



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
DIRECCION DE POSGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN

PROGRAMA DE MAESTRÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN
EN AGRICULTURA TROPICAL SOSTENIBLE

TESIS



EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS TECNOLOGÍAS EM Y CONVENCIONAL EN
SISTEMA DE PRODUCCIÓN EXTENSIVA DE CAMARÓN BLANCO (*Litopenaeus
vannamei*)

Autor:
FABIÁN XAVIER CASTILLO PINOS

Director de tesis: Ph.D. GILBERTO PÁEZ

Guayaquil, Ecuador
2005





**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
DIRECCION DE POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION.**

**PROGRAMA DE MAESTRIA EN EDUCACION E INVESTIGACION EN
AGRICULTURA TROPICAL SOSTENIBLE.**

Rectores:

Dr. Carlos Cedeño Navarrete, M.Sc U.G.
Dr. Moisés Tagle Galárraga, Ph.D ESPOL.

Director Posgrado U.G.

Econ. Washington Aguirre M.Sc.

Decanos:

Dra. Carmita Bonifaz de Elao, Ph.D **Facultad CCNN – U.G.**
Ing. Juan Andrade Sánchez, M.Sc. **FIMCP- ESPOL.**

Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de la presente obra en cualquier forma, sea electrónica o mecánica, sin el consentimiento previo del autor.

Ing. Agr. Fabián Xavier Castillo Pinos
fcsambito@gmym.com
Maestría en Ciencias en Agricultura Tropical Sostenible
www.fcenn@ug.edu.ec Telf.: 2253117 - 2253118
Guayaquil - Ecuador





UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
DIRECCIÓN DE POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN

PROGRAMA DE MAESTRÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN
EN AGRICULTURA TROPICAL SOSTENIBLE

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS TECNOLOGÍAS EM Y CONVENCIONAL EN
SISTEMA DE PRODUCCIÓN EXTENSIVA DE CAMARÓN BLANCO (*Litopenaeus*
vannamei)

Por

FABIÁN XAVIER CASTILLO PINOS

Esta Tesis fue aceptada en su presente forma por el Comité Consejero y el Consejo Asesor del Programa de Educación e Investigación en Agricultura Tropical Sostenible de la Universidad de Guayaquil, como requisito parcial para optar al grado de:

Magister en Ciencias con énfasis en la Agricultura Tropical Sostenible

DIRECTOR DE TESIS

B.D. Gilberto Paez Bogarrn

Guayaquil, Ecuador
2005



AGRADECIMIENTO

Al Dr. Gilberto Páez y su esposa por su entrañable amistad y asesoramiento para la elaboración de la presente investigación. Su respaldo, conocimiento y apoyo fueron elementos irremplazables para la culminación del trabajo.

A mi familia por su apoyo incondicional y amor expresados a diario.

A Leyla Solórzano, por su amor, paciencia y comprensión durante la fase final del presente documento.

Al Ing. Benigno Viteri, valioso amigo y excelente ser humano. Gracias por brindarme la oportunidad de implementar la Tecnología EM en las camaroneras del campamento Isla de Los Quiñónez.

A EMRO (EM Research Organization) por su notable esfuerzo por contribuir al mejoramiento del medio ambiente.

A mis maestros y grandes amigos: Pánfilo Tabora, Takatsuru Nishikawa, Shuichi Okumoto, Masaki Shintani y Keita Kojima, pues sus sabias enseñanzas sembraron en mí la prioridad de fomentar la producción de alimentos en armonía con el medio ambiente.

A la Dra. Carmita Bonifaz y Sra. Miriam Vargas por su paciencia, apertura y apoyo para la culminación de la tesis del Programa de Maestría en Agricultura Tropical Sostenible.

A Dios por permitirme aportar día a día con el desarrollo de una sociedad en armonía con la naturaleza.

Fabián Xavier Castillo Pinos

BIOGRAFÍA

Fabián Xavier Castillo Pinos nació en Guayaquil el 5 de septiembre de 1975, realizó sus estudios de primaria y secundaria en su ciudad natal, graduándose de Bachiller con especialización en Física y Matemáticas en el Colegio Particular San Agustín. Gracias a una beca otorgada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad EARTH localizada en Costa Rica, graduándose con honores.

Realizó sus estudios de posgrado en el Programa de Maestría en Ciencias en Agricultura Trópicos Sostenible de la Universidad de Guayaquil, en alianza con la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y Universidad Jaume I de España, realizando su tesis de maestría en el Campamento Isla de Los Quiñónez del Grupo Camarónero El Rosario S.A. (ERSA), con la finalidad de fomentar en la industria camarónera una alternativa de producción enmarcada en la filosofía que el desarrollo sostenible plantea. Defendió su tesis de grado en el mes de febrero del año 2005.

Sus actividades profesionales iniciaron como Director Ejecutivo de la Asociación de Graduados de EARTH Capítulo Ecuador (AGEARTH-Ecuador), entidad civil sin fines de lucro que fomenta el desarrollo sostenible en los sectores agropecuario, ambiental y empresarial del Ecuador. Dicho cargo lo desempeñó entre los años 2001 y 2005. A partir del año 2006 se desempeñó como Gerente de Proyectos Especiales de Consultora Ambiental Ecosambito C. Ltda, ocupando actualmente el cargo de Director de Desarrollo Institucional de la citada empresa, además de formar parte del directorio de AGEARTH-Ecuador.

Sus actividades profesionales han permitido que participe como expositor invitado en la Primera Cumbre Internacional de Agricultura Sostenible realizada en Ecuador y en la Reunión de Embajadores del BID realizada en Japón, ambas en el año 2005; al igual que en el Primer Congreso de Manejo de Césped y Paisajismo organizado por EARTH y llevado a cabo en Costa Rica en el año 2007.

CONTENIDO

CUADROS	IX
FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Caracterización del problema	1
1.2. Importancia de la investigación	2
1.3. Objetivos	2
1.4. Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Generalidades del cultivo de camarón en Ecuador	4
2.2. Sistemas de producción	6
2.3. Generalidades de la enfermedad de virus de la mancha blanca	8
2.4. Estrategias utilizadas para combatir la mancha blanca	10
2.5. Contribución del sector en la economía nacional	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Localización y caracterización del lugar donde se realizó la investigación	18
3.2. Población y muestra	21
3.3. Diseño de la investigación	23
3.3.1. Componentes del modelo	24
3.3.2. Muestreo de las piscinas de producción (unidades muestrales)	25
3.4. Variables principales de la investigación	26
3.4.1. Variables de respuesta o independientes	26
3.4.2. Variables explicativas o asociadas (covariables)	27
3.5. Modelo de análisis	27
3.5.1. Modelo lineal para representar la respuesta medida	28
3.6. Caracterización de los sistemas de producción investigados	31
3.6.1. Sistema de producción extensiva con Tecnología EM	31
3.6.2. Sistema de producción extensiva con tecnología convencional	36
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Parámetros descriptivos estimados	38
4.2. Comparación univariada de los promedios de respuesta a los tratamientos	42
4.2.1. Análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias entre los sistemas o protocolos de producción sin incluir las covariables (X's)	42
4.2.2. Análisis de varianza para cada una de las variables de respuesta (Y's) incluyendo el efecto de la covariable X ₅ (protocolo o sistema de producción)	44
4.3. Análisis de varianza multivariado (MANOVA)	45

4.4. Análisis de varianza multivariado (MANCOVA).....	46
4.5. Análisis de covarianza (ANCOVA).....	48
4.5.1. Análisis de promedios ajustados de cada tratamiento por medio de 6 covariables simultáneamente.	48
4.5.2. Análisis de covarianza para cada variable de respuesta (Y) en función de las covariables (X).	49
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5.1. Conclusiones.....	51
5.1.1. Efecto general de las variables (X's) en las variables de respuesta (Y's).....	51
5.1.2. Respuesta ajustada de las variables de respuesta (Y's).....	51
5.2. Recomendaciones.....	52
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

CUADROS

Cuadro 1. Comportamiento de las exportaciones de camarón durante el periodo 1995-2004 (libras de camarón exportado).....	15
Cuadro 2. Comportamiento de las exportaciones de camarón en los principales mercados internacionales durante el periodo 1998-2000 (libras exportadas y divisas generadas).....	16
Cuadro 3. Infraestructura de la industria camaronera ecuatoriana.....	17
Cuadro 4. Composición de la superficie de producción de camarón de ERSA.....	22
Cuadro 5. Caracterización del conglomerado de la información.....	23
Cuadro 6. Caracterización del insumo EM (líquido) utilizado en su activación.....	32
Cuadro 7. Caracterización del insumo EM (líquido) utilizado en su extensión.....	33
Cuadro 8. Protocolo de producción de camarón con Tecnología EM en el sistema extensivo de producción de la camaronera El Rosario S.A. (ERSA).....	35
Cuadro 9. Características generales de la información muestral.....	39
Cuadro 10. Desempeño general de las dos tecnologías o protocolos de producción.....	41
Cuadro 11. Análisis de varianza individual para detectar diferencias entre protocolos sin considerar covariables.....	43
Cuadro 12. Análisis de varianza de cada una de las variables Y's (sin incluir covariables).....	44
Cuadro 13. Análisis de varianza multivariado de los 6 vectores de las variables de respuestas Y's.....	46
Cuadro 14. Matriz de correlaciones parciales estimadas del análisis de varianza multivariado (correlaciones sin considerar los factores que influyen la producción), proveniente de la matriz del error.....	47
Cuadro 15. Promedios ajustados de cada tratamiento por medio de seis covariables simultáneamente.....	48
Cuadro 16. Análisis de covarianza para cada variable de respuesta (Y) en función de las covariables (X).....	49

FIGURAS

Figura 1. Vista general de la zona camaronera del Golfo de Guayaquil.....	18
Figura 2. Detalle del Campamento Isla de Los Quiñónez.....	19
Figura 3. Vista aérea del Campamento Isla de Los Quiñónez.....	20
Figura 4. Distribución de las piscinas de producción de camarón en el Campamento Isla de Los Quiñónez.....	21
Figura 5. Representación gráfica del muestreo de los dos protocolos de producción empleados en la investigación.....	24
Figura 6. Representación de las matrices de respuesta (Y), de tratamiento y covariables (X), de los parámetros (B) y del error (E).....	30

RESUMEN

Como alternativa para mejorar la producción de la industria camaronera ecuatoriana, afectada por la incidencia del virus de la mancha blanca (White spot virus), se realizó una investigación en el campamento Isla de Los Quiñónez perteneciente a la empresa El Rosario S.A. (ERSA) consistente en la comparación de dos protocolos de producción de camarón: el convencional (uso de desinfectantes de agua y suelo) y el de la Tecnología EM (uso de microorganismos dirigidos al suelo, alimento y agua). La prueba de campo se realizó sobre 76 piscinas de producción equivalentes a 944,09 hectáreas, distribuidas en dos tratamientos: 52 piscinas en las que se aplicó el protocolo de producción con Tecnología EM y 24 piscinas en las que se aplicó el protocolo de producción convencional. Las variables de respuesta objeto de la investigación fueron densidad de cosecha (Y_1), sobrevivencia (Y_2), tamaño a la cosecha (Y_3), crecimiento (Y_4), cosecha (Y_5) y factor de conversión (Y_6), este último consistente en la eficiencia del camarón en convertir el alimento balanceado en biomasa (peso del camarón). Las covariables fueron: superficie de producción (X_1), periodo de paralización (X_2), periodo de producción (X_3), densidad de siembra (X_4), temperatura del agua (X_5) y salinidad (X_6). Los resultados del análisis estadístico demuestran que el conjunto de las variables de respuesta (Y) son altamente influenciados por el protocolo de producción (variable X_5), principalmente la variable de respuesta Y_6 (factor de conversión). Estos resultados demuestran la necesidad de continuar la investigación considerando las variables espacial y cronológicas, es decir, incrementando superficie de piscinas de producción y aplicación de los protocolos de producción en el tiempo, para así determinar con mayor precisión y sustento los beneficios registrados por la Tecnología EM en el presente estudio.

ABSTRACT

As an alternative to improve production of the Ecuadorian shrimp industry, affected by the incidence of white spot virus (WWS), research was undertaken in Los Quiñonez Island, a shrimp camp production belonging to the company El Rosario SA (ERSA). The investigation was a comparison between two protocols of shrimp production: conventional (use of disinfectants in water and soil) and EM Technology (use of microorganisms led to soil, food and water). The field test was conducted on 76 pools of production equivalent to 944,09 hectares, divided into two treatments: 52 shrimp ponds in which the production protocol was EM technology and 24 shrimp ponds in which the production protocol was conventional method. The response variables of the investigation were harvest density (Y_1), survival (Y_2), size at harvest (Y_3), growth (Y_4), harvesting (Y_5) and conversion factor (Y_6), this last variable is about shrimp efficiency to transform the extruded food in biomass (weight of shrimp). The co-variables were production area (X_1), length of stay (X_2), production period (X_3), density (X_4), water temperature (X_5) and salinity (X_6). Statistical analysis results show that the combination of response variables (Y) are highly influenced by the production protocol (variable X_3), mainly the response variable Y_6 (conversion factor). These results demonstrate the need for further research considering the spatial and temporal variables (increasing surface pools of production and application of production protocols in time), to determine more accurately and support the profits of the EM Technology in this investigation.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Caracterización del problema

La industria camaronera ecuatoriana representó en la década de 1990 uno de los rubros económicos más importantes del país, tanto por el volumen de divisas generadas como por la creación de empleos directos e indirectos. Según datos de la Cámara Nacional de Acuicultura, las exportaciones del camarón ecuatoriano llegaron al punto más alto en el año 1998 cuando se registraron 114 mil toneladas exportadas, equivalentes a 875 millones de dólares.

