



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Instituto de Ciencias Matemáticas

Ingeniería en Estadística Informática

**“Análisis Estadístico Exploratorio de las variables físicas que
inciden en el crecimiento del camarón. Caso: *Litopenaeus
vannamei*”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA

Presentada por:

María Fernanda Agurto Montes

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2003

AGRADECIMIENTOS

A: Dios por permitirme ser, llegar aquí y soñar con un horizonte más lejano; la inmaculada virgen María, por ser mi inspiración en momentos difíciles; mi Sra. madre Doña Betty Agurto, por ser la persona que acompaña de cerca cada uno de mis días de existencia; mis hermanos, por su apoyo, porque cada uno de ellos ya sea de cerca o lejos han estado conmigo y de manera muy especial a mi hermano Manuel Agurto Montes porque sobre todas las cosas creyó en mi y me apoyó 100%; a mi Director de tesis, Mat. Fernando Guerrero; al empresario camaronero Ec. Walter Serrano por su colaboración; a los amigos de siempre, porque después de tanto tiempo aun están conmigo; a mis grandes amigos de la Universidad, porque sin ustedes hubiera sido más difícil seguir; a mis amigas del Opus Dei, por la comprensión, por los consejos y por enseñarme la magnífica obra de Dios que venimos a cumplir en el mundo. A todos, sinceros agradecimientos desde el fondo de mi corazón.



DEDICATORIA

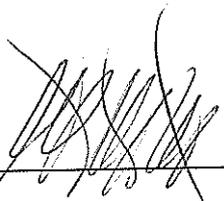
A Jesús, por mostrarme el camino.

A la memoria de mi Sr. padre Don Roberto Agurto Briones.

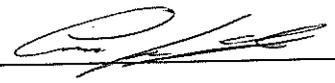
A mis sobrinos: Mayra, Andrés, Alvaro, Ronald, Jaime, Gianella, Roy, Melanie, Amy, Rommy, Angie, Raziel y Jari; reflejos incipientes de la nueva generación de mi familia.



TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



ING. LUIS RODRÍGUEZ
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



MAT. FERNANDO GUERRERO L.
DIRECTOR DE TESIS





MAT. EFRÉN JARAMILLO C.
VOCAL



ING. MARCOS MENDOZA V.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”



María Fernanda Agurto



RESUMEN

Para realizar el estudio, se emplearon los datos recabados de doce piscinas de una granja camaronera, en dos diferentes ciclos de cultivo: Invierno y Verano; además se realizó un análisis global, juntando los datos de ambos ciclos.

En la primera parte del estudio se hace una agrupación de las variables en Conglomerados Jerárquicos, identificándose grupos de variables no controlables y grupos de variables potencialmente controlables.

En la segunda parte, se establecen modelos de Regresión lineal para el peso del camarón en función de otras variables, siendo mejores los modelos que incluyen la tendencia del crecimiento en el tiempo a través de la variable Semana de cultivo.

En los análisis anteriormente mencionados, se observó la influencia del ciclo de cultivo en el comportamiento de las variables; en el ciclo de Invierno las variables se agrupan de una manera uniforme en todas las piscinas, mientras que en el ciclo de Verano muestran un comportamiento diferente en la mayoría de las piscinas. Además se

demonstró que la tasa de crecimiento en Invierno es mayor a la de Verano.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	IV
SIMBOLOGÍA	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VIII
INTRODUCCIÓN	1
1. ASPECTOS BÁSICOS DEL CULTIVO DEL CAMARÓN EN EL ECUADOR	
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Principales especies de cultivo	3
1.4 Condiciones ambientales que afectan a la calidad de aguas	4
1.5 Zonas de producción	7
1.6 Importancia económica y social	9
1.7 Presencia del virus de la mancha blanca	14
1.8 Impacto de la mancha blanca en la industria camaronera	16
2. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES Y RECOLECCIÓN DE LOS DATOS	
2.1 Introducción	21

2.2 Descripción de las variables	22
2.2.1 Oxígeno Disuelto (OD)	23
2.2.2 PH	25
2.2.3 Temperatura	27
2.2.4 Salinidad	29
2.2.5 Turbidez o Materia en suspensión (MES)	29
2.3 Recolección de los datos	31
2.3.1 Instrumentos de medición	31
2.4 Control del crecimiento del camarón	32
2.4.1 Muestreo y procedimiento del peso de los camarones	32
2.5 Base de datos	37
3. HERRAMIENTAS DEL ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS	
3.1 Introducción	39
3.2 Correlaciones en distancias	40
3.3 Análisis de Conglomerados (Cluster Análisis)	42
3.4 Regresión lineal	47
3.5 Análisis de Componentes principales	49
4. ANÁLISIS EXPLORATORIO I	
4.1 Introducción	54
4.2 Correlaciones en distancias	55
4.2.1 Datos del ciclo de cultivo de Invierno	56
4.2.2 Datos del ciclo de cultivo de Verano	60
4.2.3 Datos del ciclo de cultivo de Invierno/Verano	63

4.3 Análisis de conglomerados	68
4.3.1 Datos del ciclo de cultivo de Invierno	69
4.3.2 Datos del ciclo de cultivo de Verano	72
4.3.3 Datos del ciclo de cultivo de Invierno/Verano	74

5. ANÁLISIS EXPLORATORIO II

5.1 Introducción	79
5.2 Regresión Lineal	80
5.2.1 Datos del ciclo de cultivo de Invierno	81
5.2.2 Datos del ciclo de cultivo de Verano	87
5.2.3 Datos del ciclo de cultivo de Invierno/Verano	93
5.3 Análisis de Componentes Principales	98
5.3.1 Datos del ciclo de cultivo de Invierno	99
5.3.2 Datos del ciclo de cultivo de Verano	101
5.3.3 Datos del ciclo de cultivo de Invierno/Verano	103

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

ENOS	Evento Niño Oscilación Sur
WSSV	White Spot Syndrome Virus
CENAIM	Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas
PCR	Polymerase Chain Reaction
CSA	Centro de Servicios para la Acuicultura
CLIRSEN	Centro de Levantamiento de Información Rastreada por Sensores Remotos
NID	Variables Normales e idénticamente distribuidas
ACP	Análisis de Componentes Principales
SPSS	Statistical Package for Society Study
OX	Oxígeno
T	Temperatura
SAL	Salinidad
TURB	Turbidez
has	Hectáreas
mg/l	Miligramos por litro
°C	Grados centígrados
ppt	Partes por mil (Part Per Thousands)
gr	gramos

SIMBOLOGÍA

σ^2	Varianza
H_0	Hipótesis nula
H_1	Hipótesis alterna
$\bar{\Sigma}$	Estimador de la matriz de varianzas y covarianzas
ρ	Coefficiente de correlación lineal
D	Distancia ultramétrica
r_{ij}	Estimador del coeficiente de correlación lineal entre la variable i y la variable j
S_{ij}	Estimador de la covarianza entre la variable i y la variable j
X	Vector de variables aleatorias
X_{ki}	k-ésima observación de la i-ésima fila
X_{kj}	k-ésima observación de la j-ésima columna
\bar{X}_i	Estimador de la media de la variable i
β_i	Coefficientes de Regresión Lineal
λ_i	Valores Propios de la Matriz de Varianzas y Covarianzas

Y_p

p-ésima Componente Principal

$\|\mathbf{a}_i\|$

Norma del vector \mathbf{a}_i

$\langle \mathbf{a}_i, \mathbf{a}_j \rangle$

Producto punto entre el vector \mathbf{a}_i y el
vector \mathbf{a}_j

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
TABLA I	Distribución de Granjas camaroneras por provincia (1996)	9
TABLA II	Producción de camarón de cultivo y de mar	12
TABLA III	Exportación de camarón ecuatoriano 1979 – 1997	13
TABLA IV	Impacto de la Mancha Blanca en las exportaciones	17
TABLA V	Niveles críticos de oxígeno disuelto para el cultivo del Camarón	25
TABLA VI	Niveles críticos de pH para el cultivo del camarón	26
TABLA VII	Correlación en distancia de las variables: Semana, Peso, Oxígeno AM, Oxígeno PM, Temperatura AM, Temperatura PM, PH AM, PH PM, Turbidez y Salinidad. Ciclo: Invierno	56
TABLA VIII	Correlación en distancia de las variables: Semana, Peso, Oxígeno AM, Oxígeno PM, Temperatura AM, Temperatura PM, PH AM, PH PM, Turbidez y Salinidad. Ciclo: Verano	60
TABLA IX	Correlación en distancia de las variables: Semana, Peso, Oxígeno AM, Oxígeno PM, Temperatura AM, Temperatura PM, PH AM, PH PM, Turbidez y Salinidad. Ciclo: Invierno/Verano	63
TABLA X	Análisis de regresión lineal. Resumen del modelo A.	81

	Ciclo: Invierno	
TABLA XI	Análisis de regresión lineal. Estimación de los coeficientes del modelo A. Ciclo: Invierno	82
TABLA XII	Estadísticos Descriptivos. Variable: Turbidez Ciclo: Invierno	83
TABLA XIII	Análisis de regresión lineal. Resumen del modelo B. Ciclo: Invierno	84
TABLA XIV	Análisis de regresión lineal. Estimación de los coeficientes del modelo B. Ciclo: Invierno	85
TABLA XV	Análisis de regresión lineal. Resumen del modelo A. Ciclo: Verano	87
TABLA XVI	Análisis de regresión lineal. Estimación de los coeficientes del modelo A. Ciclo: Verano	88
TABLA XVII	Estadísticos Descriptivos. Variables: PH AM, Turbidez. Ciclo: Verano	89
TABLA XVIII	Análisis de regresión lineal. Resumen del modelo B. Ciclo: Verano	90
TABLA XIX	Análisis de regresión lineal. Estimación de los coeficientes del modelo B. Ciclo: Verano	91
TABLA XX	Análisis de regresión lineal. Resumen del modelo A. Ciclo: Invierno/Verano	93
TABLA XXI	Análisis de regresión lineal. Estimación de los coeficientes del modelo A. Ciclo: Invierno/Verano	94
TABLA XXII	Estadísticos Descriptivos. Variables: PH AM, Turbidez. Ciclo: Invierno/Verano	95

TABLA XXIII	Análisis de regresión lineal. Resumen del modelo B. Ciclo: Invierno/Verano	96
TABLA XXIV	Análisis de regresión lineal. Estimación de los coeficientes del modelo B. Ciclo: Invierno/Verano	97
TABLA XXV	Matriz de Componentes rotados. Ciclo: Invierno	99
TABLA XXVI	Matriz de Componentes rotados. Ciclo: Verano	101
TABLA XXVII	Matriz de Componentes rotados. Ciclo: Invierno/Verano	103

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Efecto de las enfermedades y fenómenos naturales en las exportaciones de camarón en el Ecuador 1979 – 2000.	7
Figura 1.2 Monitoreo de patologías del camarón.	19
Figura 2.1 Atarralla	33
Figura 2.2 Muestreo desde la orilla	34
Figura 2.3 Lance de atarralla	35
Figura 2.4 Recogiendo la atarralla	36
Figura 2.5 Colocando camarones en la gaveta	36
Figura 2.6 Midiendo el peso del camarón	37
Figura 3.1 Distancia intra y entre conglomerados	44
Figura 3.2 Dendograma en forma vertical	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

		Pág.
GRÁFICO 1.1	Evolución del área de las camaroneras en el Ecuador (1984 – 1995)	8
GRÁFICO 4.1	Dendograma. Ciclo: Invierno	69
GRÁFICO 4.2	Dendograma. Ciclo: Verano	72
GRÁFICO 4.3	Dendograma. Ciclo: Invierno/Verano	75
GRÁFICO 5.1	Gráfico de correlación. Variables: Semana – Peso. Ciclo: Invierno	86
GRÁFICO 5.2	Gráfico de correlación. Variables: Semana – Peso. Ciclo: Verano	92
GRÁFICO 5.3	Componentes en espacio rotado. Ciclo: Invierno	100
GRÁFICO 5.4	Componentes en espacio rotado. Ciclo: Verano	102
GRÁFICO 5.5	Componentes en espacio rotado. Ciclo: Invierno/Verano	104

INTRODUCCIÓN

La actividad acuícola, ha sido y es uno de los rubros más importantes para la economía del Ecuador. Esta muy productiva industria se ha visto colapsada por múltiples eventos naturales como el evento La Niña (que forma parte del evento ENOS) y varias epidemias y enfermedades como el WSSV (White Spot Syndrome Virus), que no ha permitido alcanzar los niveles de calidad y cantidad, que eran característicos en el camarón ecuatoriano. Debido a que no ha existido un plan de contingencia ante estas eventualidades, el efecto de estas situaciones ha sido tan severo que ha puesto en riesgo la producción camaronera en el país.

El presente estudio busca probar la hipótesis de que algunas de las variables físicas del agua de las piscinas camaroneras, tienen incidencia en el crecimiento del camarón y por ende en el rendimiento de las camaroneras; y que el grado de incidencia, depende de la estación climática en la que se encuentre.

Se pretende hallar un equilibrio en el manejo de piscinas camaroneras, a través del estudio de algunos parámetros físicos del agua en las diferentes estaciones climáticas, para tratar de atenuar el impacto de algunos eventos naturales y epidemias.

CAPÍTULO 1

1. ASPECTOS BÁSICOS DEL CULTIVO DE CAMARÓN EN EL ECUADOR

1.1 Introducción

En el presente capítulo, además de presentar una reseña de la importancia de la actividad acuícola para el Ecuador, se mostrarán los aspectos que son necesarios para el cultivo del camarón.

1.2 Antecedentes

El camarón es y ha sido en las últimas décadas la especie marina de mayor relevancia dentro del comercio exterior. Ecuador es el mayor productor de camarón en cautiverio del hemisferio Occidental y el segundo productor a escala mundial, después de Tailandia; el 96% de la

producción camaronera proviene del cultivo y el 4% de la pesca artesanal.

La acuicultura está orientada básicamente a la piscicultura del camarón, dicha actividad en el Ecuador nació de una manera casual, por el año de 1968 en la provincia de El Oro, específicamente cantón Santa Rosa, ya que accidentalmente por agujeros muy grandes, el agua del mar se depositaba en algunos salitrales y traían consigo camarones en estado de postlarvas y juvenil, los cuales después de cierto tiempo crecían hasta tamaños comerciales con bastante facilidad y sin ninguna acción mecánica. Los agricultores de la zona observaron este fenómeno, y empezaron a utilizar técnicas rudimentarias para la cría del camarón, construyendo piscinas para el cultivo de grandes extensiones, las que llenaban mediante bombas de agua y colectando semillas de los alrededores.

1.3 Principales especies de cultivo

El camarón blanco del Pacífico, es la principal especie de cultivo en la costa ecuatoriana de la familia Litopenaeus, del cual el 95% de la producción pertenece a la especie *Litopenaeus vannamei*, considerada una de las más resistentes a cambios medioambientales durante el

desarrollo en cautiverio. El *Litopenaeus Stylirostris* conforma aproximadamente el 5% de la producción total. En menor escala se cultivan otras especies como: *Litopenaeus Occidentalis*, *Litopenaeus Californiensis* y *Litopenaeus Monodon*.

1.4 Condiciones ambientales que afectan a la calidad de agua

El cultivo de camarón presenta las mismas tres etapas que maneja la agricultura, es decir, la siembra, el crecimiento y la cosecha, las cuales se han logrado reproduciendo en cautiverio los procesos biológicos naturales de estos crustáceos.

Meteorológicamente la región costera del Ecuador posee dos épocas climatológicas: una época lluviosa de invierno y de altas temperaturas (alrededor de 30°C) y otra época seca de verano de temperaturas más bajas (alrededor de 25°C).

El perfil costanero ecuatoriano es influenciado por dos corrientes marinas: la corriente cálida del Niño, proveniente del norte y la corriente fría de Humboldt proveniente del sur, uniéndose en un punto, formando el frente ecuatorial y produciendo aguas altamente productivas. Además la descarga de ríos, produce aguas estuarinas lo que implica la

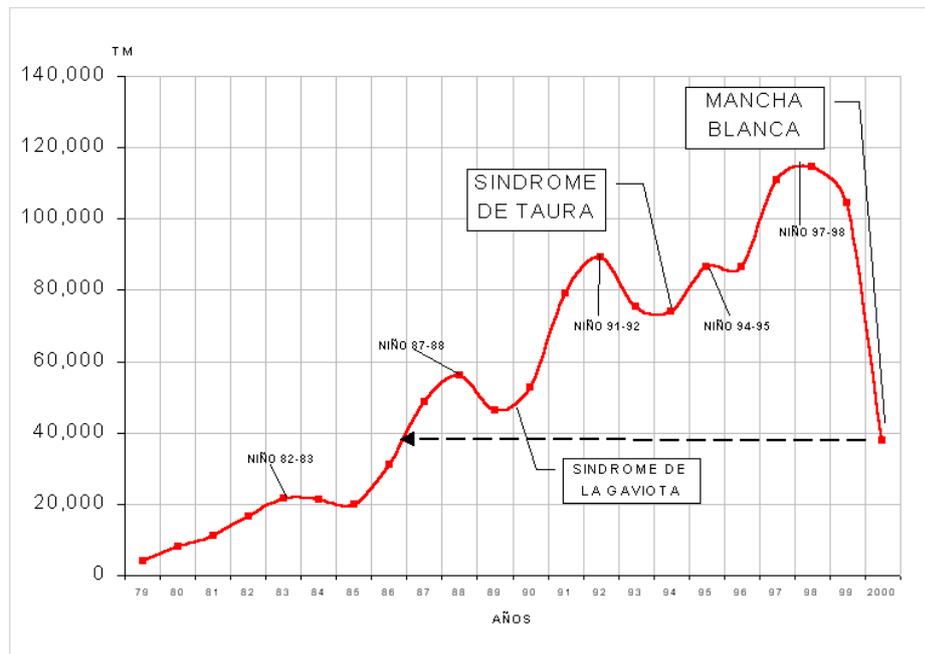
existencia de un alto rango de salinidades, que ejercen variaciones en algunos parámetros químicos y provoca cambios en la diversidad biológica del medio.

Evento ENOS (El Niño Oscilación Sur). El ENOS consta, entre otros, de dos fenómenos principales: el calentamiento anormal de las aguas ecuatoriales del Pacífico, llamado popularmente fenómeno de El Niño, y, por otro lado, el enfriamiento anormal de las mismas aguas, fenómeno conocido como La Niña. Es considerado como la manifestación extrema de la variabilidad ambiental frente a las costas sudamericanas, el cual en mayor o menor grado influye en la variabilidad de los recursos vivos.

- **Fenómeno El Niño.** Los efectos anormales de El Niño sobre los componentes principales del clima: sol, temperatura, presión atmosférica, viento, humedad, precipitación, nubosidad y corrientes oceánicas; cambian los patrones climáticos en la zona ecuatorial y en todo el mundo. Para la acuicultura esto se convierte en una situación hasta cierto punto muy favorable, dado la alta temperatura y la presencia de corrientes oceánicas cargadas de alimento natural para los camarones [10].

- **Fenómeno La Niña.** O evento frío del Océano Pacífico Oriental puede ser descrito, de manera sencilla, como el periodo durante el cual se presentan en el mar temperaturas inferiores a lo normal.

“Así como se dieron incrementos en las exportaciones en la época de los eventos El Niño, también hubo una marcada disminución de las mismas durante las ocurrencias de los eventos La Niña. El evento de 1999-2001 ha sido uno de los eventos fríos más intensos de los últimos 50 años y se mantuvo en forma sostenida con anomalías negativas de temperatura por más de 24 meses. Este periodo coincidió con la ocurrencia de la epidemia de la Mancha Blanca **[3]**”.



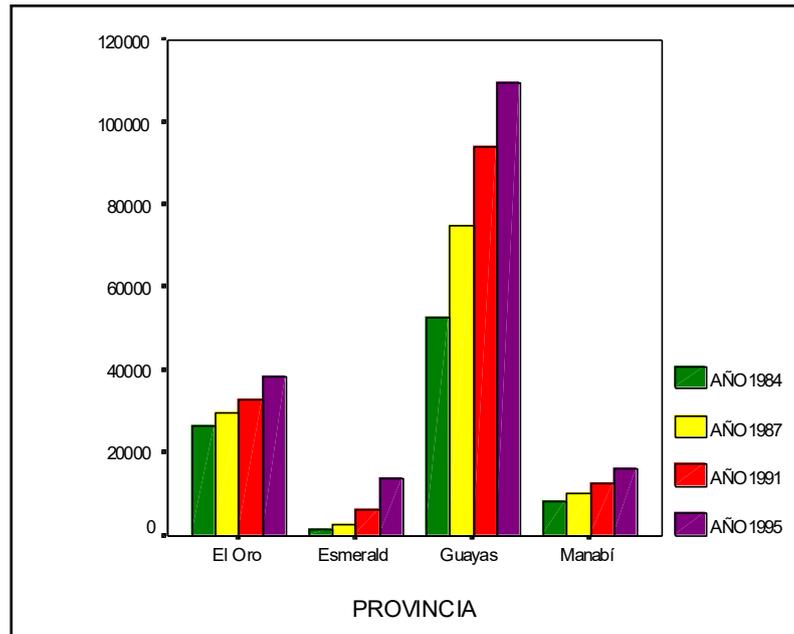
Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura

Figura 1.1 Efecto de las enfermedades y fenómenos naturales en las exportaciones de camarón en el Ecuador 1979 – 2000

1.5 Zonas de producción.

La industria camaronera ocupa alrededor de 178.000 Has de tierra del litoral ecuatoriano, en las cuales se han construido estanques o piscinas de cultivo de diversos tamaños. La provincia de El Oro y el Golfo de Guayaquil, constituyen las regiones más productivas en las que se inició la actividad camaronera.

