# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Instituto de Ciencias Matemáticas**

"Análisis Estadístico de las Enfermedades del Camarón:

Caso Guayas"

**TESIS DE GRADO**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA**

Presentada por:

Fabricio Gustavo Jurado Larrea

**RESUMEN DEL CYCIT**

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2002

# TITULO: “Análisis Estadístico de las enfermedades del camarón: Caso Guayas”

**AUTOR: Fabricio Gustavo Jurado Larrea1**

**DIRECTOR: Mat. John Ramírez Figueroa2**

**1Ingeniero en Estadística Informática. 2002. ESPOL.**

**2Matemático especializado en Estadística y Procesos Estocásticos. 1996. Escuela Superior Politécnica Nacional.**

# 1. RESUMEN

El presente estudio estadístico, trata de plasmar todas las técnicas aplicadas a la acuicultura, cuyo principal problema es la crisis de las enfermedades causada en el periodo de 1999 al 2000. El primer capítulo se refiere a los antecedentes, cultivo, desarrollo, métodos de diagnostico y tipos de enfermedades que afectan a las camaroneras de la provincia.

El segundo capítulo un marco teórico, donde se encuentran detalladas las definiciones y técnicas multivariadas, como de series temporales. En el tercer capitulo se aplica las técnicas estadísticas a los datos proporcionados y resultados obtenidos para cada análisis.

En el capítulo cuarto se detallan las conclusiones y recomendaciones, de este estudio.

# 2. INTRODUCCIÓN

Para el sector camaronero fue el mejor año fue 1998, pero nunca se previo que al siguiente año el virus de la mancha blanca iba a causar la más grave crisis a la industria. Con esto, surgen muchas hipótesis, ¿Qué situación vivió el sector camaronero en la provincia del Guayas, en la época de 1998 al 2000?, ¿ La producción entre las camaroneras disminuyo radicalmente?, ¿Qué factores medioambientales inciden en el desarrollo de las enfermedades?, ¿Qué métodos de diagnostico son más utilizados?, ¿El sector camaronero de la provincia del Guayas podrá reponerse tal grave situación?.

Para responder estas hipótesis hemos tratado de utilizar ciertas técnicas estadísticas, tales como la dependencia entre variables, componentes principales y series temporales.

Las hipótesis con las que hemos plasmado esta investigación son:

1. El promedio de siembra, cosecha y mortalidad son factores que inciden en la afección de las enfermedades
2. Los factores medioambientales más importantes, afectan directa o indirectamente en la detonación de una enfermedad en las piscinas.
3. La capacidad de la piscina influye en la rapidez con que el virus se propague.

Por lo tanto se establecen los siguientes objetivos:

1. Tener una perspectiva general de la situación de la provincia del Guayas, en cuanto a las enfermedades se refiere.
2. Establecer y cuantificar la relación existente entre variables de producción, capacidad, variables medioambientales y variables de afección por enfermedades.
3. Encontrar modelos matemáticos que permitan desarrollar predicciones sobre las variables medioambientales.

**3. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL**

La producción mundial de camarón cultivado está en manos de siete países, los cuales se encuentran en vías de desarrollo. Asia es la región más importante, con una producción de 80% del camarón cultivado del mundo. América Latina produce la mayor parte del resto.

Siete países producían el 86% de la producción de camarón cultivado en 1995 (seis asiáticos y uno latinoamericano). Las granjas camaroneras esparcidas por el Sudeste Asiático cosecharon 558.000 toneladas en 1995, lo que correspondió al 78% de la producción mundial del camarón cultivado. En comparación, la industria camaronera del hemisferio occidental, encabezada por la producción del Ecuador, de 100.000 toneladas anuales, obtuvo un total regional de 154.000 toneladas.

En total, se produjeron unas 712.000 toneladas de camarón en granjas, durante 1995. Esto es aproximadamente el 26% de la producción total del mundo (combinando granjas y pesca) que superó los 2.6 millones de toneladas en 1995.