El auge de esta industria nacional fue seriamente afectado a partir del año 1999 como producto de una enfermedad viral conocida como mancha blanca o white spot, enfermedad del camarón que llevó a esta industria a reducir su producción drásticamente en relación a los años anteriores a su presencia. En el año 2000 la gravedad de la enfermedad provocó que el sector camaronero experimentara una severa crisis, pues la producción llegó a 37.700 toneladas exportadas; para el año 2002 la cantidad de toneladas exportadas subió a cuarenta y seis mil ochocientas. A las reducciones de producción se sumó la disminución de los precios internacionales del camarón, situación que incrementó la crisis del sector.

El virus de la mancha blanca motivó que el sector camaronero dirigiera su estrategia de producción a la desinfección del suelo y agua mediante aplicaciones de sustancias químicas, uso intensivo de antibióticos y, posteriormente, al desarrollo de larvas tolerables a esta enfermedad. Se puede deducir que la estrategia asumida consistía en una plena actitud de combatir la enfermedad, estrategia que a la postre no brindó los resultados esperados, involucrando, además, un alto costo ambiental.

Con esta experiencia, surgió en un sector de los empresarios camaroneros, en conjunto con la investigación realizada, nuevos métodos de manejo de la producción basados en el criterio de convivencia con la enfermedad, mas no combatirla como hasta el momento se lo había realizado, estrategia que involucra el desarrollo y producción de larvas de camarón tolerables al virus de la mancha blanca, supresión del uso de antibióticos y de sustancias biocidas, uso de microorganismos benéficos y abonos orgánicos, estos últimos incluidos en la Tecnología EM o Tecnología de los Microorganismos Eficaces.

1.2. Importancia de la investigación

Las metodologías convencionales de producción de camarón han provocado que esta actividad sea calificada como altamente contaminante y causante de serios problemas ambientales, como por ejemplo la tala indiscriminada de manglares. La presencia del virus de la mancha blanca (white spot virus) provocó, además de una disminución drástica de la producción, el auge de métodos de producción contaminantes basados en la desinfección química del agua y el uso intensivo de antibióticos, los mismos que no contribuyeron al mejoramiento de la producción tal como lo demuestran los registros estadísticos disponibles a partir de la incidencia de la enfermedad.

Lo anteriormente expuesto, sumado a la creciente demanda de productos sanos en los principales mercados de exportación y la cada vez creciente exigencia de producir alimentos en armonía con el medio ambiente, contribuyeron al surgimiento de nuevas metodologías de producción rentables, ambientalmente amigables y socialmente responsables, con lo cual se promueve la sostenibilidad del sector camaronero.

Varias alternativas de producción de camarón se encuentran disponibles para el citado sector, siendo una de ellas la Tecnología de EM o Tecnología de los Microorganismos Eficaces, cuya aplicación ha permitido obtener resultados positivos en la producción de camarón sin afectar el medio ambiente, conforme a las experiencias desarrolladas en Costa Rica, Tailandia y Perú, resultando indispensable estudiar su efectividad frente a los métodos convencionales de producción.

1.3. Objetivos

Objetivo general

Contribuir al desarrollo de un sistema de producción de camarón sostenible y competitivo, con ventajas económica, social y ambiental.

Objetivos específicos

Caracterizar el sistema de producción extensiva de camarón empleado en El Rosario S.A., empresa camaronera ecuatoriana, incluyendo los protocolos o tecnologías de producción convencional y EM.

Comparar el efecto en la producción extensiva de camarón con Tecnología EM versus el mismo efecto con tecnología convencional.

Estimar el efecto de los factores que influyen en la función de producción extensiva de camarón.

Difundir los resultados de la investigación con el propósito de contribuir a la reactivación de la industria camaronera.

1.4. Hipótesis

La producción de camarón con Tecnología EM es significativamente mejor que la producción con Tecnología Convencional.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de camarón en Ecuador.

Akamine (1993), indica que la actividad camaronera en Ecuador fue iniciada a finales del año 1960, registrando una producción de 100 mil toneladas en el año 1991 lo que en ese momento representó alrededor del 71% de la producción total latinoamericana y 12% del total mundial. Durante el periodo 1968 - 1977, Ecuador, junto a Panamá, Costa Rica y Honduras, dieron inicio a la producción de camarón de las variedades *Panaeus vannamei* y *Panaeus stylirostris*, experiencia que fue aprovechada por empresarios de La Florida (Estados Unidos de Norteamérica) dado los buenos resultados reportados, quienes iniciaron el cultivo de dichas especies. En el año 1979, en el cual se inició el auge de esta actividad, el país contaba con 7.125 hectáreas de producción de camarón. En el año 1998 se determinó la existencia de alrededor de 200 mil hectáreas de producción autorizadas.

De acuerdo a este mismo autor, al igual que el inicio de esta actividad en otros países, principalmente del suroeste asiático, la producción camaronera ecuatoriana partió del aprovechamiento de la abundancia de larvas salvajes libres de enfermedades. Debido al incremento continuo de esta actividad, a partir del año 1979 se inicia el cultivo de larvas de camarón en el laboratorio "Peter Shayne Hatchery", aprovechando investigaciones realizadas por el Dr. Fujinaga (1942) en larvas de *Panaeus japonicus*, y por SEAFDEC (1975) en larvas de *Panaeus monodon*. Dado el incremento de esta actividad, las larvas salvajes empezaron a escasear, por lo cual, entre los años 1985 y 1986, se incrementó la producción de larvas con la construcción de aproximadamente 100 laboratorios de varias dimensiones.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación-FAO- (2005), la producción camaronera en el país inició en el año 1968 en la población de Santa Rosa, provincia de El Oro; para 1974 ya se contaba con 600 hectáreas de producción, desarrollándose en esa época la expansión de la industria camaronera en las provincias de El Oro y Guayas, auge que se mantuvo hasta el 28 de mayo de 1999 cuando se registró la epidemia de la mancha blanca en la provincia de Esmeraldas, misma que posteriormente se expandió a las demás provincias costeras.

Como en cualquier sistema de producción biológico, en la producción de camarón se llevan a cabo varias interrelaciones con efectos positivos y negativos para la especie en producción. Según

Avnimelech y Lacher, citados por Rivera (1993), la actividad acuicola en estanques se desarrolla en un ambiente integrado por el cuerpo de agua y el suelo, en el cual conviven la especie en cultivo y varios organismos del medio. Durante el ciclo de producción se realiza una interrelación sedimento-agua en el fondo del estanque, la misma que tiende a mantenerse en equilibrio ante cualquier alteración, contribuyendo de esta manera al mantenimiento de la calidad del ambiente acuático.

La concentración de materia orgánica del sedimento de los estanques es uno de los parámetros químicos que puede afectar directa o indirectamente al cultivo. Rivera (1993), menciona que existen evidencias proporcionadas por Avnimelech y Lacher (1979), Avnimelech, *et al.* (1981), Ram, *et al.* (1982), que demuestran que condiciones anacróbicas producidas por exceso de materia orgánica generan problemas durante el desarrollo del cultivo de peces. De igual manera, se ha relacionado la incidencia de camarones blandos en estanques de producción de Filipinas, con parámetros de suelo y agua que incluyen materia orgánica, pH del suelo y fósforo del agua (Baticados *et al.*, 1986; citado por Rivera, 1993).

Reducir el porcentaje de materia orgánica en el fondo de los estanques representa una actividad cultural indispensable en los sistemas de producción de camarón. Para lograrlo, existen varios métodos tanto químicos como físicos; dentro de los primeros el uso de urea e hidróxido de calcio son los más comunes, y en los segundos, aunque a un costo alto, lo constituye el uso de palas mecánicas y mano de obra, principalmente en sistemas de producción intensivos, y el periodo de secado del fondo de los estanques en los sistemas extensivos. La capacidad del suelo para descomponer materia orgánica es limitada, más aún con los hábitos alimenticios de la especie, la intensificación del cultivo, muda de exoesqueleto y excretas. La aireación, la circulación y el recambio de agua son factores que contribuyen con la disminución de la carga orgánica.

En el año 1999, a partir del cual el virus de la mancha blanca empezó a causar estragos en la industria camaronera, la Fundación CENAIME de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), realizó una investigación denominada "Monitoreo de la prevalencia del virus del punto blanco (WSV) en Ecuador" (Calderón y Bayot, 1999), la misma que incluyó los siguientes objetivos:

- Distribución geográfica y prevalencia de WSV en las camaroneras.
- Prevalencia de WSV en los laboratorios de larvas de camarón.

- Prevalencia de WSV en larvas silvestres.
- Prevalencia de WSV en reproductores silvestres.
- Presencia de WSV en posibles organismos silvestres.

Aunque los resultados de dicha investigación corresponden únicamente al momento de su realización, reflejaron en su momento el comportamiento agresivo de la enfermedad, permitiendo vislumbrar lo que a la postre sería el principal causante de la crisis de la industria camaronera ecuatoriana. Los resultados demostraron una amplia distribución del virus en las zonas de producción de camarón, así como en laboratorios, larvas, reproductores y organismos silvestres, con lo cual se comprobó la capacidad del virus para difundirse.

Un componente importante de la industria camaronera constituye la producción de larvas de camarón en laboratorios. Los laboratorios de producción de larvas surgieron como respuesta al continuo incremento de la superficie de producción, así como a las fluctuaciones anuales en la disponibilidad de semillas salvajes para su cultivo. El primer laboratorio de larvas en Ecuador se instaló en el año 1980 en Punta Camero, Península de Santa Elena, en el cual se utilizó tecnología francesa. La superficie de camaroneras en ese entonces no superaba las 8000 hectáreas, las mismas que se proveían de larvas silvestres. A enero de 1994, Ecuador contaba con 308 laboratorios de larvas, distribuidos de la siguiente manera: 165 en la Provincia del Guayas, 97 en la Provincia de Manabí, 30 en la Provincia de Esmeraldas y 16 en la Provincia de El Oro (CNA, 1999).

La importancia de la industria camaronera nacional en la economía del país es abarcada en el numeral 2.5 del presente documento.

2.2. Sistemas de producción.

El cultivo de camarón puede clasificarse en tres escalas de producción:

- Extensivo
- Semiextensivo
- Intensivo

La diferencia principal entre los tres sistemas de producción radica en la densidad de siembra, puesto que en el sistema extensivo es común la siembra de 100 mil a 150 mil larvas de camarón por

hectárea, en el sistema semiextensivo la densidad de siembra puede estar entre 200 mil a 250 mil larvas de camarón por hectárea, mientras que en el sistema intensivo las densidades de siembra corresponden a más de 400 mil larvas de camarón por hectárea. Lo anterior proporciona una idea clara del grado de intensidad del uso de la tierra en cada uno de dichos sistemas.

Otra diferencia entre los citados sistemas de producción radica en el uso de la tecnología, pues mientras que en los sistemas extensivo y semiextensivo los protocolos de producción carecen de mayor inversión de tecnología en equipos (exceptuando en los precriaderos y criaderos), los sistemas intensivos poseen equipos e infraestructura por las que se pretende proporcionar condiciones adecuadas para el desarrollo del camarón en poblaciones de alta densidad. En los sistemas extensivos y semiextensivo las piscinas de producción se localizan principalmente en salitrales, es decir, terrenos cercanos a manglares, mismos que presentan condiciones adecuadas para la producción del crustáceo; otras explotaciones camaroneras se localizaron en el perfil costanero y otras en islas. Previo a la incidencia de la mancha blanca se utilizaba larva silvestre para la siembra de las piscinas, lo cual se lograba, inicialmente, mediante el llenado de las mismas con el agua proveniente del mar o de ramales del manglar. Por otro lado, el sistema intensivo fue desarrollado en tierra adentro por lo cual fue denominado "in land". Este sistema fue motivo de polémica con grupos ecologistas y agricultores, por cuanto para su desarrollo fueron usadas tierras agrícolas y agua dulce para el llenado de los estanques (agua que previamente era salinizada), lo cual creaba incertidumbre respecto al tipo y grado de impacto ambiental en los sitios donde se localizaban.

El uso de formalina (20-40 ppm) era recomendado para el tratamiento de camarón con talla comercial que presente sintomatología de mancha blanca, con el propósito de desacelerar la mortandad, con el riesgo de que dicho camarón no sea aceptado en el mercado por el uso de dicha sustancia química.¹ Dicha sustancia química era utilizada en cualquiera de los 3 sistemas de producción anteriormente indicados, mismos que se complementan con la utilización de alimento balanceado especializado (para cada etapa de crecimiento), suplementos alimenticios, aplicaciones de cal para regular pH y aplicación de antibióticos para reducir presencia de vibrios.

¹La información concerniente a la caracterización de los sistemas de producción corresponde a los datos proporcionados en conversación personal con funcionarios del departamento de producción de ERSA.

2.3. Generalidades de la enfermedad de virus de la mancha blanca.

De acuerdo con Notarianni (2006), el virus de la mancha blanca (WSSV) afectó a la industria camaronera asiática desde el año 1993; posteriormente, en 1996, la comunidad científica americana advierte del impacto devastador del virus en la especie *Penaeus vannamei* al detectar en Estados Unidos de Norteamérica su presencia en camarónicas y productos congelados. En el IV Congreso ecuatoriano de acuicultura, realizado en octubre de 1997, se advirtió de los riesgos que implicaba la movilización transfronteriza de larvas de camarón en la difusión del virus, confirmándose el 28 de mayo de 1999 la presencia del virus en el país, posterior a lo cual se realizaron monitoreos para medir el impacto de la enfermedad cuyos resultados fueron los siguientes:

- Primer monitoreo (20 de junio al 14 de julio de 1999): 46% de las camarónicas muestreadas (de un total de 228 camarónicas) dieron positivo a la presencia del virus; la mayor incidencia se registró en las provincias de Guayas y El Oro; el 90% de las muestras de larvas obtenidas en la provincia de Esmeraldas dieron positivo.
- Segundo monitoreo (13 de septiembre al 1 octubre de 1999): 70% de las camarónicas muestreadas (de un total de 205 piscinas incluidas en 79 camarónicas) dieron positivo a la presencia del virus; por provincias se registró respuestas positivas a la presencia del virus en un 38% en Esmeraldas, 71% en Manabí, 74% en Guayas y 70% en El Oro; 14% de las muestras de larvas dieron positivas (45% de incidencia en los monitoreos realizados en El Oro).