GRÁFICO 1.1
Evolución del área de las camaroneras en el Ecuador
(1984 – 1995)



Fuente: CLIRSEN

A fines de 1985 la superficie autorizada para construcción de piscinas alcanzó las 94.000 has y el máximo probable en cultivo fue de 48.000 has en 1984, disminuyendo en 1985 a unas 30.000 has. Más del 75% de la superficie autorizada correspondió a la provincia del Guayas, el 15% a El Oro y el resto a Manabí y Esmeraldas (1985). Los suelos usados para piscinas corresponden a: manglares (70%), salitrales (15%) y tierras agrícolas (15%). Se estima que el total de suelos disponibles para cultivo está entre 70.000 y 260.000 has [8].

TABLA I
DISTRIBUCIÓN DE GRANJAS CAMARONERAS
POR PROVINCIA (1996)

Provincia	Total Granjas	Distribución porcentual	Zonas Altas	Zonas de playa
Guayas	978	49%	452	526
El Oro	451	22%	154	297
Manabí	404	20%	209	195
Esmeraldas	175	9%	95	80
Total	2.008	100%	910	1.098

Fuente: Subsecretaría de Recursos Pesqueros

1.6 Importancia económica y social.

La industria camaronera del Ecuador logró en algo más de una década uno de los éxitos de acuicultura más sorprendentes del mundo. Desde 1975, la piscicultura del camarón emergió como la principal actividad económica en la zona costera del Ecuador, originando una nueva fuente de exportación. Existen registros de que la producción de camarones en escala significativa comenzó desde 1952, con buques de arrastre. Hasta 1955 la producción fue menor que 1.000 toneladas métricas (t.m.), se duplicó en 1956 y superó las 3.000 t.m. en 1958. En la década de los 60 aumentó 3,5 veces hasta un máximo cercano a 9.000 t.m. en 1969 [8].

Luego de que los primeros empresarios camaroneros tuvieran excelentes resultados con el cultivo del crustáceo, se impulsó la actividad en otras provincias de la costa ecuatoriana como Guayas, Manabí y Esmeraldas, por el año de 1976; en ese año la producción fue de 9.000 t.m. y alcanzó un máximo de 44.600 t.m. en 1983 (35.700 t.m., de cultivos). En 1984 y 1985 la producción en estanques cayó a 33.600 y 30.205 t.m. respectivamente, lo que fue atribuido a la falta de postlarvas para la siembra. De ahí en adelante el desarrollo de la industria camaronera se expandió en forma sustentable, a tal punto de convertirse en uno de los principales rubros de exportación para el país, esto permitió fomentar una de las industrias de mayor auge en los últimos 30 años.

El cultivo de camarón y las actividades derivadas de ella, empleó a un número significativo de personas. En el período de 1980 – 1981 se estima que se emplearon alrededor de 40.000 personas, como trabajadores; entre 2.000 y 3.000 pescadores recolectores de postlarvas.

En el periodo de 1983 – 1984, se emplearon entre 25.000 y 45.000 personas en: granjas y botes, en plantas empacadoras, establecimientos, frigoríficos y para otros servicios de la industria. Además hubo entre 90.000 y 120.000 personas que solo se dedicaban a la recolección de postlarvas.

“A lo largo de la costa ecuatoriana puede verse los efectos en el consumo de este sector: casa de pescadores con antenas de televisión, vehículos de trabajo, botes de fibra de vidrio sustituyendo a las antiguas canoas de balsa, etc.; el personal de las empacadoras, es en su mayoría femenina, que han aprendido la delicada tarea de separar la cabeza del camarón, de clasificarlos y empacarlos. La industria del camarón da empleo directo a 195.000 personas, cada una de ellas genera US \$2.643 al año en exportaciones, un rendimiento solo superado por el petróleo **[6].**”

TABLA II
PRODUCCIÓN DE CAMARÓN DE CULTIVO Y DE MAR
(Toneladas)

Años	Industrial*	Artesanal	Cultivo	Total
1976	7,522	160	1,318	9,000
1977	7,047	170	1,383	8,600
1978	6,322	178	2,700	9,200
1979	7,508	279	4,698	12,485
1980	7,470	330	9,180	16,980
1981	7,550	450	12,100	20,100
1982	7,000	1,000	21,500	29,500
1983	8,033	867	35,700	44,600
1984	5,556	734	33,600	39,890
1985	5,343	680	30,205	36,228
1986	7,143	1,993	43,628	52,764
1987	9,422	1,288	69,153	79,863
1988	7,083	1,017	77,480	85,580
1989	6,963	677	70,063	77,703
1990	9,027	1,116	76,420	86,563
1991	12,092	1,495	112,278	125,865
1992	11,368	1,407	115,151	127,926
1993	9,398	1,162	95,043	105,603
1994	9,477	1,053	94,770	105,300
1995	8,919	990	113,951	123,860

*Pesca con Buques

Fuente: Subsecretaría de Recursos Pesqueros

Entre 1980 y 1986, el valor de la producción de camarón de cultivo se incrementó en 500% de US \$56.9 a US \$287.9 millones. El desarrollo del cultivo de camarón causó un impacto beneficioso para el procesamiento y exportación del sector. Antes de 1980 el número de empacadoras era menos de 20, pero para 1985 el número fue superior a 70. El 10% de las empresas exportaba el 45% del camarón entre 1982 y 1984. El valor de las exportaciones creció desde menos US \$25 millones

en 1976 hasta cerca de US \$185 millones en 1983, constituyendo el segundo rubro en el ingreso de divisas y el 7% del valor de todas las exportaciones del país [8].

TABLA III
EXPORTACIÓN DE CAMARÓN ECUATORIANO
1979 – 1997

Años	Toneladas	Dólares (miles)
1979	4,043	30,596
1980	8,098	56,884
1981	11,304	77,525
1982	16,507	122,348
1983	21,597	175,073
1984	21,305	159,840
1985	20,044	156,486
1986	31,098	287,882
1987	48,723	383,136
1988	56,211	387,047
1989	46,279	328,221
1990	52,791	340,291
1991	79,029	491,371
1992	86,796	525,759
1993	72,596	451,427
1994	73,408	545,835
1995	86,567	673,422
1996	85,650	624,330
1997*	78,609	631,340

*Enero – Septiembre 1997

Fuente: Banco Central del Ecuador

Además de todos los beneficios generados por la industria del camarón se añade la demanda de productos agrícolas como: soya, sorgo, trigo, maíz, etc. para la producción del alimento balanceado para el camarón. En la actualidad, una parte del agro ecuatoriano depende de la demanda que genera la industria camaronera.

“Otro sector beneficiado con la creación de puestos de trabajo es el de los proveedores de equipos e insumos, que generan empleo indirecto muy importante, sobre todo las pequeñas industrias y artesanías. [6]”.

1.7 Presencia del virus de la Mancha Blanca.

La presencia y persistencia del WSSV en el ambiente, hizo que la industria camaronera ecuatoriana buscara la salida a este problema que ha causado pérdidas de incuantificable valor alrededor del mundo; interesándose por el estudio y manejo de las variables de tipo ambiental que influyen en el cultivo de camarón.

El WSSV (White Spot Syndrome Virus) ó virus de la Mancha Blanca ó virus del Punto Blanco es una enfermedad de origen asiático, ocasionada por un virus que puede ser el representante de un nuevo género del baculovirus whispovirus o una nueva familia del virus.

Las primeras mortalidades en Latinoamérica como resultado del virus de la Mancha Blanca, se presentaron en Febrero de 1999 en Nicaragua. En el Ecuador se reportaron mortalidades masivas a partir del segundo trimestre de 1999, sin embargo registros históricos del CENAIM indican que desde 1996 se encuentra presente el WSSV en el país.

La sintomatología del WSSV se caracteriza principalmente por la aparición de manchas blancas en la cara interna de la cutícula de los camarones afectados, pero no necesariamente estas manchas desencadenan la presencia de otros síntomas clínicos y se podría interpretar que los camarones que no presenten ningún otro síntoma, se encuentran en una fase de prepatencia más que desarrollando la enfermedad. La mayoría de los casos se presentan como consecuencia de una situación de estrés, produciendo otros síntomas: nado letárgico, coloración rojiza, anorexia, natación en superficie y muerte en horas o pocos días; la muerte puede alcanzar al 100% del lote.

La enfermedad se ha presentado con una alta variabilidad en el impacto según las zonas geográficas. Las sobrevivencias fluctuaron mucho, en cada provincia y en una misma zona (CENAIM).

La transmisión del WSSV se produce de dos formas: horizontal, es decir por cohabitación con camarones infectados, por ingestión ya sea por canibalismo o por incluir crustáceos infectados en la dieta balanceada; y, de manera vertical de reproductores a las larvas, como consecuencia de la presencia del virus en el agua y en los reproductores, las larvas tienen alto riesgo de infectarse.

Se deduce que la introducción del WSSV a América se dio a través de ejemplares congelados, empleados para dietas, provenientes de Asia; el virus persiste infectante tanto en animales frescos como congelados [9].

Una situación muy interesante es que la presencia del virus en el ambiente no siempre determina la presencia de la enfermedad. La presencia de portadores subclínicos (animales que no presentan síntomas) complica el control de la enfermedad, ya que estos suelen presentar los síntomas cuando se los somete a estrés.

1.8 Impacto de la mancha blanca en la industria camaronera

La Mancha Blanca se difundió rápidamente a lo largo de la costa ecuatoriana, causando pérdidas económicas de gran escala. Desde su aparición en 1999 hasta el primer semestre del 2001, originó US \$600

millones en pérdidas a la industria y US \$900 millones de pérdidas en las exportaciones (Cámara Nacional de Acuacultura). La producción de 253.000 toneladas en 1998 y 206.000 toneladas en 1999 se desplomó en un 80% durante los primeros meses del 2000.

TABLA IV
IMPACTO DE LA MANCHA BLANCA
EN LAS EXPORTACIONES

AÑO	TOTAL (Miles de libras)	TOTAL (Millones de dólares)
1995	190,862,764	665,174,330
1996	188,541,533	615,307,842
1997	240,004,270	871,664,844
1998	252,985,907	875,050,894
1999	209,040,500	616,942,115
2000	76,554,482	276,057,096
TOTAL	1,171,627,754	3,966,253,875

Fuente: Cámara Nacional de Acuacultura

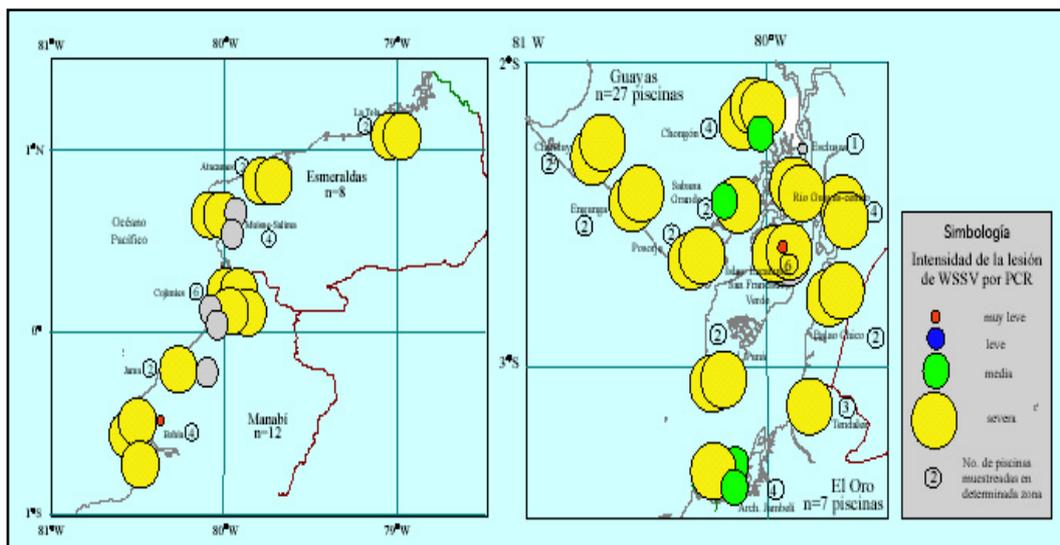
A pesar de la severidad de la enfermedad y de sus efectos devastadores, se continuó produciendo camarón de cultivo, aunque los animales en los sistemas acuícolas presentan carga viral y están infectados [4].

“Ante la emergencia causada por la presencia del Virus de la Mancha Blanca (WSSV) en Ecuador, CENAIM ejecutó un primer monitoreo (20 de junio - 14 de julio de 1999) a lo largo de la costa ecuatoriana, para conocer la extensión del problema, la distribución geográfica del virus y su prevalencia (proporción de animales infectados). Posteriormente CENAIM realizó un segundo monitoreo (13 de septiembre - 01 de octubre de 1999) para conocer la evolución temporal y geográfica del virus [4]”.

En el mes de marzo de 1999 la Subsecretaría de Recursos Pesqueros, prohibió la introducción al país de todas las especies de camarón en cualquier estado de su ciclo biológico.

Las técnicas de biología molecular que han sido empleadas para la detección del WSSV son principalmente la prueba de histopatología; y, la prueba de PCR (Polymerase Chain Reaction).

Del segundo monitoreo se detectó la prevalencia por provincias: Esmeraldas: 19%; Manabí: 11%; Guayas: 9% y El Oro: 45% (CENAIM, 2000).



Fuente: CENAIM (2000)

Figura 1.2 Monitoreo de Patologías del Camarón

Resultados del análisis de WSSV por PCR (kit IQ2000) en las Provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas y El Oro. Cada círculo representa una piscina donde se encontraron camarones afectados con WSSV. La intensidad de la lesión está representada por el tamaño del círculo. El número de piscinas muestreadas es destacado con un círculo blanco en cada una de las zonas consideradas.

El camarón, por ser un organismo con un sistema inmunológico rudimentario, no responde a ningún tratamiento para evitar o controlar una epidemia viral. Por esta razón, cualquier procedimiento, sea con vacunas, antibióticos u otros, realizado para neutralizar una infección ocasionada por el WSSV, no proporcionará resultado alguno (CSA, Centro de Servicios para la Acuicultura).

A pesar de lo mal que le fue al sector camaronero en 1999 en la estación de invierno del 2000 la agresividad del WSSV disminuyó a causa de la alta temperatura, favorable para los cultivos, reactivando a algunas camaronas que habían dejado de trabajar, llegando al 35% de camaronas operativas, estos resultados se obtuvieron solo con larva de laboratorio. Pero esto duró solo unos meses ya que a partir del mes de Mayo inició el período del evento La Niña, cayendo la temperatura bruscamente lo que creó un ambiente de total estrés, y muchas camaronas fueron arrasadas por la segunda ola de WSSV.

Las mortalidades ocasionadas por el WSSV dependen principalmente de las condiciones ambientales y del estrés a las que son sometidos los camarones. El virus se mantiene latente en el ambiente, en el agua, tierra y aire, pero puede también ser detonada por la variación en mayor o menor nivel de los parámetros físicos, químicos y biológicos relacionados al manejo de las piscinas.

CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES Y RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

2.1 Introducción

En este capítulo se hará la descripción de las variables de estudio y se explicará la forma en que fueron obtenidos los datos. Los datos que se utilizan para el análisis, fueron proporcionados por una camaronera ubicada en el Estero las Casitas parroquia Jambelí cantón Santa Rosa provincia de El Oro. Esta provincia es eminentemente agrícola y pesquera; consta de dos regiones: región continental y región insular. La región costera de la provincia de El Oro es de carácter estuarino (ambiente dinámico y de alta productividad), influenciada por el Golfo de Guayaquil y conectada con varios drenajes fluviales de ríos de la región sur del Ecuador.

En la Camaronera se realiza cultivos de tipo extensivo por la densidad sembrada, promedio de 80.000 animales por hectárea y de tipo semi-intensivo por el manejo de piscinas. Se siembran postlarvas PL12 de maduración (procedencia de laboratorios), PCR negativas (libre de WSSV).

2.2 Descripción de las variables

Las condiciones físicas, químicas y biológicas de las piscinas influyen notoriamente en el bienestar y productividad del camarón de cultivo; estas condiciones cambian continuamente produciéndose la dinámica de piscinas. La comprensión de la dinámica de la piscina por parte del productor o responsable de la producción permitirá evaluar la condición de las piscinas o tomar la decisión de manejo correspondiente, especialmente para solucionar los problemas de enfermedades.

Las variables físicas, objeto del análisis son: oxígeno, ph, temperatura, salinidad y turbidez.

2.2.1 Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno es la variable más importante de un ambiente acuático. El oxígeno disuelto en el agua influye en las piscinas de cultivo afectando el crecimiento del organismo cultivado y eficiencia de conversión alimenticia. En el manejo de la calidad del agua de piscinas de cultivo de camarones, el oxígeno disuelto es expresado en términos de miligramos por litro y generalmente, se encuentra en el rango de 4 a 14 mg/l.

Factores que influyen en la variación de los niveles de OD en las piscinas

- **Fuentes de oxígeno.** Se considera que existen cuatro fuentes de oxígeno que proveen de este elemento a las piscinas de cultivo:
 - Fitoplancton y plantas acuáticas (fotosíntesis);
 - Oxígeno atmosférico (difusión);
 - Mediante el oxígeno de agua adicionada (renovación de agua);
 - Oxígeno a partir de aireadores mecánicos.

- **Pérdidas de oxígeno en el agua de la piscina.** Existen tres fuentes que generalmente provocan pérdida de oxígeno en una piscina:
 - Respiración del sedimento (50 - 55%);
 - Respiración del fitoplancton (40 - 45%);
 - Respiración del organismo cultivado (camarón = 5%).

Los efectos que ocasionan las variaciones en el oxígeno disuelto son:

- Una disminución o la falta de oxígeno disuelto generalmente provoca estrés o muerte en los organismos acuáticos, si es que la exposición es prolongada a menos de 1 mg/l.

TABLA V
NIVELES CRÍTICOS DE OXÍGENO DISUELTOS PARA EL
CULTIVO DEL CAMARÓN

Nivel Crítico (mg/l)	Consecuencia
0 - 1.0	Letal
1.0 - 1.5	Letal con exposición prolongada
1.7 - 3.0	Pobre conversión del alimento, crecimiento lento, disminución de resistencia a enfermedades si exposición es continua.

2.2.2 pH

El pH o potencial de hidrogeniones es un indicador de que el agua se encuentre ácida o básica en su reacción. La medida del pH es adimensional y su valor está comprendido entre 0 a 7 si es ácida y entre 7 a 14 si es básica, el valor 7 es indicativo de un medio neutro. El intervalo de pH que no es mortal para camarones es entre 6 y 9.

Factores que influyen en la variación de los niveles de pH en las piscinas

- La variación del pH está ligada a la variación de las sustancias nitrogenadas de la piscina.

- Los cambios de este parámetro en un cuerpo de agua están relacionados con la concentración de dióxido de carbono durante la fotosíntesis, de tal forma que este proceso determina en parte la fluctuación del pH, y es así como se eleva durante el día y disminuye en la noche.

TABLA VI
NIVELES CRÍTICOS DE PH PARA EL CULTIVO DEL
CAMARÓN

Nivel Crítico (ad)	Consecuencia
menor a 4	Letal
5 - 6.5	Disminuye la productividad de la piscina
9 - 11	Disminuye la productividad de la piscina
mayor a 11	Letal

2.2.3 Temperatura

La temperatura del agua afecta a la densidad, viscosidad, solubilidad de los gases y en particular a la del oxígeno, así como la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas de piscinas camaroneras.

Cada especie de camarón tiene capacidad para resistir un rango específico de temperatura y dentro de este mismo rango existe una temperatura óptima para su crecimiento y reproducción. Estos rangos óptimos pueden cambiar a medida que crecen los camarones. *Litopenaeus Vannamei* tiene un rango óptimo de 28 a 30 °C.

Factores que influyen en la variación de los niveles de Temperatura en las piscinas

- Las variaciones en la temperatura ocurren principalmente a consecuencia del cambio de estación climática y/o presencia de eventos naturales que influyen en menor o mayor escala en el clima.

- También influye la ubicación de la camaronera: insular o continental, la zona, etc.