El título de mayor productor mundial de camarón cultivado ha cambiado de manos varias veces en los últimos años, de Ecuador a Taiwán, pasando por Indonesia, China y hoy, Tailandia. Este país ha sido el principal productor mundial de camarón cultivado durante varios años, a pesar de los serios problemas de salud del camarón que han padecido.

Tailandia produjo 220.000 toneladas de camarón cultivado en 1995, el doble de la producción de 1990, y casi un tercio de la producción mundial de 1995. Aunque la tendencia de que sean pocos países los que dominen el mercado no es probable que cambie en el corto plazo, los principales países productores de hoy podrían no ser los mismos dentro de unos pocos años. Hay varios países en África y Latinoamérica que son conocidos como los "gigantes dormidos", que parecen tener un enorme potencial de expandir las capacidades actuales y desarrollar masivamente el cultivo del camarón durante la siguiente década.

Más o menos un tercio de la cosecha mundial de camarón (pescado y cultivado) es comercializado en el ámbito internacional, equivalente a unas 900.000 toneladas. Eso es menos del 1% de la producción pesquera mundial en peso, pero el camarón es el producto marino con más valor en el mercado mundial actual. El camarón comercializado internacionalmente contribuye con más de siete mil millones de dólares al año (equivalente a un 18%) al valor de todas las exportaciones pesqueras mundiales, que alcanzan un valor de 40 mil millones de dólares. Por ejemplo, el valor de las importaciones de camarón en los Estados Unidos en 1995 (valuado en 2.7 mil millones de dólares), correspondió al 40% del valor de las importaciones comestibles totales de EE.UU. y aunque el camarón cultivado representa solo una cuarta parte de todo el camarón obtenido anualmente, constituye casi la mitad del camarón comerciado internacionalmente.

Más del 90% del camarón comercializado internacionalmente es consumido por un puñado de grandes países importadores: Japón, Estados Unidos y algunos países miembros de la Unión Europea (UE.).

Con pérdidas que llegan a los 1.200 millones de dólares, una cartera vencida de 450 millones en el Sistema Financiero Nacional, 130.000 plazas de trabajo reducidas y tan sólo 80.000 hectáreas de producción de las 175.000 existentes en el país, cierra el año 2000 el sector camaronero luego de una marcada crisis que vive, desde hace 20 meses, como consecuencia del virus de la mancha blanca.

De las 75 plantas de proceso que operaban antes de la enfermedad, más de 50 han cerrado sus puertas y las 25 restantes trabajan al 20% de su capacidad. A este panorama debe sumársele la paralización del 60% de los laboratorios de larva de los casi 300 instalados, y la actividad parcial de las 16 plantas procesadoras de alimento balanceado. Los proveedores de insumos para acuicultura también han limitado sus ventas a un 70 y 50%.

A octubre del 2000, las exportaciones del crustáceo llegaron a 68 millones de dólares, lo que representa una caída del 65% con relación al período enero – octubre del año anterior en que se generaron 567 millones de libras y 193 millones de dólares. Las proyecciones al término del año están entre 260 y 280 millones de dólares, menos de la mitad de lo que se exportó durante 1999.

# 

**4. ENFERMEDAD DE LA MANCHA BLANCA (WHITE SPOT)**

Entre los nombres que se le han asignado a esta enfermedad, se encuentran el de *"Virus China", "Síndrome de la Mancha Blanca"* (WSS), *"Baculovirus de la Mancha Blanca"* (WSBV), o *Enfermedad De La Mancha Blanca.*

En el año de 1992 se reportaron los primeros casos de mortalidad debida a esta enfermedad, en Taiwán y en el noroeste de china. Sin embargo, fue hasta los años de 1994 y 1995, cuando se manifestó con mayor fuerza en Tailandia, India, Japón, Corea y posteriormente en Texas, usa.