De acuerdo con Fegan (s.f.), la sintomatología que presenta el camarón afectado por el virus de la mancha blanca es la siguiente:

- Letargia.
- Coloración rosada, café-rojiza.
- El camarón presenta puntos blancos.
- El camarón va al borde del estanque.
- Decrecimiento repentino del consumo de alimento.

El mismo autor identifica la evolución de los síntomas en las siguientes etapas:

1^{er} día

- Algunos camarones débiles o moribundos son encontrados en la superficie o bordes del estanque.
- Los camarones afectados pueden tener una coloración roja y puntos blancos prominentes en la cutícula, específicamente en la cabeza y en el sexto segmento abdominal, siendo más apreciable si la cutícula está seca.
- Los puntos blancos se encuentran dentro de la estructura de la cutícula y pueden ser removidos con HCl al 1 N.
- El consumo de alimento se reduce drásticamente comparado con uno o dos días previos.

2^{do} día

- Aumenta la cantidad de camarones en la superficie y bordes del estanque.
- Cese virtual de la alimentación.

3^{er} - 7^{mo} día

- La mortalidad se incrementa drásticamente, pudiendo llegar incluso a matar a toda la población.

Al ser una enfermedad viral el uso de antibióticos no produce ningún efecto contra el virus de la mancha blanca (WSV), y tampoco el sistema inmunológico del camarón tiene la capacidad para responder ante la aplicación de vacunas. Esta particularidad reportada por Notarianni (2006) permite determinar que el uso de antibióticos, ya sea en la alimentación como en el agua donde se desarrollan las larvas, no tienen el efecto deseado en el control de la enfermedad. El mismo autor indica que la manifestación del WSV en el camarón se presentaba en tres eventos:

- a. Primero evento: 30 días después de la siembra de las larvas.
- b. Segundo evento: con un peso promedio del camarón entre 3.5 a 4 gramos, independientemente de los días de siembra.
- c. Tercer evento: con un peso promedio del camarón entre 8 a 10 gramos lo cual era eventual, pues no siempre ocurría.

Con el tiempo se concluyó que el WSV se manifestaba con lo explicado como primer evento.

2.4. Estrategias utilizadas para combatir la mancha blanca.

Varias fueron las alternativas que se utilizaron para hacerle frente al virus de la mancha blanca. Las opciones de desinfección con químicos de diversa índole, así como el uso de antibióticos, fueron ampliamente difundidas en el sector camaronero. Sin embargo, también fueron planteadas varias metodologías de producción con carácter integral, por lo cual varias actividades importantes de la industria fueron consideradas en el mejoramiento del sistema productivo (producción de larvas tolerantes al ataque del virus, suplementos alimenticios, etc), se empezó a reconocer el grado de importancia de los recursos naturales (ecosistema manglar) en la producción del crustáceo, diversificación de cultivos (tilapia, policultivos), el uso de probióticos y abonos orgánicos, y la acuicultura orgánica.

En el año 1999 se empieza a escuchar en el sector camaronero la importancia de desarrollar las bases para un modelo de acuicultura sostenible, tal como lo planteó el Biólogo Leonardo Maridueña (2002) en su artículo "Acuicultura Sostenible: sentando las bases para un modelo", publicado en la revista de la Cámara Nacional de Acuicultura. En el mencionado artículo se incluyó aspectos de manejo ambiental como parte de la actividad camaronera, como por ejemplo, el reconocimiento a la función ecológica del manglar y el aprovechamiento económico de estas funciones. Por medio de este reconocimiento, se incluyó al manglar como parte integrante de la operación de piscinas camaroneras. El mismo autor formula cinco aspectos relevantes para la implementación de un "Plan de Manejo Ambiental" que permita una producción sostenible del sector camaronero ecuatoriano, mismos que se exponen a continuación:

- Determinar y evaluar problemas y causas.
- Definir metas de trabajo.
- Determinar opciones y estrategias de manejo.
- Formulación e implantación de planes y estrategias.
- Evaluación y monitoreo.

El sistema de producción denominado "policultivo" surgió como una alternativa de convivencia con el virus de la mancha blanca, cambiando de esta manera el concepto de enfrentamiento que se le venía dando a la enfermedad. El policultivo consiste en producir híbridos de tilapia roja (*O. niloticus* x *O. mossambicus*) y camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), con el propósito de que la tilapia mejore las condiciones bioecológicas del medio y reduzca los efectos de la contaminación horizontal causada por el virus de la mancha blanca.

Otras alternativas, aunque no del orden científico-técnico, para enfrentar la crisis producida por el virus de la mancha blanca, fueron el establecimiento de alianzas estratégicas entre productores y el sistema de producción intensivo "in land". Las alianzas estratégicas fueron dirigidas a formar grupos de producción, procesamiento y comercialización de camarón, aprovechando así la capacidad instalada principalmente de empacadoras, además de formar frentes comunes de ventas ante la drástica disminución de la producción causada por el virus de la mancha blanca. En cuanto a la producción intensiva de camarón "in land" se refiere, los empresarios camaroneros invirtieron en fincas de producción en tierras altas, muchas de ellas con potencial agrícola. Este sistema representaba altos riesgos de inversión, pues su éxito dependía de los altos precios del mercado, así como de altos porcentaje de sobrevivencia del crustáceo.

Por medio de la investigación y desarrollo de larvas resistentes a las enfermedades, principalmente del virus de la mancha blanca, la industria camaronera dió inicio a una nueva estrategia para enfrentar la vulnerabilidad al virus y obtener mejores producciones. Según la revista "Acuicultura del Ecuador" de la Cámara Nacional de Acuicultura (2002), publicó un artículo relacionado a la obtención de larvas de camarón resistentes a las enfermedades mancha blanca e IHNV, las mismas que fueron denominadas "larvas doble cero". Además, reportó adelantos en la obtención de larvas resistentes a enfermedades bacterianas, además de las dos anteriormente mencionadas, las cuales fueron denominadas "larvas triple cero". Según esta misma fuente, varios fueron los ensayos realizados con la "larva doble cero", obteniendo buenos resultados, por ejemplo, producciones entre 1000 y 1500 libras/hectárea/ciclo, peso entre 18 y 22 gramos, sobrevivencias entre 35 y 45 %, ciclos de producción entre 110 y 120 días y factores de conversión entre 0.5 y 0.8.

Basados en experiencias de otros países, principalmente asiáticos, varios fueron los empresarios camaroneros que empezaron a utilizar microorganismos en sus protocolos de producción, principalmente bacterias y levaduras. La Dra. Mariel Gullian, en su artículo "diagnóstico y control de enfermedades" de la revista Acuicultura, define a los probióticos como "cultivos de

microorganismos vivos que colonizan el tracto digestivo de los camarones que los consumen, y cuyo objetivo es asegurar el normal equilibrio entre las poblaciones de bacterias beneficiosas y peligrosas del cultivo, sin que resulte dañino para el hospedero. Una característica muy deseable es que los microorganismos que los componen sean capaces de colonizar y adherirse fácilmente a la pared intestinal, crecer rápidamente, aumentar la resistencia del hospedero a las enfermedades, además de inhibir el crecimiento de bacterias patógenas". Además, acota que el uso de una mezcla de bacterias probióticas ayuda en gran medida a potenciar el efecto que representaría el solo uso de una especie probiótica en particular.

En el párrafo anterior se mencionó que en acuicultura los principales microorganismos que se utilizan son las levaduras y las bacterias, entre ellas las especies más utilizadas son *Bacillus cereus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Sacharomyces cerevisiae*, *S. fragilis*, *Lactobacillus sp.*, *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio probioticus*. Los lactobacillus tienen la capacidad de transformar la lactosa en ácido láctico, lo cual provoca que el pH intestinal del camarón disminuya a niveles tan bajos que imposibilite la supervivencia de patógenos peligrosos como *Pseudomonas* y vibrios. Además, la disminución del pH intestinal protege al camarón de efectos secundarios de infecciones causadas por virus y hongos.

Según Notarianni (2006), los esfuerzos para enfrentar el embate del WSV incluyeron charlas y seminario de información de experiencias en el sureste asiático; desarrollo de un sistema de alerta epidemiológico por medio del internet; estudios de respuesta del sistema inmune del camarón utilizando B-glucanos, combinaciones de vitaminas C y E, uso de bacterias y probióticos; y choque térmico con la finalidad de inducir el sistema inmune del camarón que permita controlar la replicación del virus. Los ensayos realizados incrementando la temperatura del agua permitieron concluir que con un temperatura de alrededor de 33°C la fórmula hemocitaria cambiaba, permitiendo al camarón controlar la replicación del virus, lo cual permitió visualizar a la industria camaronera el desarrollo de cultivos en invernaderos o in lands.

Ante el embate de la enfermedad los productores de camarón reaccionaron probando cualquier alternativa que contenga sentido común para atenuar el impacto causado por el WSV. Para ello, y de acuerdo con Notarianni (2006), los productores implementaron medidas de bioseguridad; medidas de desinfección de animales, estanques y agua; reducción del intercambio de los estanques con el medio ambiente inmediato (lo que se traduce en reducción de los recambios de agua); programas de selección basados en el criterio de que los animales sobrevivientes de un estanque

afectado por WSV contenían características genéticas de resistencia al virus; filtración de agua para retener posibles portadores del virus; siembra de postlarvas con reacción negativa al WSV por el método de PCR (reacción en cadena de la polimerasa); tratamiento de los estanques con cal a la manifestación del primer evento; uso de postlarvas provenientes de un ciclo cerrado; implementación de precriaderos o raceways y/o estanques de transferencias para comenzar el ciclo con animales más grandes y resistentes (postlarvas de 30 a 40 días); reducción de las densidades de siembra (de 180 mil - 200 mil larvas/ha a 60 mil - 70 mil larvas/ha); eliminación de la aireación de los estanques; pruebas de cultivos bajo sistemas intensivos en tierras altas con resultados insuficientes para recuperar la rentabilidad de la actividad.

Experiencias desarrolladas en Asia y América Latina identifican que la solución definitiva para combatir los problemas relacionados con las enfermedades del camarón se lograría a través de larvas domesticadas certificadas, y por lo tanto libres de patógenos específicos, alimentados con dietas secas de alto valor nutritivo, obtenidas en estanques bio-seguros y en condiciones que no causen estrés en el camarón. Así lo determina como meta para la industria camaronera el Servicio de Recursos de Aguas Continentales y Acuicultura de la FAO (2004). Este criterio representa el fundamento en el cual varias empresas camaroneras orientaron recursos para la obtención de postlarvas sanas y robustas que puedan tolerar con mayor fortaleza las condiciones adversas del ambiente de las piscinas de producción, principalmente en lo que respecta a la entrada de patógenos y sus portadores. De esta manera se mantenía controladas ciertas variables para minimizar la incidencia de las enfermedades que afectan al camarón, reduciendo así los factores de estrés con excepción de aquellos provenientes de las condiciones climáticas.

Por motivo del Taller de Expertos de la FAO celebrado en Filipinas en noviembre del año 1999, al cual asistieron catorce países productores de camarón, los representantes de Ecuador realizaron una petición formal a la FAO consistente en la asistencia técnica para combatir los problemas causados por las enfermedades del crustáceo, a partir de lo cual, según el Servicio de Recursos de Aguas Continentales y Acuicultura de la FAO (2004), se dio origen al Programa de Cooperación Técnica Regional en el que desarrolló intervenciones para:

- a) Mejorar la calidad de las postlarvas.
- b) Fomentar la capacidad de los camaroneros y de las agencias estatales.
- c) Desarrollar una extensa red de información dentro de la región.

Con lo cual se desarrolló una guía técnica para el manejo sanitario y mantenimiento de la bioseguridad de los laboratorios de postlarvas de camarón blanco, y así contribuir a la industria con una herramienta para disminuir la incidencia de enfermedades en la producción de camarón.

2.5. Contribución del sector en la economía nacional.

La industria camaronera ecuatoriana ha sufrido el embate de varias enfermedades en el transcurso de los años, mismas que afectaron las exportaciones del crustáceo en los mercados internacionales. De acuerdo con Notarianni (2006), entre los años 1988 y 1990 el síndrome de la gaviota redujo las ventas en un 15%, y en 1993 el síndrome de Taura redujo las exportaciones de camarón en un 13%. Pero la mayor recesión se registró a fines del mes de mayo de 1999 cuando, por efecto del virus de la mancha blanca, las exportaciones de camarón se redujeron en el 17% respecto al año 1998; al cierre del año 2001 las ventas registraron una reducción del 60% respecto al máximo nivel alcanzado en el año 1998.

De acuerdo el Servicio de Recursos de Aguas Continentales y Acuicultura de la FAO (2004), los países Latinoamericanos contribuyen poco a la producción acuícola total, estimando un 1,9% de la producción global en peso y 5,3% en valor económico; registrándose en los últimos 30 años un alto incremento de la producción acuícola total, obteniéndose un crecimiento del 14,2% al año en el periodo 1990-2000, tasa menor a aquellas registradas en los periodos 1970-1980 (34,4%) y 1980-1990 (23,3%). En Latinoamérica, para el año 2000, la producción de camarón blanco fue la segunda mayor, después del salmón atlántico, con 139.264 toneladas o 16,0%; ubicándose Ecuador como el tercer productor de especies acuáticas cultivadas en la región, después de Chile y Brasil, con 62.011 toneladas o 7,1%. En términos económicos, los países latinoamericanos incrementaron su producción más de 8 veces, pasando de 337 millones de dólares americanos en 1984 a 2,98 miles de millones en el 2000 (representando el 5,3% del total de la producción acuícola global); respecto a lo cual el camarón blanco representó 848 millones de dólares americanos o 28,4%. Lo anterior proporciona una idea general de la producción camaronera en Latinoamérica y así dimensionar su importancia económica para el Ecuador.

