

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Instituto de Ciencias Matemáticas

"Análisis Estadístico de las Enfermedades del Camarón:
Caso Guayas"

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA

Presentada por:
Fabricio Gustavo Jurado Larrea



GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2002

AGRADECIMIENTO

Al Msc. Jhon Ramírez Director de Tesis, por su apoyo y ayuda en los momentos más difíciles del mismo, Yhaira Piedrahita del CSA, por el conocimiento de este campo tan amplio como lo es la acuicultura, Ing. Marcos Mendoza, Yajaira Vásquez y Christian Carpio por su colaboración en la parte analítica del estudio, Ing. Edison Del Rosario por su contribución en la parte logística y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron para que este trabajo llegara a su final. Muchas gracias.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida.

A mis padres por guiarme en el camino del bien, es deber cumplido.

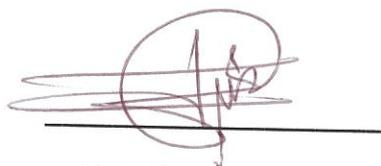
A mi hermano, por todos los hermosos consejos de experiencia que me ha brindado.

A Mayra, por ser la persona que me a sabido querer y comprender, tanto en los buenos y malos momentos.

A todos mis compañeros y amigos, ya que si no fuera por su ayuda, no hubiera llegado tan alto como en estos momentos.

A todos mis profesores, por el don tan grande que imparten, la enseñanza.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Mat. Jorge Medina S.
DIRECTOR DEL ICM



Mat. Jhon Ramírez F.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. José Castro C.
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Fabricio Jurado Larrea

RESUMEN

El presente estudio estadístico, trata de plasmar todas las técnicas aplicadas a la acuicultura, cuyo principal problema es la crisis de las enfermedades causada en el periodo de 1999 al 2000.

El primer capítulo se refiere a los antecedentes, cultivo, desarrollo, métodos de diagnóstico y tipos de enfermedades que afectan a las camaronas de la provincia.

El segundo capítulo un marco teórico, donde se encuentran detalladas las definiciones y técnicas multivariadas, como de series temporales.

En el tercer capítulo se aplica las técnicas estadísticas a los datos proporcionados y resultados obtenidos para cada análisis.

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

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGIA.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	VIII
CAPITULO 1	
1. LAS ENFERMEDADES DEL CAMARON EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.1.1. Países Productores.....	1
1.1.2. Países Consumidores.....	3
1.1.3. Situación del Sector Camaronero ecuatoriano.....	4
1.2. Descripción de las especies en el Ecuador.....	5

1.2.1. Características Generales.....	5
1.2.2. Gráfico de las especies.....	8
1.3. Selección de Terrenos para camaroneras.....	12
1.3.1. Tipo de suelo.....	12
1.3.2. Elevación.....	13
1.3.3. Calidad de aguas.....	14
1.3.4. Vegetación.....	15
1.3.5. Suministro de larvas.....	17
1.3.6. Selección del terreno.....	17
1.4. Diseño y Construcción de piscinas camaroneras.....	19
1.4.1. Criterios Generales.....	19
1.4.2. Tamaño de la piscina.....	19
1.4.3. Construcciones adicionales para camaroneras.....	21
1.4.3.1. Muros.....	21
1.4.3.2. Compuertas.....	22
1.4.3.3. Canales.....	22
1.4.3.4. Movimiento de Tierras.....	23
1.5. Ecosistema de la Piscina.....	24
1.5.1. Proceso de Fotosíntesis.....	24
1.5.2. Parámetros ambientales.....	25
1.5.3. Características Físicas y Químicas del agua.....	25
1.5.3.1. Temperatura.....	26

1.5.3.2.	Salinidad.....	27
1.5.3.3.	Oxigeno Disuelto.....	32
1.5.3.4.	Ph.....	35
1.5.3.5.	Substancias Nitrogenadas.....	36
1.5.3.6.	Alcalinidad y Dureza.....	38
1.5.3.7.	Otros Parámetros.....	39
1.6.	Manejo de una piscina camaronera.....	40
1.6.1.	Registro de Datos.....	41
1.6.2.	Depredadores y Competidores.....	41
1.6.3.	Cosecha.....	44
1.6.4.	Escala de Producción.....	45
1.7.	Enfermedades del camarón.....	46
1.7.1.	Definición de Salud y Enfermedad.....	46
1.7.1.1.	Etiología de la Enfermedad.....	47
1.7.1.1.1.	Infeciosa.....	47
1.7.1.1.2.	No Infeciosa.....	48
1.7.2.	Estrés y Factores que lo causan.....	48
1.7.2.1.	Huésped, agente y medio.....	49
1.7.2.1.1.	Hospederos.....	49
1.7.2.1.2.	Agentes.....	50
1.7.2.1.3.	Medio.....	50
1.7.3.	Diagnostico de las Enfermedades del camarón.....	51

1.7.3.1.	Demostración del Agente: Métodos Directos.....	55
1.7.3.1.1.	Observación del agente etiológico en el tejido.....	55
1.7.3.2.	Demostración de agentes (antígenos) Método Inmunológicos.....	56
1.7.3.3.	Demostración de agentes No-Inmunológicos.....	56
1.7.3.4.	Métodos Indirectos: Respuesta del huésped – patología.....	56
1.7.3.4.1.	Transmisión Animal.....	56
1.7.3.5.	Métodos moleculares Antígenos. Epítomos y anticuerpos.....	57
1.7.3.6.	Pruebas de detección usando anticuerpos.....	60
1.7.3.7.	Sonda genética.....	62
1.7.3.8.	Aplicaciones.....	63
1.7.3.9.	Demostración de agentes – Ultraestructura.....	64
1.7.4.	Tipos de enfermedades del camarón.....	66
1.7.4.1.	Necrosis Hematopoyética Hipodermal Infecciosa (IHHNV).....	69
1.7.4.1.1.	Signos.....	69
1.7.4.1.2.	Distribución Geográfica.....	70
1.7.4.1.3.	Prevención y Control.....	70
1.7.4.2.	Baculovirus Penaei (BP).....	71
1.7.4.2.1.	Signos.....	71

1.7.4.3. Enfermedad del Monodon del tipo Baculovirus (MBV)..	72
1.7.4.3.1. Signos.....	72
1.7.4.3.2. Distribución Geográfica.....	73
1.7.4.3.3. Prevención y Control.....	73
1.7.4.4. Enfermedad del virus Hepatopancreático tipo Parvo (HPV).....	73
1.7.4.4.1. Signos.....	74
1.7.4.4.2. Distribución Geográfica.....	75
1.7.4.4.3. Prevención y Control.....	75
1.7.4.5. Virus del Hepatopáncreas.....	75
1.7.4.5.1. Signos.....	76
1.7.4.5.2. Distribución Geográfica.....	76
1.7.4.6. Enfermedad de la Cabeza Amarilla o Yellow Head (YHV).....	77
1.7.4.6.1. Signos.....	77
1.7.4.6.2. Diagnostico, Prevención y Control.....	78
1.7.4.7. Infección por Rickettsias del camarón Panaeido.....	79
1.7.4.7.1. Signos.....	79
1.7.4.7.2. Distribución Geográfica.....	79
1.7.4.7.3. Prevención y Control.....	79
1.7.4.8. Enfermedad de Vibros en Camarón Panaeido.....	79
1.7.4.8.1. Signos.....	79

1.7.4.8.2. Distribución Geográfica.....	80
1.7.4.8.3. Prevención y Control.....	80
1.7.4.9. Enfermedad causada por Bacterias Filamentosas.....	81
1.7.4.9.1. Signos.....	81
1.7.4.9.2. Distribución Geográfica.....	81
1.7.4.9.3. Prevención y Control.....	81
1.7.4.10. Mycosis Larval.....	82
1.7.4.10.1. Signos.....	82
1.7.4.10.2. Prevención y Control.....	82
1.7.4.11. Enfermedad de camarón Paneido causado por Fusarium.....	83
1.7.4.11.1. Signos.....	83
1.7.4.11.2. Distribución Geográfica.....	83
1.7.4.11.3. Prevención y Control.....	83
1.7.4.12. Deficiencia de Vitamina C.....	84
1.7.4.12.1. Signos.....	84
1.7.4.12.2. Prevención y Control.....	84
1.7.4.13. Enfermedad de la Agalla Negra.....	84
1.7.4.13.1. Signos.....	84
1.7.4.13.2. Distribución Geográfica.....	85
1.7.4.13.3. Prevención y Control.....	85
1.7.4.14. Enfermedad en sistemas de cultivo acidificados.....	85

1.7.4.14.1.	Signos.....	85
1.7.4.14.2.	Distribución Geográfica.....	86
1.7.4.14.3.	Prevención y Control.....	86
1.7.4.15.	Síndrome de Taura.....	87
1.7.4.15.1.	El problema y su alcance.....	87
1.7.4.15.2.	Descripción del Síndrome de Taura.....	88
1.7.4.15.3.	Causas del problema.....	88
1.7.4.15.4.	Expansión e Impacto del Síndrome de Taura.....	89
1.7.4.16.	Enfermedad de la Mancha Blanca (White Spot).....	90
1.7.4.16.1.	Signos.....	91
1.7.4.16.2.	Diagnostico, Prevención y Control.....	92

CAPITULO 2

2.	MARCO TEORICO.....	94
2.1.	Análisis Multivariado.....	94
2.1.1.	Matriz de datos.....	95
2.1.2.	Vector de Medias.....	95
2.1.3.	Matriz de Varianza y Covarianza.....	96
2.1.4.	Matriz de correlaciones.....	96
2.1.5.	Análisis de Componentes Principales.....	97