La presencia en forma natural de estos virus, ha sido reportada en las siguientes especies: *Penaeus monodon, p. Semisulcatus, p. Merguiensis, p. Indicuas, p. Chinensis, p. Penicillatus, p. Japónicas* y *Metapenaeus Ensis,* todos ellos altamente sensibles a la infección, y en América se ha detectado en *litopenaeus setiferus.* Asimismo, se han realizado infecciones experimentales en las especies de *P. Vannamei, P. Stylirostrís, faifa ntepeneus* *aztecus, F. Duorarum y F. Setuferus,* los cuales también resultaron ser sensibles al patógeno.

Los signos característicos de esta enfermedad comprenden la inapetencia, letárgica, cutícula blanca y la presencia de manchas blancas sobre el exoesqueleto (cefalotórax y abdomen) generalmente de forma circular de 0.5 a 2.0 m.m. aprox.

Todos los estadios de desarrollo son susceptibles a la infección, con un periodo de incubación que varia de 2 a 5 días, presentándose la fase aguda en un lapso no mayor de una semana, durante la cual los camarones pueden presentar una coloración de rosada a café-rojiza. Suelen presentarse mortalidades de hasta 100% de los organismos.

El diagnostico de la enfermedad podrá conocerse a través de la observación histológica de los cuerpos de inclusión intranucleares de la partícula viral (-70 a 150 NM por-275 a 380 NM). Localizados en la epidermis, subcutis y tejido conectivo. Otros métodos de detección son por la microscopía electrónica, el uso de sondas genéticas y la amplificación del ADN viral por medio de la *"Reacción en Cadena de la Polymerasa (Polymerase Chain Reaction)"* (PCR). Los vectores de transmisión aun son poco conocidos, sin embargo se considera que entre las principales vías de transmisión se encuentran camarones vivos y congelados, algunos crustáceos marinos, aguas residuales de embarcaciones camaroneras, aves, etc. Hasta el momento se desconocen

**5. COMPONENTES PRINCIPALES**

Componentes principales es una técnica estadística multivariada estudiada para la explicación de la varianza y covarianza de un conjunto de variables a través de un pequeño número de combinaciones lineales de las mismas llamadas componentes principales, son variables ficticias cuyo objetivo es la reducción de datos para una mejor interpretación.

**Prueba de Bartlett para Componentes**

La Prueba de Bartlett es un contraste de hipótesis que sirve para determinar si la aplicación del método de reducción de datos de componentes principales es aconsejable, la misma que se basa en el supuesto de normalidad de los datos, es decir, que las variables son independientes entre si (si las covarianzas de la matriz de varianza y covarianza son cero) de esta manera se puede postular el siguiente contraste de hipótesis:



En donde: , y el estadístico de prueba es ; donde se puede probar que  bajo ciertas condiciones teóricas tiene una aproximación a una  con hgrados de libertad, donde h = p(p-1)/2,  =(n-1) y *p* es el número de variables a ser analizadas. Si  con (1-α)100% de confianza, entonces se rechaza Ho a favor de H1.

De acuerdo con los cálculos realizados, el estadístico de prueba es de 158.876 con 15 grados de libertad y valor de significancia p es de 2.7793X10-26 entonces se rechaza la hipótesis nula Ho, es decir las variables no son independientes, por lo tanto es aconsejable aplicar la técnica de reducción de componentes principales en el presente estudio.

Para realizar esta técnica estadística, se tuvo que eliminar la relación lineal (dependencia) entre las variables SIEMBRA vs. MORTALIDAD y adicionalmente las variables de tipo cualitativo (METODO, ENFERMEDAD) ya que este es objeto de otro análisis más exhaustivo, porque no son propios de una escala.

