en peso de los camarones se mantuvo constante durante todo el ciclo, y se obtuvo un incremento semanal de 0,31 g/semana, en precría, mientras que en engorde fue de 0,67 g/semana y 0,75 g/semana en las estaciones lluviosa y seca, respectivamente.

- En este estudio se observó un alto porcentaje (80%) de camarones que presentaban coloración café, siendo un indicativo de la buena condición del animal.
- Cuando la temperatura se mantuvo en valores menores s 30°C (por tiempo prolongado) se observó mayor número de animales rosados.

7. RECOMENDACIONES

- Evaluaciones previas de los sitios de muestreo, para determinar los puntos que proporcionen valores próximos a los reales, para las estimaciones de biomasa y en consecuencia, el ajuste de las tablas de alimentación.
- Añadir otras observaciones de la condición del animal (cramping, actividad del camarón, etc) para disminuir la subjetividad al relacionar la coloración que presentan los camarones con los animales muertos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguirre Guzmán, G., y F. Ascencio Valle. 2000. Infectious disease in shrimp species with aquaculture potential. Resent Research in Developmental Microbiology 4:333-348.

Akiyama, D. y B. Polanco. 1995. Semi-intensive shrimp farm management. *En* B. Polanco (*Ed.*). Technical manual. American Soybean Association.

Bador, R.F. 1998. Uso de charolas de Alimentación para el cultivo de Camarón en Sudamérica. IV Simpoium Internacional de Nutrición Acuícola. Manuscritos de Conferencias Parte 1. Noviembre 15 - 18. 1998. La Paz, Baja California Sur, Mexico.

Baticados, M.C.I. 1988. Diseases of Prawns in the Phillipines. SEAFDEC Asian Aquaculture 10:1-8.

Boletín Nicovita Camaron de Mar. 1996. Signos externos de infermedades de langostinos y su diagnóstico. 1:1-3.

Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Department of Fisheries and Allied Aquacultures. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, EE.UU.

Brito-Perez, R. y E. Diaz-Iglesia. 1983. Observations on food consumption of juvenile spiny lobsters (Panulirus argus) kept under laboratory conditiñons and its effects upon growth. Rev. Invest. Mar. 4.

Bucheli, P., y L. Maridueña. 1999. Síndromes de white spot (WSSV) - Yellow Head (YHV). Acuacultura del Ecuador. 31:12-16.

Burbano, G. 1999. Los Betaglucanos. Conferencia. V Congreso Ecuatoriano de Acuicultura, 28 – 30 de Octubre, Guayaquil, Ecuador.

Calderón, J. 2001. Analisis de una traumatica experiencia: el WSSV en Ecuador. El Mundo Acuicola. 8(1):21.

Calderón, J. 2003. Consideraciones para el manejo de la alimentación e invernadero. Fundación CENAIM-ESPOL.

Calderón, J., B. Bayot, I. Betancourt, y V. Alday. 1999. Monitoreo del virus de la mancha blanca en Ecuador: 20 de junio – 14 de julio 1999. El Mundo Acuícola. Fundacion CENAIM-ESPOL. 5(2):11-14.

Calderón, J., B. Bayot, S. Sonnenholzner, M.H. Cornejo, J. Melena y F. Panchana. 2000. II Monitoreo del virus de la mancha blanca (WSSV) en Ecuador. El Mundo Acuícola. Fundación CENAIM-ESPOL, 6(1):13-17.

Calderón, J., y S. Sonnenholzner. 2002. El uso de Invernaderos como una alternativa de producción Camaronera en Ecuador, Mundo Acuícola 8(2):7-11.

Calderón, J., y S. Sonnenholzner. 2003. Cultivo de Camaròn: Experiencias y desafíos en el uso de invernaderos. Mundo Acuícola, 9(1):4-8.

Chang, P.S., H.C. Chen, y C. Wand. 1998. Detection of white spot syndrome associated baculovirus (WSBV) in experimentally infected wild shrimps, crabs and lobsters by *in situ* hybridization. Aquaculture 164:23-242.