2.1.5.1.	Características.....	97
2.1.5.2.	Análisis en R^p	98
2.1.5.3.	Análisis en R^n	101
2.1.5.4.	Elección del número de ejes.....	104
2.2.	Series de Tiempo.....	105
2.2.1.	Procesos Estocásticos.....	106
2.2.2.	Procesos Estacionarios con incrementos independientes.....	107
2.2.3.	Procesos Estrictamente Estacionarios.....	108
2.2.4.	Procesos Estacionarios en Covarianza.....	108
2.2.5.	Autocovarianza y Autocorrelación.....	109
2.2.6.	Ecuaciones de diferencias de primer orden.....	110
2.2.6.1.	Diferenciación.....	110
2.2.7.	Ruido Blanco.....	111
2.2.8.	Procesos Autoregresivos de orden p o $AR(p)$	111
2.2.8.1.	Ecuaciones de Yule – Walker.....	113
2.2.9.	Procesos de Medias Móviles de orden q o $MA(q)$	113
2.2.10.	Modelos Autoregresivos y de Medias Móviles o ARMA (p,q).....	115
2.2.11.	Modelos Autoregresivos de Medias Móviles Integrado o ARIMA (p,d,q).....	116

2.2.12. Modelos SARIMA(p,d,q)(P,D,Q) _s	116
2.2.13. Predicción.....	115

CAPITULO 3

3. ENFOQUE ESTADÍSTICO EN EL ANÁLISIS DE LAS ENFERMEDADES DEL CAMARON.....	121
3.1. Recopilación de los datos.....	122
3.2. Variables.....	123
3.2.1. Variable de tiempo.....	123
3.2.2. Variables Medioambientales.....	124
3.2.3. Variables de producción y capacidad.....	124
3.2.4. Variables cualitativas de afección por enfermedades.....	125
3.3. Análisis Univariado por camaronera.....	127
3.3.1. CAMARONERA1: ACU1.....	129
3.3.2. CAMARONERA2: AGR1.....	136
3.3.3. CAMARONERA3: BIO1.....	143
3.3.4. CAMARONERA4: BON1.....	149
3.3.5. CAMARONERA5: FAF1.....	155
3.3.6. CAMARONERA6: MOP1.....	162
3.3.7. CAMARONERA7: IDC1.....	167
3.3.8. CAMARONERA8: TOY1.....	174
3.3.9. Análisis Univariado por variable.....	179

3.3.9.1.	VARIABLE X ₁ : SIEMBRA.....	179
3.3.9.2.	VARIABLE X ₂ : COSECHA.....	183
3.3.9.3.	VARIABLE X ₃ : MORTALIDAD.....	187
3.3.9.4.	VARIABLE X ₄ : HECTAREA.....	191
3.3.9.5.	VARIABLE M ₁ : SALINIDAD.....	194
3.3.9.6.	VARIABLE M ₂ : TEMPERATURA.....	198
3.3.9.7.	VARIABLE E ₁ : METODO.....	205
3.3.9.8.	VARIABLE E ₂ : WHITE_SPOT.....	208
3.3.9.9.	VARIABLE E ₃ : ENFERMEDAD.....	210
3.4.	Análisis Multivariado.....	213
3.4.1.	Matriz de correlaciones.....	214
3.4.2.	Tablas de contingencia.....	219
3.4.3.	Componentes Principales.....	228
3.5.	Análisis Univariado de series temporales.....	237
3.5.1.	Modelos de series temporales para el promedio de salinidad mensual entre 1998 y 2000.....	241
3.5.2.	Modelos de series temporales para el promedio de salinidad mensual entre 1998 y 2000.....	249

CAPITULO 4

4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	257
4.1.	CONCLUSIONES.....	257

4.2. RECOMENDACIONES.....	261
BIBLIOGRAFIA.....	IX

ABREVIATURAS

m.	Metro
km ²	Kilómetros cuadrados.
Hect.	Hectárea
cms.	Centímetros
cms/sec	Centímetros sobre segundos
°C.	Grados centígrados
ppm.	Partes por millón
mg/ltr	Miligramos por litro

SIMBOLOGIA

μ	Media
σ^2	Varianza
X	Matriz de datos
Σ	Matriz de varianzas y covarianzas
ρ	Matriz de correlaciones
∇^d	Diferencia de d-ésimo orden
Zn	Zinc
Cu	Cobre

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Camarón Blanco (<i>P. Vannamei</i>).....	8
Figura 1.2 Camarón Negro.....	8
Figura 1.3 Ciclo de vida del camarón.....	9
Figura 1.4 Morfología del camarón.....	10
Figura 1.5 Sistema reproductivo del macho y la hembra.....	11
Figura 1.6 Estuario del Guayas.....	31
Figura 2.1 Nube de puntos.....	98
Figura 2.2 Curva de los Componentes Principales.....	105
Figura 3.1 Mapa del Sector Camaronero Ecuatoriano 2000-2001 “G1” Provincia del Guayas.....	123
Figura 3.2 Histograma de Frecuencias relativas para todas las camaroneras.....	128
Figura 3.3 Histograma de la variable SIEMBRA de la camaronera ACU1.....	130
Figura 3.4 Histograma de la variable COSECHA de la camaronera ACU1.....	131
Figura 3.5 Histograma de la variable MORTALIDAD de la camaronera ACU1.....	132
Figura 3.6 Comportamiento de la variable SALINIDAD de la camaronera ACU1.....	133
Figura 3.7 Comportamiento de la variable TEMPERATURA de la camaronera ACU1.....	134
Figura 3.8 Histograma de la variable HECTAREA por piscina de la camaronera ACU1.....	135
Figura 3.9 Histograma de la variable SIEMBRA de la camaronera AGR1.....	136
Figura 3.10 Histograma de la variable COSECHA de la camaronera AGR1.....	138
Figura 3.11 Histograma de la variable MORTALIDAD de la camaronera AGR1.....	139
Figura 3.12 Comportamiento de la variable SALINIDAD de la camaronera AGR1.....	140
Figura 3.13 Comportamiento de la variable TEMPERATURA de la camaronera AGR1.....	141

Figura 3.14	Histograma de la variable HECTAREA de la camaronera AGR1.....	142
Figura 3.15	Histograma de la variable SIEMBRA de la camaronera BIO1.....	143
Figura 3.16	Histograma de la variable COSECHA de la camaronera BIO1.....	144
Figura 3.17	Histograma de la variable MORTALIDAD de la camaronera BIO1.....	145
Figura 3.18	Comportamiento de la variable SALINIDAD de la camaronera BIO1.....	146
Figura 3.19	Comportamiento de la variable TEMPERATURA de la camaronera BIO1.....	147
Figura 3.20	Histograma de la variable HECTAREA para la camaronera BIO1.....	148
Figura 3.21	Histograma de la variable SIEMBRA de la camaronera BON1.....	150
Figura 3.22	Histograma de la variable COSECHA de la camaronera BON1.....	151
Figura 3.23	Histograma de la variable MORTALIDAD de la camaronera BON1.....	152
Figura 3.24	Comportamiento de la variable SALINIDAD para la camaronera BON1.....	153
Figura 3.25	Comportamiento de la variable TEMPERATURA para la camaronera BON1.....	154
Figura 3.26	Histograma de la variable HECTAREA para la camaronera BON1.....	154
Figura 3.27	Histograma de la variable SIEMBRA de la camaronera FAF1.....	156
Figura 3.28	Histograma de la variable COSECHA de la camaronera FAF1.....	157
Figura 3.29	Histograma de la variable MORTALIDAD de la camaronera FAF1.....	158
Figura 3.30	Comportamiento de la variable SALINIDAD para la camaronera FAF1.....	159
Figura 3.31	Comportamiento de la variable TEMPERATURA para la camaronera FAF1.....	160
Figura 3.32	Histograma de la variable HECTAREA para la camaronera FAF1.....	161
Figura 3.33	Histograma de la variable SIEMBRA para la camaronera MOP1.....	162
Figura 3.34	Histograma de la variable COSECHA de la camaronera MOP1.....	163

Figura 3.35	Histograma de la variable MORTALIDAD para la camaronera MOP1.....	164
Figura 3.36	Comportamiento de la variable SALINIDAD para la camaronera MOP1.....	165
Figura 3.37	Comportamiento de la variable TEMPERATURA para la camaronera MOP1.....	166
Figura 3.38	Histograma de la variable HECTAREA para la camaronera MOP1.....	167
Figura 3.39	Histograma de la variable SIEMBRA para la camaronera IDC1.....	168
Figura 3.40	Histograma de la variable COSECHA para la camaronera IDC1.....	169
Figura 3.41	Histograma de la variable MORTALIDAD para la camaronera IDC1.....	170
Figura 3.42	Comportamiento de la variable SALINIDAD para la camaronera IDC1.....	171
Figura 3.43	Comportamiento de la variable TEMPERATURA para la camaronera IDC1.....	172
Figura 3.44	Histograma de la variable HECTAREA para la camaronera IDC1.....	173
Figura 3.45	Histograma de la variable SIEMBRA para la camaronera TOY1.....	174
Figura 3.46	Histograma de la variable COSECHA para la camaronera TOY1.....	175
Figura 3.47	Histograma de la variable MORTALIDAD para la camaronera TOY1.....	176
Figura 3.48	Comportamiento de la variable SALINIDAD para la camaronera TOY1.....	177
Figura 3.49	Comportamiento de la variable TEMPERATURA para la camaronera TOY1.....	178
Figura 3.50	Histograma de la variable HECTAREA para de la camaronera TOY1.....	178
Figura 3.51	Histograma de Frecuencias Relativas para la variable SIEMBRA (X_1).....	181
Figura 3.52	Histograma de Frecuencias Relativas para la variable COSECHA(X_2).....	184
Figura 3.53	Histograma de Frecuencias Relativas para la variable MORTALIDAD(X_3).....	188
Figura 3.54	Histograma de Frecuencias Relativas para la variable HECTAREA(X_4).....	192
Figura 3.55	Histograma de Frecuencias Relativas para la variable SALINIDAD(M_1).....	196