Los efectos que ocasionan las variaciones en la temperatura, son:

- Temperaturas por debajo del rango óptimo, son estresantes para el camarón. Resultados de investigaciones recientes del CENAIM (2003), demuestran que a Temperaturas mayores a 31.5°C el Virus de la Mancha Blanca no provoca la muerte del camarón.
- La variación en la temperatura, afecta al consumo eficiente del alimento proporcionado en las piscinas, ya sea disminuyendo o aumentando respectivamente.
- Además la temperatura del agua afecta al desarrollo y crecimiento del camarón; si aumenta la temperatura del agua, aumenta el metabolismo e influye sobre una serie de procesos biológicos.

2.2.4 Salinidad

Salinidad es la concentración total de todos los iones disueltos expresados en partes por mil (ppt) en el agua. Las sales en solución cambian la naturaleza física y química del agua. La salinidad está determinada principalmente por sólidos disueltos, como: fosfatos, bicarbonatos, sulfatos, nitratos y otros.

Altas salinidades pueden afectar el funcionamiento de algunos procesos fisiológicos del crecimiento y la reproducción de las especies; las larvas y juveniles son más susceptibles a cambios de salinidades que los adultos.

2.2.5 Turbidez o Materia en Suspensión (MES)

La turbidez puede ser definida como la “transparencia” del agua y es causada por la presencia de materia sólida suspendida (orgánico e inorgánica). Los sólidos suspendidos dispersan la luz que pasa a través del agua. Por lo tanto, la turbidez de los cuerpos de agua determina la profundidad a la cual las plantas acuáticas pueden crecer. Los datos de la turbidez están tomados en centímetros. Una lectura muy alta en centímetros de esta variable, indica que es

menos turbia el agua, a medida que el nivel en centímetros (de la variable) disminuye, indica que el agua es más turbia, esto se debe a la metodología empleada para la obtención de los datos en esta variable.

Factores que influyen en la variación de los niveles de Turbidez en las piscinas

- Fitoplancton, algas o sedimento. El problema está relacionado con pocas tasas de renovación de agua. En el caso de alimentos, es poco frecuente y si se dan en una piscina es porque el camarón no come. Lo más frecuente es la proliferación de microalgas.

- La variación en los niveles de Turbidez, afecta a la respiración del camarón. Las partículas en suspensión pueden obstruir branquias y dificultar el intercambio de gases.

2.3 Recolección de los datos

Los datos de las variables a manipular, son tomados de los registros de 12 piscinas de una camaronera, pertenecientes a 2 ciclos de cultivo (promedio de 81 días), un ciclo de invierno de Noviembre del 2001 a Febrero del 2002 y otro ciclo de Verano de Junio a Septiembre del 2002.

Los datos de estudio se obtienen de un proceso de medición de las variables, que se lleva acabo en dos turnos durante el día: a las 05h00, porque en ese momento las variables alcanzan su mínimo y a las 14h00, porque las variables alcanzan su máximo. Las mediciones se realizan diariamente a partir del segundo o tercer día de cultivo hasta días previos a la cosecha. La medición en dos tiempos se realizan para el Oxígeno, la Temperatura y el pH; mientras que Turbidez se mide semanalmente por su pequeña variación en horas y en pocos días; la Salinidad se mide cada cuatro días, pues también es poco susceptible a cambios repentinos.

2.3.1 Instrumentos de medición

Los instrumentos de medición empleados para la recolección de datos, son los siguientes:

- **Oxigenómetro.** Mide el oxígeno disuelto y la temperatura en el agua.
- **Ph-metro.** Mide el nivel de pH en el agua.
- **Salinómetro.** Mide el nivel de salinidad existente en el agua.
- **Disco Secchi.** Mide la turbidez del agua.

2.4 Control del crecimiento del camarón

Se controla el crecimiento del camarón basándose en el peso, que es medido semanalmente los días Miércoles a partir de los días 20 a 30 de cultivo hasta días previos a la cosecha. Para hacer el control del crecimiento, es necesario extraer muestras de camarón de cada piscina, se realiza en todas las piscinas porque el crecimiento no es uniforme, es decir existirán piscinas que logren un mayor rendimiento en peso que otras.

2.4.1 Muestreo y procedimiento del peso de los camarones

No es posible realizar un muestreo basándose en el tamaño de la población en cada piscina, dada las altas densidades de siembra por metro cuadrado y las condiciones físicas de ubicación de las

mismas. Además se debe lograr que esta sea lo más representativa en su distribución espacial. Lo que se conoce, según expertos, es la preferencia de ubicación según la edad del animal. Cuando está en el período de postlarva a juvenil se encuentra ubicado preferentemente en las orillas y en dirección al viento. Cuando está en el período de juvenil a estado adulto, se encuentra ubicado preferentemente en el centro y en dirección al viento.

Tomando en cuenta estas consideraciones y también la experiencia tanto del biólogo como la de los trabajadores de la camaronera, se muestrean las piscinas. El instrumento que se utiliza para obtener las muestras se llama **atarralla**.



Figura 2.1 Atarralla

Para ubicar el lugar exacto de la piscina en donde muestrear, como se mencionó anteriormente, depende de la edad del camarón, por tal motivo si vamos a muestrear camarón en estado de postlarva a juvenil se hará desde la orilla y en lugares en dirección al viento preferentemente, también se toma en cuenta las áreas denominadas entradas y salidas de piscinas, que son los lugares por donde se realizan los cambios de agua entre piscinas y reservorio.



Figura 2.2 Muestreo desde la orilla

Para muestrear camarón en período de juvenil o adulto, se realizará empleando un medio de transporte llamado **panga**, que es una especie de bote liviano, en la cual se llega hacia lugares del interior de las piscinas que es donde se encuentran los animales a esta edad. Una vez ubicados se hace uso de la atarralla y se extrae la

muestra. También se considera la dirección del viento y las entradas y salidas de la piscina.



Figura 2.3 Lance de atarralla

Según las técnicas más utilizadas en acuicultura, se realizan mínimo cinco lances de atarralla, para sacar la muestra, pero de no recolectar mínimo treinta camarones, se hacen más lances hasta llegar al número deseado.



Figura 2.4 Recogiendo la atarralla

Luego los camarones recogidos con la atarralla se colocan en una caja plástica llamada **Kaveta**, para luego examinar a los animales y determinar los que están enfermos y los que están muertos, que son retirados de la muestra, siendo considerados los camarones que se presenten en buenas condiciones.



Figura 2.5 Colocando los camarones en la Kaveta

Una vez obtenida la muestra se colocan en un envase plástico y se lo pone sobre la balanza se obtiene el peso total, luego se coloca el envase plástico vacío y también se lo pesa, para restar esta cantidad del peso total. Y después se calcula el peso promedio.



Figura 2.6 Midiendo el peso del camarón

2.5 Base de Datos

La Base de los datos está compuesta de dos partes. La primera parte de la Base contiene los datos correspondientes a las mediciones de las variables ambientales es decir: Oxígeno AM, Oxígeno PM, Temperatura AM, Temperatura PM, pH AM, pH PM, Turbidez y Salinidad.

Estas mediciones están tomadas diariamente; para el caso de la Turbidez y Salinidad que no se tienen mediciones diarias, se empleó la técnica Matemática Interpolación Spline **[2]**, para poder completar los datos de estas variables con las otras y no existan datos perdidos. Estos datos están organizados por piscina y por ciclo de cultivo, es decir doce piscinas por ciclo de invierno y doce piscinas por ciclo de verano.

La segunda parte de la Base, contiene los datos del peso de los camarones medidos semanalmente y además las mediciones de las variables ambientales mencionadas anteriormente, pero ya no en mediciones diarias, sino la medición promedio de la semana para contrastar con el peso del camarón en dicha semana. En esta parte los datos están ordenados por ciclo de cultivo: invierno y verano.

CAPÍTULO 3

3. HERRAMIENTAS DEL ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS

3.1 Introducción

En este capítulo se describirán las herramientas del Análisis Exploratorio de datos que serán empleadas para el tratamiento de la Base de Datos. Los procedimientos exploratorios, son a menudo una ayuda poderosa para entender la naturaleza compleja de las relaciones entre varias variables. El objetivo del Análisis Exploratorio es describir la información que se encuentra en la Base de Datos.

Se emplearán técnicas como: el Análisis de conglomerados, para identificar grupos similares o disimilares; Correlaciones en distancias, para revelar asociaciones entre las variables y establecer tendencias;

Componentes principales, para aislar observaciones atípicas; Regresión lineal, para hallar el modelo óptimo que se ajuste al Peso del camarón.

3.2 Correlaciones en distancias

Para encontrar relaciones entre las variables, lo primero es saber cuándo podemos considerar que dos parámetros del agua se comportan igual y cuándo no. Dicho de otro modo, se debe definir una distancia entre las variables.

Podemos agrupar las distintas funciones de distancia en dos grandes grupos: las distancias euclídeas y las basadas en correlaciones. Las primeras se basan en diferencias absolutas mientras que las segundas se fijan en las tendencias. En el presente trabajo se usará correlaciones, para juntar las variables según sus tendencias, utilizando como medida de similitud la Correlación de Pearson o matriz de correlación.

Matriz de correlación

Es un arreglo matricial que consta de p filas y p columnas, de acuerdo al número de variables. También es una matriz cuadrada y simétrica que tiene por característica principal el hecho de que su diagonal principal se

compone de unos (1), y en la matriz triangular superior o inferior se encuentran los coeficientes de correlación entre las variables en estudio.

Se nota de la siguiente manera:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Donde :

r_{ij} = es el coeficiente de correlación entre la variable i y la j

Y la representación matemática de este cálculo está dada por la siguiente ecuación:

$$r_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sqrt{S_{ii}} \sqrt{S_{jj}}} = \frac{\sum_{k=1}^n (X_{ki} - \bar{X}_i)(X_{kj} - \bar{X}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (X_{ki} - \bar{X}_i)^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n (X_{kj} - \bar{X}_j)^2}}$$

Donde $i = 1, 2, \dots, p$ y $j = 1, 2, \dots, p$

Cabe indicar que la correlación muestral r debe estar entre -1 y $+1$.

3.3 Análisis de conglomerados (Cluster Análisis)

- **Objetivo**

El análisis de conglomerados, es un conjunto de técnicas utilizadas para clasificar los objetos o casos en grupos homogéneos llamados conglomerados (clusters) con respecto a algún criterio de selección predeterminado. Los objetos dentro de cada grupo (conglomerado), son similares entre sí (alta homogeneidad interna) y diferentes a los objetos de los otros conglomerados o clusters (alta heterogeneidad externa). Es decir, que si la clasificación hecha es óptima, los objetos dentro de cada cluster estarán cercanos unos de otros y los cluster diferentes estarán muy apartados.

El principal objetivo del análisis de conglomerados es dividir un conjunto de objetos en dos o más grupos, basándose en la similitud de un conjunto de variables que los caracterizan.

- **Desarrollo del plan de análisis**

Hay que elegir la medida de similaridad que vaya a utilizarse. Hemos dicho que dos objetos se podrán en un mismo grupo si están “cerca” uno de otro respecto a las variables que empleemos, pero esa distancia debe ser medida de alguna manera. Existen muchas medidas de la distancia, la más común es la distancia Euclídea o variaciones de la misma como la distancia Euclídea al cuadrado, que es la empleada en este análisis.

- **Condiciones de aplicabilidad del análisis de conglomerados**

El análisis de conglomerados, no pretende inferir resultados de una muestra hacia una población, sino solamente agrupar objetivamente por similitud los casos que estemos investigando. Por tanto, aunque tiene fundamentos matemáticos complejos, no son demasiado relevantes las propiedades estadísticas de normalidad, linealidad y homoscedasticidad. Se debe prestar especial atención a otros dos aspectos: la representatividad de la muestra y la multicolinealidad. La multicolinealidad afecta muchísimo a los resultados porque, indicado, aquellas variables que estén afectadas de esta propiedad tendrán una influencia mayor en el establecimiento de los grupos.

- **Estimación del modelo y ajuste global**

Para comenzar el proceso de agrupación en el análisis de conglomerados, es necesario elegir entre los métodos jerárquicos y no jerárquicos. El criterio general de todos ellos es maximizar la distancia entre los grupos que se formen y minimizar la distancia entre los distintos elementos de cada grupo, como se ilustra en la

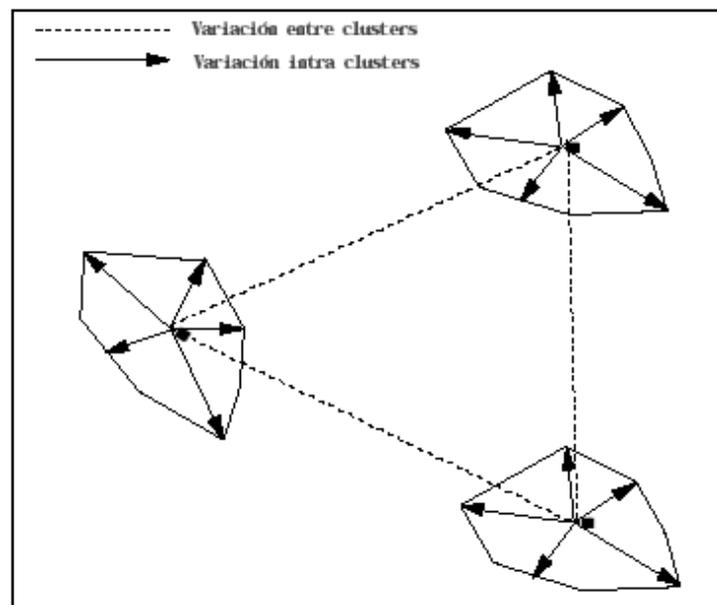


Figura 3.1 Distancias intra y entre conglomerados

En los métodos jerárquicos, el análisis comienza con tantos conglomerados como individuos (cada individuo es un conglomerado

inicial). A partir de estas unidades iniciales se van formando nuevos conglomerados de forma ascendente agrupando en cada etapa a los individuos de los dos conglomerados más próximos. Al final del proceso todos los individuos estarán agrupados en un único conglomerado. La diferencia entre los diversos métodos reside en la distancia considerada para medir la proximidad entre conglomerados.

En el **promedio entre grupos**, que es el método que se utilizará en el presente análisis, se define la distancia entre dos conglomerados como el promedio de las distancias entre todos los pares de individuos, en los que cada componente del par pertenece a un conglomerado distinto. Si el número de individuos y variables es muy alto, requiere un número de cálculos muy elevados.

- **Presentación de los resultados**

Para representar la estructura jerárquica de la formación de los conglomerados se utiliza el **Dendograma**, un gráfico que tiene forma de árbol invertido.

Así, a partir de los K elementos observados podemos identificar desde 1 hasta K clusters, según el número de grupo que queramos obtener, sin más que realizar la segmentación horizontal adecuada.

Es recomendable trabajar con datos estandarizados, para eliminar el efecto de la escala de medida, y así poder aplicar el análisis sobre variables que presentan similares valores medios y desviaciones estándar, lo cual facilita la interpretación.

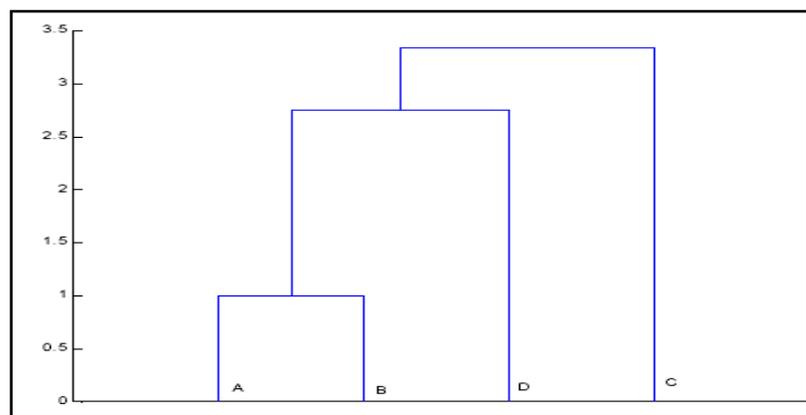


Figura 3.2 Dendrograma en forma vertical

3.4 Regresión Lineal

Los métodos de Regresión se utilizan para analizar datos que provienen de experimentos que no fueron diseñados. Éste es el caso del estudio de fenómenos no controlados o de registros históricos. En muchos problemas existen dos o más variables que están relacionadas y es muy importante modelar y explorar esta relación.

Supongamos que hay una sola variable dependiente o de respuesta y que depende de k variables independientes o de regresión por ejemplo: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$. La relación entre estas variables se caracteriza por un modelo matemático, conocido como ecuación de regresión. El modelo de regresión se ajusta a un conjunto de datos muestrales. En la mayoría de los casos la verdadera relación funcional se desconoce y se debe escoger una función apropiada para aproximarla, los modelos polinomiales se usan ampliamente para aproximar funciones, por esta razón se analiza el ajuste de los datos mediante polinomios.

El modelo general de Regresión lineal múltiple es:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \epsilon$$

Los parámetros desconocidos β_i son los coeficientes de regresión. El método de mínimos cuadrados se usa para estimar los coeficientes de regresión de la ecuación.

- **Pruebas de hipótesis en la Regresión Lineal múltiple**

Se desea probar la hipótesis que se refiere a los parámetros del modelo de regresión lineal. Esto requiere la suposición adicional de que los errores sean NID $(0, \sigma^2)$. Una consecuencia directa de esta suposición es que las observaciones y_t son NID $(\beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_{ij}, \sigma^2)$.

Consideremos probar si la regresión es significativa. En la regresión lineal múltiple eso se logra probando la hipótesis:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

vs

$$H_1 : \beta_i \neq 0$$

El rechazo de H_0 en esta ecuación implica que al menos una variable en el modelo contribuye significativamente al ajuste

3.5 Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes principales consiste en encontrar transformaciones ortogonales de las variables originales para conseguir un nuevo conjunto de variables que no estén correlacionadas, denominadas Componentes Principales, que se obtienen en orden decreciente de importancia.

El Análisis de Componentes Principales, también conocido como ACP, tiene como objetivos principales: describir una matriz de datos, reducir el número de variables y buscar correlaciones entre grupos de variables llamadas **Componentes**.

Las componentes son combinaciones lineales de las variables originales y se espera que, solo unas pocas (las primeras) recojan la mayor parte de la variabilidad de los datos, obteniéndose una reducción de la dimensión en los mismos. Luego el propósito fundamental de la técnica consiste en la reducción de la dimensión de los datos con el fin de simplificar el problema en estudio.

Las componentes principales algebraicamente son una particular combinación lineal de las p variables aleatorias observadas

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$. Geométricamente, esta combinación lineal representa la elección de un nuevo sistema de coordenadas obtenidas al rotar el sistema original, con $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$ como los ejes coordenados. Los nuevos ejes representan la dirección de máxima variabilidad.

El ACP explica la variabilidad en lugar de correlaciones, aunque para obtener una reducción efectiva de la dimensión es necesario que las variables estén correlacionadas. En otras palabras, si las variables están altamente correlacionadas, tienen información común y la dimensión real de los datos es menor que p .

Si las escalas de medida de las variables son muy diferentes, la variabilidad estaría dominada por las variables con magnitudes mayores de forma que las primeras componentes pueden mostrar simplemente las diferencias en la escala. En este caso conviene tomar la matriz X estandarizada. En este caso las componentes estarían colocadas sobre la matriz de correlaciones.

Denotaremos con $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$ las variables originales y con $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_p$ las componentes. En principio, podemos obtener tantas componentes como variables originales. X denotará el vector de variables originales e Y el de componentes. El vector p variado X tiene

como estimador de la matriz de varianzas y covarianzas a $\bar{\Sigma}$ y sea $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ los valores propios correspondientes a $\bar{\Sigma}$.

Buscamos combinaciones lineales de las variables observadas que sean no correlacionadas y con varianzas progresivamente decrecientes:

$$\begin{aligned} Y_1 &= \mathbf{a}'_1 \mathbf{X} = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \\ Y_2 &= \mathbf{a}'_2 \mathbf{X} = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \\ &\vdots \\ Y_p &= \mathbf{a}'_p \mathbf{X} = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \dots + a_{pp}X_p \\ Y &= XA \end{aligned}$$

Donde Y es la matriz que contiene las puntuaciones de cada uno de los individuos sobre las componentes y A es la matriz que contiene los coeficientes de las combinaciones lineales en columnas.

Y_1 será aquella componente que explique la mayor parte de la variabilidad, Y_2 será ortogonal a Y_1 y explicará la mayor parte de la variabilidad restante y así sucesivamente.

$Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_p$ son las componentes principales, son no correlacionadas, son ortonormales entre ellas y además tenemos que $\text{Var}(Y_1) \geq \text{Var}(Y_2) \geq \dots \text{Var}(Y_p) \geq 0$. Por lo cual, éstas deben cumplir con:

$$\|\mathbf{a}_i\| = 1 \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, p$$

y

$$\langle \mathbf{a}_i, \mathbf{a}_j \rangle = 0 \quad \text{para } i \neq j$$

Donde $\|\mathbf{a}_i\|$ es la norma del vector \mathbf{a}_i y $\langle \mathbf{a}_i, \mathbf{a}_j \rangle$ es el producto interno entre los vectores \mathbf{a}_i y \mathbf{a}_j .