La producción de camarón constituyó un rubro muy importante para la generación de divisas y trabajo directo e indirecto en el país, tal como se demuestra en los cuadros que se exponen a continuación.

**Cuadro 1. Comportamiento de las exportaciones de camarón durante el periodo 1995-2004
(libras de camarón exportado).**

Año	Enero-Febrero-Marzo		Abril-Mayo-Junio		Julio-Agosto-Septiembre		Octubre-Noviembre-Diciembre		Total	Promedio anual
	Sumatoria	Promedio	Sumatoria	Promedio	Sumatoria	Promedio	Sumatoria	Promedio		
Cantidad exportada (libras)										
1995	40 410 071,00	13 470 023,67	48 243 436,00	16 081 145,33	52 290 709,00	17 432 903,00	46 910 548,00	16 636 849,33	100 862 764,00	15 905 230,33
1996	46 818 704,00	15 606 234,67	46 859 292,00	15 619 760,67	45 690 852,00	15 230 284,00	49 172 695,00	16 390 898,33	188 541 533,00	15 711 794,42
1997	46 513 461,00	15 504 487,00	59 791 440,00	19 927 146,67	60 996 972,00	20 332 324,00	66 712 397,00	22 237 465,67	240 004 270,00	20 000 355,83
1998	62 562 858,00	20 854 286,00	70 640 356,00	23 546 785,33	58 029 949,00	19 353 316,33	61 722 744,00	20 574 248,00	252 965 907,00	21 062 158,92
1999	62 595 956,00	20 865 318,67	70 931 620,00	23 643 873,33	48 502 011,00	16 167 337,00	27 026 813,00	9 006 971,00	209 040 500,00	17 420 041,67
2000	18 972 679,00	6 324 226,33	27 909 668,00	9 303 222,67	15 712 436,00	5 237 478,67	26 361 010,00	8 787 003,33	82 955 793,00	6 912 982,75
2001	23 633 959,00	7 877 986,33	35 077 956,00	11 692 652,00	21 016 504,00	7 005 501,33	20 072 877,00	6 690 959,00	99 801 296,00	8 316 774,67
2002	22 694 415,00	7 564 805,00	33 771 038,00	11 257 012,67	22 716 062,00	7 572 020,67	23 661 331,00	7 950 443,67	103 833 746,00	8 586 145,50
2003	27 781 083,00	9 260 361,00	34 690 515,00	11 563 505,00	29 445 123,00	9 815 041,00	34 034 113,00	11 611 371,00	126 750 034,00	10 562 509,50
2004	37 800 442,00	12 600 147,33	41 248 186,00	13 749 386,00	36 422 862,00	12 140 954,00			115 471 492,00	9 622 624,33

Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura (2004).

Como puede apreciarse en el cuadro anterior, las exportaciones de camarón experimentaban un crecimiento importante en el periodo comprendido entre los años 1995 y 1998. Es a partir del año 1999 cuando las exportaciones empezaron a disminuir producto de las altas mortalidades sufridas por la presencia del virus de la mancha blanca, situación que es evidente al comparar los totales y promedios anuales de exportación.

Lo anterior es sustentado con lo reportado por Notarianni (2006) quien indica que, al inicio de la presencia del WSV, la superficie de producción se redujo dramáticamente de 180 mil hectáreas a 50 mil hectáreas, las exportaciones bajaron de 20 millones de libras por mes a 5 millones de libras por mes; la cantidad de exportadores pasó de 135 en el año 1998 a 40 en el año 2000; las importaciones de larvas, reproductores, etc fueron cerradas; todo lo cual proporciona una idea del efecto que tuvo el WSV en la industria camaronera ecuatoriana.

Cuadro 2. Comportamiento de las exportaciones de camarón en los principales mercados internacionales durante el periodo 1998-2000 (libras exportadas y divisas generadas).

Mercado	1998		1999 (en miles)		2000		Variación 1998-2000	
	Libras	Dólares	Libras	Dólares	Libras	Dólares	Libras	Dólares
Estados Unidos	140.852,00	\$520.897,00	106.261,00	\$317.152,00	42.305,00	\$146.141,00	-69,96%	-71,94%
Europa	76.717,00	\$241.131,00	62.184,00	\$171.762,00	24.820,00	\$87.219,00	-68,04%	-63,83%
Asia	29.006,00	\$99.730,00	35.821,00	\$112.660,00	13.265,00	\$57.219,00	-55,10%	-42,63%
Canadá	2.552,00	\$9.021,00	3.077,00	\$9.289,00	620,00	\$2.686,00	-67,67%	-68,01%
Total	249.923,00	\$870.779,00	207.363,00	\$610.859,00	81.010,00	\$293.465,00		
Perdidas directas a la industria		\$600.000.000,00						
Pérdidas en la exportación		\$900.000.000,00						

Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura (2004).

El cuadro anterior refuerza lo demostrado en el Cuadro 1, relacionándolo con las divisas generadas por la exportación de camarón durante el periodo 1998-2000. Puede apreciarse que las variaciones bordean el 50% de los totales, tanto en libras exportadas como en dólares generados, por lo cual es fácil presumir los problemas económicos y financieros de esta actividad a partir del año 1999 (año en el que apareció la enfermedad de la mancha blanca en Ecuador). Esta situación dejó abiertas las puertas a los mercados de Estados Unidos, Europa, Asia y Canadá de otros competidores, puesto que el país no podía suplir la demanda.

Esta situación de crisis desencadenó otro tipo de problemas en el sector camaronero que no tienen que ver con la producción y comercialización del crustáceo que, de acuerdo a Notarianni (2006), consistieron en la quiebra de la industria proveedora de larvas silvestres; colapso de la pesca de mar (los desembarques se redujeron de 3000-3500 libras por viaje a 350 libras por viaje en el año 2000); los créditos bancarios fueron cerrados; el valor de las camaroneras se redujo de \$6000-\$12000 por hectárea a \$1200-\$2500 por hectárea (incluyendo terreno, infraestructura y equipos). A todo ello debe sumarse la pérdida de empleos directos e indirectos en camaroneras, laboratorios, plantas de producción de alimentos balanceados, empacadoras, y de servicios complementarios.

De acuerdo con información obtenida con varios funcionarios de su departamento de producción, El Rosario S.A. (ERSA) llegó a producir aproximadamente 170 mil libras diarias de camarón en el año 1999, las mismas que eran procesadas en las tres plantas empacadoras que poseía, localizadas en Guayaquil e Isla de Los Quiñónez (Provincia del Guayas), y en la Provincia de Esmeraldas.

Además, ERSA contaba con tres laboratorios de larvas para abastecer sus propias piscinas de producción y también para la venta a terceros, al igual que una fábrica de alimento balanceado. En ese año, la comercialización de camarón de este grupo llegaba a Estados Unidos, Europa y Asia, constituyendo el 25% de sus exportaciones productos con valor agregado.

De acuerdo con la Cámara Nacional de Acuicultura, citada por la FAO (2005), la infraestructura del sector camaronero se resume de la siguiente manera:

Cuadro 3. Infraestructura de la industria camaronera ecuatoriana.

Instalaciones	Cantidad
Laboratorios de producción de larvas	90
Superficie cultivada (ha)	100000
Fábricas de alimento balanceado	14
Plantas procesadora	26

Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura, citada por la FAO (2005).

Como se puede observar en el cuadro anterior, la industria camaronera logró un desarrollo muy notorio previo a la aparición del virus de la mancha blanca, desarrollo que se evidencia con la cantidad de hectáreas en producción (excluyendo la cantidad de hectáreas paralizadas), y del surgimiento de servicios complementarios a la producción del crustáceo como son los laboratorios de producción de larvas, fábricas de alimentos balanceados, plantas procesadora y empacadoras de camarón.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y caracterización del lugar donde se realizó la investigación.

Los resultados de esta investigación provienen del Campamento Isla de Los Quiñónez del grupo camaronero El Rosario S.A. (ERSA), el cual se encuentra ubicado en la isla del mismo nombre (Golfo de Guayaquil, provincia del Guayas). Un detalle de la ubicación geográfica de la Isla de Los Quiñónez se expone en la siguiente figura, en la cual se destacan se destacan dos de los campamentos de ERSA: La Josefina (1) e Isla de Los Quiñónez (2), en este último se realizó las pruebas de campo de la presente investigación.



Fuente: ERSA.

Figura 1. Vista general de la zona camaronera del Golfo de Guayaquil.



Fuente: ERSA.

Figura 2. Detalle del Campamento Isla de Los Quiñónez.

El Campamento de La Isla de Los Quiñónez se localiza en las coordenadas $2^{\circ} 28' 13,1''$ sur y $80^{\circ} 01' 23,7''$ oeste. De la superficie total de la isla, 853,58 hectáreas corresponden a las piscinas de producción y 90,51 hectáreas corresponden a precriaderos, para un total de 944,09 hectáreas de producción de camarón. El resto de superficie se distribuye entre área ocupada por manglar, instalaciones, caminos y canal distribuidor. Cabe indicar que los precriaderos fueron construidos con el propósito de proporcionar a las larvas de camarón condiciones adecuadas previas a su liberación en las piscinas de producción, esto con la idea de que las larvas adquirieran vigor previo a su exposición en condiciones menos controladas. En lo posterior, sin la obtención de los resultados esperados, los precriaderos fueron utilizados como piscinas de producción. En la figura que a continuación se presenta, se expone parte de la infraestructura existente en el campamento de la Isla de Los Quiñónez: piscinas de producción (1), canal distribuidor de agua (2) y precriaderos (3).



Fuente: ERSA.

Figura 3. Vista aérea del Campamento Isla de Los Quiñónez.

La superficie de producción se distribuye en 76 piscinas las que ocupan un área total de 944,09 hectáreas, mismas que tienen diferentes tamaños y formas, contando con un promedio de 12,42 hectáreas. Además de la superficie de producción, el campamento Isla de Los Quiñónez cuenta con infraestructura correspondiente a bodegas, oficinas, dormitorios, talleres, área de raceways o de adaptación de larvas previo a su traspaso a las piscinas de producción, procesadora y empacadora de camarón (misma que a la fecha de la investigación no se encontraba en funcionamiento debido a que la producción no compensaba su funcionamiento), etc. La distribución de las piscinas de producción se detalla en la siguiente figura:



Fuente: ERSA.

Figura 4. Distribución de las piscinas de producción de camarón en el Campamento Isla de Los Quiñónez.

3.2. Población y muestra.

Se estima que en Ecuador existen en total 150 mil hectáreas de espejo de agua, es decir, de superficie de piscinas para producción de camarón. De este total se estima que alrededor del 70% se encuentran en producción continua actualmente, el resto está paralizado o en producción esporádica. El Rosario S.A. (ERSA) cuenta con un total de 3.385,29 hectáreas distribuidas de la siguiente manera:

Cuadro 4. Composición de la superficie de producción de camarón de ERSA.

Campamentos	Superficie de piscinas de producción	Superficie de precriaderos	Total
	Hectáreas		
Quiñónez	853,58	90,51	944,09
Cecilia	233,85	21,77	255,62
Bellavista	521,20	46,28	567,48
Josefina	705,95	81,80	787,75
Atacames	198,09	15,44	213,53
Toncligue	128,21	12,31	140,52
Josefina 2	451,85	24,45	476,30
Total	3.092,73	292,56	3.385,29

Fuente: departamento de producción de ERSA.

Por ello, la población considerada para el presente estudio fue 3.385,29 hectáreas, cantidad correspondiente al total de la superficie camaronera en producción de ERSA, empresa que brindó apertura a la implementación de la Tecnología EM y así comparar sus resultados con los obtenidos por medio del Protocolo de Producción Convencional. La muestra está formada por el campamento de producción, que a su vez consta de 76 unidades o piscinas de producción con diferentes tamaños y que representan unidades muestrales, las mismas que forman un conglomerado para cada tratamiento, tal como se explica en el siguiente cuadro:

Cuadro 5. Caracterización del conglomerado de la información.

Concepto	Cantidad	Unidad
A.Población	3.385,29	ha
B.Total de muestras	76	piscinas de producción
C.Superficie total	944,09	ha
D.Tamaño promedio	63,01	ha
E.Cantidad de piscinas con Tecnología EM	52	piscinas de producción
E1.Tamaño promedio	7,58	ha
F.Cantidad de piscinas con Tecnología Convencional	24	piscinas de producción
F1.Tamaño promedio	4,91	ha

Fuente: departamento de producción de ERSA.

La información (datos) fueron proporcionados por el departamento técnico de ERSA, lo que incluye los resultados de producción, valores de temperatura del agua y salinidad.

3.3. Diseño de la investigación.

Esta investigación fue diseñada para comparar el desempeño de dos Tratamientos o Protocolos de producción de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Los dos tratamientos investigados constituyen los sistemas de producción Convencional y Tecnología EM. La unidad muestral primaria en este caso es el campamento de producción denominado Isla de Los Quiñonez, es decir, el conglomerado de unidades de producción, cada uno de los cuales consta de un conglomerado de submuestras o piscinas como unidades muestrales secundarias. Cada sistema de producción representa a su categoría. Lo anterior se representa en la figura 5.