Figura 3.56	Histograma de Frecuencias Relativas para la variable TEMPERATURA(M ₂).....	200
Figura 3.57	Histograma de Frecuencias Relativas para la variable METODO(E ₁).....	206
Figura 3.58	Histograma de Frecuencias Relativas para la variable WHITE_SPOT(E ₂).....	209
Figura 3.59	Histograma de Frecuencias Relativas para la variable ENFERMEDAD(E ₃).....	211
Figura 3.60	Gráfico de Dispersión de las variables SIEMBRA vs. MORTALIDAD.....	216
Figura 3.61	Gráfico de Dispersión de las variables MORTALIDAD vs. HECTAREA.....	217
Figura 3.62	Gráfico de Dispersión de las variables HECTAREA vs. SIEMBRA.....	218
Figura 3.63	Número de componentes principales basados en los valores propios.....	235
Figura 3.64	Nube de Puntos según los componentes explicados.....	236
Figura 3.65	Comportamiento en el tiempo de la variable SALINIDAD.....	239
Figura 3.66	Comportamiento en el tiempo de la variable TEMPERATURA.....	240
Figura 3.67	Autocorrelaciones estimadas para la serie de Salinidad.....	242
Figura 3.68	Autocorrelaciones Parciales estimadas para la serie de Salinidad.....	243
Figura 3.69	Autocorrelaciones estimadas para la serie de Salinidad con una diferencia estacionaria.....	244
Figura 3.70	Autocorrelaciones Parciales estimadas para la serie de Salinidad con una diferencia estacionaria.....	244
Figura 3.71	Predicciones estimadas para la serie de Salinidad.....	249
Figura 3.72	Autocorrelaciones estimadas para la serie de Temperatura....	250
Figura 3.73	Autocorrelaciones Parciales estimadas para la serie de Temperatura.....	251
Figura 3.74	Autocorrelaciones estimadas para la serie de Temperatura con una diferencia estacionaria.....	252
Figura 3.75	Autocorrelaciones Parciales estimadas para la serie de Temperatura con una diferencia estacionaria.....	253
Figura 3.76	Predicciones estimadas para la serie de Temperatura.....	256

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Características del camarón ecuatoriano, su género y su clase.....7
Tabla 2	Clasificación de las aguas por su salinidad.....30
Tabla 3	Peces depredadores.....42
Tabla 4	Especies competidoras.....43
Tabla 5	Aves depredadoras.....43
Tabla 6	Codificación de la variable METODO.....126
Tabla 7	Codificación de la variable WHITE_SPOT.....126
Tabla 8	Codificación de la variable ENFERMEDAD.....127
Tabla 9	Código de camaronera y la cantidad de piscinas.....128
Tabla 10	Estadísticos Descriptivos de las variables cuantitativas de la camaronera ACU1.....129
Tabla 11	Estadísticos Descriptivos de las variables cuantitativas de la camaronera AGR1.....136
Tabla 12	Estadísticos Descriptivos de las variables cuantitativas de la camaronera BIO1.....143
Tabla 13	Estadísticos Descriptivos de las variables cuantitativas de la camaronera BON1.....149
Tabla 14	Estadísticos Descriptivos de las variables cuantitativas de la camaronera FAF1.....155
Tabla 15	Estadísticos Descriptivos de las variables cuantitativas de la camaronera MOP1.....162
Tabla 16	Estadísticos Descriptivos de las variables cuantitativas de la camaronera IDC1.....168
Tabla 17	Estadísticos Descriptivos de las variables cuantitativas de la camaronera TOY1.....174
Tabla 18	Frecuencia Absoluta y Relativa de la variable SIEMBRA.....179
Tabla 19	Estimadores Muestrales para la variable SIEMBRA.....180
Tabla 20	Prueba Ji-Cuadrado para la variable SIEMBRA.....182
Tabla 21	Frecuencia Absoluta y Relativa de la variable COSECHA.....183
Tabla 22	Estimadores Muestrales para la variable COSECHA.....184
Tabla 23	Prueba Ji-Cuadrado para la variable COSECHA.....182

Tabla 24	Frecuencia Absoluta y Relativa de la variable MORTALIDAD.....	188
Tabla 25	Estimadores Muestrales para la variable MORTALIDAD.....	189
Tabla 26	Prueba Ji-Cuadrado para la variable MORTALIDAD.....	190
Tabla 27	Frecuencia Absoluta y Relativa de la variable HECTAREA.....	191
Tabla 28	Estimadores Muestrales para la variable HECTAREA.....	192
Tabla 29	Prueba Ji-Cuadrado para la variable HECTAREA.....	193
Tabla 30	Frecuencia Absoluta y Relativa de la variable SALINIDAD.....	195
Tabla 31	Estimadores Muestrales para la variable SALINIDAD.....	196
Tabla 32	Prueba Ji-Cuadrado para la variable SALINIDAD.....	198
Tabla 33	Frecuencia Absoluta y Relativa de la variable TEMPERATURA.....	199
Tabla 34	Estimadores Muestrales para la variable TEMPERATURA.....	200
Tabla 35	Prueba Ji-Cuadrado para la variable TEMPERATURA.....	202
Tabla 36	Frecuencia Absoluta y Relativa de la variable METODO.....	206
Tabla 37	Estimadores Muestrales para la variable METODO.....	207
Tabla 38	Frecuencia Absoluta y Relativa de la variable WHITE_SPOT.....	208
Tabla 39	Estimadores Muestrales para la variable WHITE_SPOT.....	210
Tabla 40	Frecuencia Absoluta y Relativa de la variable ENFERMEDADES.....	211
Tabla 41	Estimadores Muestrales para la variable ENFERMEDAD.....	212
Tabla 42	Matriz de correlaciones.....	215
Tabla 43	Tabla de contingencia para las variables SIEMBRA vs. COSECHA.....	222
Tabla 44	Tabla de contingencia para las variables SALINIDAD vs. TEMPERATURA.....	224
Tabla 45	Resumen de algunas Tablas de Contingencia.....	225
Tabla 46	Porcentaje de Varianza para los componentes.....	233
Tabla 47	Componentes Principales.....	233
Tabla 48	Modelos estimados para la serie de salinidad.....	246

Tabla 49	Resultados obtenidos para el modelo SARIMA(0,1,0)(0,1,1) ₆	247
Tabla 50	Intervalos de Predicción del modelo SARIMA(0,1,0)(0,1,1) ₆ para el ajuste de la serie de salinidad.....	248
Tabla 51	Modelos propuestos para la serie de temperatura.....	254
Tabla 52	Resultados obtenidos para el modelo SARIMA(0,1,0)(1,0,1) ₆	254
Tabla 53	Intervalos de Predicción del modelo SARIMA(0,1,0)(1,0,1) ₆ para el ajuste de la serie de salinidad.....	255

INTRODUCCIÓN

Para el sector camaronero fue el mejor año fue 1998, pero nunca se previó que al siguiente año el virus de la mancha blanca iba a causar la más grave crisis a la industria.

Con esto, surgen muchas hipótesis, ¿Qué situación vivió el sector camaronero en la provincia del Guayas, en la época de 1998 al 2000?, ¿La producción entre las camaroneras disminuyó radicalmente?, ¿Qué factores medioambientales inciden en el desarrollo de las enfermedades?, ¿Qué métodos de diagnóstico son más utilizados?, ¿El sector camaronero de la provincia del Guayas podrá reponerse tal grave situación?.

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

Las hipótesis con las que hemos plasmado esta investigación son:

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

Por lo tanto se establecen los siguientes objetivos:

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

CAPITULO 1

1. LAS ENFERMEDADES DEL CAMARON EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS

1.1. Antecedentes

1.1.1. Países Productores

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

Siete países producían el 86% de la producción de camarón cultivado en 1995 (seis asiáticos y uno latinoamericano). Las granjas camaroneras esparcidas por el Sudeste Asiático cosecharon 558.000 toneladas en 1995, lo que correspondió

al 78% de la producción mundial del camarón cultivado. En comparación, la industria camaronera del hemisferio occidental, encabezada por la producción del Ecuador, de 100.000 toneladas anuales, obtuvo un total regional de 154.000 toneladas.

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

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

Tailandia produjo 220.000 toneladas de camarón cultivado en 1995, el doble de la producción de 1990, y casi un tercio de la producción mundial de 1995. Aunque la tendencia de

que sean pocos países los que dominen el mercado no es probable que cambie en el corto plazo, los principales países productores de hoy podrían no ser los mismos dentro de unos pocos años. Hay varios países en África y Latinoamérica que son conocidos como los "**gigantes dormidos**", que parecen tener un enorme potencial de expandir las capacidades actuales y desarrollar masivamente el cultivo del camarón durante la siguiente década.

1.1.2. Países Consumidores

Más o menos un tercio de la cosecha mundial de camarón (pescado y cultivado) es comercializado en el ámbito internacional, equivalente a unas 900.000 toneladas. Eso es menos del 1% de la producción pesquera mundial en peso, pero el camarón es el producto marino con más valor en el mercado mundial actual. El camarón comercializado internacionalmente contribuye con más de siete mil millones de dólares al año (equivalente a un 18%) al valor de todas las exportaciones pesqueras mundiales, que alcanzan un valor de 40 mil millones de dólares. Por ejemplo, el valor de las importaciones de camarón en los Estados Unidos en

1995 (valuado en 2.7 mil millones de dólares), correspondió al 40% del valor de las importaciones comestibles totales de EE.UU. y aunque el camarón cultivado representa solo una cuarta parte de todo el camarón obtenido anualmente, constituye casi la mitad del camarón comercializado internacionalmente.