Adicionalmente cabe resaltar que se utilizo para nuestro análisis la matriz de correlaciones, en la que se estandarizan las variables para un ajuste entre ellas y eliminar la variabilidad excesiva ( Ej: promedio de mortalidad, con la hectárea de la piscina)

***Porcentaje de Varianza para los componentes***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Componente | **Var (Yi) =** | **Porcentaje**  **de Varianza (%)** | **Porcentaje**  **Acumulado (%)** |
| 1 | 1.6316 | 27.1949 | 27.1949 |
| 2 | 1.36089 | 22.6815 | 49.8765 |
| 3 | 1.0114 | 16.8577 | 66.7342 |
| 4 | 0.9596 | 15.9937 | 82.7279 |
| 5 | 0.6665 | 11.1090 | 93.8370 |
| 6 | 0.3697 | 6.1629 | 100 |

Se observa en la tabla, que la segunda columna se encuentra para cada componente su varianza, que es máxima para la primera componente, en la tercera columna el porcentaje de explicación de la varianza y el porcentaje de explicación de la varianza acumulado.

***Componentes Principales***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **Componentes** | | |
| Variables | | **1** | **2** | **3** |
| **X2** | **COSECHA** | -0.3310 | 0.5963 | 0.1632 |
| **X3** | **MORTALIDAD** | 0.6387 | 0.1937 | 0.1370 |
| **X4** | **HECTAREA** | 0.0667 | 0.3249 | -0.5212 |
| **M1** | **SALINIDAD** | -0.0040 | -0.1560 | 0.7893 |
| **M2** | **TEMPERATURA** | 0.6842 | 0.1727 | 0.0418 |
| **E1** | **WHITE\_SPOT** | 0.0999 | -0.6687 | -0.2414 |

Para poder determinar los componentes principales en el estudio, tomamos las variables de mayor peso para cada uno de ellos.

**Primer Componente**

Promedio de Mortalidad por piscina.

Promedio de Temperatura en la piscina.

Esta componente se la denominara *MORTALIDAD- TEMPERATURA.*

Matemáticamente para el primer componente se observa:

Y1= – 0.3310X2 + 0.6387X3  + 0.0667X4 – 0.0040M1 – 0.6842M2 + 0.0999E1

**Segundo Componente**

Promedio de Cosecha por piscina.

Concentración de virus de la mancha blanca.

Esta componente se la denominara *COSECHA-WHITE\_SPOT*

En combinación lineal la segunda componente es:

Y2 = 0,5963X2+ 0,1937X3 + 0,0785X4 – 0,1560M1 + 0,1727M2  – 0,6687E1

**Tercer Componente**

Promedio de salinidad de la piscina.

Hectárea de la piscina.

Esta componente se la denominara *SALINIDAD-HECTAREA*.

En combinación lineal la tercera componente es:

Y3 = 0,1632X2 + 0,1370X3 – 0,5212X4 + 0,0418M1 + 0,0418M2  – 0,2414E1

***Número de componentes principales***

***basados en los valores propios.***



En la figura adjunta se puede observar las tres componentes que explican el 66.7% de la varianza y que a partir del cuarto valor propio los valores son relativamente pequeños, es decir se acercan a cero, entonces pierden importancia, con lo cual no se sospecha dependencia lineal en los datos. Por lo tanto solo se escoge los tres primeros valores propios con sus respectivos vectores propios.

***Nube de Puntos según los componentes explicados***

Se observa en la figura los grupos que se conforman en la nube de datos, de los 3 componentes explicados. El grupo más grande lo conforman el promedio de mortalidad, la hectárea de la piscina y el promedio de salinidad. Para apreciar los grupos adicionales proyectamos el eje de coordenadas de cada componente, así al proyectar el componente 1 y 2 se obtiene el nivel de concentración de mancha blanca con el promedio de salinidad de la piscina.