La primera componente principal es la combinación lineal $Y_1 = \mathbf{a}_1^T X$ de máxima varianza, esto es que maximiza la varianza de Y_1 , sujeta a que la norma del vector \mathbf{a}_1 sea unitaria.

La segunda componente principal es la combinación lineal $Y_2 = \mathbf{a}_2^T X$ que maximiza la varianza de Y_2 , sujeta a que la norma del vector \mathbf{a}_2 sea unitaria y a que $\text{Cov}(Y_1, Y_2) = 0$.

En general la i -ésima componente principal es la combinación lineal que maximiza la varianza de $Y_i = \mathbf{a}_i^t X$, sujeta a que la norma del vector \mathbf{a}_i sea unitaria y a que $Cov(Y_i, Y_j) = 0$ para $k < i$.

El porcentaje total de la varianza contenida por la i -ésima componente principal viene dado por:

$$\frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i}$$

▪ **Interpretación de un ACP**

- Diagramas de dispersión, que representan los valores de los individuos en las primeras componentes principales.
- Interpretación de distancias en términos de similitud.
- Búsqueda de clusters (grupos) y patrones.
- Interpretación de las componentes utilizando las correlaciones con las variables originales. Las posiciones de los individuos se interpretan después con relación a la interpretación dada a las componentes.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS EXPLORATORIO I

4.1 Introducción

En el presente capítulo se realizará el análisis exploratorio de los datos, empleando las técnicas estadísticas: Correlaciones en distancias y Análisis de Conglomerados. Este análisis proporcionará información de cómo están relacionadas las variables y en que forma si son similares o disímiles; además de cómo se agrupan las variables ambientales.

Para efectuar los cálculos correspondientes a cada técnica estadística, se utilizó el software estadístico SPSS versión 10.0.

4.2 Correlaciones en distancias

El análisis de las correlaciones en distancias nos proporcionará una idea de cómo están correlacionadas y cómo interactúan las variables: Semana de cultivo, Peso, Oxígeno a.m., Oxígeno p.m., Temperatura a.m., Temperatura p.m., pH a.m., pH p.m., Salinidad y Turbidez.

Primero se analizará los datos del ciclo de invierno, luego los datos del ciclo de verano y después un análisis global con ambos ciclos juntos; con el fin de ver la variación en las relaciones entre las variables. Se calcularon matrices en distancias utilizando la Correlación de Pearson como medida de Similitud y con los datos estandarizados. Las tablas que contienen las correlaciones en distancia para cada una de las 12 piscinas se presentan en Anexos.

4.2.1 Datos del Ciclo de cultivo de Invierno

TABLA VII

CORRELACIÓN EN DISTANCIA DE LAS VARIABLES:

Semana, Peso, Oxígeno AM, Oxígeno PM, Temperatura AM,

Temperatura PM, PH AM, PH PM, Turbidez y Salinidad

Ciclo: Invierno

Matriz de distancias										
	Correlación entre vectores de valores									
	SEMANA	PESO	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
SEMANA		.955	-.240	.097	.748	.692	-.592	-.499	-.756	.205
PESO	.955		-.180	.107	.749	.662	-.542	-.435	-.670	.153
OXAM	-.240	-.180		.704	-.260	-.317	.374	.401	.388	-.103
OXPM	.097	.107	.704		-.108	.128	.174	.307	.041	.052
TAM	.748	.749	-.260	-.108		.598	-.366	-.312	-.493	.117
TPM	.692	.662	-.317	.128	.598		-.320	-.224	-.512	.206
PHAM	-.592	-.542	.374	.174	-.366	-.320		.885	.714	-.282
PHPM	-.499	-.435	.401	.307	-.312	-.224	.885		.647	-.323
TURB	-.756	-.670	.388	.041	-.493	-.512	.714	.647		-.259
SAL	.205	.153	-.103	.052	.117	.206	-.282	-.323	-.259	

Esta es una matriz de similitudes

La TABLA VII se muestra las correlaciones en distancias entre las variables Semana, Peso y las variables físicas: Oxígeno a.m., Oxígeno p.m., Temperatura a.m., Temperatura p.m., pH a.m., pH p.m., Salinidad y Turbidez.

Se puede decir que las variables de mayor correlación en sentido positivo son los siguientes pares de variables: Semana – Peso, pH a.m. – pH

p.m., Peso – Temperatura a.m., Turbidez – pH a.m., Oxígeno a.m. – Oxígeno p.m.

- **Semana – Peso ($\rho=0.955$):** Es el resultado esperado, pues el camarón por su alta frecuencia de mudas tiene un crecimiento lineal, y en la forma que avanza el tiempo aumenta el peso en el mismo sentido.
- **pH a.m. – pH p.m. ($\rho=0.885$):** La variación del pH durante el día es muy pequeña, lo que hace que estas variables tengan una alta correlación y haga depender el pH de la tarde del pH de la mañana.
- **Peso – Temperatura a.m. ($\rho=0.749$):** La correlación entre el Peso y temperatura por la mañana en el ciclo de Invierno es muy importante, pues la temperatura en este ciclo tiende a ser elevada, lo que crea condiciones muy buenas para el cultivo, lo que se demuestra con esta correlación es que a mayor temperatura habrá mayor peso ganado semanalmente.
- **Turbidez – pH a.m. ($\rho=0.714$):** El nivel de turbidez alto o una lectura alta de esta variable, indica que hay poca materia

suspendida en la piscina es decir es mayor la transparencia del agua; una de las causas por la cual el agua no está tan turbia o no hay mucha materia en suspensión, es porque las algas marinas realizan fotosíntesis durante el día, lo que provoca mayor nivel de oxígeno en el agua y es así como durante el día se eleva el nivel del pH en el agua y es muy similar al nivel de turbidez en el agua.

- **Oxígeno a.m. - Oxígeno p.m. ($\rho=0.704$):** Esto significa que el nivel de Oxígeno por la tarde será muy similar al nivel de Oxígeno por la mañana, por la alta correlación entre ambas y debido a que la variación de la mañana a la tarde no es muy grande.

De la misma forma se puede decir, que la TABLA VII muestra las variables más correlacionadas negativamente. Como resultaron ser los siguientes pares de variables: Semana – Turbidez, Peso – Turbidez.

- **Semana – Turbidez ($\rho=-0.756$):** Es decir están altamente correlacionadas en sentido negativo o son inversamente similares, mientras incrementa la semana disminuye la turbidez, es decir el agua deja de ser transparente y se vuelve turbia.

- **Peso – Turbidez ($\rho=-0.670$):** Esta correlación, tiene la misma explicación que en el caso de Semana – Turbidez, ya que lo lógico es que si aumenta el Peso de los camarones, disminuye la lectura de la Turbidez indicando el agua está más sucia, pues los animales más grandes secretan más que cuando están pequeños y al pasar el tiempo las algas marinas crecen y vuelven más turbia el agua.

El par de variables menos correlacionadas o con un coeficiente de correlación cercano al valor cero son: Turbidez – Oxígeno p.m.

- **Turbidez – Oxígeno p.m. ($\rho=0.041$):** Esta correlación muy baja se debe a que el nivel de Turbidez en el agua, disminuye cuando se efectúa la fotosíntesis en las primeras horas del día, la fotosíntesis incrementa el nivel de Oxígeno por la mañana, pero por la tarde/noche ocurre lo contrario el nivel de Oxígeno disminuye, entonces se presenta la situación de no similaridad entre estas variables.

4.2.2 Datos del Ciclo de cultivo de Verano

TABLA VIII
CORRELACIÓN EN DISTANCIA DE LAS VARIABLES:
Semana, Peso, Oxígeno AM, Oxígeno PM, Temperatura AM,
Temperatura PM, PH AM, PH PM, Turbidez y Salinidad
Ciclo: Verano

Matriz de distancias										
	Correlación entre vectores de valores									
	SEMANA	PESO	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
SEMANA		.980	.072	-.262	-.225	-.227	-.344	-.235	.595	-.216
PESO	.980		.097	-.265	-.215	-.228	-.377	-.261	.545	-.194
OXAM	.072	.097		.310	.117	.013	.377	.278	.287	.252
OXPM	-.262	-.265	.310		-.046	-.005	.625	.624	.057	.379
TAM	-.225	-.215	.117	-.046		.841	.154	.133	-.053	.038
TPM	-.227	-.228	.013	-.005	.841		.202	.151	-.121	.005
PHAM	-.344	-.377	.377	.625	.154	.202		.826	.021	.444
PHPM	-.235	-.261	.278	.624	.133	.151	.826		.092	.345
TURB	.595	.545	.287	.057	-.053	-.121	.021	.092		-.085
SAL	-.216	-.194	.252	.379	.038	.005	.444	.345	-.085	

Esta es una matriz de similitudes

La TABLA VIII se muestra las correlaciones en distancias entre las variables Semana, Peso y las variables ambientales: Oxígeno a.m., Oxígeno p.m., Temperatura a.m., Temperatura p.m., pH a.m., pH p.m., Salinidad y Turbidez.

Se puede decir que las variables de mayor correlación en sentido positivo son los siguientes pares de variables: Semana – Peso, pH a.m. – pH

p.m., Temperatura a.m. – Temperatura p.m., Oxígeno p.m. – pH a.m., Oxígeno p.m. – pH p.m.

- **Semana – Peso ($\rho=0.980$):** Es el resultado esperado, pues el camarón por su alta frecuencia de mudas tiene un crecimiento lineal, y en la forma que avanza el tiempo aumenta el peso en el mismo sentido.
- **Temperatura a.m. – Temperatura p.m. ($\rho=0.841$):** Lo que significa que la Temperatura de la mañana y de la tarde, tienen comportamientos muy similares en la estación de Verano, la variabilidad de la mañana a la tarde es pequeña.
- **pH a.m. - pH p.m. ($\rho=0.826$):** Es un resultado esperado, puesto que la variabilidad es pequeña, lo que quiere decir que el pH de la mañana se comportará similarmente al pH de la tarde.

De la misma forma se puede apreciar en la matriz de similaridades, que el par de variables con mayor correlación en sentido negativo son:

- **pH a.m. – Peso ($\rho=-0.377$):** Que no representa una correlación muy significativa, pero es la mayor correlación negativa de las

variables en la estación de Verano. Lo que indica esta correlación es que a medida que el pH alcance niveles altos habrá una disminución en la productividad, y si es muy alto el pH llegar a ser letal.

Los pares de variables con coeficientes de correlación más cercanos a cero o menos similares son: Salinidad – Temperatura p.m., Oxígeno p.m. – Temperatura p.m.

- **Salinidad - Temperatura p.m. ($\rho=0.005$):** Esta correlación muy cercana a cero, significa que las variables son poco similares o están poco correlacionadas.
- **Oxígeno p.m. - Temperatura a.m. ($\rho=-0.005$):** El coeficiente de correlación es muy cercano a cero, lo que indica que este par de variables son pocos similares y están poco correlacionadas.

4.2.3 Datos de los Ciclos de cultivo de Invierno y Verano

TABLA IX

CORRELACIÓN EN DISTANCIA DE LAS VARIABLES:

Semana, Peso, Oxígeno AM, Oxígeno PM, Temperatura AM,

Temperatura PM, PH AM, PH PM, Turbidez y Salinidad

Ciclo: Invierno/Verano

Matriz de distancias										
	Correlación entre vectores de valores									
	SEMANA	PESO	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
SEMANA		.965	-.170	-.132	-.020	.042	-.493	-.373	.069	.019
PESO	.965		-.136	-.113	.005	.057	-.489	-.362	.028	.026
OXAM	-.170	-.136		.617	-.032	-.129	.387	.350	.239	-.033
OXPM	-.132	-.113	.617		-.112	-.067	.358	.464	-.050	.039
TAM	-.020	.005	-.032	-.112		.829	.015	.034	-.045	.110
TPM	.042	.057	-.129	-.067	.829		.011	.030	-.117	.118
PHAM	-.493	-.489	.387	.358	.015	.011		.837	.304	.076
PHPM	-.373	-.362	.350	.464	.034	.030	.837		.252	.070
TURB	.069	.028	.239	-.050	-.045	-.117	.304	.252		-.030
SAL	.019	.026	-.033	.039	.110	.118	.076	.070	-.030	

Esta es una matriz de similitudes

En la TABLA IX se muestran las correlaciones en distancias de los datos pertenecientes a las variables de estudio, en dos ciclos de cultivo Invierno – Verano.

Por los resultados que se observan en dicha TABLA, se puede decir que las variables más correlacionadas en ambos ciclos son los siguientes

pares de variables: Semana – Peso, pH a.m. – pH p.m., Temperatura a.m. – Temperatura p.m., Oxígeno a.m. – Oxígeno p.m.

- **Semana – Peso ($\rho=0.965$):** Resultado que es deducible por los resultados obtenidos anteriormente. Pues este par de variables tienen el comportamiento muy similar y no tiene que ver la estación en la que se encuentre.
- **pH a.m. – pH p.m. ($\rho=0.837$):** Esta correlación es muy alta debido a que la variación del pH del mañana a la tarde es muy pequeña, de lo que se infiere que son similares.
- **Temperatura a.m. – Temperatura p.m. ($\rho=0.829$):** Es un resultado esperado, ya que la temperatura en ciclos de Invierno y Verano, no tiene mucha variabilidad de la mañana a la tarde.
- **Oxígeno a.m. – Oxígeno p.m. ($\rho=0.617$):** Son pares de variables con comportamientos muy similares en ambos ciclos de cultivo tanto de Invierno como de Verano.

Los pares de variables más correlacionados en sentido negativo son: pH a.m. – Semana, pH a.m. – Peso. Los coeficientes de relación no son tan elevados, pero son los más grandes obtenidos con estos datos.

- **pH a.m. - Semana ($\rho=-0.493$):** Esta correlación nos indica que a medida que la semana de cultivo aumenta el nivel del pH en el agua disminuye, esto tiene sentido, pues si incrementa la semana de cultivo el camarón sube de Peso y el nivel de oxígeno disminuye porque hay mayor demanda, y niveles bajos de oxígeno puede indicar niveles bajos de pH.
- **pH a.m. – Peso ($\rho=-0.489$):** Lo que nos indica que mientras aumenta el pH en la mañana el Peso del camarón disminuye, lo que significa que el aumento en el pH de la mañana ocasiona que el camarón no aumente de Peso, pues el pH elevado hace que el agua sea básica y disminuye la productividad y en casos de alcanzar el pH lecturas muy elevadas es letal para el camarón. De otra forma, también se interpreta que si el Peso aumenta el pH a.m. disminuye, ya que si el camarón gana peso la demanda de oxígeno aumenta, y el pH en el agua disminuye.

Las variables más disímiles o menos similares, es decir cuyos coeficientes de correlación es un valor muy cercano a cero, son los siguientes: Temperatura a.m. – Peso, Temperatura p.m. – pH a.m., Temperatura a.m. – pH a.m.

- **Temperatura a.m. – Peso ($\rho=0.005$):** Esta disimilitud se debe a varias razones. Primero: se está considerando los datos de los dos ciclos juntos, en el ciclo de Invierno la temperatura tiene una gran incidencia (alta correlación) en el Peso y en el ciclo de Verano ocurre lo contrario la variable Peso está poco correlacionada con la temperatura. Segundo: los datos pertenecen al año 2002, año en el que la temperatura del ambiente debió haberse regulado, pues no se presentaron fenómenos como El Niño y La Niña. En conclusión no se puede tomar este resultado con superficialidad, pues hay que analizar a fondo los factores que afectan a la Temperatura en cada ciclo de cultivo y las condiciones climáticas de cada estación.
- **Temperatura p.m. – pH a.m. ($\rho=0.011$):** La temperatura por la noche disminuye y esta variable está correlacionada al Oxígeno de la tarde en sentido negativo pero muy cercano a cero ($\rho=-0.067$), es decir casi no están correlacionadas, y si esto sucede no hay correlación con el pH, pues en la noche no se realiza la fotosíntesis y este proceso

determina en parte la fluctuación del pH. Entonces no se induce una similitud de consideración entre estas variables.

- **Temperatura a.m. – pH a.m. ($p=0.015$):** En el inciso anterior se explicó que debido a que no hay fotosíntesis en la noche no se hallaba similitud con el pH, pues este proceso podría explicar la variabilidad del pH. En este caso la temperatura de la mañana tampoco esta correlacionada con el oxígeno de la mañana así que no se induce una similitud de consideración entre estas variables.

Del análisis de las correlaciones en distancias de las variables de estudio, se puede decir que tanto en el ciclo de cultivo de Invierno, como de Verano y además con los datos globales de ambos ciclos, el Peso tiene mucha similitud con la Semana de cultivo, es decir estas variables están altamente correlacionadas, sin ser afectada esta relación por el ciclo de cultivo en que se encuentre.

De la misma forma se puede observar, que con los datos de los ciclos por separado y juntos, el pH de la mañana está muy correlacionado con el pH de la tarde, en todo el año; no así la temperatura de la mañana con la temperatura de la tarde, que se ve altamente correlacionada pero con los datos del ciclo de Verano y con los datos de ambos ciclos juntos.

El oxígeno de la mañana y el oxígeno de la tarde, son muy similares o están muy correlacionados según los datos del ciclo de Invierno y los datos de ambos ciclos juntos.

4.3 Análisis de Conglomerados

Mediante el análisis de conglomerados lo que se pretende realizar es agrupar las variables que sean más homogéneas dentro de cada grupo y más diferentes entre los grupos. Las variables a utilizarse para el siguiente análisis son: Semana de cultivo, Peso, Piscina, Oxígeno a.m., Oxígeno p.m., Temperatura a.m., Temperatura p.m., pH a.m., pH p.m., Salinidad y Turbidez. En este análisis se incluye la variable piscina, que es una variable tipo cualitativa.

Primero se analizará los datos del ciclo de invierno, luego los datos del ciclo de verano y después un análisis global de ambos ciclos juntos; con el fin de ver la clasificación entre las variables más similares. Se utilizó como medida para clasificar la distancia euclídea al cuadrado, y para la elaboración de los dendogramas, algoritmos jerárquicos con la vinculación promedio ínter - grupos. Los dendogramas de cada piscina por ciclo de cultivo se presenta en Anexos.

1. Variables: Semana, Peso, Temperatura a.m.
2. Variables: pH a.m., pH p.m.
3. El resto de variables se agrupan en conglomerados de una sola variable.

Para obtener un número mayor de conglomerados que agrupen a más de una variable, pero con una distancia menor o igual a 10, y se obtiene los siguientes resultados:

1. Variables: Semana, Peso, Temperatura a.m., Temperatura p.m.
2. Variables: pH a.m., pH p.m., Turbidez
3. Oxígeno a.m., Oxígeno p.m.
4. El resto de variables se agrupan en conglomerados de una sola variable.

Se puede ver que el número de conglomerados que agrupan a más de una variable, aumentó. El conglomerado 1, muestra un grupo de variables que por sus características, son variables no controlables: Temperatura a.m. y Temperatura p.m.; y potencialmente de control: Peso; la variable Semana no es una variable de tipo probabilística, es una variable de tendencia pues está en función del tiempo.

El conglomerado 2, agrupa variables potencialmente controlables: pH a.m. y pH p.m., Turbidez. Pues para tratar de controlar el nivel de pH sea este bajo o alto, se pueden tomar medidas al respecto como por ejemplo, si el agua esta ácida (niveles muy bajos de pH) se procede a la aplicación de Cal a las piscinas. En el caso de la Turbidez también se pueden tomar medidas de control, para el caso de agua muy turbia, se procede a aplicar Cal a las piscinas o hacer recambio de agua con el reservorio.

En el conglomerado 3 se agrupan los Oxígenos a.m. y p.m., también tienen la característica de ser variables potencialmente de control. Estas variables se consideran potencialmente controlables, pues para niveles muy bajos de Oxígeno en el agua se realizan recambios de agua entre la piscina con el reservorio.

que estén a una distancia menor o igual a 5, que son los que se identifican a continuación:

1. Variables: Semana, Peso.
2. Variables: Temperatura a.m., Temperatura p.m.
3. Variables: pH a.m., pH p.m.
4. El resto de variables se agrupan en conglomerados de una sola variable.

Ahora, si queremos obtener un número mayor de conglomerados que agrupen a más de una variable, pero con una distancia menor o igual a 10, se obtiene los siguientes resultados:

1. Variables: Temperatura a.m. – Temperatura p.m.
2. Variables: pH a.m., pH p.m., Oxígeno p.m.
3. Variables: Semana, Peso, Turbidez.
4. El resto de variables se agrupan en conglomerados de una sola variable.

El número de conglomerados que agrupa a más de una variable sigue siendo tres, pero se ve una cierta tendencia que en los anteriores no era muy específica. El conglomerado 1, está

compuesto de variables no controlables, pues las temperaturas tanto de la mañana como de la tarde, no pueden ser controladas.