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

1.1.3. Situación del sector camaronero ecuatoriano

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

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

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

1.2. Descripción de las especies en el Ecuador

1.2.1. Características generales

En la provincia del Guayas y a nivel nacional las especies capturadas de camarones son de diferentes categorías, la más alta categoría es de suborden **Natantia**, del orden

Decapoda, de los cuales todos los camarones son pertenecientes.

La sección **Panaeoidea** tiene 4 diferentes familias:

- ✓ Aristeidae
- ✓ Sicyonidae
- ✓ Penaeidae
- ✓ Solenoceridae

En estas se incluyen los langostinos de mayor importancia comercial, los **Penaeus**. Según los estudios realizados por Loesh y Avila (1964) los camarones de nuestra costa ecuatoriana de mayores capturas son del género **Penaeus** (5 clases), **Trachypeneus** (3 clases), **Protrachypene** (1 clase) y **Xiphopeneus** (1 clase) agrupados de la siguiente forma:

Tabla 1
Características del Camarón Ecuatoriano,
su género y su clase

Características	Género y Clase del camarón
<i>Blanco</i>	<i>Penaeus Occidentalis</i> <i>Penaeus Stylirostris</i> <i>Penaeus Vannamei</i>
<i>Rojo</i>	<i>Penaeus Brevirostris</i>
<i>Café</i>	<i>Penaeus Californiensis</i>
<i>Tigre o Cebra</i>	<i>Trachypeneus Byrdi</i> <i>Trachypeneus Faoea</i> <i>Trachypeneus Similes</i> <i>Trachypeneus Pacificus</i>
<i>Pomada</i>	<i>Protrachypene precipua</i>
<i>Titi</i>	<i>Xiphoneus riveti</i>

Fuente: "La crianza de camarones en el Ecuador"

(M.sc. E Arellano 1984)

De las especies indicadas, las de nuestro interés para la crianza y el cultivo de camarones son el **P. Vannamei** y **P. Stylirostris** por ser las especies de mayor resistencia y mejor desarrollo en piscinas artificiales. (Ver Tabla 1)



Figura 1.1. Camarón Blanco (*P. Vannamei*)

Fuente: <http://www.oceangarden.com/>



Figura 1.2. Camarón Negro

Fuente: <http://www.oceangarden.com/>

1.2.2. Gráfico de las especies

El **P. Occidentalis** constituye el de mayor captura por parte de la flora más del 70% y con grandes tallas, notándose que las hembras adultas de los camarones de este género son más grandes que los machos adultos.

Su comportamiento se puede decir que es bentónico siendo sus zonas de desove en el mar, para que luego los varios

estadios larvales entren a los esteros y estuarios que sean juveniles, para luego regresar al mar y completar su ciclo.

(Ver Fig. 1.3)

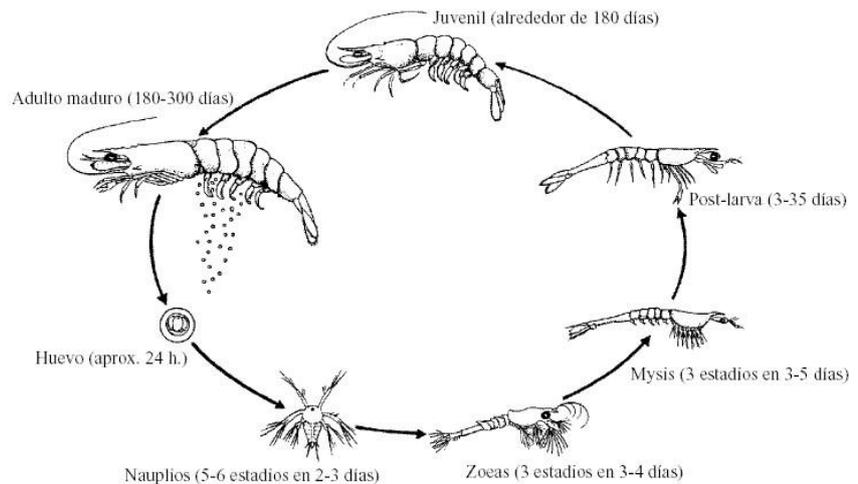


Figura 1.3. Ciclo de vida del camarón

Fuente: "Efecto de la composición nutricional de *Artemia* enriquecida en la producción de *P. Vannamei*"

(M. Hidalgo 1997)

Parece indicarse que este comportamiento es más restringido para especies como el *P. Californiensis* y *P. Brevirostris* pues su presencia en las zonas de captura de larvas es escasa. La captura de los camarones blancos adultos según informes de pescadores entre los 10 y 30 m., mientras que los camarones cafés y rojos son de mayor profundidad. Respecto al hábito

de cada especie muy poco se conoce, ya que las mayores capturas de los camarones blancos corresponden generalmente frente a desembocaduras de ríos y estuarios en donde la turbidez natural del agua les ofrece un hábito adecuado de protección. Por otro lado según informaciones verbales se puede indicar que su abundancia es estacional, siendo mayores en épocas lluviosas.

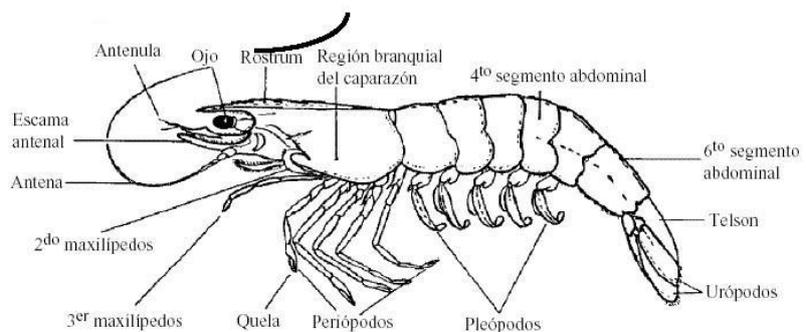


Figura 1.4. Morfología del camarón

Fuente: “Efecto de la composición nutricional de *Artemia* enriquecida en la producción de *P. Vannamei*”

(M. Hidalgo 1997)

En la identificación de las especies del camarón Penaeido se utilizan los elementos morfológicos más evidentes. (Ver Fig. 1.4). Así puede ser realizada mediante el conocimiento de las características de los órganos sexuales, tales como el Thelycum o el Petasma.

El Petasma localizado en el primer par de pleópodos de los machos, en donde los adultos endopoditos adquieren una forma especial. El Thelycum localizado entre el cuarto y quinto par de pereiodopos. (Ver Fig. 1.5.)

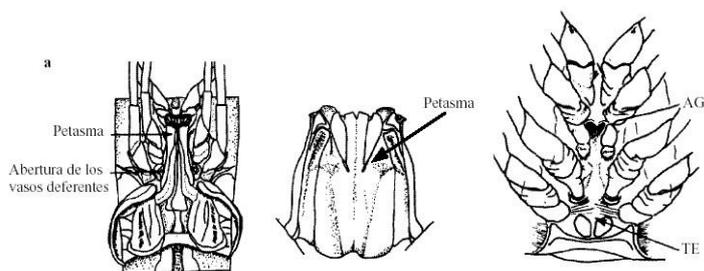


Figura 1.5: Sistema reproductivo del macho y de la hembra

**Fuente: “Efecto de la composición nutricional de Artemia enriquecida en la producción de *P. Vannamei*”
(M. Hidalgo 1997)**

Otras características son presentadas en las coloraciones de los cromatóforos, los cuales están asociados con el hábito, el crecimiento, las mudas, las condiciones ambientales, etc.

1.3. Selección de terrenos para camaroneras

En el país se han autorizado y concedido más de 100.000 hect. para ejercer la actividad de crianza y cultivo de especies

bioacuáticas en general (sin contabilizar las camaroneras ilegales) de los cuales más del 95% corresponden para la actividad de crianza de camarones en cautiverio.

Los criterios de selección de terrenos han sido utilizados analizando no sólo factores de ingeniería, económicos, sociales y técnicos sino más bien de la disponibilidad del terreno. Estos criterios son:

1.3.1. Tipo de suelo

Se debe considerar suelos que mantengan el agua, es decir, que esta no se pueda filtrar. Este tipo de suelo tiene características del tipo arcilloso, sean estos liso-arcillosos o arcilloso-arenosos (en poca proporción). Pruebas elementales se pueden realizar cavando en el suelo unos 30 cm. de diámetro por 20 cm. de profundidad, llenarlos de agua y luego observar si esta se filtra o no y en que tiempo, ya que es importante para luego tomar las debidas precauciones en la selección de capacidad de bombeo. Considerando que inicialmente se filtra el agua hasta estabilizarse.

Suelos con acumulación de piritas de hierro le dan una coloración rojiza, estas piritas se oxidan dando ácido

sulfúrico el cual nos da un valor de 4 en el pH. y este puede causar mortalidad a los camarones. Es importante chequear los valores del pH. y de materia orgánica. Para analizar el pH. se toma una muestra de suelo, se la deja secar y luego se la mezcla con agua destilada o de lluvia, sedimentando la muestra se procede a medir el pH del agua y de esta manera se obtiene un valor aproximado del pH del suelo.

1.3.2. Elevación

Es necesario conocer las alturas o costas correspondientes de toda el área para planificar adecuadamente la distribución de piscinas, estación de bombeo, canales de entrada y salida así como la construcción misma de los muros. Considerar también si ha pasado un riachuelo que aunque se encuentre seco, es el cause natural del río, y en épocas extremas de lluvias puede destruir cualquier obstáculo que se oponga al cause normal. Adicionalmente se tiene que construirse canales de desagües laterales.