**6. CONCLUSIONES**

* Los años 1999 y 2000, fueron muy duros para la industria camaronera ecuatoriana. En el año 2001 el nivel de producción aumento en un 20% con relación al 2000, pero se siente aún las consecuencias de la crisis de la mancha blanca y la caída de los precios internacionales.
* Según los últimos datos de la Cámara Nacional de Acuicultura (2001) existe la siguiente infraestructura en la industria:
  + Laboratorios: 90
  + Hectáreas cultivadas: 100.000
  + Fábricas de Alimento Balanceado: 14
  + Plantas Procesadoras: 26
* Por la concentración geográfica de las zonas de producción, fábricas del balanceado y plantas empacadoras el 61% de los empleos que actualmente ofrece el sector, se encuentran en la provincia del Guayas (Cámara Nacional de Acuicultura).
* Para el promedio de la siembra, existe un total del 38% de las piscinas entre 500.000 y 1´000.000 de larvas, con el contraste correspondiente al promedio de cosecha en un 91% de las piscinas cosecho entre 343 y 50.000 camarones.
* En el periodo de 1998 a 2000, se trabajo con el 61% de piscinas menores a 10 hect., seguido de un 30% entre 10 a 20 hect., un 7% entre 20 y 30 hect. y solo el 2% mayores a 30 hect.
* El promedio de salinidad para las 255 piscinas es de 24.4±7.3 ppm. y temperatura promedio 28.2±2.980C.
* El método de diagnostico más frecuentemente utilizado obtuvo un 52% para la técnica de PCR o “Polymerase Chain Reaction”, el 29% utilizan técnicas inmunológicas, el 15% técnicas Histológicas y 4% técnicas de biología molecular.
* El nivel de concentración de virus de la mancha blanca noto un 86% de las piscinas un resultado Fuerte, 12% un resultado Leve y tan solo 2% arrojo resultado negativo.
* Las enfermedades que predominaron adicionalmente al virus de la mancha blanca con un 56% de las piscinas el virus de la necrosis infecciosa del tejido hematopéyico (IHHNV), 34% de las piscinas las Gregarinas (GREG) y 9% no contenía otro tipo de afección.
* Se determino en la matriz de correlación que existe una alta relación lineal entre las variables SIEMBRA y MORTALIDAD, HECTÁREA y MORTALIDAD, SIEMBRA y HECTÁREA.
* Los resultados en las tablas de contingencia, disponen dependencia entre las variables SIEMBRA y COSECHA, más no en las variables SALINIDAD y TEMPERATURA.
* Los 3 componentes principales que explican el 66% de la varianza para las variables de estudio son:

Y1= – 0.3310X2 + 0.6387X3  + 0.0667X4 – 0.0040M1 – 0.6842M2 + 0.0999E1

Y2 = 0,5963X2+ 0,1937X3 + 0,0785X4 – 0,1560M1 + 0,1727M2  – 0,6687E1

Y3 = 0,1632X2 + 0,1370X3 – 0,5212X4 + 0,0418M1 + 0,0418M2  – 0,2414E1

* Los modelos de series temporales que ajustan al promedio mensual de salinidad y temperatura para lo años de 1998 al 2001 son SARIMA(0,1,0)(0,1,1)6 y SARIMA(0,1,0)(1,0,1)6 respectivamente.