Chang, C.F., H.Y. Chui, M.S. Su, y I.C. Liao. 2000. Inmunomodulation by dietary b-1,3-lucan in the brooders of the black tiger shrimp *Penaeus monodon*. Fish and Shellfish Inmunology 10:505-514.

Chavarría, J. 2003. Desarrollo de un sistema de alerta climática para acuicultura - Parte 1: Las evidencias de la relación clima – producción. Boletín informativo No. 81, Fundación CENAIM-ESPOL, Guayaquil, Ecuador.

Chou, H.Y., C. Huang, C.C. Lo, y G.H. Kou. 1998. Studies of transmission of white spot syndrome associated baculovirus (WSBV) in *Penaeus monodon* and *P. japonicus* via water-borne contact and oral ingestion. Aquaculture 164:263-276.

Clifford, H.C. 1993. El manejo de estanques camaroneros. *Camarón '94*. Seminario internacional de cultivo de camarón.Mazatlán, México.

CNA. 1999. Acuicultura del Ecuador. Revista de la Cámara Nacional de Acuicultura, 29:3-10.

Díaz-Granda, E. 1997. Horario de alimentación del camarón Penaeus schmitti en condiciones de engorde semi-intensivo. Tesis de Maestria/. Universidad de la Habana. La Habana, Cuba. 120 p.

Drach, P. 1944. Etude préliminaire sur le cycle d`intermue etson conditionmement hormonal chez Leandus Serratus (Pennant). Bull.Biol.france et Belgique, 78:40-64.

Durand, S., D.V. Lightner, R.M. Redman y J.R. Boname. 1997. Ultraestructure and morphogenesis of white spot syndrome baculovirus (WSSV). Diseases of Aquatic Organisms 29:205-211.

Fernández-Luna, I., M. Oliva, O. Carrillo, y A. van Wormhoudt. 1997. Digestive enzyme activities of Penaeus notialis during reproduction and moulting cycle. Comp. Biochem. Physiol. 118.

Huang, Z., A. Eliëns, y C. Visser. (2001). Programmability of intellegent Agent Avatars. Proceedings of the Agents. Workshop on Embodied Agents. June. Montreal, Canadá.

Inouye, K., S. Miwa, N. Oseko, H. Nakamo, T. Kimura, K. Momoyama, y M. Hiroaka. 1994. Mass mortality of cultured Kuruma shrimp *Penaeus japonicus* in Japan in 1993: electron microscopic evidence of the causative virus. Fish Pathology 29:149-158.

Itami, T., M. Asano, K. Tokushige, K. Kubono, A. Nakayawa, N. Takeno, H. Nishimura, M. Maeda, M. Kondo, y Y. Takahashi. 1998. Enhancement of disease resistance of Kuruma shrimp, Penaeus japonicus, after oral administration of peptidoglycan direved from Bitfidobacterim thermophylum. Aquaculture 164:272-28

Jory, D.E., y T. Cabrera. 2001. El manejo del alimento en estanques camarones y prespectivas para su obtimización (feed managent in shrimp ponds and prespectives for its optimización). 1-2pp.

Kautsky, N., P. Rönnbäck, M. Tedengren y M, Troell. 2000. Ecosystem perspectives on management of disease in shrimp pond farming. Aquaculture 191:145-161.

Lewis, D.H. 1973. Response of brown shrimp to infection with *Vibrio* sp. Proceedings of the 4th Annual Workshop World Mariculture Society. 333-338pp.

Lightner, D.V. 1993. Shrimp Pathology: major diseases of concern to the farming industry in the Americas. *En*: Memorias del Primer Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. Calderón, J. & Sandoval, V. (*eds*). ESPOL. Guayaquil-Ecuador, 177-195pp.

Lightner, D.V. 1996. Handbook of pathology and diagnostic procedures for diseases of penaeid shrimp. World Aquaculture Society, baton Rouge, USA.

Lightner, D.V. , R.M. Redman, y T.A. Bell. 1983. Observations on the geographic distribution, pathogenesis and morphology of the baculovirus from *Penaeus monodon* Fabricius. Aquaculture 32:209-233.

Maldonado, G. 2002. Evaluación de la supervivencia a infección masiva de mancha blanca en prejuveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Veterinarias, Manabí, Ecuador.