1.3.3. Calidad de aguas

Considerar áreas de contaminación industrial, de agricultura, aguas servidas, así como de zonas de alta turbidez, pues

esto aunque puede ser solucionable con estanques de sedimentación, su mantenimiento es caro. Si no se tiene esta preocupación habría que considerar el tiempo en que las partículas se sedimentan pues de no ser así, la primera camaronera se sedimentará ahogando prácticamente el suelo, no existiendo interacción físico-químico-geológico entre el suelo y el agua. Si esto ocurriese tendría que remover los suelos o también mediante el estudio geológico de sedimentación se regularía un mayor paso de agua.

Estudiar los parámetros ambientales del agua y climáticos para conocer los puntos críticos de salinidad y de temperatura, los cuales tienen una relación con la disponibilidad del oxígeno disuelto. Si no es posible obtener estos datos de la misma área camaronera a construirse, puede utilizarse valores de otras piscinas cercanas para por lo menos tener datos referenciales y planificar el sistema de producción.

1.3.4. Vegetación

Las zonas aledañas a los manglares (salitrales) constituyen mejores zonas por la alta productividad de las aguas

especialmente por manglares de tipo **Avicennia** en elevaciones de 2 o 3 pies sobre el nivel de la más alta marea, éste último se lo puede controlar con la construcción de muros altos.

Suelos que tengan un pH entre 6.5 y 7.5, suelos ácidos no son recomendables en especial si tienen altos contenidos de hierro.

Suelos de constitución arcilloso-limoso con coeficientes de permeabilidad de 10^{-4} a 10^{-7} cm/sec. y con alta fertilidad (contenido de nitratos y fosfatos). Para la construcción de los estanques a parte del criterio técnico es menester considerar los aspectos económicos pues de la combinación de estos dos elementos se planeará de una manera real las piscinas a construirse.

Los niveles de producción se determinan también por la forma, el tamaño y orientación de las piscinas, todas estas en concordancia con las condiciones topográficas del terreno.

Para efecto de las entradas y salidas de agua es importante el conocer la topografía del terreno, además para facilitar la operación de la cosecha las piscinas tienen que estar niveladas adecuadamente que permita drenar fácilmente toda el agua; pues de no ser así el costo de operación de cosecha se incrementa y lo más importante el camarón quedará atrapado en ciertos espacios que sin cambios de agua y con el aumento de temperaturas este producto se destruirá.

La construcción y diseño de los pre-criaderos y semilleros deben en lo posible ser independientes, si en algún momento se plantea cosechar cada una por individual.

Los tamaños de los semilleros deben de considerarse en número y hectárea, pues algunas veces no se puede suplir de "semilla" para almacenamiento en grandes cantidades, por lo que tiene que preverse para esas eventualidades construyendo piscinas semilleras pequeñas de no más de 2 hect.

Phizophora también tiene buenas características, pero hay que considerar los valores del pH. pues este tipo de manglar puede dar suelos ácidos, el cual es solucionable agregando cal.

1.3.5. Suministro de larvas

Estudiar las áreas de captura de las Post-larvas de camarones (“semillas”) y también sus propias zonas posibles de presencia de la semilla, además de la cercanía a algún laboratorio de suministro de larvas (“Hatchery”) no sólo para obtener la semilla misma sino también para aliviar el mal manejo de transporte, esto es: densidad, tiempo, oxigenación, aclimatación, que puede sufrir durante esta etapa.

1.3.6. Selección del terreno

En las aguas estuarinas por el gran dinamismo de los procesos que se desarrollan en el mismo, son lugares más interesantes para ubicar la piscina de crianza. Además se le puede dar un buen uso a las mareas con un buen suministro de oxígeno y “semilla” del camarón.

Es necesario que esté protegido de posibles inundaciones, y para el caso de almacenamiento considerar mayores profundidades ya que las variaciones de los parámetros ambientales no sean tan bruscas para evitar de esta manera la mortalidad de las larvas.

Construir piscinas de tres niveles es decir semillero, pre-criadero y engorde da una alternativa de utilizar, por ejemplo el pre-criadero como piscina de engorde semi-intensivo e intensivo por su tamaño más manejable. Se pueden planificar así las cosechas al año en todo el sistema pues de la alternativa de manejos más controlados y rápidos. Esto involucra un manejo de piscina más cuidadoso y un suministro mayor de larva así como estable, continuo, aspecto del cual sé esta dificultando.

1.4. Diseño y Construcción de piscinas camaroneras

1.4.1. Criterios generales

Los criterios que obedecen para un adecuado diseño son los aspectos de la topografía por un lado y por otro el decidir el tipo de sistema extensivo, semi-intensivo o intensivo, pues el manejo de la piscina y de la misma operación difieren en cuanto a la Tecnología disponible.

Considerando la disponibilidad del terreno y la necesidad de optimizar la producción de camarones, es recomendable planificar piscinas medianas para trabajar en sistemas semi-intensivos que puedan algún momento trabajar como intensivos.

1.4.2. Tamaño de la piscina

Tradicionalmente se construían piscinas de los más variados tamaños y dimensiones, lógicamente el criterio utilizado parecería sé las facilidades técnico-económico, construcción y que sean de acuerdo a la topografía del terreno y el sistema mismo de cultivo.

Actualmente el deseo de los cultivadores camaroneros, conocer el tamaño "óptimo" de las piscinas a construirse. Por efecto de la no mayor disponibilidad del terreno y por el hecho de cambiar el sistema de producción mediante los sistemas extensivos a semi-intensivos. Otra ventaja que se puede deducir es el hecho de que en mayores unidades de producción se minimizan cualquier riesgo grave, que se puede suscitar.

Para estos casos se puede construir piscinas de dos y tres etapas denominadas semilleros, pre-criaderos y engorde. La construcción de los sistemas de tres niveles se puede indicar que las proporciones que se plantean son de 1: 3: 6, es decir de una piscina de 10 hect. se tiene el semillero de 1 hect., el pre-criadero de 3 hect. y el engorde de 6 hect.

Es importante señalar la independencia de las piscinas para efectos de un mejor manejo, esto dependerá de las condiciones del terreno y la factibilidad de realizarlo. Los sistemas de dos etapas también son recomendables para los sistemas semi-intensivos, las dimensiones de los semilleros y del engorde también tienen que estar de

acuerdo con la disponibilidad de la “semilla” que se tenga, pues tener semillero de más de 3 hect. no es tan recomendable, pues sembrar en ellos involucraría tener que realizar un solo pedido de grandes cantidades y por otro lado al obtener poca semilla no se justifica desperdiciar espacio.

1.4.3. Construcciones adicionales para camaroneras

1.4.3.1. Muros

En cuanto a las alturas de los muros se puede indicar que al nivel superior se encuentre siempre en 50 cm. del nivel máximo de profundidad de la piscina, para evitar casos de inundaciones o sobre excesos de entradas de agua.

En las zonas cercanas a la influencia de las mareas, observar y medir los niveles máximos para efectos de la protección mediante los muros.

La profundidad de la piscina es recomendable que sea construida de 1 m. como promedio para efectos de control, exceso de temperatura en las épocas de intenso calor así como también evitar cambios

bruscos durante el día de otros parámetros ambientales.

1.4.3.2. Compuertas

Las compuertas deben de construirse de tal manera que permita un adecuado flujo de circulación de agua en la piscina y de una forma rápida para casos de emergencia, compuertas que contengan cuatro canales para las colocaciones de las tablas de control de paso de agua así como de las mallas.

El tamaño de la malla debe ir de acuerdo al tamaño del camarón que se tiene en los semilleros y precriaderos de menor tamaño, que las piscinas de engorde, y para que además permita el paso del agua más rápido y no sea un obstáculo su mantenimiento de limpieza.

1.4.3.3. Canales

Tanto los canales de distribución de agua como de drenaje tienen que estar a un nivel referencial para su eficiente operación. El fondo del canal de distribución

principal tendrá que estar sobre el fondo de la piscina para permitir un adecuado flujo de agua por gravedad.

1.4.3.4. Movimiento de Tierras

Este aspecto inicial en el proyecto de una camaronera requiere de un adecuado señalamiento de la zona de trabajo, su relieve y debe proveerse la utilización de una capa de tierra superficial y los desbroce respectivos, además de los canales de entrada y desagüe de aguas.

La estimación del trabajo da como conclusión dos factores principales: el material acarreado y los ciclos por hora. El primero se entiende por el peso mismo y su capacidad, el ciclo por hora se entiende por el tiempo del ciclo del proceso del movimiento de la tierra y a la eficiencia misma de la maquinaria.

1.5. Ecosistema de la Piscina

1.5.1. Proceso de fotosíntesis

En el ecosistema de la piscina de producción existe una interacción física, química y biológica entre el suelo, agua y aire. Mecanismo de intercambio que se encuentran influenciados por los efectos de luz solar mediante el proceso de fotosíntesis. En esta producción primaria transforma la materia orgánica esto es; agua más dióxido de carbono y otros elementos que en presencia de la luz solar actúan en la clorofila (algas), produce los hidratos de carbono más oxígeno, acción del cual es más activo en el día con un incremento de pH y oxígeno, siendo la reacción contraria en la noche en donde al no existir fotosíntesis por falta de la energía solar existe un consumo de oxígeno.

Es importante conocer el proceso fotosintético, pues podemos decir que las horas críticas ocurren entre las 4 y 6 de la mañana. Además la fotosíntesis en piscinas profundas que tengan alta turbidez dada primordialmente por sedimentos, la fotosíntesis no se producirá ocasionando problemas en la productividad de la piscina.

1.5.2. Parámetros ambientales

La calidad de agua es uno de los factores más importantes en acuicultura, desde el desove hasta la producción, puesto que los organismos marinos son como “esponjas” pues su nutrición, apariencia y sabor es según el tipo de agua en el cual crecieron y se adaptaron.