**7. RECOMENDACIONES**

* Como principal recomendación es necesario hacer un censo a nivel nacional para conocer la realidad del sector camaronero, con que se cuenta y que está en plena producción, ya que es de conocimiento que existe infraestructura abandonada.
* Con el censo, los datos se encontrarían a disposición de cualquier investigador que pudiera realizar un tratamiento estadístico a los mismo, ya que existe un fuerte confidencialidad de los mismos por la gran competencia creada contra la lucha de las enfermedades y mejoramiento de la producción.
* Para llevar un verdadero control y seguimiento de enfermedades, se debe crear laboratorios de tipo regional, ya que muchas camaroneras no cuentan con el mismo por el costo de la infraestructura e implementos.
* Según reportes realizados en las camaroneras analizadas, los cambios de manejo exitosos más utilizados para superar los problemas con respecto a las enfermedad son:
* Utilización de antibióticos con el alimento balanceado.
* Aplicación de cal al agua y al fondo de la piscinas.
* Disminución considerable de la cantidad de larvas a sembrar.
* Utilización de larvas de laboratorio.
* También reportaron no haber tenido resultados positivos aplicando a las piscinas ajo, extracto de toronja, limón, etc.
* En las camaroneras debe existir un laboratorio bien equipado, para detectar con rapidez que tipo de afección tiene la piscina, así se la puede controlar y aplicar los correctivos necesarios.
* Al referirnos a un mejor laboratorio, la única manera de que la industria camaronera ecuatoriana sobreviva a la mancha blanca y a cualquier tipo de enfermedad, bacterias, infecciones, etc., es invirtiendo en tecnología, es decir, diseño de mejores piscinas, mejor alimento balanceado, calidad de larvas al sembrar la piscina, en forma similar como a lo sucedido con otras industrias como la avícola, porcina, etc.
* En general se considera que el estrés finalmente detona la aparición de las enfermedades y con ellas la mancha blanca, por lo que el control y registro diario de las variables medioambientales es muy importante para reducirlo.
* Con respecto a los métodos de diagnostico utilizados, se debería asesorar con personas especializadas para la elección de la técnica adecuada, ya que esta depende de la afección.
* Se debe considerar un estudio posterior exhaustivo en el que se tome en cuenta mayor tipo de enfermedades, motivo por el cual se necesita del censo para registrarlo.

# 8. BIBLIOGRAFIA

1. M. SC. ARELLANO EDGAR, “La crianza de camarones en el Ecuador” Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar 1984
2. M. SC. ARELLANO EDGAR, “Manual de las enfermedades del camarón” CENAIM-ESPOL
3. S. K. JONSON “Handbook of Shrimp Diseases” Texas A&M University Sea Grant College.
4. UNIDAD SECTORIAL DE ACUICULTURA “Análisis del sector camaronero ecuatoriano en el año 2001” CORPEI
5. ACUACULTURA DEL ECUADOR “Las cifras de la crisis” CNA 2000
6. ACUACULTURA DEL ECUADOR “Camaroneros en el camino de la excelencia” CNA 2000
7. ACUACULTURA DEL ECUADOR “Cuando el clima puede más que la ayuda del gobierno” CNA 2001
8. FREUND JOHN, WALPOLE RONALD, Estadística Matemática con aplicaciones, Cuarta Edición, Editorial Preatice Hall, 1990
9. MONTGOMERY DOUGLAS C. “Diseño y Análisis de Experimentos” Arizona State University. Tercera Edición.
10. JONSON RICHARD A., WICHERN DEAN W. “Applied Multivariate Statistical Analysis”, Cuarta Edición, Editorial Prentice Hall, 1998.
11. BOX G., JENKINS G., REINSEL G., “Time Series Analysis, Forecasting and Control”, Tercera Edición, Prentice Hall, 1994.
12. GRANDE I., ABASCAL E., “Métodos Multivariantes para la Investigación Comercial”.
13. CHAVEZ H., “Análisis Estadístico de la Producción camaronera del Ecuador”, Instituto de Ciencias Matemáticas, ESPOL, 2000.
14. PEREZ W., “Análisis Estadístico de la Producción de una camaronera”, Instituto de Ciencias Matemáticas, ESPOL, 2000.
15. HIDALGO M., “Efecto de la composición nutricional de Artemia enriquecida en la reproducción de Penaeus Vannamei” Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del mar, ESPOL, 1997.
16. ORELLANA A., “Efecto de diferentes niveles de salinidad y balances proteina/energía en el crecimiento de Penaeus Vannamei”. Facultad de Agronomía Veterinaria y Acuacultura, Universidad Técnica de Machala, 2000.