Martinez-Cordova, L. 1995. Culture of white shrimp Penaeus vannamei in reduced water exchange ponds in Sonora, Mexico. Wordl Aquaculture 26(4):47-48.

Martinez-Cordova, L. 1997. Effect of aeration rate on growth, survival and yield of white shrimp Penaeus vannamei in low water exchange ponds. Aquacultural Engineering 16(1-2): 85-90.

Mc Padden, C. A. 1985. A brief review of the Ecuatorian shrimp industry. Typewrittrn report. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil- Ecuador, 42-66.

Miao, S., y S. Tu. 1995. Modeling thermal effect on growth of chinese shrimp. *Penaeus chinenses* (Osbeck). Ecologial Modelling 80:187-196.

Mohney, R.P., J.J. Knez, L. Ravi, D. Seulever, T.L. Rosenberry, S. Hinie, y M.E. Medof. 1994. Glycoinositol phospholip anchor-defective K562 mutants with biochemical lesions distroit from these in Thy-1-murine lumphoma cells. J. Biol. Chem. 269:6531-6542.

Molina, C., E. Cadena, y F. Orellana. 2000. Alimentación de Camarones en Relación a la Actividad Enzimática como una respuesta al ritmo circadiano y ciclo de muda. Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Merida, Yucatán, Mexico.

Montesdeoca, M., Y. Amano, F. Echevarría, I. Betancourt, F. Panchana, M. Sotomayor, y J. Rodríguez. 2002. La respuesta inmunitaria celular del camarón *Litopenaeus vannamei* al WSSV y su utilidad en el control de la enfermedad en los estanques. El Mundo Acuícola 8(1):38-42.

Nolasco, H. 1998. Actividad enzimática digestiva, ritmos circadianos y su relacion con la alimentación del camarón. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. La Paz, B.C.S. Noviembre 1998. México.

Otero, V. 2001. Evaluación de los β-glucanos como inmunoestimulantes del sistema de defensa del camarón blanco *Litopenaeus vannamei.* Tesis de Biólogo Pesquero, Universidad Laica "Eloy Alfaro", Manta, Ecuador.

Peinado, L., J. Méndez, y M. López. 2002. Detección molecular y análisis de la dispersión del síndrome de la mancha blanca en estanques comerciales de camarón. Segundo Congreso Nacional, Bioquímica y Biología Molecular del Virus, Acapulco, México.

Ponce-Palafox, J., C.A. Martínez-Palacios, y L.G. Ross. 1997. The effects of salinity and Temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp. Penaeus vannamei, Boone, 1931. Aquaculture 157:107-115.

Regueira, E. 2001. Patrones espaciales y temporales de la producción camaronera en el Golfo de Guayaquil. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Robertson, L., W. Bray, J. Leung-Trujillo, y A. Lawrence. 1987. Practical molt staging of Penaeus setiferus and Penaeus stylirostris. J. Of Word Aquaculture Society. 18 (3).

Robertson, L., A. Lawence, y F. Castille. 1993. The effect of feeding frequency and feeding time on growth of Penaeus vannamei (Boone). Aquac. Fish. Manage. 24:1-6.

Rodríguez, J., F. Chavarría, C. Molina, S. Sonnenholzner, A. Arias, J. Apolo, y J. Calderón. 2003. El efecto combinado de una precría en hipertermia e inmunoestimulación. Una alternativa para incrementar la producción de cultivos semi-intensivos en condiciones de WSSV. El Mundo Acuícola 9(1):9-11.

Rosemberry, B. 1998. World shrimp Farm. No.11. Published Annually by shrimp News International. San Diego, California, 22-30.

Sandifer, P. A., J.S. Hopkins, y A.D. Stokes. 1988. Intensification of shrimp culture in earthen ponds in South Carolina: progress and prospects. J. World Acuacult. Soc. 19 (4):218-226.

Sonnenholzner, S. 2002. Desafío con WSSV bajo fluctuaciones de temperatura. Boletín No 63 Cenaim Informa. Agosto. Ecuador.