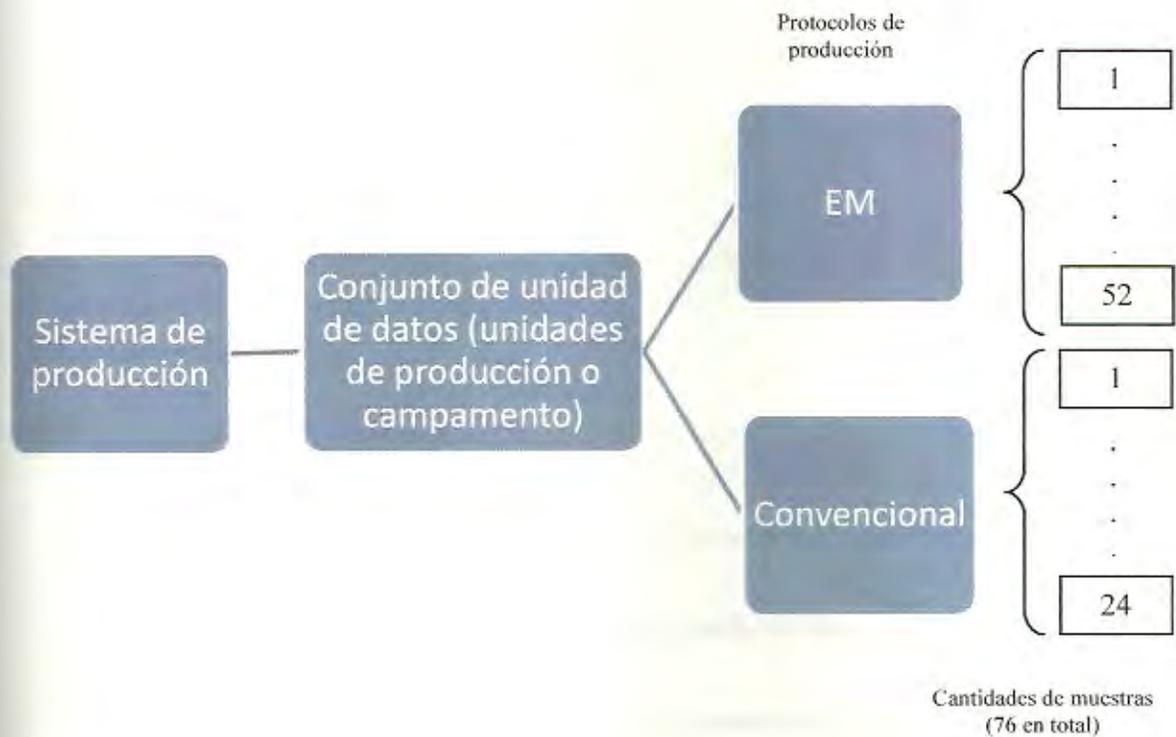


Figura 5. Representación gráfica del muestreo de los dos protocolos de producción empleados en la investigación.

3.3.1. Componentes del modelo.

- a) Tratamientos: los tratamientos fueron claramente definidos, asignándoles las siguientes denominaciones:

T = protocolo de producción

T_1 = Protocolo EM

T_2 = Protocolo Convencional

Los resultados obtenidos en cada unidad muestral secundaria o piscina de producción son productos del conjunto de variables, las mismas que se especifican a continuación:

b) Variables explicativas o asociadas (covariables):

- X_1 = superficie (hectárea).
- X_2 = periodo de paralización (días).
- X_3 = periodo producción (días).
- X_4 = densidad siembra (larvas/hectárea).
- X_5 = temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$).
- X_6 = salinidad (ppm).

c) Variables de respuestas:

- Y_1 = densidad de cosecha (camarones/hectárea), es decir, la cantidad de camarones obtenidos a la cosecha por unidad de superficie.
- Y_2 = sobrevivencia (%), misma que nos indica el porcentaje de larvas al final del ciclo de producción.
- Y_3 = tamaño a la cosecha (gramos) correspondiente al peso promedio de cada camarón cosechado.
- Y_4 = crecimiento (gramos).
- Y_5 = cosecha (libras/hectárea).
- Y_6 = factor de conversión, el mismo que corresponde a la eficiencia de conversión alimenticia del camarón.

3.3.2. Muestreo de las piscinas de producción (unidades muestrales).

Al momento de la implementación de la fase de campo de la presente investigación, ERSA contaba con varias piscinas de producción listas para iniciar el ciclo de producción, cuya cantidad total era 76, de las cuales 24 habían sido programadas para su producción bajo el protocolo convencional, las 52 restantes se encontraban en el periodo de secado (previo a su preparación para la siembra de larvas), por lo cual fueron designadas para que su protocolo de producción se realice a través de la Tecnología EM. Las muestras fueron agrupadas de la siguiente manera:

- n_1 = número de muestras/piscinas con Tecnología EM
- n_2 = número de muestras/piscinas con Tecnología convencional.

La cantidad y distribución de las muestras seleccionadas para cada uno de los tratamientos fue la siguiente:

$n = 76$ (cantidad total de unidades muestrales o piscinas de producción)

$n_1 = 52$ (cantidad de piscinas producidas con Tecnología EM)

$n_2 = 24$ (cantidad de piscinas producidas con Tecnología Convencional)

3.4. Variables principales de la investigación.

Los criterios utilizados para el relevamiento de los datos fueron:

- a) Incidencia directa en la producción de camarón.
- b) Impacto ambiental.
- c) Impacto social.

El detalle de las variables se presenta a continuación:

S_1 = sistema de producción con Tecnología EM (n_1)

S_2 = sistema de producción con Tecnología Convencional (n_2)

$$n = n_1 + n_2 = 76$$

3.4.1. Variables de respuesta.

Las variables de respuesta son dependientes, y como tal representan la respuesta de las diferentes variables presentes en los protocolos de producción. Para el presente estudio las variables de respuesta son las que a continuación se detallan:

$Y^{(1)}_{ij}$ = densidad de cosecha (camarones/ha).

$Y^{(2)}_{ij}$ = sobrevivencia (porcentaje).

$Y^{(3)}_{ij}$ = tamaño a la cosecha (gr).

$Y^{(4)}_{ij}$ = crecimiento (gr).

$Y^{(5)}_{ij}$ = cosecha (lbs/ha).

$Y^{(6)}_{ij}$ = factor de conversión.

3.4.2. Variables explicativas o asociadas (covariables).

Las variables independientes o explicativas asociadas a las variables de respuesta, constituyen cada unidad de información que provee datos estrechamente relacionados con las variables de respuesta, mismas que a continuación se detallan:

T = protocolo/sistema de producción.

$X^{(1)}_{ij}$ = superficie de producción (ha).

$X^{(2)}_{ij}$ = periodo de paralización (días).

$X^{(3)}_{ij}$ = periodo de producción (días).

$X^{(4)}_{ij}$ = densidad de siembra (larvas/ha).

$X^{(5)}_{ij}$ = temperatura (°C).

$X^{(6)}_{ij}$ = salinidad (ppm).

3.5. Modelo de análisis.

Los análisis realizados fueron dirigidos a medir con mayor precisión la diferencia entre los protocolos de producción de camarón Convencional y Tecnología EM. También fueron estudiadas las correlaciones existentes en las variables de respuesta (Y) y las covariables (X). Los modelos de análisis aplicados se detallan a continuación:

- Estadística descriptiva.
- ANOVA: análisis de varianza para cada Y o variable de respuesta.
- MANOVA: análisis de varianza multivariado considerando las 6 variables de respuesta (Y).
- MANCOVA: análisis de varianza multivariado ajustado por covarianza múltiple (correlaciones).
- ANCOVA: análisis de covarianza.

La realización de estos análisis permite medir con mayor precisión la diferencia entre los resultados obtenidos con los protocolos de producción de camarón objetos de este estudio, así como también las correlaciones existentes en las variables de respuesta y las covariables. Los modelos de análisis aplicados se detallan a continuación:

3.5.1. Modelo lineal para representar la respuesta medida.

Este modelo fue aplicado para representar la respuesta medida por medio de cada variable de respuesta (producción de camarón) bajo los dos protocolos o sistemas comparados en el presente estudio. El modelo matemático que representa los dos sistemas de producción se expone en la siguiente ecuación:

Sistema de representación univariado:

$$Y_{ij} = \mu_j + T_i + \beta_l X_{ijl} + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2$ (tratamientos/protocolos de producción)

$j = 1, 2, 3, \dots, 76$ unidades muestrales o piscinas de producción

}

Protocolo EM: 52
Protocolo convencional: 24

$l = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ (covariables)

Sistema multivariado de representación

$$Y^{(k)}_{ij} = \mu + T_i + \beta_1 X_{ij} + \dots + \beta_6 X_{ij}$$

$$\sum_{l=1}^6 \beta_l X_{ij}$$

$$Y^{(k)}_{ij} = \mu + T_i + \sum_{l=1}^6 \beta_l X_{ij} + \varepsilon^{(k)}_{ij}$$

$Y^{(k)}_{ij}$ = productividad de camarón (kg/ha) en el sistema "i", piscina "j" expresada en la variable "k".

μ_{ij} = promedio de producción de camarón (kg/ha) correspondiente al sistema "i".

S_i = efecto del protocolo de producción "i".

ε_{ij} = error muestral, correspondiente al sistema "i", piscina "j", variable "k".

Sistema EM (T_1) = $S_1 = 1, 2, 3, \dots, 52$

Sistema Convencional (T_2) = $S_2 = 1, 2, 3, \dots, 24$

β_l = coeficiente de regresión de la variable explicativa X_{ij} .

La representación general de la respuesta en su forma matricial es la siguiente:

$$Y_{76 \times 6} = X_{76 \times 7} B_{7 \times 6} + E_{76 \times 6}$$

$Y_{76 \times 6}$ = matriz de variables de respuestas de n 76 piscinas.

$X_{76 \times 7}$ = matriz de tratamientos (sistemas) y covariables.

$B_{7 \times 6}$ = matriz de parámetros, que consta de dos submatrices.

$E_{76 \times 6}$ = es la matriz del error correspondientes a las 76 observaciones (piscinas) y las 6 variables de respuesta (Y_{ij}).

Lo anterior se resume en la siguiente expresión:

$$Y_{76 \times 6} = X_{76 \times 7} B_{7 \times 6} + E_{76 \times 6}$$

La representación matricial de la respuesta es la siguiente:

$$\begin{pmatrix}
 Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} & Y_{15} & Y_{16} & \dots & Y_{76} \\
 Y_{12} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} & Y_{25} & Y_{26} & \dots & Y_{77} \\
 Y_{13} & Y_{23} & Y_{33} & Y_{34} & Y_{35} & Y_{36} & \dots & Y_{78} \\
 \dots & \dots \\
 Y_{76} & Y_{77} & Y_{78} & Y_{79} & Y_{80} & Y_{81} & \dots & Y_{156}
 \end{pmatrix}
 \quad
 \begin{pmatrix}
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 \dots & \dots \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0
 \end{pmatrix}
 \quad
 \begin{pmatrix}
 \mu_{11} & \mu_{12} & \mu_{13} & \mu_{14} & \mu_{15} & \mu_{16} & \dots & \mu_{76} \\
 \mu_{12} & \mu_{22} & \mu_{23} & \mu_{24} & \mu_{25} & \mu_{26} & \dots & \mu_{77} \\
 \mu_{13} & \mu_{23} & \mu_{33} & \mu_{34} & \mu_{35} & \mu_{36} & \dots & \mu_{78} \\
 \dots & \dots \\
 \mu_{76} & \mu_{77} & \mu_{78} & \mu_{79} & \mu_{80} & \mu_{81} & \dots & \mu_{156}
 \end{pmatrix}
 \quad
 \begin{pmatrix}
 \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} & \beta_{15} & \beta_{16} & \dots & \beta_{76} \\
 \beta_{12} & \beta_{22} & \beta_{23} & \beta_{24} & \beta_{25} & \beta_{26} & \dots & \beta_{77} \\
 \beta_{13} & \beta_{23} & \beta_{33} & \beta_{34} & \beta_{35} & \beta_{36} & \dots & \beta_{78} \\
 \dots & \dots \\
 \beta_{76} & \beta_{77} & \beta_{78} & \beta_{79} & \beta_{80} & \beta_{81} & \dots & \beta_{156}
 \end{pmatrix}
 \quad
 \begin{pmatrix}
 \epsilon_{11} & \epsilon_{12} & \epsilon_{13} & \epsilon_{14} & \epsilon_{15} & \epsilon_{16} & \dots & \epsilon_{76} \\
 \epsilon_{12} & \epsilon_{22} & \epsilon_{23} & \epsilon_{24} & \epsilon_{25} & \epsilon_{26} & \dots & \epsilon_{77} \\
 \epsilon_{13} & \epsilon_{23} & \epsilon_{33} & \epsilon_{34} & \epsilon_{35} & \epsilon_{36} & \dots & \epsilon_{78} \\
 \dots & \dots \\
 \epsilon_{76} & \epsilon_{77} & \epsilon_{78} & \epsilon_{79} & \epsilon_{80} & \epsilon_{81} & \dots & \epsilon_{156}
 \end{pmatrix}$$

$Y = 76 \times 6$ $X = 76 \times 7$ $B = 7 \times 6$ $\epsilon = 76 \times 6$

Figura 6. Representación de las matrices de respuesta (Y), de tratamiento y covariables (X), de los parámetros (B) y del error (E).

3.6. Caracterización de los sistemas de producción investigados.

Al momento de la implementación de la fase experimental de la presente investigación, la industria camaronesa experimentaba cambios en sus procesos en general promovidos por las bajas producciones de camarón causadas por la enfermedad de la mancha blanca, al igual que por la inestabilidad de precios internacionales y por las exigencias de los mercados internacionales respecto a la eliminación del uso de antibióticos en la producción del crustáceo. En El Rosario S. A. (ERSA) los principales cambios generados se orientaron a la producción y siembra de larvas de camarón tolerantes al ataque del virus de la mancha blanca, fortalecimiento del sistema inmunodefensivo del camarón a través de suplementos alimenticios, robustecimiento de la larva en raceways y precriaderos, control de parámetros básicos (salinidad, turbidez, etc) en las piscinas de producción entre otras acciones. Este re direccionamiento del protocolo de producción, en el cual se buscaba modificaciones al sistema que mejoraran la producción del crustáceo, permitió una mayor apertura para la aplicación de la Tecnología EM y comparar sus resultados con los obtenidos en el protocolo convencional de producción.