La calidad de agua varia con la especie a cultivarse así ciertos organismos son susceptible a bajo oxígeno, agua fría, variación de pH. etc., y otros pueden crecer en varias condiciones, en el caso de los camarones del tipo Paneido las indicaremos a continuación.

1.5.3. Características Físicas y Químicas del agua

El estudio hidrobiológico indispensable para el análisis de las aguas implica conocer en general este sistema acuático, en donde ciertos elementos aparecen como estables y otros inestables, así tenemos que los productores; Plancton o determinadas bacterias utilizan la energía solar de la siguiente forma: por fotosíntesis y empleando sales solubles producen materia viva vegetal. El plancton vegetal consume

y transforma la materia vegetal, a su vez consumidos por peces carnívoros y predadores.

1.5.3.1. Temperatura

La temperatura del agua afecta a su densidad, viscosidad, a la solubilidad de los gases y en particular a la del oxígeno, así como a la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas. Las variaciones de la temperatura pueden eliminar algunas especies y también favorecer al desarrollo de otras especies, lo que lleva parejo un desequilibrio ecológico en el ecosistema acuático.

En general las reacciones químicas biológicas se duplican por cada 10 °C. de incremento de temperatura, esto significa que los organismos utilizarán dos veces más oxígeno a 30 °C. que a 20 °C, por lo tanto los requerimientos de oxígeno disuelto son más críticos en aguas templadas. Además para el caso de los fertilizantes estos se disuelven más fácilmente en aguas calientes.

En las piscinas de crianza el calentamiento es mayor en la superficie produciéndose en algunos casos según la profundidad dos capas distintas de agua, una más liviana y la del fondo más pesado obteniéndose una estratificación termal. Cabe indicar que en el traspaso de organismos, es conveniente conocer la temperatura en donde se los coloca, para su adecuada aclimatación.

Se puede influir la temperatura de un estanque aumentando o disminuyendo la cantidad de agua, existen épocas frías en donde es conveniente reducir la profundidad tanto por el efecto de la temperatura como también por efectos de la fotosíntesis (penetración de los rayos solares).

1.5.3.2. Salinidad

Como salinidad se entiende a la concentración total de todos los iones disueltos expresados en miligramos por litro o partes por millón (ppm) o también la cantidad de gramos de sales disueltas en un kilogramo de agua mar. La presión osmótica en el

agua se incrementa con el aumento de la salinidad, los organismos requieren diferentes condiciones osmóticas de acuerdo a los tamaños y especies.

En las regiones donde la evaporación excede la precipitación existe un incremento de la salinidad, cuando se llega a condiciones extremas de presión osmótica se puede provocar fenómenos de difusión a través de las paredes celulares al nivel de las branquias, lo que puede ocasionar la muerte del organismo.

En nuestra área, el estuario del Guayas, por tener una alta variabilidad en las mareas se produce valores en salinidad altos y bajos que con una alta productividad, han permitido que el campo de la acuicultura se haya desarrollado de una manera impresionante, en especial la cría de camarones.

Se encuentran salinidades que van de 5 a 32 ppm. que permite tener en las piscinas camaroneras una

mezcla de salinidad que según las épocas y tiempos de bombeo se trate de mantener regular.

Por las experimentaciones efectuadas, se ha podido inferir que para el mejor crecimiento de los camarones *P. Vannamei* al iniciar la siembra a se tienen salinidades estuarinas de 15 a 25 ppm. Lógicamente que para realizar este procedimiento se requiere conocer variación de la salinidad en función de las mareas en la toma de agua de la camaronera, además es de considerar el porcentaje de intercambio de agua que se necesita, por lo que esta medida de optimización en la utilización de la salinidad resulte por ahora dificultosa. Este concepto de la variación de la salinidad según el crecimiento del camarón obedece o refleja lo que sucede en el medio ambiente natural, es decir en el ciclo de vida del camarón.

En 1986 se clasificó a las aguas de acuerdo al nivel de salinidad según el científico Fast. (Tabla 2)

Tabla 2**Clasificación de las aguas por su salinidad**

Tipo de Agua	Salinidad (ups)
Dulce	< 0,5
Oligohalina	> 0,5 – 3,0
Mesohalina	> 3,0 - 16,5
Polyhalina	> 16,5 - 30,0
Marina	> 30 – 40
Hipersalina	> 40

Fuente: “Efectos de diferentes niveles de salinidad y balances proteina/energía en el crecimiento de *P. Vannamei*”

(A. Orellana 2000)

1.5.3.2.1 Estuario del Guayas

Siendo la salinidad un parámetro interesante de conocer, es necesario describir nuestro estuario del Guayas.

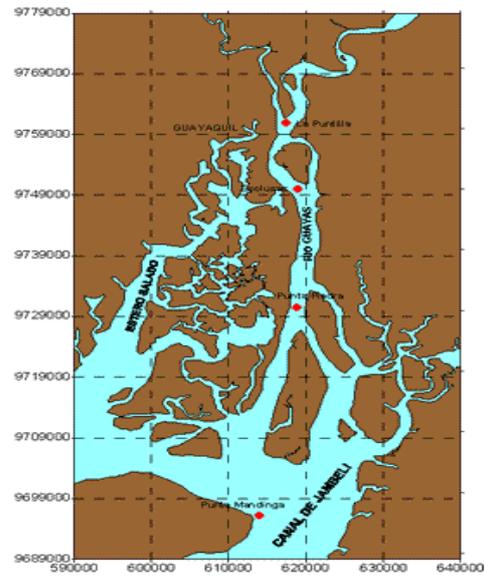


Figura 1.6. Estuario del Guayas

Fuente: <http://www.inocar.mil.ec/>

El estuario del Guayas riega aproximadamente 36.000 Km², teniendo como afluente los ríos Daule y Babahoyo, los cuales en el Golfo de Guayaquil dan lugar a los canales del Morro y Jambelí. Las mareas son variables, desde 1,8 m. de amplitud en la entrada del canal del Morro hasta 3,5 m. promedio en Guayaquil. Este estuario es clasificado según **Hansen y Rattray** como **bien mezclado**.

1.5.3.3. Oxígeno disuelto

Mantener un adecuado nivel del oxígeno disuelto es un problema general, más crítico en las noches cuando el **fitoplancton** consume oxígeno en vez de producirlo, así **Boyd (1978)** encontró que el decrecimiento del oxígeno disuelto en la noche puede ser tan alto como 0.5 mg/ltr. por hora, en la parte sur de los Estados Unidos pudiendo ser mayor cuando se realiza alimentación artificial.

El oxígeno constituye normalmente el 35% del volumen de los gases disueltos en el agua. En los casos de fotosíntesis se producen aportes de oxígeno que según siendo anormal su exceso, es provocante la mortalidad de los organismos marinos por embolia gaseosa, tal es el caso denominado “**gas bubble disease**” (enfermedad de la burbuja de gas), el cual es un exceso de gases disueltos en el agua, niveles de sobresaturación de oxígeno disuelto y de nitrógeno son las causas mayores. **(Renfro 1953; Rucker 1972)**

En nuestro medio natural puede considerarse anormal un contenido de oxígeno disuelto menor a 3 mg/lt., el efecto letal del bajo contenido de oxígeno parece catalizarse por la presencia de sustancias tóxicas, como NH_4 , Zn, Cu, etc.

La solubilidad del oxígeno en el agua difiere con la presión temperatura y salinidad. Así tenemos que la solubilidad del oxígeno en el agua decrece con el incremento de temperatura y salinidad.

La fuente primaria de producción de oxígeno obtenemos de la fotosíntesis en los sistemas de crianza. Las pérdidas del oxígeno se refieren a los procesos de respiración de todos los organismos marinos y además de la difusión del oxígeno en el aire.

Estas fluctuaciones tienen sus puntos bajos en la mañana temprano y con un máximo valor en la tarde 2-3 p.m. y decrece nuevamente en la noche. Esto es interesante conocer pues esa presencia mínima de

oxígeno se manifiesta por la presencia de camarones en la superficie, es conveniente por lo tanto que los intercambios de agua se los realice en esas épocas críticas si es que las condiciones de las mareas lo permiten.

En condiciones de oxígeno disuelto menor a 4 mg/ltr. los camarones tendrán un retardo de crecimiento siendo aún más crítico cuando bajo estas condiciones se suministra alimentación artificial. Por lo tanto se recomienda mantener los niveles de oxígeno disuelto por sobre 4 mg/ltr. siendo los más recomendables entre 5.5 a 6.5 mg/ltr aunque algunas veces se ha encontrado piscinas camaroneras con buen rendimiento con valores de oxígeno disueltos entre 4 y 5 mg/ltr, y no es de admirarse encontrar piscinas con valores de 3 mg/ltr, pero tal que el pH no tenga mayores alteraciones en donde el camarón puede desarrollar, siendo también bajo estas condiciones adversas ser susceptibles a los parásitos y enfermedades.

Con respecto al control y manejo de las cantidades de oxígeno presente en las piscinas esto es posible bajo dos condiciones fundamentales. La primera aunque este no sea precisamente agregando oxígeno, sino más bien depurando el sistema, es decir con un buen bombeo pues en este caso agregamos agua con un adecuado contenido de oxígeno disuelto. Según el cual depende lógicamente del tamaño de la piscina y que justifique la inversión.

1.5.3.4. pH

El **pH** es la medida de concentración de iones hidrógenos e indican si el agua es ácida o básica en su reacción, según su valor esta comprendida entre 0-7 y 7-14 respectivamente, siendo 7 el valor indicativo del neutro.

$$pH = -\log 10H^+$$

(a decir la concentración se incrementa 10 veces por cada unidad de pH).