Sonnenholzner, S., Rodríguez, J., Perez, F., Betancourt, I., Echeverría, F. y Calderón, J., 2001. Supervivencia y Respuesta Inmune de Camarones juveniles *L. vannamei* desafiados por vía oral a WSSV a diferentes temperaturas, Mundo Acuícola 8(1):50-55.

Sonnenholzner, S., J. Calderón, y J. Rodríguez. 2002 a. Temperature and WSSV: CENAIM studies promising shrimp culture technique. Global Aquaculture Advocate 5(3): 55-57.

Sonnenholzner, S., Calderón, J., y Rodríguez, J., 2002 b. Cultivos experimentales de camarón en invernaderos. El Mundo Acuícola. 8(2):4-6.

Sung, H.H., G.H. Kone, y Y.L. Song. 1994. Vibriosis resistance induced by glucan treatment in tiger shrimp. (*Penaeus monodon*). Fish Pathology 29:11-17.

Takahashi, Y., T. Itami, M. Kondo, M. Maeda, R. Fujii, S. Tomonaga, K. Supamattaya, y S. Boonyaratpalin. 1994. Electron microscopic evidence of bacilligorn virus infection in Kuruma shrimp. (*Penaeus japonicus*). Fish Pathology 29 (2):21-125.

Talavera, V., D. Sanchez, y L. Zapata. 1996. Signos Externos de enfermedades de Langosstinos y su Diagnostico, Boletín Nicovita 1(10) Octubre.

Unestam, T. y K. Soderhäll. 1977. Soluble fragments from fungal cell walls elicit defence reactions in crayfish. Nature (London). 267:40-45.

Valerie, J., K. Soderhäll, y M. Hamilton. 1984. B-1,3glucan induced cellular defence reactions in the shore crab, *Carcinus maeras*. Com.Biochem. Physiol.Vol. 77A, No 4 635-639pp.

Van Hulten, M.C., M. Westemberg, S.D. Goodall y J.M. Vlak. 2000. Identification of two major virion protein genes of white spot syndrome virus of shrimp. Virology 266:227-236.

Van Wormhoudt, A. y C. Bellon-Hunbert. 1996. Bases biológicas del cultivo de crustáceos: Muda. *En:* Barnabé, G. (*ed.*) Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Editorial Acribia..237-249pp.

Vega-Villasante, F., H. Nolasco-Soria, R. Civera-Cerecedo, R. González y M. Oliva-Suárez. 1999. Alternativa para la alimentación del camarón en cultivo: El manejo de la muda. Programa de Acuicultura y Biotecnología Marina. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Mar Bermejo, Grupo de Biotecnología Marina. Universidad de La Habana, Cuba.

Vidal, O.M., C.B. Granja, F. Aranguren, J.A. Brock, y M. Salazar. 2001. A profound effect of hyperthermia on survival of *Litopenaeus vannamei* juveniles infected with White Spot Syndrome Virus. Journal of the Word Aquaculture Society 32(4):364-372.

Weidner, D.T., T. Revord, R. Wells, y A. Manuar, 1992. World Shrimp Culture. Vol. 2. Part one: South American. U. S. Departament of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service, 883-917.

Wyban, J.A. y J.N. Sweeney. 1989. Intensive Shrimp growout trials in a round pond. Aquaculture 76:215-225

Wyban J., W.A. Walsh y D.M. Godin. 1995. Temperature effects on growth feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). Aquaculture 138:267-279.

9. ANEXO

La Fundación CENAIM-ESPOL en los últimos años ha continuado con la línea de investigación sobre el uso de estanques con invernadero en el cultivo de camarón. Varios trabajos no publicados (tesis de grado) han sido realizados en la Estación Experimental ubicada en Palmar con el objetivo de incrementar las producciones, optimizando recursos y aplicando buenas prácticas de manejo amigables con el medio ambiente.

Estos trabajos han sido enfocados en :

- Utilización de dietas con bajo porcentaje de proteína y fuente de carbohidratos como suplemento a estas dietas.
- Frecuencias y horarios de alimentación.
- Policultivo con tilapia en jaulas, como control biológico.
- Evaluaciones de plásticos de invernadero, para medición y control de radiación solar y temperatura.
- Diferentes sistemas de aeración.
- Levantamiento de reproductores *L. vannamei* mediante selección genética.