El sistema de producción utilizado en las piscinas camaronas del campamento Isla de Los Quiñónez es el extensivo, es decir, aquel en el cual se siembran entre 100 mil y 150 mil larvas por hectárea. El promedio de siembra durante la investigación fue 114 mil larvas por hectárea, para lo cual se aplicó dos protocolos de producción: el convencional y el de Tecnología EM. Pese a que ambos protocolos por definición son antagónicos, la diferencia básica entre ambos radica en el concepto de su accionar, mientras el protocolo convencional contempla la desinfección del agua y el uso de antibióticos como sus principales herramientas, el protocolo de Tecnología EM se direcciona al mejoramiento de las condiciones en las cuales se desarrolla el camarón excluyendo el uso de antibióticos y desinfectantes químicos. En ambos protocolos de producción se contempla el uso de larvas genéticamente mejoradas y alimentos balanceados; los parámetros de monitoreo (crecimiento, factor de conversión, sobrevivencia, etc) son iguales.

3.6.1. Sistema de producción extensiva con Tecnología EM.

El sistema extensivo de producción de camarón con Tecnología EM contempla aplicaciones del producto EM (líquido) tanto al agua como al suelo, abono orgánico fermentado (bokashi) al suelo y fermentación del alimento balanceado.

Las aplicaciones de EM al agua se realizaron de acuerdo al siguiente procedimiento:

- a) Activación del producto: EM es un concentrado microbiano en estado de latencia y por lo tanto requiere ser activado y extendido previo a su aplicación. La activación consiste en proveer a los microorganismos una fuente de energía rápidamente disponible (melaza) y condiciones adecuadas para su multiplicación (anaerobiosis), con lo cual se obtiene un proceso de fermentación. La activación se realizó al 5%, tanto de EM como de melaza, procedimiento que requiere los siguientes insumos y características:

Cuadro 6. Caracterización del insumo EM (líquido) utilizado en su activación.

Insumo	Cantidad (lts)	Características
EM	10*	pH: 3.5 o menos olor concentrado a fermento
Melaza	10*	Grado brix:
Agua dulce**	180	pH: 7-7.5
Envase de 200 lts	1	Sellado hermético Libre de contaminación química

Fuente: Fabián Castillo (2004).

* Las dosis de EM y melaza en la activación corresponden a las utilizadas en experiencias de producción de camarón con este insumo en Tailandia.

** Se recomienda el uso de agua dulce en la activación para garantizar un proceso de fermentación efectivo.

La activación es un proceso de fermentación que, según la experiencia obtenida, se lleva a cabo de 5 a 7 días, periodo en el cual los microorganismos contenidos en EM se multiplican y generan sustancias beneficiosas como alcoholes, ácidos orgánicos y antioxidantes. El resultado de este proceso es un producto que se denomina EM Activado o EMA, cuyas principales características son las siguientes:

- pH: 3.5 o menos
- color: rojizo
- olor: fuertemente a fermento
- nula generación de gases producto del consumo total de la melaza por parte de los microorganismos.

El siguiente paso en la preparación de este insumo es la extensión del EM Activado (EMA).

- b) Extensión del EMA: por medio de este procedimiento se pretende, primordialmente, la adaptación de los microorganismos al medio donde serán aplicados, esto es la piscina o estanque de producción. Dado que el hábitat natural del camarón es el agua de mar, las piscinas tienen esta condición y por lo tanto los microorganismos del EMA deben adaptarse a ella. La extensión se realizó a una concentración del 4%, tanto de EMA como de melaza.

Cuadro 7. Caracterización del insumo EM (líquido) utilizado en su extensión.

Insumo	Cantidad (lts)	Características
EMA	8*	pH: 3.5 o menos olor concentrado a fermento
Melaza	8*	Grado brix:
Agua salada (de la piscina)	184	pH: 8** salinidad: 22.93 ppm***
Envase de 200 lts	1	Sellado hermético Libre de contaminación química

Fuente: Fabián Castillo (2004).

* Las dosis de EM y melaza en la activación corresponden a las utilizadas en experiencias de producción de camarón con este producto en Tailandia.

** El pH del agua de la piscina es variable.

*** El dato de salinidad corresponde a un promedio, proveniente de un rango de 17-34 ppm.

El proceso de la extensión se lleva a cabo durante 3 días, en el cual ya no se generan gases, el pH de la mezcla es 3.5 o menos y se presenta un concentrado olor a fermento. Este producto se denomina EM Extendido (EM Ext) el cual será utilizado para las aplicaciones al suelo y al agua.

- c) Preparación del abono orgánico fermentado (bokashi): el propósito de esta enmienda es incorporar microorganismos al suelo de las piscinas de producción de camarón, además de un sustrato donde determinados organismos nativos proliferen y constituyan fuente de alimentación primaria del camarón.

Este insumo es una mezcla de fuentes de proteínas, lípidos y carbohidratos fermentados con EM. Existen varios tipos de mezclas para hacer bokashi, pero en este estudio fueron utilizados los

siguientes materiales en sus respectivas proporciones: palmiste (20%), polvillo de arroz (20%), ceniza de cáscara de arroz (10%) y fibra (50%) provenientes de diversos materiales molidos como tuza y cáscara de maíz.

Todos los materiales necesarios para elaborar este insumo deben tener un bajo porcentaje de humedad (menor al 13%) y su fermentación se realiza aplicando homogéneamente 1 litro de EMA diluido en 4 litros de agua dulce por cada saco de 40 kilogramos. Posteriormente la mezcla fue depositada en sacos plásticos, procurando sacar el aire del interior de los sacos plásticos con el propósito de desalojar la mayor cantidad de oxígeno y así favorecer la fermentación, proceso que se lleva a cabo durante 10 días.

Es importante mencionar que, debido a que se ha desalojado el aire del interior del saco plástico, el proceso de fermentación de los materiales no debe incrementar la temperatura de la mezcla, misma que deberá mantenerse a temperatura ambiente. Si esto no ocurre, es un indicativo de que el proceso no fue realizado apropiadamente y la calidad del bokashi no será de la requerida. Si el proceso fue realizado adecuadamente, la mezcla deberá tener una temperatura menor o igual a la ambiental, y al décimo día presentará un fuerte olor a fermento.

Como se puede apreciar, la aplicación de la Tecnología EM amerita una adecuada organización de preparación de insumos, a lo cual se suma la adquisición de criterios y procedimientos básicos e importantes como asepsia, fermentación y pleno conocimiento de que se está trabajando con organismos vivos. Esta particularidad hace que un componente importante de la Tecnología EM sea la capacitación a todo nivel dentro de la empresa camaronera, desde la Gerencia hasta la parte operativa.

Las piscinas producidas con Tecnología EM se rigen bajo el siguiente protocolo de producción:

Cuadro 8. Protocolo de producción de camarón con Tecnología EM en el sistema extensivo de producción de la camaronera El Rosario S.A. (ERSA).

Factor	Aplicación bokashi (kg/ha)	Aplicación EMA (lts/kg)	Aplicación EM ext (lts/ha)	Consideraciones/observaciones
Suelo	400	0	500	Aplicación en condiciones de suelo húmedo mínimo 3 días antes de empezar el llenado de la piscina.
Agua	0	0	200	Mínimo 3 aplicaciones por semana.
Alimento	0	0.1	0	Fermentación del alimento balanceado por mínimo 4 horas máximo 24 horas.

Fuente: Fabián Castillo (2004).

La aplicación de bokashi en condiciones de suelo húmedo es muy importante para la actividad de los microorganismos de EM en la descomposición de la materia orgánica del fondo de la piscina, permitiendo de esta manera la reducción de gases nocivos (sulfuro, metano) para el camarón.

Las aplicaciones de EM extendido al agua cumplen la función de desplazar microorganismos patógenos (especialmente vibrios) que afectan la salud del camarón. La frecuencia y dosis de aplicación establecida (200 lts EM extendido/ha) fue establecida por experiencias previas en Tailandia, país en el cual las dosis y frecuencias de aplicación son muy variables. Por ello, no existen referencias científicas como indicadores de dosis y frecuencias de aplicación.

Por medio de la fermentación del alimento balanceado se pretende incorporar al pellet los microorganismos contenidos en EM, con el propósito de que los mismos lleguen al tracto digestivo del camarón y desplacen a los microorganismos patógenos que lo colonizan. Un beneficio adicional de fermentar el alimento balanceado es la generación de alcoholes y predigestión del pellet, facilitando de esta manera digestibilidad del alimento.

El uso de mano de obra en este sistema de producción es considerable, dado que la preparación de los insumos y las aplicaciones de bokashi, fermentación del alimento balanceado y aplicaciones de EM extendido al agua se realizan manualmente.

3.6.2. Sistema de producción extensiva con tecnología convencional.

Es importante puntualizar que el Tratamiento Convencional se refiere a los métodos de producción que contemplan el uso de sustancias químicas principalmente para la desinfección del agua y suelo, y que para efectos de este estudio fueron considerados como testigo. El Tratamiento Convencional está formado de los siguientes protocolos de producción:

D2= protocolo de desinfección, en el cual se utiliza principalmente cal dirigida al suelo y al agua.

PE= protocolo Petrilli que contempla el uso de amonio cuaternario para la desinfección de la columna de agua.

AM= protocolo basado en el uso de amonio.

Los protocolos anteriormente mencionados corresponden a metodologías de producción implementadas por el departamento de producción de ERSA, por medio de los cuales buscan desinfectar la columna de agua previa a la siembra de camarón, y posteriormente cuando se presentan síntomas de ataques bacterianos en el camarón durante su ciclo de producción. Es usual la combinación de estos protocolos con el uso de antibióticos mezclados con el alimento balanceado.

El proceso de producción arranca con un proceso que se denomina secado de las piscinas, proceso que abarca el desalojo del agua remanente del ciclo productivo anterior, desalojo de materia orgánica sedimentada (cuyo contenido está conformado principalmente por restos de alimento balanceado, excremento de camarón, restos de camarones muertos) principalmente de las orillas y esquinas de las piscinas, aplicación de cal en puntos de alta acumulación de materia orgánica sedimentada. Luego, las piscinas entran a un periodo de barbecho que puede durar entre 5 y 10 días, siempre esforzándose para que el mismo sea lo más reducido posible y así lograr más ciclos de producción por piscina/año. Una vez que ha concluido este proceso, la preparación de la piscina continúa con su llenado por medio de agua que es abastecida por medio de canal de distribución. El agua de dicho canal a su vez proviene de un reservorio en el cual es vertida el agua succionada de uno de los ramales del estero. Una vez que la piscina cuenta con una columna de agua de aproximadamente 1.5 metros, se procede con la siembra de las larvas de camarón.

Con el propósito de fomentar la aparición de algas que sirvan como fuente de alimentación del camarón durante sus primeras fases de desarrollo, se suele aplicar fertilizantes nitrogenados a la columna de agua controlando que la concentración de nitritos y amonio no excedan los parámetros

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de la muestra fueron analizados preliminarmente para determinar la calidad de los mismos (validez, precisión, representatividad). Los modelos de análisis estadísticos para interpretar el efecto de los tratamientos expresados en la matriz Y, fueron ajustados y no ajustados por las variables de la matriz X. El programa de análisis utilizado fue SAS (Statistical Analysis System). Los parámetros estimados fueron descriptivos, comparativos y de relación, tal como se expone a continuación:

- 1) Parámetros básicos estimados: promedios, variabilidades de Y's y X's.
- 2) Análisis de varianza univariado (ANOVA o ANDEVA) para cada variable Y.
- 3) Análisis de varianza multivariado (MANOVA): análisis en el que se consideró las variables Y's, descartando las covariables (X's).
- 4) Manóva con covarianza múltiple (MANCOVA): consistente en un análisis de varianza multivariado ajustado por covarianza múltiple (correlaciones).
- 5) Análisis de covarianza (ANCOVA): promedios ajustados.

Dichos análisis fueron canalizados por medio del Departamento de Análisis Estadístico del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) localizado en Turrialba, Costa Rica.

Para facilitar el análisis de la información obtenida, los resultados de este estudio son presentados en cuatro grupos:

- 1) Estadística descriptiva.
- 2) Análisis de varianza (ANOVA).
- 3) Análisis de varianza multivariado (MANOVA).
- 4) Manóva con covarianza múltiple (MANCOVA).
- 5) Análisis de covarianza (ANCOVA).

4.1. Parámetros descriptivos estimados.

En el cuadro 9 se presenta las características generales de la información en cuanto a promedio (\bar{X}), rango (mínimo y máximo), desviación estándar (S) y coeficiente variación (CV). Se incluye

también el detalle de las variables de respuesta (Y) así como el de las covariables (X) y su correspondiente unidad.

Cuadro 9. Características generales de la información muestral.

Variables	Unidad	Parámetros Estimados				
		Promedio	Mínimo	Máximo	S	CV(%)
Y ₁ Densidad de cosecha	individuos/hectárea	19837,67	4705	49952	7639,78	38,71
Y ₂ Supervivencia	porcentaje (%)	17,38	4,16	41,14	6,63	38,17
Y ₃ Cosecha	libras/hectárea	14,41	10,03	19,88	2,04	14,19
Y ₄ Crecimiento	gramos	0,82	0,53	1,29	0,11	13,84
Y ₅ Cosecha	libras camarón con cabeza/hectárea	602,55	181	1256	205,53	34,11
Y ₆ Factor de Conversión	kilos de alimento balanceado /kilos de camarón	0,88	0,18	4,30	0,54	60,98
X ₁ Superficie	hectárea	12,49	0,90	22,10	—	—
X ₂ Paralización	Días	58,04	7,00	763,00	—	—
X ₃ Producción	Días	123,79	100,00	174,00	—	—
X ₄ Densidad siembra	larvas/hectárea	114104,30	80097,00	130583,00	—	—
X ₆ Promedio temperatura*	°C	28,36	25,12	31,30	—	—
X ₇ Salinidad	ppm	22,93	17,00	34,00	—	—

Como puede observarse en el cuadro anterior no se incluyó la covariable X₅ (protocolo de producción) por cuanto éste corresponde a la tecnología empleada en los tratamientos sujetos a comparación en el presente estudio. Tanto las variables de respuesta (Y) como las covariables (X) fueron caracterizadas en los parámetros determinados, con excepción de la desviación estándar (S) y el coeficiente de variación (CV) para las covariables (X), puesto que las mismas no corresponden a resultados de interacciones sujetas de este estudio. Los coeficientes de variación (CV) nos indican que las variables "Y" tienen un comportamiento heterogéneo a lo largo del ensayo, con excepción de las variables Y₃ (cosecha) y Y₄ (crecimiento) que tuvieron un CV relativamente bajo no así el correspondiente a la variable Y₆ (factor de conversión), lo cual nos indica que el comportamiento de la misma fue altamente heterogéneo, aspecto importante a considerar para los resultados y análisis que más adelante serán expuestos. Puede apreciarse también amplias diferencias entre los rangos mínimo y máximo, especialmente en lo que se refiere a las variables densidad de cosecha (Y₁), supervivencia (Y₂), cosecha (Y₅) y factor de conversión (Y₆), lo que nos brinda una imagen general preliminar del comportamiento heterogéneo de los sistemas de producción.