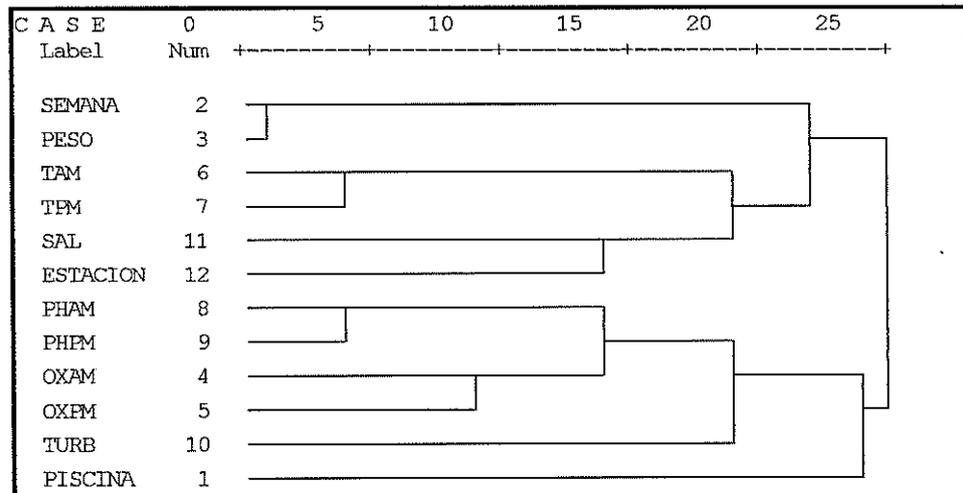
El conglomerado 2, está compuesto de variables potencialmente de control. Tanto el pH como el Oxígeno se pueden tratar de controlar con medidas como el recambio de agua de las piscinas con el reservorio.

El conglomerado 3, está compuesto de las variables Peso que es potencialmente de control y Semana de cultivo que como se mencionó anteriormente es variable de tendencia.

4.3.3 Datos de los Ciclos de cultivo de Invierno y Verano

En este caso, además de las variables empleadas anteriormente se utilizará la variable Estación, que representa al ciclo de cultivo: Invierno ó Verano. Esta variable es de tipo cualitativa.

GRÁFICO 4.3
DENDOGRAMA: Ciclos Invierno/Verano



El gráfico 4.3 muestra el dendrograma que representa a la clasificación de las variables en los ciclos: Invierno y Verano. Se puede apreciar que las variables más similares son: Semana – Peso (**D=1**), pH a.m. – pH p.m. (**D=4**) y Temperatura a.m. – Temperatura p.m. (**D=4**).

La variable piscina es la última en agruparse, lo que indica que es la menos similar (**D=24**). No obstante, de la variable Estación se puede decir que se agrupa con las variables Salinidad y Temperatura a.m.; lo que significa que el nivel de Salinidad en el agua tiene mucha similitud con la Estación del año; de igual forma sucede con la temperatura de la mañana.

Se identifican varios conglomerados de distintas características, para establecer un número de conglomerados se escogerán los que estén a una distancia menor o igual a 5, que son los que se identifican a continuación:

1. Variables: Semana, Peso.
2. Variables: Temperatura a.m., Temperatura p.m.
3. Variables: pH a.m., pH p.m.
4. El resto de variables se agrupan en conglomerados de una sola variable.

Agrupando con una distancia menor o igual a 10, se obtiene los siguientes conglomerados:

1. Variables: Semana, Peso.
2. Variables: Temperatura a.m., Temperatura p.m.
3. Variables: pH a.m. , pH p.m.
4. Variables: Oxígeno a.m., Oxígeno p.m.
5. El resto de variables se agrupan en conglomerados de una sola variable.

Como se puede observar se incrementó el número de conglomerados con más de una variable. De las características de estos conglomerados se puede decir que: los conglomerados 1, 3 y 4 representan una agrupación de variables potencialmente controlables; y que el conglomerado 2 agrupa a variables no controlables.

Se puede decir, basándose en el análisis de conglomerados realizado, que las variables ambientales se agrupan de la siguiente manera:

- En el ciclo de Invierno, el pH a.m., pH p.m. y Turbidez. Se puede deducir que esta agrupación se debe a la relación que existe entre el pH con el Oxígeno y este a su vez con la Turbidez.
- En el ciclo de Verano, el pH tanto de la mañana como de la tarde, se agrupa con el oxígeno de la tarde. Esta agrupación se debe a que el nivel del pH está relacionado al nivel de oxígeno, pero en el ciclo de Verano, se agrupa específicamente con el oxígeno de la tarde.

- El nivel de oxígeno tanto de la mañana como el de la tarde, se agrupa de igual forma en el ciclo de Invierno y con los datos de ambos ciclos juntos.

- Los registros de temperaturas tanto de la mañana como de la tarde, indican que este parámetro se agrupa de igual forma en el ciclo de Invierno, Verano y en ambos ciclos juntos.

- Las variables Peso y semana de cultivo, se agrupan igualmente en los ciclos de Invierno, de Verano y ambos ciclos juntos, lo que indica la alta correlación en el comportamiento de estas variables durante todo el año.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS EXPLORATORIO II

5.1 Introducción

En el presente capítulo se continuará con el análisis exploratorio de los datos, empleando las técnicas estadísticas: Regresión lineal y Componentes Principales. Este análisis exploratorio nos proporcionará el ajuste de un modelo o varios modelos lineales de crecimiento del camarón basándose en el peso del mismo y como actúan las variables para poder predecir el peso.

Para efectuar los cálculos correspondientes a cada técnica estadística, se utilizó el software estadístico SPSS versión 10.0.

5.2 Regresión Lineal

El registro periódico del peso de los organismos en estanques de cultivo permite el cálculo de su tasa de crecimiento que puede ser empleada con fines predictivos utilizando el modelo apropiado. Aunque en los crustáceos el crecimiento es discontinuo, en el caso de los peneidos tropicales (*Litopenaeus vannamei*) se utiliza normalmente el modelo lineal, en vista de su alta frecuencia de mudas.

Para la Regresión lineal se consideró dos modelos. **Modelo A:** variable dependiente: Peso; variables independientes solo ambientales: Oxígeno a.m., Oxígeno p.m., Temperatura a.m., Temperatura p.m., pH a.m., pH p.m., Salinidad y Turbidez. **Modelo B:** variable dependiente: Peso; variables independientes: Semana de cultivo, y variables ambientales: Oxígeno a.m., Oxígeno p.m., Temperatura a.m., Temperatura p.m., pH a.m., pH p.m., Salinidad y Turbidez.

El análisis se realizará primero con los datos del ciclo de Invierno, luego con los datos del ciclo de Verano y al final un análisis global con los datos de ambos ciclos juntos. Los modelos se realizaron para cada ciclo de cultivo.

5.2.1 Datos del Ciclo de cultivo de Invierno

Después de probar varios modelos se determinó los modelos lineales que más tratan de explicar el Peso del camarón en el ciclo de Invierno, los cuales se presentan a continuación.

TABLA X
ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL
RESUMEN DEL MODELO A
Ciclo: Invierno

Resumen del modelo ^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.711 ^a	.505	.501	2.3975

a. Variables predictoras: (Constante), TURB
b. Variable dependiente: PESO

En la TABLA X se muestra el resumen del Modelo A, en el cual se identifica a la variable ambiental Turbidez como la variable que explica el Peso del camarón, con una potencia de explicación **R cuadrado = 0.505**, lo que indica que el 50.5% de las veces las desviaciones del peso no son producidas por los errores sino por la variación de las variables del modelo, que no es una buena potencia de explicación del modelo para el crecimiento del camarón.

TABLA XI
ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL
ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO A
Ciclo: Invierno

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coefficientes estandarizados	t	Sig.	Intervalo de confianza para B al 95%	
		B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	20.643	1.254		16.466	.000	18.157	23.128
	TURB	-.270	.026	-.711	-10.407	.000	-.321	-.218

a. Variable dependiente: PESO

En la TABLA XI se muestra la estimación de los coeficientes para el Modelo A, con un nivel de significancia o valor $p=0$, que indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de que los coeficientes **Betas** son diferentes de cero, lo cual indica que si existe relación lineal entre las variables. Lo que nos da como resultado el siguiente modelo de regresión lineal para el crecimiento del camarón:

$$PESO = (-0.270)TURB + 20.64$$

Para lograr un mejor análisis del modelo encontrado, se calcularán estadísticos descriptivos de la variable de explicación o dependiente, es decir de la variable Turbidez.

TABLA XII
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS
Variable: TURBIDEZ - Ciclo: INVIERNO

Estadísticos descriptivos					
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
TURB	30.00	70.00	47.5463	8.9426	79.970

En la TABLA XII se muestran los estadísticos descriptivos de la variable Turbidez. Por la desviación típica de la variable podemos decir que la variación en una desviación estándar de la Turbidez contribuye con una variación de 2.41 gr. en el peso.

Durante el ciclo de Invierno, con un nivel mínimo de Turbidez según el modelo, el peso se ve afectado en 8.1 gr. Con un nivel máximo de la Turbidez el peso se ve afectado en 18.9 gr. Recordemos que una lectura alta en la variable Turbidez, implica que el agua de la piscina está menos turbia o sucia, es decir, según los resultados obtenidos, el máximo nivel de Turbidez o que el agua esté limpia, provoca una variación baja en el peso del camarón; y el mínimo nivel de Turbidez provoca una variación demasiado alta, lo que no es verosímil, esto se debe a la baja explicación del modelo.

TABLA XIII
ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL
RESUMEN DEL MODELO B
Ciclo: Invierno

Resumen del modelo ^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.961 ^a	.923	.923	.9431

a. Variables predictoras: (Constante), SEMANA
b. Variable dependiente: PESO

En la TABLA XIII se muestra el resumen del Modelo B. Luego de haber realizado varias pruebas introduciendo tanto las variables ambientales como la Semana de cultivo, se obtuvo el modelo para el crecimiento del camarón basándose en el Peso, que se explica únicamente con la variable Semana de cultivo, con **R cuadrado = 0.923**, lo que indica que en el modelo el 92.3% de las veces las desviaciones del peso no son producidas por los errores, lo cual significa que hay un buen ajuste lineal, de la misma manera, el 7.75% de las variaciones del peso son debido al a los errores.

La variable semana de cultivo es una variable de tendencia, depende del tiempo. El crecimiento de un organismo guarda

relación directa con la edad por lo que la variable peso está muy influenciada por el tiempo.

TABLA XIV
ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL
ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO B
Ciclo: Invierno

Coeficientes ^a								
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Intervalo de confianza para B al 95%		
	B	Error tip.	Beta			Límite inferior	Límite superior	
1	(Constante)	-2.237	.295		-7.570	.000	-2.823	-1.651
	SEMANA	1.257	.035	.961	35.761	.000	1.187	1.327

a. Variable dependiente: PESO

En la TABLA XIV se muestra la estimación de los coeficientes del Modelo B, con un nivel de significancia o valor $p=0$, que indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de que los coeficientes **Betas** son diferentes de cero, lo que indica que si existe relación lineal entre las variables. Lo que nos da como resultado el siguiente modelo de regresión lineal:

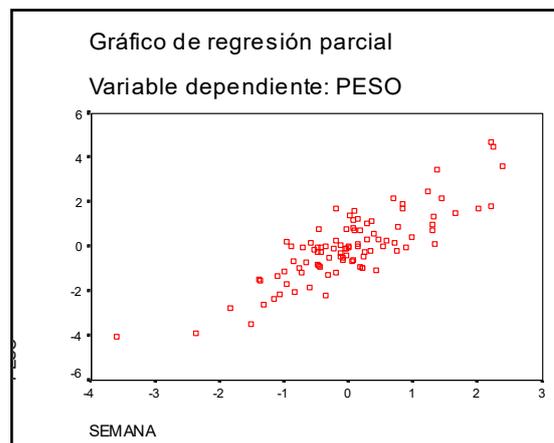
$$PESO = (1.257)SEMANA - 2.327$$

El modelo encontrado indica que por semana de cultivo el peso del camarón se incrementa en 1.257 gramos promedio. Es de notar

que aunque la constante en el modelo es negativa, y dado que los datos corresponden desde la cuarta semana, en realidad el peso de engorde lineal comienza en 2.701 gramos.

En la figura 5.1 se muestra la dispersión de las variables del modelo encontrado, en el cual se puede apreciar claramente la tendencia lineal de la correlación de los datos de las variables Peso y Semana de cultivo.

GRÁFICO 5.1
DIAGRAMA DE CORRELACIÓN
Variables: PESO – SEMANA
Ciclo: INVIERNO



5.2.2 Datos del Ciclo de cultivo de Verano

Después de probar varios modelos se determinó los modelos lineales que más se ajustan al Peso del camarón en el ciclo de Verano, los cuales se presentan a continuación.

TABLA XV
ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL
RESUMEN DEL MODELO A
Ciclo: Verano

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.735 ^a	.541	.533	2.2076

a. Variables predictoras: (Constante), TURB, PHAM

En la TABLA XV se muestra el resumen del Modelo A, en el cual se identifican las variables ambientales pH a.m. y Turbidez como las variables que explican el Peso del camarón, con una potencia de explicación **R cuadrado = 0.541**, lo que significa que en el modelo encontrado el 54.1% de las veces las desviaciones del peso no son producidas por los errores, lo cual indica que la potencia de explicación del modelo no es muy buena, ya que el

46% de las veces las desviaciones en el peso del camarón, serán producidas por los errores.

TABLA XVI
ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL
ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO A
Ciclo: Verano

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Intervalo de confianza para B al 95%	
		B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	20.218	5.976		3.383	.001	8.381	32.055
	PHAM	-2.665	.737	-.230	-3.617	.000	-4.124	-1.205
	TURB	.181	.016	.731	11.504	.000	.150	.213

a. Variable dependiente: PESO

En la TABLA XVI se muestra la estimación de los coeficientes para el Modelo A, con un nivel de significancia o valor $p=0$, que indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de que los valores de los coeficientes **Betas** son diferentes de cero, lo que indica que si existe relación lineal entre las variables. Lo que nos da como resultado el siguiente modelo de regresión lineal:

$$PESO = (-2.66)pHAM + (0.18)TURB + 20.21$$

Para lograr un mejor análisis del modelo encontrado, se calcularan estadísticos descriptivos de las variables de explicación o dependientes, es decir de las variables pH a.m. y Turbidez.

TABLA XVII

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Variables: PH AM, TURBIDEZ – Ciclo: VERANO

Estadísticos descriptivos					
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
PHAM	7.50	8.80	8.1817	.2796	7.815E-02
TURB	22.00	81.00	47.7983	13.0186	169.484

En la TABLA XVII se muestran los estadísticos descriptivos de las variables pH a.m. y Turbidez. Por la desviación típica de la variable pH a.m. podemos decir que la variación en una desviación estándar del pH de la mañana contribuye con una variación de 0.743 gr. en el peso. De la misma forma se puede decir que una variación de la variable Turbidez en una desviación típica provoca una variación de 2.34 gr. en el peso. Es decir, la variación en la Turbidez provoca una mayor variación en el peso del camarón en el ciclo de Verano.

TABLA XVIII
ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL
RESUMEN DEL MODELO B
Ciclo: Verano

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.981 ^a	.963	.962	.6342

^a. Variables predictoras: (Constante), SEMANA

En la TABLA XVIII se muestra el resumen del Modelo B para el ciclo de Verano. Luego de haber realizado varias pruebas introduciendo tanto las variables ambientales como la Semana de cultivo, se obtuvo el modelo para el crecimiento del camarón basándose en el Peso, que se explica únicamente con la variable Semana de cultivo, con una potencia de explicación **R cuadrado = 0.963**, lo que significa que el modelo el 96.3% de las veces las desviaciones del peso no son producidas por los errores o ruidos de las variables, lo cual implica un buen ajuste lineal, de la misma manera, el 3.7% de las variaciones del peso son debido al a los errores.

TABLA XIX
ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL
ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO B
Ciclo: Verano

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coefficient es estandarizados	t	Sig.	Intervalo de confianza para B al 95%	
		B	Error t.p.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	-1.198	.162		-7.402	.000	-1.519	-.878
	SEMANA	1.110	.020	.981	55.050	.000	1.070	1.150

a. Variable dependiente: PESO

En la TABLA XIX se muestra la estimación de los coeficientes del Modelo B, con un nivel de significancia o valor $p=0$, que indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de que los valores de los coeficientes **Betas** son diferentes de cero, lo que indica que si existe relación lineal entre las variables. Lo que nos da como resultado el siguiente modelo de regresión lineal:

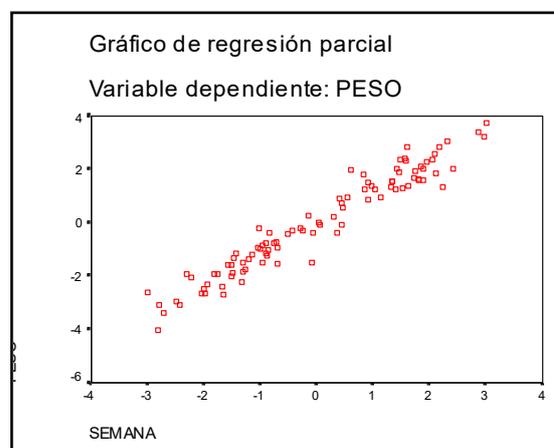
$$PESO = (1.11)SEMANA - 1.198$$

El modelo encontrado indica que por semana de cultivo, en promedio, el peso del camarón se incrementa 1.11 gramos. Es de notar que aunque la constante en el modelo es negativa, y dado

que los datos corresponden desde la tercera semana, en realidad el peso de engorde lineal comienza en 2.132 gramos.

En la figura 5.2 se muestra la dispersión de las variables del modelo de regresión encontrado, en el cual se puede apreciar claramente la tendencia lineal de la correlación de los datos de las variables Peso y Semana de cultivo.

GRÁFICO 5.2
DIAGRAMA DE CORRELACIÓN
Variables: PESO – SEMANA
Ciclo: VERANO



5.2.3 Datos del Ciclos de cultivo de Invierno y Verano

Después de probar varios modelos se determinó los modelos lineales que más se ajustan al Peso del camarón en los ciclos de Invierno y Verano, los cuales se presentan a continuación.

TABLA XX
ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL
RESUMEN DEL MODELO A
Ciclo: Invierno/Verano

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.451 ^a	.203	.196	2.9787

a. Variables predictoras: (Constante), TURB, PHAM

En la TABLA XX se muestra el resumen del Modelo A. Luego de haber realizado varias pruebas introduciendo las variables ambientales, se obtuvo el modelo para el crecimiento del camarón, con una potencia de explicación **R cuadrado = 0.203**, la cual es una potencia muy baja de explicación del modelo, ya que el 70.7% de las veces las desviaciones en el peso del camarón se deberán a las desviaciones de los errores de las variables.

TABLA XXI
ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL
ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO A
Ciclo: Invierno/Verano

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coefficient es estandarizados	t	Sig.	Intervalo de confianza para B al 95%	
		B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	33.669	4.005		8.406	.000	25.777	41.562
	PHAM	-3.749	.521	-.458	-7.200	.000	-4.775	-2.723
	TURB	.08691E-02	.019	.294	4.628	.000	.050	.124

a. Variable dependiente: PESO

En la TABLA XXI se muestra la estimación de los coeficientes del Modelo A, con un nivel de significancia o valor $p=0$, que indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de que los valores de los coeficientes **Betas** son diferentes de cero. Lo que nos da como resultado el siguiente modelo de regresión lineal para el Peso del camarón:

$$PESO = (-3.749)PHAM + (0.0869)TURB + 33.66$$

Para lograr un mejor análisis del modelo encontrado, se calcularán estadísticos descriptivos de las variables de explicación o dependientes, es decir de las variables pH a.m. y Turbidez.

TABLA XXII
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Variables: PH AM, TURBIDEZ – Ciclo: INVIERNO/VERANO

Estadísticos descriptivos					
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
PHAM	4.50	8.90	8.1039	.4051	.164
TURB	22.00	81.00	47.6784	11.2414	126.370

En la TABLA XXII se muestran los estadísticos descriptivos de las variables pH a.m. y Turbidez. Por la desviación típica de la variable pH a.m. podemos decir que la variación en una desviación estándar del pH de la mañana contribuye con una variación de 1.51 gr. en el peso. De la misma forma se puede decir que una variación de la variable Turbidez en una desviación típica provoca una variación de 0.97 gr. en el peso. Es decir la variación en el pH de la mañana provoca una mayor variación en el peso del camarón según los datos de los ciclos de Invierno y Verano juntos.

TABLA XXIII
ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL
RESUMEN DEL MODELO B
Ciclo: Invierno/Verano

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.970 ^a	.941	.941	.8129

a. Variables predictoras: (Constante), OXAM, SEMANA

En la TABLA XXIII se muestra el resumen del Modelo B. Luego de haber realizado varias pruebas introduciendo tanto las variables ambientales como la Semana de cultivo, se obtuvo el modelo para el crecimiento del camarón basándose en el Peso, con una potencia de explicación **R cuadrado = 0.941**, lo que significa que en el modelo encontrado el 94.1% de las veces, las desviaciones en el peso del camarón no se deben a desviaciones de los errores de las variables, es decir existe un buen ajuste lineal, ya que solo el 5.9% de las veces las desviaciones del peso se deberán a los errores.