El pH es indisociable de valores de la temperatura, oxígeno disuelto, mineralización total, etc. El intervalo de pH que no es mortal para camarones es entre 6-9. La variación del pH está ligada a la variación de las sustancias nitrogenadas, como se verá más adelante.

El pH en las aguas naturales se encuentran influenciada por la concentración del dióxido de carbono, el fitoplancton remueve el CO_2 del agua durante la fotosíntesis así incrementando el pH durante el día y bajando en la noche, las mediciones del pH deben realizarse temprano en las mañanas y en la tarde para conocer el patrón típico.

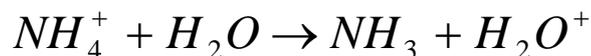
1.5.3.5. Sustancias Nitrogenadas

Las sustancias nitrogenadas se presentan en las proteínas, ácidos, minerales, amoníaco, nitritos y nitratos. La nitrificación se efectúa con la presencia del oxígeno, pasando el amoníaco NH_4OH a nitrito NO_2 y luego a nitrato NO_3 , la desnitrificación es un

proceso anaeróbico, en donde las bacterias que realizan esta reducción ceden su energía en zonas profundas próximas al fondo de los lagos y estanques.

Los nitratos estimulan la flora acuática en presencia de otros elementos indispensables aumentando la productividad del curso del agua, pero la vegetación en exceso puede ser perjudicial.

Los nitritos son inestables y tóxicos para los organismos marinos, el amonio es el principal producto de desperdicio del metabolismo de los organismos y descomposición de la materia orgánica para las bacterias. Es altamente soluble en aguas y por lo tanto pueden ser eliminadas por aireación. Su presencia en el agua es bajo dos formas: ión amonio y no ionizado, ambos tóxicos pero el más peligroso es el segundo. Se lo encuentra relacionado con el pH menor a 7, el amonio en forma iónica y sobre el pH 8 en forma no ionizada. Estas formas se las representa en la siguiente ecuación:



La primera parte es ionizada y la segunda no ionizada. Esta proporción de sustancia está ligada a la cantidad de temperatura, pH y salinidad. Así la concentración de NH_3 aumenta con incrementos de temperatura y valores de pH y decrece con altas salinidades. Los valores del amonio total ($NH_3 + NH_4^+$) en las aguas naturales pueden ser determinadas por métodos químicos (**Carol Bower 1978**)

Como valores ideales podemos indicar que para amonio total debe ser menor a 0.1 ppm, contenido de nitritos menor a 0.1 ppm, nitratos menores a 20.0 ppm y pH mayor a 8.0 ppm.

1.5.3.6. Alcalinidad y Dureza

Alcalinidad total se refiere a la concentración de las bases expresadas en mg/ltr. o equivalentes de carbonato de calcio, también puede decirse que es una resistencia a los cambios del pH en general en las mañanas, el pH es mayor en aguas con alta

alcalinidad. La disponibilidad del dióxido de carbono a la alcalinidad. Aguas con alcalinidad menor a 15 a 20 mg/ltr. contienen poco CO₂. La concentración total de los iones disolventes principalmente calcio y magnesio es denominada **dureza del agua**.

Niveles deseables de dureza y alcalinidad es de 20 a 30 mg/ltr. y preferible que el agua tenga estos valores similares tanto en dureza como alcalinidad, pues no es aconsejable que el agua tenga 159 mg/ltr. de alcalinidad con una dureza de 25 mg/ltr.

1.5.3.7. Otros parámetros

Pesticidas son siempre un peligro, pues por drenaje de las tierras agrícolas pueden llegar la piscina de crianza produciendo retardo en crecimiento y en la mayoría de los casos la muerte y en valores como por ejemplo de 5 a 10 microgramos/ltr.

El calcio, aguas que tienen un valor menor a 6 mg/ltr. son poco propicias para cultivo, requiriéndose tener

de 60 a 120 mg/ltr. pues sobre 120 mg/ltr. son aguas duras poco propicias para la acuicultura.

1.6. Manejo de una piscina camaronera

Para un eficiente manejo de una piscina camaronera se hace necesaria además del conocimiento básico teórico combinarlo con las distintas experiencias propias del terreno, pues manejo es en sí una combinación de técnica más arte.

Muy poco se conoce del real hábito del camarón en la piscina, pues conocemos de un comportamiento béntico por lo tanto un conocimiento de la interacción suelo-agua junto con estudios microbiológicos permitirán un mayor entendimiento de este ecosistema. El hecho mismo de que una piscina no productiva dentro de la misma camaronera y próxima a una excelente piscina, tiene sus razones que necesitan estudiarse.

Los objetivos fundamentales en el manejo de una piscina camaronera es la de mantener por un lado las mejores condiciones ambientales que permitan tener buenos niveles de crecimiento y supervivencia, si no se puede obtener las condiciones optimas se

deberá lo más estable posible los parámetros que se tienen y evitar así un fuerte “stress” de los camarones.

1.6.1. Registro de datos

El registro diario de los parámetros ambientales se hace necesario, para establecer los pasos a seguirse y tomar las acciones necesarias. Las mediciones deben realizarse temprano en la mañana 7-8h00 a.m. y alrededor de las 2-3 p.m. determinando así las máximas fluctuaciones. Es necesario que los registros se los realice en tablas semanales para observar de una manera global el estado de la piscina en producción.

La mayoría de las camaroneras no poseen equipos de medición o este se encuentra dañado, así dificultaría el proceso de muestras de los factores del ecosistema y a la vez tomar las medidas correctivas del mismo.

1.6.2. Depredadores y competidores

Estos constituyen los enemigos directos de una piscina camarонера, pues muchas veces por las dimensiones o por la presencia en altas cantidades en la zona causando serie

de molestias, requiriéndose de personal que en forma constante controle la presencia de peces, aves y jaibas, tomen medidas correctivas mediante la captura con mallas, trampas o atarrallas para el caso de peces o ahuyentándolos con ruido en el caso de aves. (Ver Tabla 3)

Tabla 3

Peces depredadores

PECES	
<u>Nombre Científico</u>	<u>Nombre Vulgar</u>
Cynosción stolzmani	Corvina
Cynosción xanthulus	Corvina
Elps affini	Lisa macho
Diapterus peruavianus	Mojarra
Pomadasys macromanthus	Negro o Morado
Hemicaranz trimanus	Dama
Oligoplites altus	Mascapalo
Centropomus unionesis	Robalo

Fuente: "La crianza de camarones en el Ecuador"

(M.sc. E Arellano 1984)

Las especies que compiten con el alimento son:

Tabla 4**Especies competidoras**

PECES	
<u>Nombre Científico</u>	<u>Nombre Vulgar</u>
Mugil curema	Lisa
Dorminator natifrom	Chame
Dorminator macalatus	Chame

Fuente: "La crianza de camarones en el Ecuador"

(M.sc. E Arellano 1984)

Tabla 5**Aves Depredadoras**

AVES	
<u>Nombre Científico</u>	<u>Nombre Vulgar</u>
Phalacrocorax boungavillei	Pato Cuervo
Phalacrocorax Olivacen	Pato Cuervo
Sula nebouxil	Piquero
Podycepe Dominicanus	Pataleta
Nycticorax nycticorax	Waco (Garza)
Casmerodius albus	Garza Grande
Egretta thula	Garza Morena
Florida caerulea	Garza Morena

Fuente: "La crianza de camarones en el Ecuador"

(M.sc. E Arellano 1984)

1.6.3 Cosecha

Una vez que se ha decidido realizar la cosecha en base al tamaño comercial del camarón y los crecimientos obtenidos, se procede a la planificación, esto es de acuerdo al sistema que se utilice en la camaronera; cosechar en las épocas de aguajes favorecen a la pesca rápida, tener listo las atarrallas y las piscinas niveladas son los principales factores que inciden en la cosecha.

Es recomendable realizarlo de noche por efecto de las bajas temperaturas y así transportar el camarón. En la mañana a la empacadora directamente, o sino descabezarlo y ponerlo en hielo.

Tener cuidado cuando el camarón se encuentre mudando, pues si esto ocurre sería recomendable pasar la pesca hasta dentro de unos 3 días.

Para la cosecha se bajan previamente los niveles en un 30% aproximadamente de los factores ambientales, los cuales colocados en bolsos en las compuertas se lo hace rápidamente. Una vez que se ha cumplido esta faena se hará

necesario si es que no ha salido mucho camarón, el de suministrar nuevamente la cantidad de agua que se drenó.

1.6.4. Escala de Producción

Una vez realizada la cosecha se podrá conocer los niveles de producción obtenidos, establecer los porcentajes de mortalidad y tipos de enfermedades que influyeron.

Tradicionalmente se indica las producciones como la cantidad de libras/hect. por cosecha o también por año.

En el Ecuador las producciones obtenidas están en el orden de 500 a 3.000 libras de cola por hect. en una cosecha, siendo normal de 700 a 1.500 libras de cola por hect. en una cosecha. Lógicamente él número de cosechas depende del tamaño comercial que se desee y disponibilidad de semilla para volver nuevamente a sembrar la piscina.

Los tamaños comerciales que se obtienen varían considerablemente y esto se debe a que las larvas sembradas son de diferentes tamaños, si estas fueran provenientes del laboratorio los tamaños serían uniformes,

los tamaños comerciales que se obtienen varían desde U15/60, siendo normales desde U21/25 a U36/40, dependiendo de las densidades sembradas, la alimentación suministrada y el tipo de semilla sembrada.

La razón de crecimiento por semana del camarón, está en el orden de 0.6 a 2.5 gramos, siendo normales del orden de 1 a 1.8 gramos.