La densidad de cosecha y la sobrevivencia están íntimamente ligadas, puesto que a una mayor sobrevivencia habrá mayor cantidad de individuos/hectárea (densidad) al momento de la cosecha. Además, es pertinente recalcar que la información proviene de piscinas de producción de diversos tamaños, lo cual incide en el rango de la variable Y_1 (densidad de cosecha), no así en la Y_2 (sobrevivencia) pues su unidad de medida es porcentual.

El rango amplio de la variable Y_3 (cosecha) puede explicarse por varias interacciones de las covariables (X) como de las variables de respuesta (Y) puesto que, en el caso de estas últimas, sus resultados convergen en uno que resume toda la campaña de producción de camarón: la cosecha (libras de camarón entero/hectárea). De igual manera, el tamaño de las piscinas también incide en el rango presentado por la variable "cosecha".

En cuanto a lo que a la variable Y_6 (factor de conversión) concierne, el rango amplio puede explicarse por el comportamiento heterogéneo de la larva de camarón respecto a la alimentación, decisión gerencial de aumentar peso de los camarones para aprovechar el buen precio puntual del crustáceo en determinado granaje, combinación de bokashi (abono orgánico fermentado) en la dieta alimenticia, entre otras en cuyo caso no fueron objeto de este estudio, no obstante esta variable es de particular interés de estudio por cuanto los microorganismos contenidos en uno de los insumos de la Tecnología EM pudieron ejercer un efecto positivo en la conversión alimenticia del camarón, pues fueron utilizados en la fermentación del alimento balanceado y en consecuencia éste pudo servir de transporte de uno de los microorganismos contenidos en el EM y que mejora los procesos digestivos: *Lactobacillus* spp.

Las covariables presentan diversas amplitudes de rango debido a circunstancias particulares. La variable X_1 (superficie) presenta un rango amplio debido a que las piscinas utilizadas en la producción abarcan estructuras utilizadas como pre criaderos (de tamaño pequeño) y piscinas de producción (de tamaño grande), además de que el sitio de muestreo (campamento de la isla Quiñónez) cuenta con piscinas de producción de tamaño diverso.

En lo que a la variable X_2 (días de paralización) se refiere, su amplio rango se explica en decisiones operativas y gerenciales que prolongan o acortan el periodo en que una piscina entra en barbecho después de la cosecha de camarón. Este periodo de descanso constituye una práctica cultural que facilita la descomposición de la materia orgánica acumulada en el fondo de las piscinas, en varias de las cuales este periodo fue amplio debido a la paralización parcial de la producción por efectos

del severo ataque del virus de la mancha blanca al igual que por la reducción de recursos para producción.

La densidad de siembra (X_4) es prácticamente constante puesto que en sistemas de producción extensivos de camarón, como el que es objeto de este estudio, se estila sembrar un promedio de 100 mil larvas/hectárea.

La variable temperatura corresponde a la obtenida en el agua de las piscinas, registrándose diferencias no sustanciales entre su rango máximo y mínimo. En cuanto a salinidad, algo importante a considerar es que la amplitud del rango se debe a los momentos escogidos en el muestreo, puesto que en marea baja la concentración de sal en el agua es mayor que en marea alta.

Cuadro 10. Desempeño general de las dos tecnologías o protocolos de producción.

Sistema de Producción	n_i	\bar{Y}_i^1 (densidad cosecha)	\bar{Y}_i^2 (sobrevivencia)	\bar{Y}_i^3 (cosecha)	\bar{Y}_i^4 (crecimiento)	\bar{Y}_i^5 (lbs cabeza/ha)	\bar{Y}_i^6 (factor de conversión)
Protocolo EM	52	20537.4	18.16	14.22	0.82	609.90	0.72
Protocolo Convencional	24	18321.5	15.70	14.81	0.84	586.63	1.23
Calificaciones		EM>C	EM>C	C>EM	C>EM	EM>C	C>EM

En el cuadro anterior se puede apreciar el desempeño general de las dos tecnologías o protocolos de producción de camarón evaluados. Aunque las diferencias entre los resultados de ambas tecnologías no fueron significativas, las variables de respuesta medidas indican resultados favorables para el Protocolo de Producción con Tecnología EM. Particularmente interesante son los resultados del factor de conversión, pues el mismo es menor en el Protocolo de producción con Tecnología EM que en Protocolo de producción con Tecnología Convencional, lo que significa menor gasto en alimentación sin afectar la ganancia de peso del camarón. Los resultados del cuadro anterior corresponden a promedios de cada una de las variables medidas.

Este análisis en particular refleja un alto grado de interés puesto que los dos protocolos de producción evaluados son, por así decirlo, antagonistas. Debemos recordar que el Protocolo de Producción con Tecnología EM propone un método producción amigable con el medio ambiente (uso de abono orgánico fermentado, microorganismos benéficos), mientras que el Protocolo de Producción con Tecnología Convencional representa a métodos de producción a través de insumos químicos (principalmente desinfectantes de amplio espectro), antibióticos y alimentación.

Con la finalidad de determinar si las diferencias entre los resultados promedios obtenidos en las variables de respuesta (Y) eran o no estadísticamente significativos, se procedió a realizar un ajuste a la media de cada una de las variables de respuesta, tal como se detalla más adelante.

4.2. Comparación univariada de los promedios de respuesta a los tratamientos.

El análisis de varianza univariado (ANOVA) fue realizado para detectar diferencias entre las variables de respuesta (Y's) excluyendo las covariables (X's). Para ello se utilizaron los resultados obtenidos para cada variable de respuesta (Y's) respecto al protocolo de producción correspondiente (X_s), mismos que se identifican con T₁ para la Tecnología EM y T₂ para la Tecnología Convencional. Los resultados obtenidos se exponen en los siguientes cuadros.

4.2.1. Análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias entre los sistemas o protocolos de producción sin incluir las covariables (X's).

El análisis de varianza univariado nos permitió conocer si los resultados obtenidos, en las seis variables de respuestas medidas, tienen diferencias estadísticamente significativas entre los protocolos o sistemas de producción de camarón evaluados, excluyendo el efecto que sobre las variables de respuestas tuvieron las covariables.

Cuadro 11. Análisis de varianza individual para detectar diferencias entre protocolos sin considerar covariables.

Variable de respuesta	N	Protocolo de producción	Valor crítico de Duncan	Media	Nivel de significancia	
Y ₁ (densidad de cosecha)	52	1	4646	20537	A	ns
	24	2		18322		
Y ₂ (sobrevivencia)	52	1	3,751	18.157	A	ns
	24	2		15.698		
Y ₃ (cosecha)	52	1	1.453	14.2244	A	ns
	24	2		14.8133		
Y ₄ (crecimiento)	52	1	0.09042	0.81596	A	ns
	24	2		0.83750		
Y ₅ (lbs cabeza/ha)	52	1	115.9	609.90	A	ns
	24	2		586.63		
Y ₆ (factor de conversión)	52	1	0.3217	0.7185	B	**
	24	2		1.2308		

ns: no significativo. **: muy significativo (1%).

Tal como se puede observar en el cuadro anterior, la única variable de respuesta que presentó diferencia altamente significativa entre los protocolos de producción fue la Y₆ (factor de conversión), resultado que reitera que la tasa de conversión alimenticia fue mejor con el Protocolo de Producción con Tecnología EM que aquel obtenido con la Tecnología Convencional. Las demás variables de respuesta no presentaron diferencias significativas entre los protocolos de producción. La diferencia registrada en la variable Y₆ entre los protocolos de producción utilizados puede estar explicada por el efecto de los microorganismos sobre el alimento balanceado proporcionado a los camarones, razón por la cual se procedió a analizar el comportamiento de las variables de respuesta "Y's" respecto a los protocolos de producción evaluados, descartando la inclusión de las otras covariables. Los resultados obtenidos se exponen a continuación:

4.2.2. Análisis de varianza para cada una de las variables de respuesta (Y's) incluyendo el efecto de la covariable X₅ (protocolo o sistema de producción).

De todas las covariables incluidas en la investigación la X₅ (protocolo de producción) corresponde a aquella directamente involucrada en el objetivo principal del presente estudio, esto es, comparar los resultados de la producción de camarón a través de la aplicación de los protocolos EM y convencional. Con la finalidad de determinar si el protocolo de producción influenciaba o no en los resultados obtenidos en cada una de las variables de respuesta medidas, se procedió a realizar un análisis de varianza para cada una de las variables Y's excluyendo el efecto de las covariables con excepción de la covariable X₅. Los resultados obtenidos se exponen en el cuadro no. 12.

Cuadro 12. Análisis de varianza de cada una de las variables Y's (sin incluir covariables).

Covariable:		X ₅	protocolo de producción					
Número de niveles:		2						
Número de observaciones:		76						
Variable de respuesta		N	Cuadrado medio	R ²	CV (%)	S	Promedio	Prueba de F
Y ₁ (densidad de cosecha)	Y ⁽¹⁾ _{ij}		30629510	0.012060	47.624546	3447.620	19837.670	
	1	52					20537.423	NS
	2	24					18321.642	NS
Y ₂ (porcentaje de sobrevivencia)	Y ⁽²⁾ _{ij}		99.308916	0.027548	43.88420	7.627305	17.38053	
	1	52					18.15712	NS
	2	24					15.69792	NS
Y ₃ (cosecha)	Y ⁽³⁾ _{ij}		5.6950721	0.006739	26.60005	2.954576	14.41039	
	1	52					14.22442	NS
	2	24					14.01333	NS
Y ₄ (crecimiento)	Y ⁽⁴⁾ _{ij}		0.00761781	0.003035	22.35088	0.193888	0.822763	
	1	52					0.815962	NS
	2	24					0.837500	NS
Y ₅ (lbs/cabeza/ha)	Y ⁽⁵⁾ _{ij}		8998.645	0.002161	36.18673	236.6326	602.5526	
	1	52					609.9038	NS
	2	24					585.6250	NS
Y ₆ (factor de conversión)	Y ⁽⁶⁾ _{ij}		4.31093448	0.119806	74.30623	0.654214	0.880263	
	1	52					0.718365	*
	2	24					1.230833	NS

NS: no significativo. *: significativo (5%).

Como puede observarse en el cuadro anterior, los resultados obtenidos de F , no existen diferencias significativas en ninguno de los resultados de los diferentes protocolos de producción utilizados, a excepción de la variable Y_4 (peso del camarón).

Pese a lo descrito en el párrafo anterior, el presente estudio obtuvo mejores resultados en las variables Y_1 , Y_2 y Y_3 . La diferencia significativa observada en la variable Y_4 es de particular interés, puesto que demuestra que con el protocolo EM se obtiene una ganancia del camarón es mejorada, requiriendo invertir menos recursos económicos, y por ende menos dinero, para incrementar el peso del camarón. Una ventaja importante derivada del producto EM en las mezclas de alimento balanceado, para tener en cuenta la conservación microbiana, EM contiene microorganismos probióticos como el *Lactobacillus* que ayudan a mejorar procesos digestivos.

Al realizar el análisis canónico de los protocolos de producción (convencional y EM), es decir, la influencia de la variable X_5 respecto al conjunto de las variables de respuesta Y 's, se obtiene que la correlación canónica es 0.55, y una prueba estadística de verosimilitud altamente significativa pues fue 0.00. El resultado de esta prueba demuestra que la variable X_5 (protocolo de producción) tiene un efecto altamente significativo en el conjunto de todas las variables de respuesta, situación que nos indica que el protocolo EM influye sobre el total de las respuestas de las variables Y 's.

4.3. Análisis de varianza multivariada (MANOVA)

Para corroborar lo expuesto en el párrafo anterior se realizó un análisis de varianza multivariada de los 6 principales vectores de las variables de respuesta Y 's, obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 13. Análisis de varianza multivariado de los 6 vectores de las variables de respuestas Y's.

Variable	Total canónico 1	Coefficiente canónico 1 estandarizado	Valor de F	Nivel de significancia	Significancia
Y ₁ (densidad de cosecha)	-0.1983	-0.36105797	5,09	0.0002	***
Y ₂ (supervivencia)	-0.2711	-1.38183123			
Y ₃ (cosecha)	0.1688	-0.29482222			
Y ₄ (crecimiento)	0.0995	0.74890712			
Y ₅ (lbs/cabeza/ha)	-0.0839	2.26214520			
Y ₆ (factor de conversión)	0.6249	1.45918159			

***: altamente significativa.

A los valores expuestos en el cuadro anterior les fue aplicada la prueba exacta de F para el comparador Lambda (Wilk), obteniendo como resultado una diferencia altamente significativa entre el efecto de los dos protocolos de producción aplicado al conjunto de las variables de respuesta Y, lo cual respalda con mayor fortaleza el mejor efecto que tuvo la Tecnología EM sobre el total de las variables de respuesta en comparación con la Tecnología Convencional.