TABLA XXIV
ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL
ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO B
Ciclo: Invierno/Verano

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Intervalo de confianza para B al 95%	
		B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	-2.250	.345		-6.524	.000	-2.929	-1.570
	SEMANA	1.184	.020	.978	58.610	.000	1.144	1.223
	OXAM	.117	.057	.034	2.046	.042	.004	.230

a. Variable dependiente: PESO

En la TABLA XXIV se muestra la estimación de los coeficientes del Modelo B, con un nivel de significancia o valor $p=0$, que indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de que el valor de los coeficientes **Betas** son diferentes de cero, lo que indica que si existe relación lineal entre las variables. Lo que nos da como resultado el siguiente modelo de regresión lineal:

$$PESO = (1.184)SEMANA + (0.117)OXAM - 2.25$$

5.3 Análisis de Componentes Principales

Al igual que los análisis anteriormente realizados en este trabajo, se realizará primero el análisis con los datos del ciclo de Invierno, luego con los datos del ciclo de Verano y por último un análisis global con ambos ciclos juntos.

Debido a que los modelos anteriores evidencian una gran influencia de la tendencia del tiempo a través del crecimiento semanal, para poder elaborar las componentes y determinar un mejor comportamiento de las variables, se tiene que quitar dicha influencia semanal del peso a través de una regresión lineal, y se trabaja con los datos del Peso pero sin tendencia como nuevos datos, que se llamará Peso2.

Las componentes principales se utilizarán para interpretar las distancias de las variables en términos de similitud y para identificar la clasificación de las mismas en grupos y patrones. Cabe mencionar que se utilizó además la técnica de rotación de variables, Varimax, con el fin de realizar una mejor interpretación de las componentes.

5.3.1 Datos del Ciclo de cultivo de Invierno

TABLA XXV
MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS

Ciclo: INVIERNO

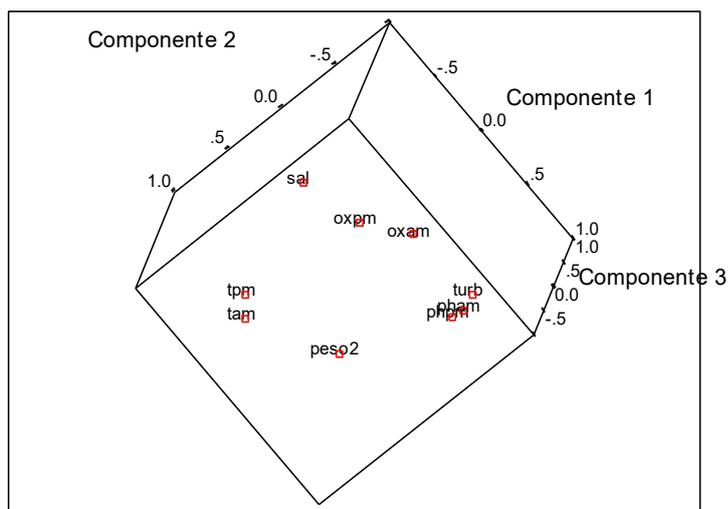
	Componente		
	1	2	3
PHPM	0.787	-0.165	0.370
PHAM	0.781	-0.294	0.274
TURB	0.721	-0.464	0.154
SAL	-0.641	-0.036	0.177
TAM	-0.196	0.817	-0.154
TPM	-0.298	0.767	0.035
PESO2	0.443	0.534	0.067
OXPM	-0.033	0.095	0.945
OXAM	0.243	-0.178	0.843

En la TABLA XXV se muestran las tres componentes principales que se encontraron con los datos de las variables en el ciclo de Invierno. En la primera componente se puede ver que las variables más representativas son: pH a.m., pH p.m. y Turbidez; en la segunda componente la Temperatura a.m. y Temperatura p.m.; y en la tercera componente el Oxígeno a.m. y el Oxígeno p.m.

GRÁFICO 5.3

COMPONENTES EN ESPACIO ROTADO

Ciclo: INVIERNO



El GRÁFICO 5.3 muestra las componentes principales en el espacio. Se ve claramente la aproximación de las variables: pH a.m., pH p.m. y Turbidez, en la primera componente; Temperatura a.m. y Temperatura p.m., en la segunda componente; Oxígeno a.m. y el Oxígeno p.m., en la tercera componente. Además se distinguen los grupos de variables potencialmente controlables como pH a.m., pH p.m., Turbidez, Oxígeno a.m. y el Oxígeno p.m.; y variables no controlables como: Temperatura a.m. y Temperatura p.m.

5.3.2 Datos del Ciclo de cultivo de Verano

TABLA XXVI
MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS

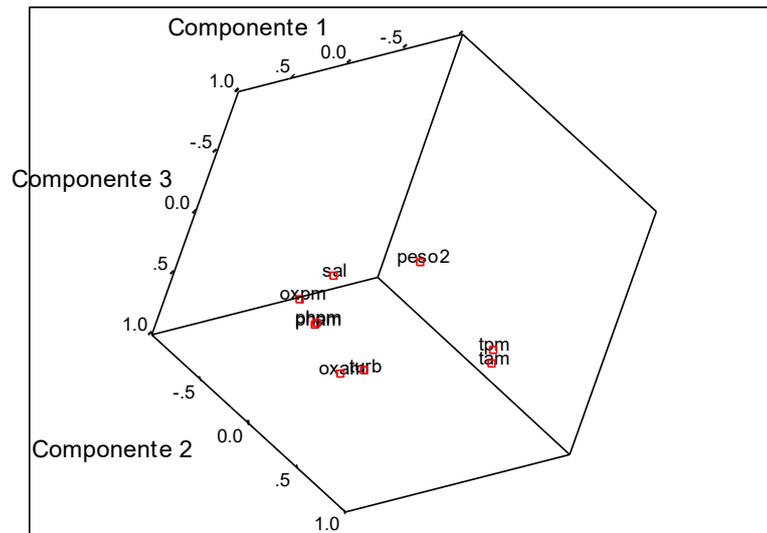
Ciclo: VERANO

	Componente			
	1	2	3	4
PHAM	0.898	0.168	0.087	-0.150
PHPM	0.854	0.129	0.106	-0.189
OXPM	0.813	-0.094	0.089	0.000
SAL	0.647	-0.036	-0.113	0.341
TAM	0.029	0.957	0.036	0.050
TPM	0.060	0.952	-0.080	-0.050
TURB	-0.057	-0.089	0.882	-0.226
OXAM	0.387	0.087	0.670	0.401
PESO2	-0.127	-0.003	-0.056	0.899

En la TABLA XXVI se muestran las cuatro componentes principales que se encontraron con los datos de las variables en el ciclo de Verano. En la primera componente se puede ver que las variables más representativas son: pH a.m., pH p.m. y Oxígeno p.m.; en la segunda componente la Temperatura a.m. y Temperatura p.m.; en la tercera componente Turbidez y Oxígeno a.m.; en la cuarta componente no se define claramente un grupo de variables más representativas, la única variable sobresaliente es Peso2, que representa la variable Peso, pero sin la tendencia de la Semana de cultivo.

GRÁFICO 5.4
COMPONENTES EN ESPACIO ROTADO

Ciclo: VERANO



El GRÁFICO 5.4 muestra las componentes principales en el espacio. Se ve claramente la aproximación de las variables: pH a.m., pH p.m. y Oxígeno p.m., en la primera componente; Temperatura a.m. y Temperatura p.m., en la segunda componente; en la tercera componente, Turbidez y Oxígeno a.m. Además se distinguen los grupos de variables potencialmente controlables como pH a.m., pH p.m. y Oxígeno p.m.; y variables no controlables como: Temperatura a.m. y Temperatura p.m.

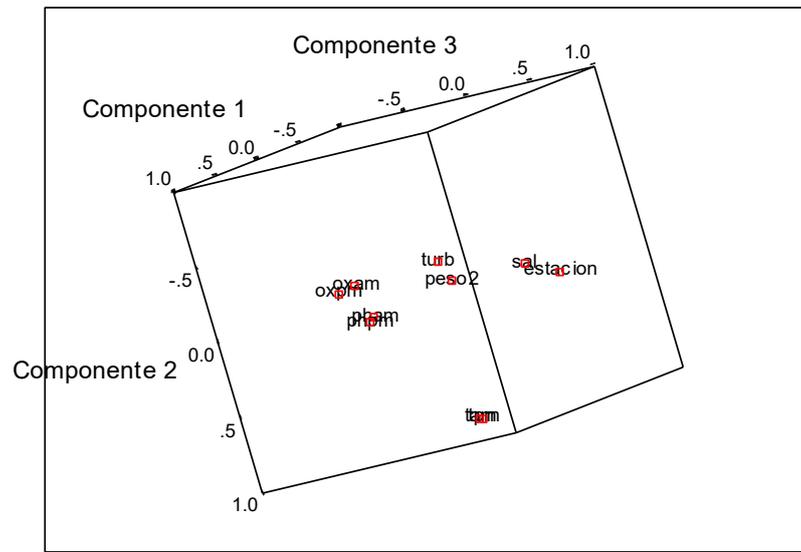
5.3.3 Datos del Ciclo de cultivo de Invierno/Verano

TABLA XXVII
MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS
Ciclo: INVIERNO/VERANO

	Componente			
	1	2	3	4
PHPM	0.821	0.112	0.035	0.296
PHAM	0.790	0.091	0.058	0.390
OXPM	0.782	-0.105	-0.159	-0.307
OXAM	0.743	-0.125	-0.046	-0.112
TPM	-0.034	0.948	0.085	-0.069
TAM	-0.006	0.940	0.078	-0.049
SAL	0.108	0.039	0.813	-0.178
ESTACION	-0.324	0.174	0.768	0.234
TURB	0.223	-0.114	0.262	0.698
PESO2	0.093	0.036	0.232	-0.652

En la TABLA XXVII se muestran las cuatro componentes principales que se encontraron con los datos de las variables en los ciclo de Invierno/Verano. En la primera componente se puede ver que las variables más representativas son: Oxígeno a.m., el Oxígeno p.m., pH a.m. y pH p.m.; en la segunda componente la Temperatura a.m. y Temperatura p.m.; en la tercera componente, Salinidad y Estación; en la cuarta componente, la Turbidez.

GRÁFICO 5.5
COMPONENTES EN ESPACIO ROTADO
Ciclo: INVIERNO/VERANO



El GRÁFICO 5.5 muestra las componentes principales en el espacio. Se ve claramente la aproximación de las variables: Oxígeno a.m. y el Oxígeno p.m., en la primera componente; pH a.m., pH p.m., en la segunda componente; y, Temperatura a.m. y Temperatura p.m., en la tercera componente. Además se distinguen los grupos de variables potencialmente controlables como pH a.m., pH p.m., Oxígeno a.m. y el Oxígeno p.m.; y variables no controlables como: Temperatura a.m. y Temperatura p.m., Salinidad y la Estación climática.

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Respecto a la similitud entre las variables y su agrupamiento se puede decir lo siguiente:

1. Las variables Peso y Semana de cultivo, están altamente correlacionadas; con los datos del ciclo de Invierno el coeficiente de correlación es: $\rho=0.955$; con los datos del ciclo de Verano el coeficiente de correlación es: $\rho=0.980$; y, con los datos de ambos ciclos juntos el coeficiente de correlación es: $\rho=0.965$. La variable semana de cultivo es una variable de tendencia, depende del tiempo. El crecimiento de un organismo guarda relación directa con la edad por lo que la variable peso está muy influenciada por el tiempo.

CONCLUSIONES

2. Existe gran similitud entre las variables ambientales pH a.m. y pH p.m. durante todos los ciclos de cultivo: Invierno ($\rho=0.885$), Verano ($\rho=0.826$) e Invierno/Verano ($\rho=0.837$). Es decir el pH tanto de la mañana como de la tarde están muy correlacionados independientemente del ciclo de cultivo en el que se encuentren.
3. Las variables ambientales Temperatura a.m. y Temperatura p.m. durante los ciclos de cultivo registraron una gran similitud: Verano ($\rho=0.841$) e Invierno/Verano ($\rho=0.829$). Es decir la Temperatura tanto de la mañana como de la tarde, muestran alta correlación en el ciclo de Verano y con los datos de ambos ciclos; en el Invierno muestran una correlación más baja ($\rho=0.598$).

CONCLUSIONES

4. Las variables ambientales Oxígeno a.m. y Oxígeno p.m. durante los ciclos de cultivo fueron muy similares: Invierno ($\rho=0.704$), e Invierno/Verano ($\rho=0.617$) . Es decir el Oxígeno tanto de la mañana como de la tarde están muy correlacionados en el ciclo de Invierno y con los datos de ambos ciclos; en el ciclo de Verano estas variables presentaron una correlación más baja ($\rho=0.310$).
5. Del análisis de conglomerados de las variables, en todos los ciclos de cultivo, se distinguen los grupos con variables potencialmente controlables y grupos con variables no controlables.
6. En el ciclo de Invierno, se agrupan: el pH a.m., pH p.m. y Turbidez, esto se debe a la relación que existe entre el pH con el Oxígeno y este a su vez con la Turbidez, este grupo está formado por variables potencialmente de control.

CONCLUSIONES

7. Los registros de temperaturas tanto de la mañana como de la tarde, indican que este parámetro se agrupa de igual forma en el ciclo de Invierno, Verano y con los datos de ambos ciclos juntos, este grupo está formado por variables no controlables. Por lo tanto, los niveles de Temperatura son similares, independientes al ciclo de cultivo.

Respecto al crecimiento del camarón se puede decir:

8. Las potencias de explicación de los modelos de regresión lineal, introduciendo sólo variables de tipo ambiental, fueron: ciclo de Invierno ($R^2 = 0.505$), ciclo de Verano ($R^2 = 0.541$) y juntando ambos ciclos ($R^2 = 0.203$). Lo que indica que el peso del camarón no depende en gran medida de las variables ambientales. En este punto hay que aclarar, que las variables ambientales potencialmente controlables son las que tienen más influencia en el crecimiento.

CONCLUSIONES

9. Las potencias de explicación de los modelos de regresión lineal, introduciendo tanto variables de tipo ambiental, como la variable semana de cultivo, fueron: ciclo de Invierno ($R^2 = 0.923$), ciclo de Verano ($R^2 = 0.963$) y juntando ambos ciclos ($R^2 = 0.941$). Lo que indica que el peso del camarón depende en gran medida de la variable semana de cultivo, lo que ratifica la relación directa que tiene el crecimiento de un organismo con el tiempo.

10. En el ciclo de cultivo de Invierno, se observa una influencia considerable de la variable Turbidez sobre el peso del camarón, una desviación estándar de la Turbidez contribuye con una variación de 2.41 gr. en el peso. Este resultado hay que interpretarlo con cuidado como se ha mencionado anteriormente, ya que por la forma en como fueron tomados los datos de esta variable, una lectura alta de Turbidez significa que el agua esta limpia, y una lectura baja significa que el agua esta turbia o sucia.

CONCLUSIONES

11. En el ciclo de cultivo de Verano, se observa que el pH de la mañana y la Turbidez tienen incidencia en el Peso del camarón; una desviación estándar del pH de la mañana contribuye con una variación de 0.743 gr. De la misma forma se puede decir que una variación de la variable Turbidez en una desviación típica provoca una variación de 2.34 gr. en el peso. Por lo tanto, la Turbidez, es la variable que más influye en el crecimiento del camarón en el ciclo de Verano.

12. El crecimiento semanal promedio en el ciclo de Invierno es 1.257 gramos, en el ciclo de Verano el crecimiento semanal promedio es 1.11 gramos. Lo cual da fuerza al conocimiento empírico de que el crecimiento en el Invierno es más acelerado que en el Verano, por lo que se puede decir que las condiciones climáticas de la estación invernal propician un mejor ambiente para el crecimiento del camarón.

CONCLUSIONES

13. En el ciclo de Invierno se sembraron 3.772.086 animales, con una densidad promedio por piscina de 87.723 animales por Hectárea; logrando 34.088 libras de camarón en la cosecha, lo que rindió 793 libras por Hectárea.

14. En el ciclo de Verano se sembraron 3.019.219 animales, con una densidad promedio por piscina de 70.214 animales por Hectárea; logrando 25.128 libras de camarón en la cosecha, lo que rindió 584 libras por Hectárea.

15. El crecimiento del camarón al igual que en otros organismos, inicia con una velocidad de crecimiento superior a la con que termina su etapa de engorde en las piscinas. Es decir, que en las primeras semanas tendrá un crecimiento más acelerado que en las últimas semanas del ciclo de cultivo.

RECOMENDACIONES

1. El manejo de los parámetros físicos del agua, que son potencialmente controlables, debe ser optimizado. En el ciclo de Invierno debe dársele principal importancia a la Turbidez del agua, ya que este cumple un rol importante en el crecimiento del camarón. De la misma forma, en el ciclo de Verano, los parámetros más importante son el pH a.m. y la Turbidez.
2. El estudio se realizó con datos globales de todas las piscinas de la camaronera en cada ciclo de cultivo. Se recomienda, hacer un estudio por piscina, ya que cada piscina representa un ecosistema diferente; de esta manera, se podrá tener una mejor idea del comportamiento estacional de los parámetros físicos del agua dentro de cada piscina.

RECOMENDACIONES

3. Se recomienda llevar registros diarios de los niveles de cada parámetro para observar el comportamiento; principalmente de aquellos que tengan mayor incidencia en el crecimiento como la Turbidez en el ciclo de Invierno y el pH a.m. en el ciclo de Verano.
4. Realizar estudios similares, utilizando además de los ciclos de Invierno y Verano, el período llamado Transición, que comprende el tiempo entre el cambio de estación climática de Mayo a Junio.
5. Existen otras variables ambientales, como los parámetros químicos del agua, que tiene un rol importante en el manejo de piscinas; sería de mucho interés conocer como interactúan estos parámetros en los diferentes ciclos de cultivos.

RECOMENDACIONES

6. La alimentación de los camarones, es una información muy valiosa para poder explicar su crecimiento; en este estudio no se pudo contar con dichos datos. Se recomienda ampliar el modelo del crecimiento empleando datos de alimentación.

7. Los efectos de eventos naturales, influyen mucho en el crecimiento de los camarones, si se obtiene mayor información de las variables ambientales de cada piscina, es probable que se pueda atenuar los estragos de dichos eventos; la experiencia para el sector camaronero, en estos últimos años, debería ocasionar mayor interés por la investigación, especialmente empleando herramientas bioestadísticas.

ANEXOS

ANEXO 1

TABLAS DE CORRELACIONES EN DISTANCIAS

CICLO DE INVIERNO

TABLA A1.1

CORRELACIONES EN DISTANCIAS

CICLO: INVIERNO - PISCINA 1

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM								
OXPM	.561							
TAM	-.302	.130						
TPM	-.400	.259	.803					
PHAM	.470	.241	-.207	-.130				
PHPM	.460	.347	-.218	-.075	.748			
TURB	.232	-.118	-.437	-.555	.334	.266		
SAL	-.164	.383	.420	.570	-.390	-.343	-.609	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A1.2

CORRELACIONES EN DISTANCIAS

CICLO: INVIERNO - PISCINA 2



CEB - ESPOL

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM								
OXPM	.547							
TAM	-.276	-.100						
TPM	.012	.069	.350					
PHAM	.211	.093	-.442	-.193				
PHPM	.218	.161	-.387	-.178	.614			
TURB	-.006	-.080	-.274	-.151	.359	.233		
SAL	-.225	.000	.604	.183	-.539	-.398	-.229	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A1.3
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: INVIERNO - PISCINA 3

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.853	-.514	-.520	.568	.573	.422	-.253
OXPM	.853		-.405	-.361	.511	.558	.339	-.227
TAM	-.514	-.405		.936	-.443	-.529	-.496	.505
TPM	-.520	-.361	.936		-.352	-.412	-.447	.483
PHAM	.568	.511	-.443	-.352		.864	.633	-.545
PHPM	.573	.558	-.529	-.412	.864		.602	-.532
TURB	.422	.339	-.496	-.447	.633	.602		-.500
SAL	-.253	-.227	.505	.483	-.545	-.532	-.500	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A1.4
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: INVIERNO - PISCINA 4

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.654	-.325	-.295	.407	.442	.362	.063
OXPM	.654		-.353	-.303	.302	.439	.147	-.101
TAM	-.325	-.353		.933	-.408	-.504	-.567	-.347
TPM	-.295	-.303	.933		-.384	-.448	-.569	-.387
PHAM	.407	.302	-.408	-.384		.851	.448	.026
PHPM	.442	.439	-.504	-.448	.851		.459	.072
TURB	.362	.147	-.567	-.569	.448	.459		.629
SAL	.063	-.101	-.347	-.387	.026	.072	.629	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A1.5
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: INVIERNO - PISCINA 5

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.492	-.460	-.460	.420	.453	.307	-.103
OXPM	.492		-.292	-.227	.404	.428	.166	-.087
TAM	-.460	-.292		.963	-.613	-.623	-.693	.477
TPM	-.460	-.227	.963		-.594	-.591	-.675	.515
PHAM	.420	.404	-.613	-.594		.865	.575	-.625
PHPM	.453	.428	-.623	-.591	.865		.583	-.570
TURB	.307	.166	-.693	-.675	.575	.583		-.231
SAL	-.103	-.087	.477	.515	-.625	-.570	-.231	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A1.6
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: INVIERNO - PISCINA 6

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.782	-.567	-.617	.544	.603	.399	-.138
OXPM	.782		-.496	-.495	.438	.510	.435	-.261
TAM	-.567	-.496		.956	-.681	-.700	-.492	.321
TPM	-.617	-.495	.956		-.692	-.715	-.491	.345
PHAM	.544	.438	-.681	-.692		.912	.458	-.428
PHPM	.603	.510	-.700	-.715	.912		.367	-.439
TURB	.399	.435	-.492	-.491	.458	.367		-.371
SAL	-.138	-.261	.321	.345	-.428	-.439	-.371	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A1.7
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: INVIERNO - PISCINA 7

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.601	-.514	-.529	.556	.522	.138	.135
OXPM	.601		-.256	-.090	.484	.503	-.106	.242
TAM	-.514	-.256		.862	-.446	-.440	-.633	.455
TPM	-.529	-.090	.862		-.318	-.285	-.651	.493
PHAM	.556	.484	-.446	-.318		.781	.209	-.151
PHPM	.522	.503	-.440	-.285	.781		.171	-.107
TURB	.138	-.106	-.633	-.651	.209	.171		-.672
SAL	.135	.242	.455	.493	-.151	-.107	-.672	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A1.8
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: INVIERNO - PISCINA 8

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.703	-.244	-.221	.512	.447	.344	-.132
OXPM	.703		-.095	.015	.361	.293	.351	.071
TAM	-.244	-.095		.287	-.368	-.403	-.168	.271
TPM	-.221	.015	.287		-.046	-.085	-.055	.170
PHAM	.512	.361	-.368	-.046		.785	.257	-.540
PHPM	.447	.293	-.403	-.085	.785		.125	-.408
TURB	.344	.351	-.168	-.055	.257	.125		.038
SAL	-.132	.071	.271	.170	-.540	-.408	.038	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A1.9
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: INVIERNO - PISCINA 9

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.640	-.408	-.424	.575	.609	.283	-.211
OXPM	.640		-.178	-.101	.379	.428	.155	-.146
TAM	-.408	-.178		.866	-.580	-.385	-.553	.398
TPM	-.424	-.101	.866		-.577	-.346	-.589	.377
PHAM	.575	.379	-.580	-.577		.689	.544	-.689
PHPM	.609	.428	-.385	-.346	.689		.315	-.420
TURB	.283	.155	-.553	-.589	.544	.315		-.453
SAL	-.211	-.146	.398	.377	-.689	-.420	-.453	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A1.10
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: INVIERNO - PISCINA 10

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.463	-.331	-.374	.482	.299	.089	.136
OXPM	.463		-.113	.080	.269	.285	-.025	.150
TAM	-.331	-.113		.894	-.610	-.496	-.436	.198
TPM	-.374	.080	.894		-.535	-.323	-.399	.111
PHAM	.482	.269	-.610	-.535		.621	.446	-.514
PHPM	.299	.285	-.496	-.323	.621		.247	-.455
TURB	.089	-.025	-.436	-.399	.446	.247		-.266
SAL	.136	.150	.198	.111	-.514	-.455	-.266	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A1.11
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: INVIERNO - PISCINA 11

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.583	-.346	-.345	.582	.561	.233	-.354
OXPM	.583		-.109	-.118	.347	.414	.075	-.242
TAM	-.346	-.109		.747	-.535	-.436	-.322	.351
TPM	-.345	-.118	.747		-.341	-.277	-.305	.243
PHAM	.582	.347	-.535	-.341		.746	.333	-.662
PHPM	.561	.414	-.436	-.277	.746		.253	-.484
TURB	.233	.075	-.322	-.305	.333	.253		.032
SAL	-.354	-.242	.351	.243	-.662	-.484	.032	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A1.12
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: INVIERNO - PISCINA 12

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.734	-.147	-.184	.614	.659	.465	.170
OXPM	.734		-.046	.104	.542	.584	.465	.235
TAM	-.147	-.046		.807	-.165	.088	-.238	.402
TPM	-.184	.104	.807		-.098	.175	-.104	.407
PHAM	.614	.542	-.165	-.098		.750	.491	-.244
PHPM	.659	.584	.088	.175	.750		.471	.038
TURB	.465	.465	-.238	-.104	.491	.471		.156
SAL	.170	.235	.402	.407	-.244	.038	.156	

Esta es una matriz de similitudes

ANEXO 2
TABLAS DE CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO DE VERANO

TABLA A2.1
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: VERANO - PISCINA 1

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.487	-.087	.229	.334	.241	-.010	.040
OXPM	.487		-.104	.492	.666	.654	-.099	.381
TAM	-.087	-.104		-.015	.015	.003	.108	.126
TPM	.229	.492	-.015		.507	.580	-.061	.225
PHAM	.334	.666	.015	.507		.827	-.156	.423
PHPM	.241	.654	.003	.580	.827		-.102	.570
TURB	-.010	-.099	.108	-.061	-.156	-.102		.239
SAL	.040	.381	.126	.225	.423	.570	.239	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A2.2
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: VERANO - PISCINA 2

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.321	.024	.139	.214	.278	-.082	.122
OXPM	.321		.025	.506	.596	.559	-.340	.340
TAM	.024	.025		.737	.421	.387	-.244	.149
TPM	.139	.506	.737		.588	.608	-.375	.250
PHAM	.214	.596	.421	.588		.861	-.409	.625
PHPM	.278	.559	.387	.608	.861		-.367	.642
TURB	-.082	-.340	-.244	-.375	-.409	-.367		-.378
SAL	.122	.340	.149	.250	.625	.642	-.378	

Esta es una matriz de similitudes



TABLA A2.3
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: VERANO - PISCINA 3

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.448	-.006	-.160	.081	.166	.304	.129
OXPM	.448		-.043	.437	.547	.587	.036	.538
TAM	-.006	-.043		.513	.216	.139	-.082	.024
TPM	-.160	.437	.513		.532	.587	-.242	.419
PHAM	.081	.547	.216	.532		.848	-.105	.794
PHPM	.166	.587	.139	.587	.848		-.042	.826
TURB	.304	.036	-.082	-.242	-.105	-.042		.033
SAL	.129	.538	.024	.419	.794	.826	.033	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A2.4
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: VERANO - PISCINA 4

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.541	.093	.161	.399	.388	.025	.211
OXPM	.541		-.042	.213	.490	.537	.107	.383
TAM	.093	-.042		.893	.509	.383	-.180	-.071
TPM	.161	.213	.893		.659	.570	-.202	.093
PHAM	.399	.490	.509	.659		.826	.008	.487
PHPM	.388	.537	.383	.570	.826		-.011	.552
TURB	.025	.107	-.180	-.202	.008	-.011		-.126
SAL	.211	.383	-.071	.093	.487	.552	-.126	

Esta es una matriz de similitudes



TABLA A2.5
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: VERANO - PISCINA 5

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.135	.028	.041	.154	.070	.125	.008
OXPM	.135		.215	.522	.516	.660	-.269	.327
TAM	.028	.215		.862	.437	.377	-.219	-.013
TPM	.041	.522	.862		.536	.585	-.350	.075
PHAM	.154	.516	.437	.536		.856	-.315	.541
PHPM	.070	.660	.377	.585	.856		-.244	.512
TURB	.125	-.269	-.219	-.350	-.315	-.244		-.086
SAL	.008	.327	-.013	.075	.541	.512	-.086	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A2.6
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: VERANO - PISCINA 6

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.519	-.429	-.466	.567	.452	.565	.144
OXPM	.519		-.261	.048	.405	.498	.333	.266
TAM	-.429	-.261		.766	-.153	-.123	-.193	-.203
TPM	-.466	.048	.766		-.163	-.034	-.208	-.128
PHAM	.567	.405	-.153	-.163		.731	.401	.427
PHPM	.452	.498	-.123	-.034	.731		.321	.498
TURB	.565	.333	-.193	-.208	.401	.321		-.069
SAL	.144	.266	-.203	-.128	.427	.498	-.069	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A2.7
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: VERANO - PISCINA 7

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.411	-.280	-.281	.200	.244	.239	.260
OXPM	.411		-.013	.343	.577	.619	-.167	.504
TAM	-.280	-.013		.654	.413	.277	-.229	-.116
TPM	-.281	.343	.654		.483	.402	-.369	.084
PHAM	.200	.577	.413	.483		.839	-.254	.420
PHPM	.244	.619	.277	.402	.839		-.150	.553
TURB	.239	-.167	-.229	-.369	-.254	-.150		.146
SAL	.260	.504	-.116	.084	.420	.553	.146	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A2.8
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: VERANO - PISCINA 8

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.203	.200	-.019	.337	.181	.201	.267
OXPM	.203		.025	.648	.228	.351	-.206	.256
TAM	.200	.025		.489	.428	.305	-.041	-.012
TPM	-.019	.648	.489		.256	.343	-.176	.044
PHAM	.337	.228	.428	.256		.690	-.142	.490
PHPM	.181	.351	.305	.343	.690		-.010	.563
TURB	.201	-.206	-.041	-.176	-.142	-.010		-.012
SAL	.267	.256	-.012	.044	.490	.563	-.012	

Esta es una matriz de similitudes



TABLA A2.9
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: VERANO - PISCINA 9

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		-.001	-.269	-.372	-.342	-.252	.297	-.167
OXPM	-.001		-.093	.272	.210	.233	-.137	.410
TAM	-.269	-.093		.418	.307	.227	-.275	.044
TPM	-.372	.272	.418		.355	.394	-.449	.229
PHAM	-.342	.210	.307	.355		.806	-.497	.545
PHPM	-.252	.233	.227	.394	.806		-.308	.608
TURB	.297	-.137	-.275	-.449	-.497	-.308		-.380
SAL	-.167	.410	.044	.229	.545	.608	-.380	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A2.10
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: VERANO - PISCINA 10

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.179	-.209	-.266	.146	.092	.238	.243
OXPM	.179		-.077	.344	.529	.491	-.348	.462
TAM	-.209	-.077		.660	.462	.388	-.182	.192
TPM	-.266	.344	.660		.438	.452	-.386	.281
PHAM	.146	.529	.462	.438		.787	-.214	.595
PHPM	.092	.491	.388	.452	.787		-.232	.600
TURB	.238	-.348	-.182	-.386	-.214	-.232		.094
SAL	.243	.462	.192	.281	.595	.600	.094	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A2.11
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: VERANO - PISCINA 11

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.263	-.149	-.148	-.027	.102	.101	.152
OXPM	.263		-.088	.496	.159	.337	-.165	.289
TAM	-.149	-.088		.478	.626	.464	-.221	-.035
TPM	-.148	.496	.478		.403	.444	-.337	.107
PHAM	-.027	.159	.626	.403		.786	-.249	.230
PHPM	.102	.337	.464	.444	.786		-.177	.275
TURB	.101	-.165	-.221	-.337	-.249	-.177		.281
SAL	.152	.289	-.035	.107	.230	.275	.281	

Esta es una matriz de similitudes

TABLA A2.12
CORRELACIONES EN DISTANCIAS
CICLO: VERANO - PISCINA 12

Matriz de distancias								
	Correlación entre vectores de valores							
	OXAM	OXPM	TAM	TPM	PHAM	PHPM	TURB	SAL
OXAM		.279	.050	-.088	.163	.084	.197	.080
OXPM	.279		.039	.452	.093	.255	-.082	-.081
TAM	.050	.039		.512	.586	.351	-.075	.009
TPM	-.088	.452	.512		.311	.335	-.231	.038
PHAM	.163	.093	.586	.311		.757	-.061	.390
PHPM	.084	.255	.351	.335	.757		.033	.330
TURB	.197	-.082	-.075	-.231	-.061	.033		.183
SAL	.080	-.081	.009	.038	.390	.330	.183	

Esta es una matriz de similitudes



ANEXO 3

DENDOGRAMAS: CICLO DE INVIERNO

GRÁFICO A3.1

DENDOGRAMA

CICLO: INVIERNO - PISCINA 1

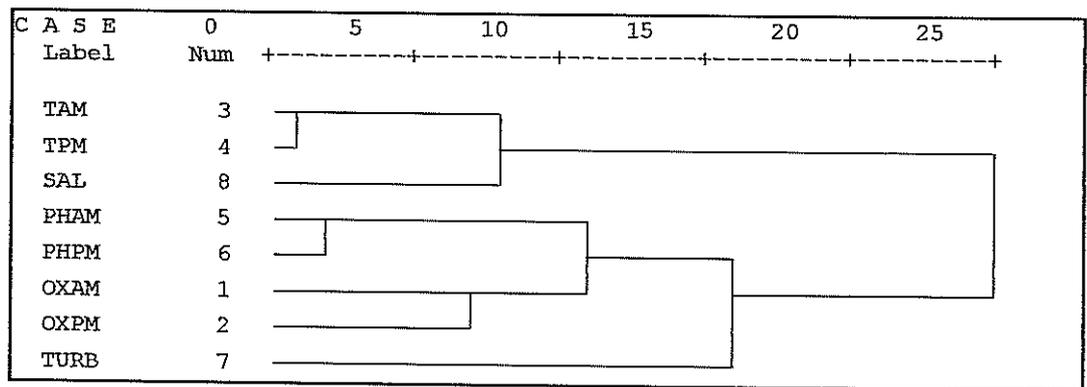


GRÁFICO A3.2

DENDOGRAMA

CICLO: INVIERNO - PISCINA 2

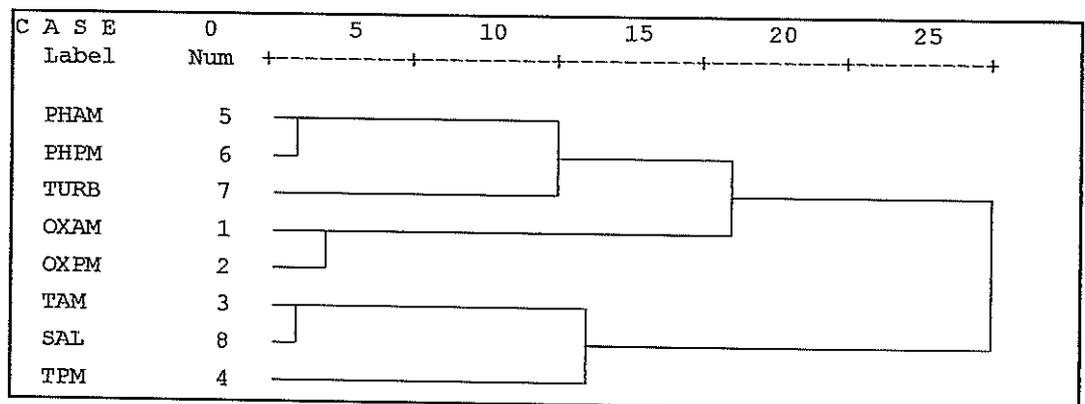


GRÁFICO A3.3
DENDOGRAMA
CICLO: INVIERNO - PISCINA 3

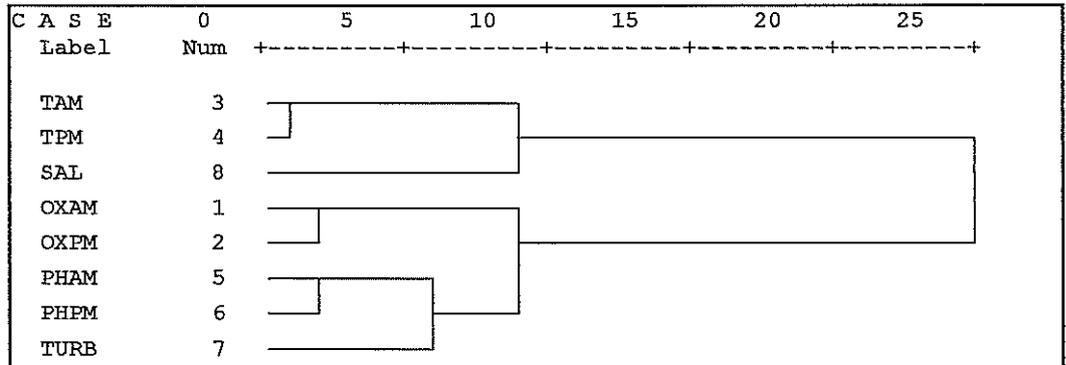


GRÁFICO A3.4
DENDOGRAMA
CICLO: INVIERNO - PISCINA 4

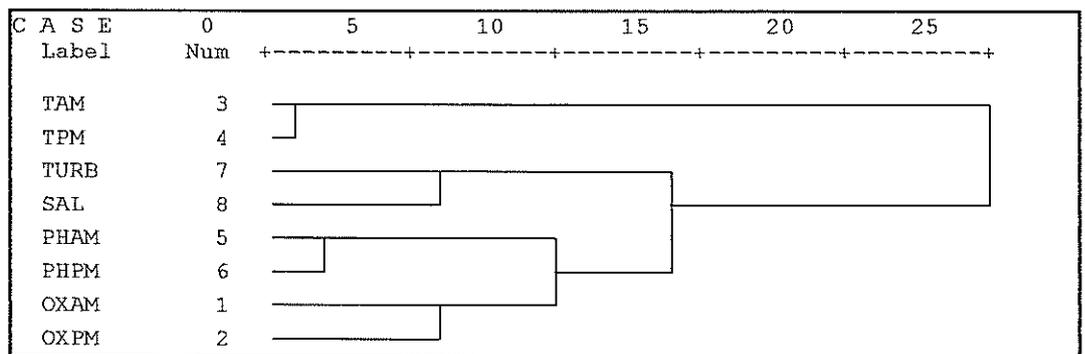


GRÁFICO A3.9
DENDOGRAMA
CICLO: INVIERNO - PISCINA 9

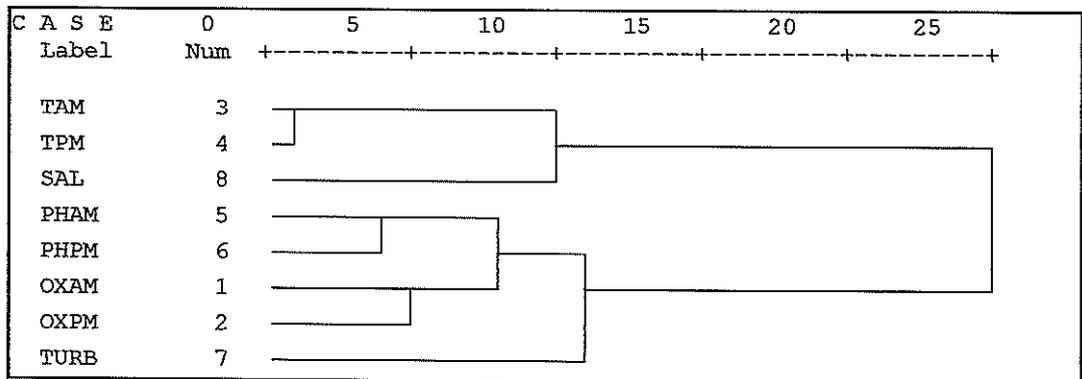


GRÁFICO A3.10
DENDOGRAMA
CICLO: INVIERNO - PISCINA 10

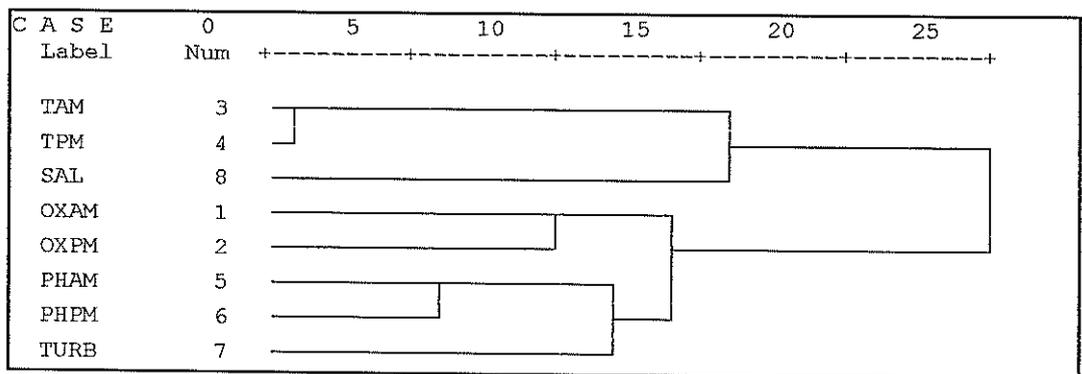


GRÁFICO A3.11

DENDOGRAMA

CICLO: INVIERNO - PISCINA 11

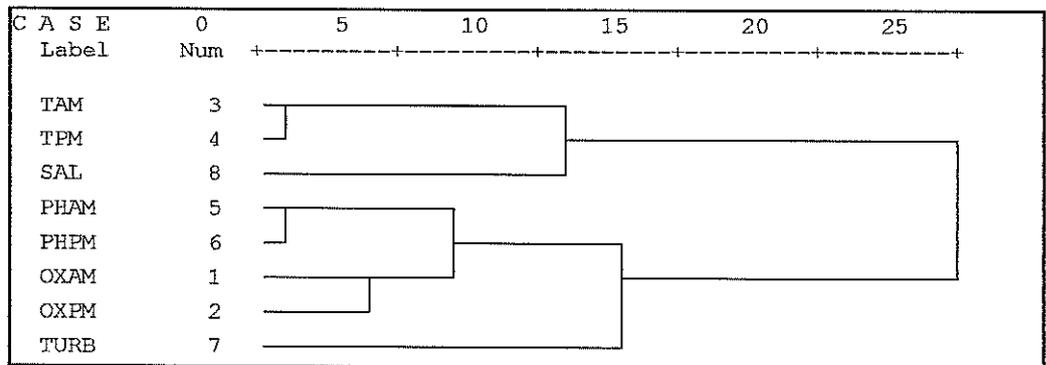
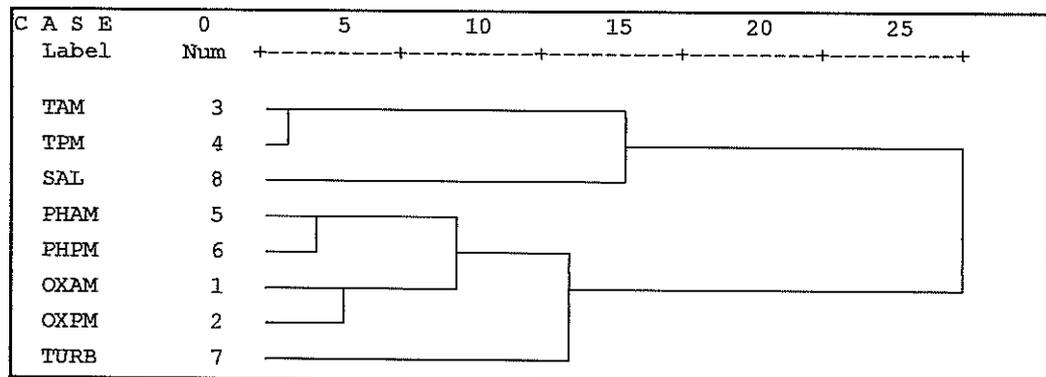