4.4. Análisis de varianza multivariado (MANCOVA)

La correlación parcial es un análisis ajustado para obtener la correlación efectiva entre las variables de respuestas, esto con el propósito de determinar posibles correlaciones entre las variables de producción.

Cuadro 14. Matriz de correlaciones parciales estimadas del análisis de varianza multivariado (correlaciones sin considerar los factores que influyen la producción), proveniente de la matriz del error.

Y ₁ (densidad de cosecha)	Y ₂ (sobrevivencia)	Y ₃ (cosecha)	Y ₄ (crecimiento)	Y ₅ (lbs cabeza/ha)	Y ₆ (factor de conversión)	
1	0.960747 **	-0.474168 **	-0.503518 **	0.913299 **	-0.233766 *	Y ₁ (densidad de cosecha)
	1	-0.410164 **	-0.416840 **	0.914969 **	-0.286416 *	Y ₂ (sobrevivencia)
		1	0.838895 **	-0.125430 ns	-0.467971 **	Y ₃ (cosecha)
			1	-0.206274 *	-0.513658 **	Y ₄ (crecimiento)
				1	-0.463123 **	Y ₅ (lbs cabeza/ha)
					1	Y ₆ (factor de conversión)

NS: no significativo. *: significativo (5%). **: muy significativo (1%).

Los resultados del cuadro anterior reflejan los coeficiente de correlación parcial estimados para las variables de respuesta, excluyendo la influencia de cualquier factor sobre las variables Y's como los protocolos de producción (convencional y Tecnología EM). Los resultados demuestran que en la mayoría de las correlaciones existen diferencias significativas al 1%, lo que indica que las mismas son altamente significativas, más aún cuando provienen de la matriz del error y por lo tanto están libres de la influencia de cualquier factor.

Independientemente de los signos de los valores incluidos en la matriz, las correlaciones son significativas debido a que los grados de libertad de error son bastante altos, de ahí que se registren diferencias significativas y muy significativas. Pese a que la correlación realizada es parcial, es decir se excluyó los factores que pudiesen incidir en las variables de respuesta, se registró un valor no significativo entre las variables Y₃ y Y₅, lo que nos indica que entre ambas no hay correlación.

4.5. Análisis de covarianza (ANCOVA)

El análisis de covarianza representa un modelo lineal general que fusiona el análisis de varianza univariado (ANOVA) y la regresión lineal múltiple, a través del cual se elimina la heterogeneidad provocada en una variable de respuesta (Y's) por la influencia de una o más covariables (X's), reduciendo así la variabilidad.

4.5.1. Análisis de promedios ajustados de cada tratamiento por medio de 6 covariables simultáneamente.

Por medio de este análisis se determinó el nivel de significancia entre las diferencias entre los promedios ajustados de los protocolos de producción utilizados en la investigación.

Cuadro 15. Promedios ajustados de cada tratamiento por medio de seis covariables simultáneamente.

Variabes de respuesta	Protocolo de producción	Media ajustada	Grado de significancia	Nivel de significancia
Y ₁ (densidad de cosecha)	1	19107.9703	0.2909	ns
	2	21418.6894		
Y ₂ (sobrevivencia)	1	16.7830358	0.3191	ns
	2	18.6750890		
Y ₃ (cosecha)	1	14.4932861	0.6528	ns
	2	14.2307968		
Y ₄ (crecimiento)	1	0.82700648	0.6791	ns
	2	0.81356929		
Y ₅ (lbs cabeza/ha)	1	582.229208	0.2743	ns
	2	646.586715		
Y ₆ (factor de conversión)	1	0.71349701	0.0009	**
	2	1.24158982		

NS: no significativo. *: significativo (5%). **: muy significativo (1%).

En el cuadro anterior se observa el nivel de significancia de las variables de respuesta acorde a sus medias o promedios ajustados, destacándose que el factor de conversión (Y_6) refleja una diferencia significativa entre los protocolos de producción objeto del presente estudio. El comportamiento de las demás variables de respuesta no registró diferencias significativas entre los protocolos. Lo anterior indica que en cuanto a factor de conversión se refiere, el Protocolo de Producción con Tecnología EM es más eficiente que el Protocolo de Producción con Tecnología Convencional, aspecto importante a considerar puesto que un factor de conversión reducido significa mejor conversión alimenticia y en consecuencia ahorro de dinero. La media ajustada de la variable de respuesta Y_6 (factor de conversión) para el Protocolo de Producción con Tecnología EM es 0,71, lo que significa que para obtener 1 kilo de camarón requiero 0.71 kilos de alimento balanceado, por el contrario, con el Protocolo de Producción con Tecnología Convencional se requiere 1,24 kilos de alimento balanceado para obtener 1 kilo de camarón.

4.5.2. Análisis de covarianza para cada variable de respuesta (Y) en función de las covariables (X).

Por medio de este análisis se determinó, a través de la aplicación de la prueba de F, si los resultados de las variables de respuesta (Y's) fueron influenciados por el efecto en conjunto de las covariables (X's).

Cuadro 16. Análisis de covarianza para cada variable de respuesta (Y) en función de las covariables (X).

Variabes de respuesta	Promedio	Valor de F	Grado de significancia	Nivel de significancia	R ²
Y_1 (densidad de cosecha)	19,837,67	6,65	<0,0001	***	0,406357
Y_2 (sobrevivencia)	17,38053	4,58	0,0003	***	0,320360
Y_3 (cosecha)	14,41039	12,56	<0,0001	***	0,563787
Y_4 (crecimiento)	0,822763	17,95	<0,0001	***	0,648884
Y_5 (lbs cabeza/ha)	602,5526	4,21	0,0007	***	0,302416
Y_6 (factor de conversión)	0,880263	8,13	<0,0001	***	0,455464

***: altamente significativo (> a 1%).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El cuadro anterior muestra los resultados de un análisis de covarianza a cada una de las variables de respuesta. El resultado de covarianza (X). Dicho análisis refleja un altísimo nivel de significancia en todos los casos. Estos resultados demuestran que las variables de respuesta son altamente correlacionadas que operan las covariables (X) en su conjunto.

Los resultados de los análisis de covarianza de las variables de respuesta (Y) son:

Los análisis de covarianza de las variables de respuesta (Y) demuestran un altísimo nivel de significancia en todos los casos. Estos resultados demuestran que las variables de respuesta son altamente correlacionadas que operan las covariables (X) en su conjunto.

Los resultados de los análisis de covarianza de las variables de respuesta (Y) demuestran un altísimo nivel de significancia en todos los casos. Estos resultados demuestran que las variables de respuesta son altamente correlacionadas que operan las covariables (X) en su conjunto.

Los resultados de los análisis de covarianza de las variables de respuesta (Y) demuestran un altísimo nivel de significancia en todos los casos. Estos resultados demuestran que las variables de respuesta son altamente correlacionadas que operan las covariables (X) en su conjunto.

Los resultados de los análisis de covarianza de las variables de respuesta (Y) demuestran un altísimo nivel de significancia en todos los casos. Estos resultados demuestran que las variables de respuesta son altamente correlacionadas que operan las covariables (X) en su conjunto.

Los resultados de los análisis de covarianza de las variables de respuesta (Y) demuestran un altísimo nivel de significancia en todos los casos. Estos resultados demuestran que las variables de respuesta son altamente correlacionadas que operan las covariables (X) en su conjunto.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.1.1. Efecto general de las variables (X's) en las variables de respuesta (Y's).

- a. Los análisis estadísticos realizados individualmente a cada variable de respuesta, sin considerar las covariables, demuestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las variables de respuestas obtenidas en la producción de camarón con Tecnología EM y con Tecnología Convencional, con excepción de la variable de respuesta Y_6 o factor de conversión.
- b. La variable de respuesta Y_6 registró una diferencia altamente significativa a favor de la Tecnología EM, pues los valores de los factores de conversión obtenidos en la prueba de campo resultaron menores que aquellos provenientes de la Tecnología Convencional.
- c. El resultado de la investigación demostró que la variable de respuesta Y_6 (factor de conversión) está influenciada por el protocolo de producción (covariable X_3), tal como se demostró al realizar el análisis de los promedios ajustados. Esta situación se explica por el efecto de uno de los microorganismos utilizados en el Protocolo de Producción con Tecnología EM, esto es el *Lactobacillus* spp., el cual contribuye a los procesos digestivos del camarón, pues en su alimentación se utilizó alimento balanceado mezclado con microorganismos.

5.1.2. Respuesta ajustada de las variables de respuesta (Y's).

- d. Al realizar un análisis más preciso respecto a la influencia de los protocolos de producción sobre el conjunto de las variables de respuesta (Y), se determinó que entre los protocolos existe una diferencia altamente significativa, lo que permite detectar el efecto positivo que tiene el Protocolo de Producción con Tecnología EM respecto al conjunto de las variables de respuesta expresadas en la producción de camarón.

- e. Lo indicado en el párrafo anterior se corrobora con los resultados obtenidos al aplicar una prueba de correlación parcial en la cual, al separar el efecto de los factores que inciden en la producción de camarón entre ellos los protocolos de producción, se obtuvo que todas las correlaciones, excepto una, entre las variables de respuestas sean altamente significativas. Esto explica el efecto positivo y diferenciador del Protocolo de Producción con Tecnología EM en comparación con el Protocolo de Producción con Tecnología Convencional.

5.2. Recomendaciones.

- a. 5.2.1. Con base en los resultados obtenidos, y con la finalidad de valorizar el efecto positivo que tuvo el Protocolo de Producción con Tecnología EM sobre la variable de respuesta Y_6 (factor de conversión), se recomienda cuantificar los ahorros de alimento balanceado pues con dicho protocolo el factor de conversión fue menor que el obtenido con el Protocolo de Producción Convencional.
- b. 5.2.2. Dado que la variable de respuesta Y_6 (factor de conversión) fue una de las variables indicadoras de las diferencias obtenidas entre los protocolos de producción, se debe investigar la influencia del microorganismo *Lactobacillus* spp. contenido en el Protocolo de Producción con Tecnología EM, para así determinar si el mismo influyó en la mejor eficiencia de conversión alimenticia obtenida a través del citado sistema de producción.
- c. 5.2.3. Debido a que las covariables (X) tuvieron un efecto significativo sobre las variables de respuesta (Y), se recomienda realizar más investigaciones considerando las variables espacial y cronológica, esto es, ampliar el estudio a más áreas camaroneras del país incluyendo la continuidad de la aplicación de los protocolos de producción en el tiempo.
- d. 5.2.4. Con el propósito de determinar el efecto del Protocolo de Producción con Tecnología EM en otros sectores camaroneros del país, es importante que la muestra sea representativa debido a la variabilidad de los factores de producción, respecto a lo cual se deberá contar con la mayor cantidad de datos posibles de dichos factores para así identificar con precisión el peso de cada uno de ellos en las variables de respuesta.

BIBLIOGRAFÍA

- AKAMINE, Y. 1995. Estado del cultivo de larvas de camarón en el Ecuador y su futuro. Memorias del Congreso Guineense de Acuicultura, Ecuador. Páginas 75-79.
- AQUA CULTURA. Revista Acuicultura del Ecuador. Órgano Especial de la Cámara Nacional de Acuicultura. Ecuador. 20 años. 1999.
- AQUA CULTURA. Revista Acuicultura del Ecuador. Revista especializada de la Cámara Nacional de Acuicultura. Ecuador. 20 años. 1999.
- BATICADOS, M.; CIRIACO, R.; BURENBERG, R. 1996. Studies on the chronic soft-shell syndrome in the tiger grass, *Potamogeton nodosus* (Linn.) from brackishwater ponds. Science Direct. Páginas 27-35. Consultado en septiembre de 2006 en http://www.sciencedirect.com/science?_ob=URI&url=/B011-3624-99962P-DB&user=186_www/Doc/199/2006/09/27-35%20Baticados%20et%20al%20-%20Soft-shell%20syndrome%20in%20tiger%20grass%20-%20ScienceDirect.pdf
- CALDERÓN, J.; BAYOT, R. 1998. Manejo de la reproducción del camarón de punto blanco (WSV) en Ecuador. Fundación CENACAP (1997). Ecuador.
- FAO. 2004. Manejo sanitario y mantenimiento de las instalaciones en los sistemas de producción de camarón blanco (*Penaeus vannamei* (Rivers)). Centro de Recursos de Agua Continentales y Acuicultura, Dirección de Recursos Acuáticos, Departamento de Pesca, Italia. Páginas 12-20.
- FAO. 2005. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación. FAO publications related to aquaculture in Ecuador. Consultado en mayo 2005 en <http://www.fao.org/Salmon/contenidos/contenidos.asp>
- FEGAN, D. (SF). El impacto de la enfermedad del camarón blanco en la producción del camarón. Programa de Biotecnología del Camarón. INTAC, Panamá.

- MARIDUEÑA, L. 2002.** Acuicultura sostenible: sentando las bases para un modelo. Revista Acuicultura del Ecuador. Revista especializada de la Cámara Nacional de Acuicultura. Octubre 2002. Ecuador. Páginas 31-33.
- NOTARIANNI, E. 2006.** Ecuador después de la mancha blanca (presentación). Análisis del efecto de la mancha blanca en la industria del camarón. Ecuador. Consultado en septiembre de 2006 en <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Camaron%20Ecuador%20despu%20de%20la%20WSSV.pdf>
- REVISTA ACUACULTURA DEL ECUADOR. 2002.** Entrevista al Ing. Eduardo Maldonado, Gerente de División de NIRSA (Negocios Industriales Real S.A.). Revista especializada de la Cámara Nacional de Acuicultura. Octubre 2002. Ecuador. Páginas 9-15.
- RIVERA, L. 1993.** Historia del cultivo de larvas de camarón en el Ecuador y su futuro. Memorias del I Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. Ecuador. Páginas 157-162.
- VITERI, B; CRESPO, C. 2005.** Sistemas de producción de camarón en El Rosario S.A. Campamento Isla de Los Quiñónez. Ecuador. (Comunicación personal).