GRÁFICO A3.12

DENDOGRAMA

CICLO: INVIERNO - PISCINA 12



ANEXO 4

DENDOGRAMAS: CICLO DE VERANO

GRÁFICO A4.1

DENDOGRAMA

CICLO: VERANO - PISCINA 1

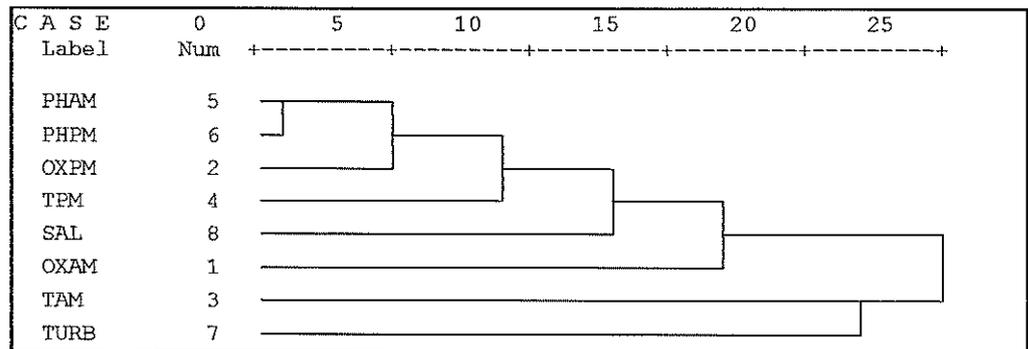


GRÁFICO A4.2

DENDOGRAMA

CICLO: VERANO - PISCINA 2

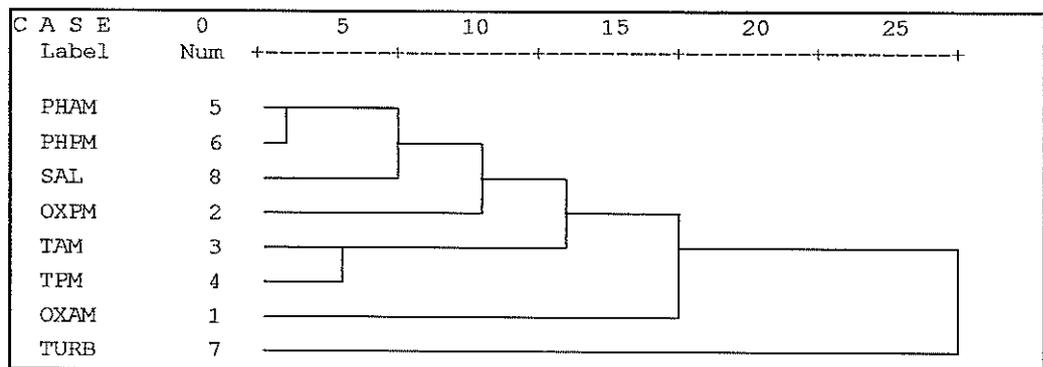


GRÁFICO A4.3

DENDOGRAMA

CICLO: VERANO - PISCINA 3

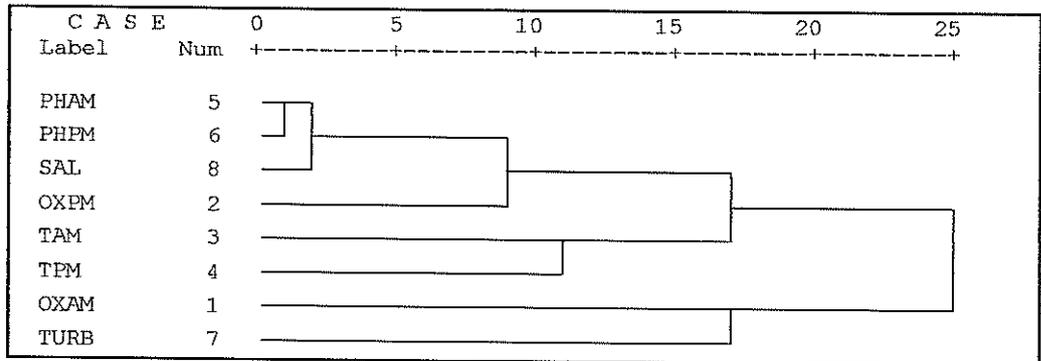


GRÁFICO A4.4

DENDOGRAMA

CICLO: VERANO - PISCINA 4

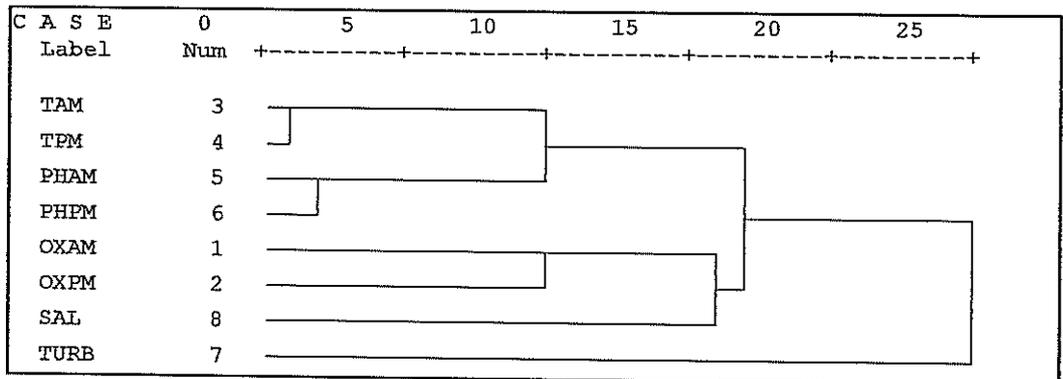


GRÁFICO A4.5
DENDOGRAMA
CICLO: VERANO - PISCINA 5

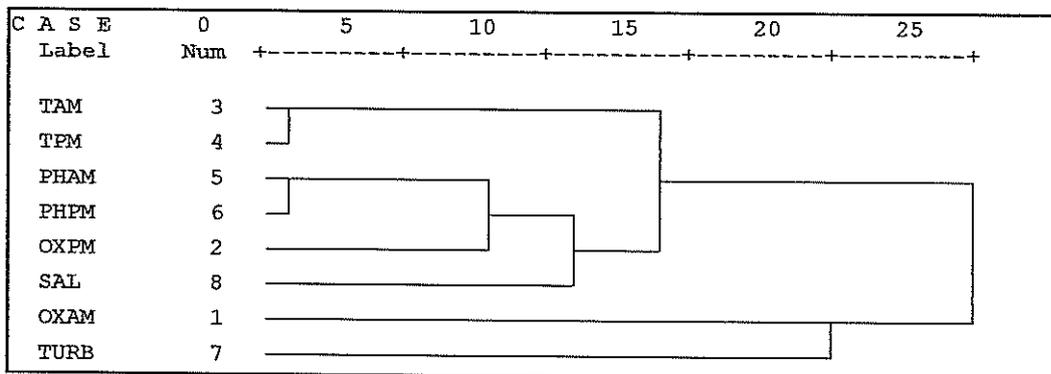


GRÁFICO A4.6
DENDOGRAMA
CICLO: VERANO - PISCINA 6

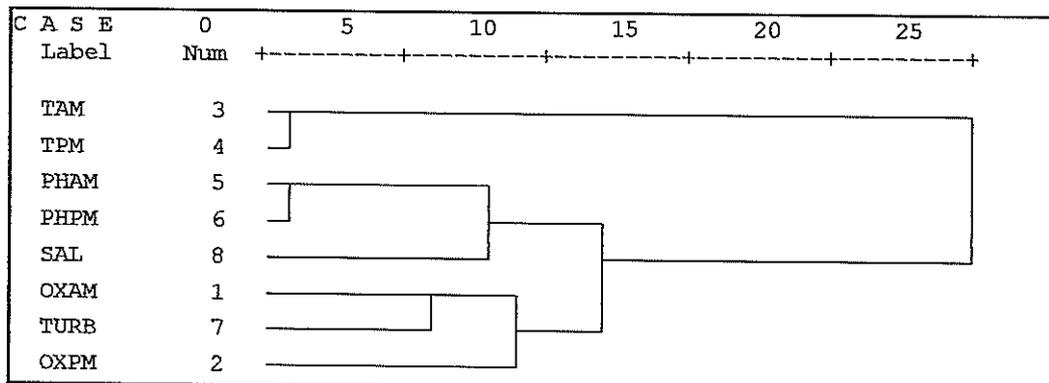


GRÁFICO A4.7
DENDOGRAMA
CICLO: VERANO - PISCINA 7

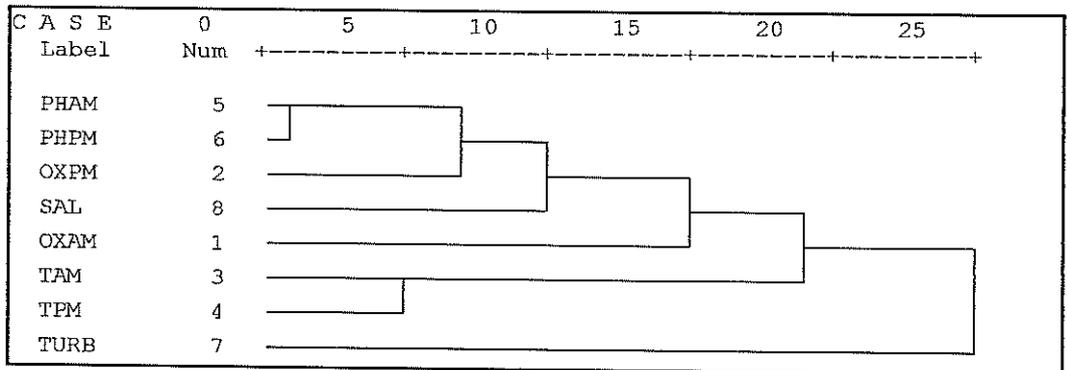


GRÁFICO A4.8
DENDOGRAMA
CICLO: VERANO - PISCINA 8

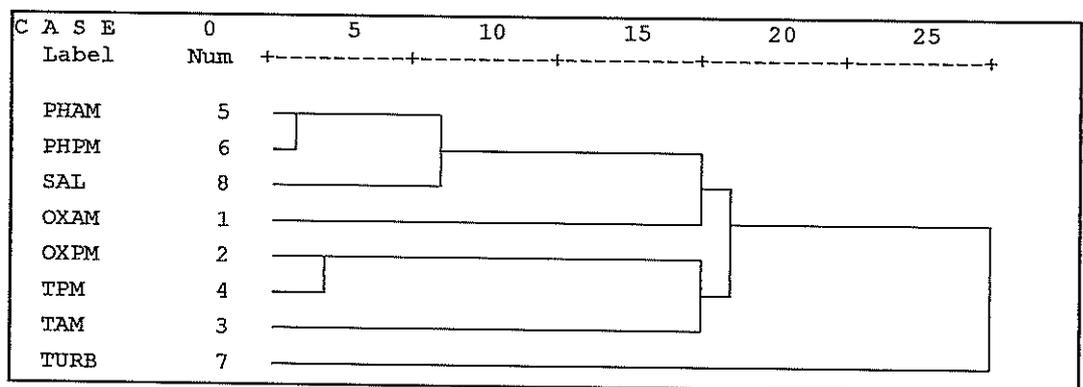


GRÁFICO A4.9
DENDOGRAMA
CICLO: VERANO - PISCINA 9

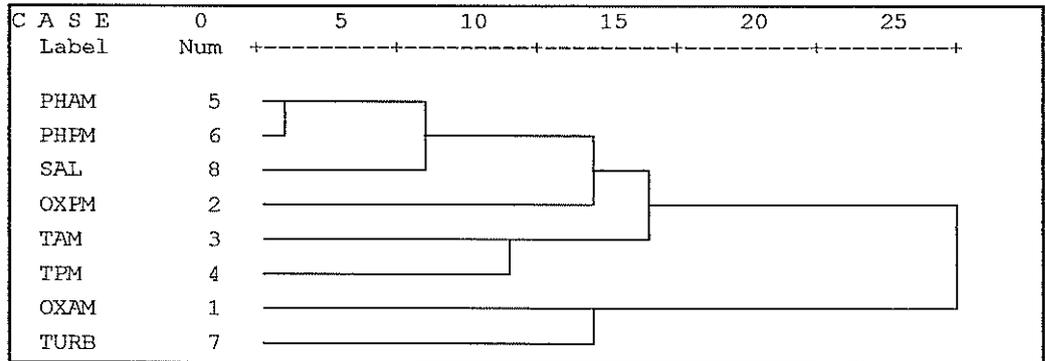


GRÁFICO A4.10
DENDOGRAMA
CICLO: VERANO - PISCINA 10

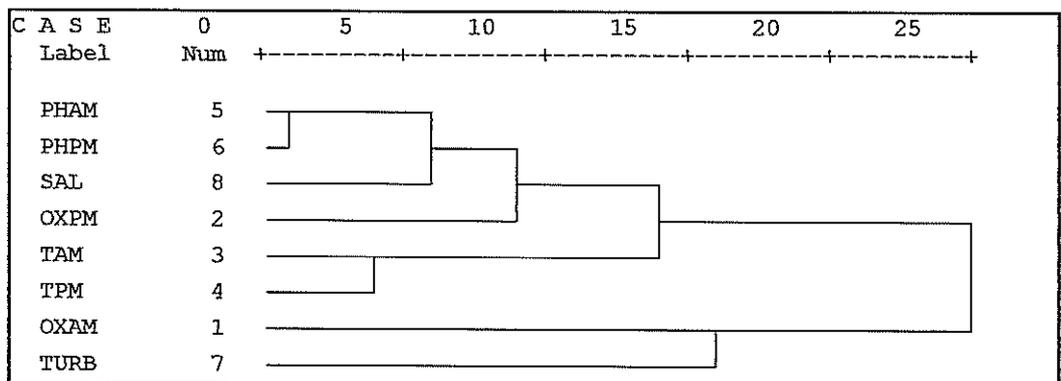


GRÁFICO A4.11
DENDOGRAMA
CICLO: VERANO - PISCINA 11

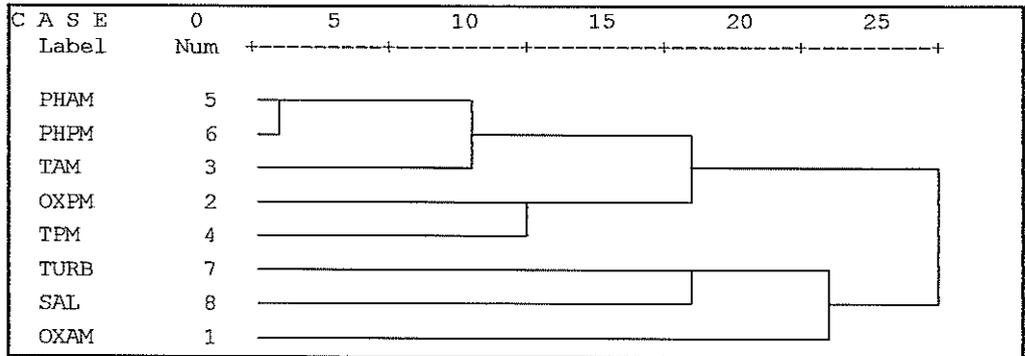
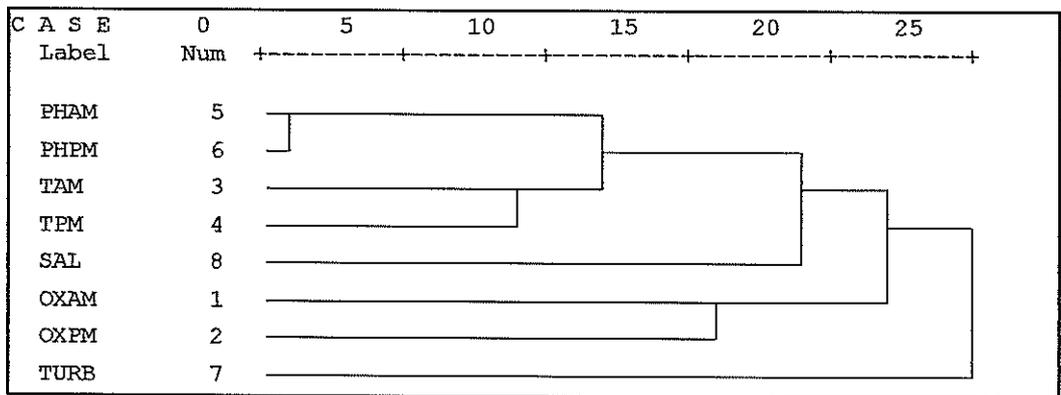


GRÁFICO A4.12
DENDOGRAMA
CICLO: VERANO - PISCINA 12



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. Alday Victoria Ph.D. Factores que detonan una epidemia: El virus de la mancha blanca no es nuevo en el Ecuador. Revista El mundo acuícola F.C.E. volumen 6 N° 1, Feb/May 2000, pág. 8 - 10.
2. Burden Richard L. y Faires J. Douglas. Análisis Numérico. Sexta edición. International Thomson editores. México 1999.
3. Calderón Jorge V. Ph.D., Análisis de una traumática experiencia: El WSSV en el Ecuador, 2002.
<http://fis.com/panoramacuicola/noticias/noticia%207.htm>.
4. CENAIM. II Monitoreo de la prevalencia y distribución del WSSV en Ecuador, 1999. <http://www.cenaim.espol.edu.ec>.
5. Johnson Richard A. y Wichern Dean W. Applied Multivariate Statistical Analysis, Cuarta Edición. Prentice Hall. Estados Unidos de América, 1998.

6. Libro Blanco del camarón, Segunda Edición, Cámara Nacional de Acuicultura. Ecuador 1993.
7. Montgomery Douglas C. Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México 1991.
8. Olsen Stephen y Arriaga Luis. A sustainable shrimp mariculture industry for Ecuador, Technical report series TR-E-6. Programa de Manejo de Recursos Pesqueros, Ecuador 1989.
9. Royo Félix, Gironés Olivia y Ania Silvia. Revisión sobre la Enfermedad de la Mancha Blanca (WSSV): Epidemiología, Diagnóstico, y Métodos de Lucha. Revista AquaTIC N°8, Nov. 1999. <http://www.aquatic.com.es>.
10. Suplee Curt. El Niño, La Niña, el círculo vicioso de la Naturaleza. Revista National Geographic Vol. 4 N° 3 año 1999, pág. 73 – 95.
11. Velázquez López Colón M.Sc., Estudios de Calidad de agua como medio para determinar su influencia en la Productividad Camaronera en la Provincia de El Oro, PROYECTO P-BID-148-UTM-FUNDACYT, 2000.