1.7. Enfermedades del Camarón

1.7.1 Definición de Salud y Enfermedad

La **salud** ha sido definida como:

“El estado físico, mental y social del completo bienestar, considerando la ausencia de enfermedad y malestar” **M.sc.**

Edgar Arellano M.

Por lo tanto, en condiciones de cultivo manipuladas por el hombre no puede ser considerado un estado de completa salud. Una exclusión de esto podría ser el crecimiento del camarón en condiciones que se aproximen a las condiciones naturales a las cuales estos organismos están adaptados. El acuicultor debe estar muy atento al

crecimiento del camarón bajo condiciones como: cultivos, stress, en un estado de no buena salud, y como probabilidad la aparición o impacto de enfermedades infecciosas.

La **enfermedad** ha sido considerada como:

“Un determinado proceso enfermizo con características o síntomas definidos que pueden afectar todo el cuerpo o cualquiera de las partes, y la etiología, patología y pronóstico pueden ser conocidos o no” **M.sc. Edgar Arellano M.**

1.7.1.1. Etiología de la enfermedad

La causa (etiología) de enfermedades animales puede ser resumida brevemente así:

1.7.1.1.1. Infecciosa

Virus

Chlamydia

Reckettsia

Bacterias

Hongos

Protozoos

Metazoos

1.7.1.1.2 No infecciosa

Física

Química

Nutricional

Neoplásica

1.7.2. Stress y Factores que lo causan

El stress influencia el curso de la enfermedad y resulta de la exposición física, química, nutricional, infecciosa y/o fisiológica suficientemente diferente de aquellas a las que el animal está adaptado.

Esta disposición resulta en una respuesta adaptada por parte del animal (vertebrado) conocida como SÍNDROME DE ADAPTACIÓN GENERAL (SAG). El SAG es un complejo de series bioquímicas y eventos celulares encaminado a incrementar las posibilidades de supervivencia durante periodos agudos de exposición crónica a condiciones adversas; sin embargo, si el SAG es prolongado

suficientemente puede resultar en la disminución en el sistema de inmunización, otros sistemas de defensa y este predispone al animal a ser tratado por organismos infecciosos.

1.7.2.1 Huésped, agente y medio

La aparición de una enfermedad en un animal o población es un proceso dinámico y es el resultado de una situación entre el hospedero y el agente. Factores ambientales producen efectos positivos o negativos en el curso de la interacción hospedero / agente.

Algunos hospederos, agentes y factores ambientales son:

1.7.2.1.1 Hospederos

Especie, edad, tamaño, estados sexuales y nutricionales, densidad, característica social y de comportamiento, inmunidad, etc.

1.7.2.1.2 Agentes

Virulencia, resistencia, vectores, habilidad de sobrevivencia en el medio, etc.

1.7.2.1.3 Medio

Calidad del agua y cantidad, características del contenedor, disponibilidad de luz, necesidad, temperaturas, etc.

El control efectivo de enfermedades requiere de un huésped no conocido, el agente y factores ambientales.

Estos factores pueden ser manipulados, con el fin de cambiar el balance de la interacción dinámica, a favor de disminuir las oportunidades del hospedero, y la reducción o eliminación de una posible enfermedad.

Una enfermedad puede afectar animales acuáticos:

- a. Pérdidas de condiciones

b. Disminución en la eficiencia reproductiva y afectiva.

i. Sobre enfermedades

ii. Muerte

1.7.3. Diagnóstico de las enfermedades del camarón

El **Diagnóstico** es el arte de distinguir entre una enfermedad y otra. Es un paso en el proceso de solución de un problema realizado por practicantes médicos. En una situación particular, "el hacer un diagnóstico" sugiere que el observador ha encontrado similitudes entre el problema presente y alguna enfermedad descrita previamente, de la especie animal bajo consideración.

Un diagnóstico no necesariamente significa que la causa (etiología) del problema es conocida o ha sido identificada en el caso presente. Esto depende de circunstancias particulares del animal y de la enfermedad bajo consideración.

Utilizando métodos científicos, el clínico agrupa información o indicios acerca del problema, estudiando el animal, el

ambiente, alimento, etc. Estos datos (observaciones y mediciones) son comparados con otra información para demostrar patrones similares, y por consiguiente, demostrar que la enfermedad presente es igual a condiciones previamente descritas en las cuales hay conocimientos de la causa, tratamiento y prevención.

Para cualquier enfermedad existen muchos aspectos de diagnóstico,. Estos incluyen el diagnóstico de la enfermedad, diagnóstico morfológico, diagnóstico etiológico y el reconocimiento e identificación de factores contribuyentes, los cuales pueden ser complementos importantes para la aparición de la enfermedad.

En su forma más simple, un diagnóstico suficientemente completo puede alcanzarse con la demostración de una anomalía o con la presencia de un agente específico. Un ejemplo de esto podría ser un camarón moribundo que se encuentre fuertemente infectado con microsporidia. En un caso como este, un gran número de parásitos son fácilmente observables utilizando microscopía rutinaria, y el encontrar

abundancia de estos parásitos podría ser una buena razón para explicar el por qué el animal está moribundo.

La presencia de agentes / lesiones múltiples es común en camarones cultivados, y el determinar cual es el problema principal en el cual enfocar el esfuerzo para el control puede ser un verdadero reto.

Además, la persona encargada del diagnóstico puede encontrar dificultades en problemas en donde el agente etiológico o la lesión diagnosticada no son obvias utilizando métodos rutinarios de exámenes típicamente aplicados para el diagnóstico de enfermedades de camarones. En estos casos puede ser necesario el conducir una evaluación cuidadosa del sistema de cultivo, prácticas de manejo, alimento del camarón y formular y probar hipótesis antes que la causa del problema sea entendida.

El diagnóstico implica un entendimiento de la causa y, si es posible, un conocimiento de los factores contribuyentes significativos que influyan en la aparición de la enfermedad. El diagnóstico es importante debido a que la probabilidad de

un control efectivo se incrementa cuando una determinación exacta de la causa y un entendimiento de los factores contribuyentes importantes, son conocidos. Sin embargo, uno debe aceptar que el conocimiento de la salud y la enfermedad varía ampliamente en diferentes animales acuáticos incluyendo camarones y que nuevas enfermedades aparecen en camarones; por lo tanto en una situación particular la precisión esperada y la calidad de un diagnóstico puede ser directamente afectado por el conocimiento disponible referente a enfermedades de camarones, por el entrenamiento y experiencia del clínico y por las prácticas de manejo. Poniendo esto de otra manera, cuanto mas se conoce sobre enfermedades de una especie de camarón, es más probable el poder realizar un diagnóstico rápido y preciso en una situación en particular.

Uno de los objetivos principales en el diagnóstico de una enfermedad de un animal en producción es la determinación de la causa (etiología). La identificación de los agentes causales o etiológicos de la enfermedad es (debería de ser) hecha mediante la aplicación de métodos científicos de investigación. Los métodos comúnmente empleados para la

determinación de agentes etiológicos, los cuales conllevan a la determinación de la causa de las enfermedades de camarones, se listan a continuación.

1.7.3.1. Demostración del Agente: Métodos Directos

1.7.3.1.1. Observación del agente etiológico en el tejido.

(a) **En grueso:** Parásitos metazoarios y microorganismos coloniales;

(b) **Microscopía de luz:** Bacterias, hongos, protozoarios y parásitos metazoarios. Inclusiones de rickettsias, Chlamydeas y virus (evidencias indirectas);

(c) **Ultraestructura:** Microscopía electrónica para agentes virales, rickettsias y Chlamydeas. Cultivo, aislamiento e identificación de bacterias y hongos utilizando métodos in Vitro.

1.7.3.2. Demostración de agentes (antígenos): Métodos Inmunológicos.

Aglutinación directa, anticuerpos fluorescentes, ELISA, etc. Demostración de segmentos de ácido nucleico del agente Dot- Blot y sondas genéticas in situ.

1.7.3.3. Demostración de agentes No – Inmunogénicos.

En ciertos casos sustancias antigénicas (toxinas, nutrientes y agentes fisicoquímicos, etc.). Absorción atómica, cromatografía de gases, sondas específicas, métodos químicos.

1.7.3.4. Métodos Indirectos: Respuesta del huésped – patología

Patología gruesa, patología clínica, histopatología, histoquímica y estudios de ultraestructura.

1.7.3.4.1 Transmisión animal

Transmisión de un agente / enfermedad a sistemas experimentales o reproducción de la enfermedad en grupos experimentales de

camarones mediante una exposición controlada.

1.7.3.5. Métodos Moleculares Antígenos, Epítomos y Anticuerpo

Los métodos moleculares pueden ser medios altamente sensitivos para la detección de agentes bióticos en tejidos de camarones o del ambiente de cultivo. Los métodos moleculares pueden ser adicionalmente utilizados para una demostración definitiva de que un organismo es de una especie o cepa particular. Esto ayuda a la velocidad y especificidad del diagnóstico de enfermedades y a estudios epidemiológicos de patógenos de camarón.

Debido a que los virus, bacterias y protozoarios son sustancias extrañas, cuando son inyectados a un huésped vertebrado induce la formación de anticuerpos protectores. Porciones de estos organismos, llamados antígenos, activan una respuesta en el huésped. Los

antígenos son sustancias moleculares complejas y los anticuerpos específicos formados para ellos, reconocen figuras particulares conocidas como determinadores antigénicos o epítomos. Muchas de las sustancias antigénicas son proteínas.

Cuando un microorganismo es inyectado en un huésped vertebrado se forman los anticuerpos para determinantes antigénicos del microorganismo. Estos anticuerpos serán altamente específicos para un determinante antigénico particular, estarán presentes en el plasma de la sangre y podrán ser recolectados y utilizados como moléculas que reconocerán y se ligarán al determinante antigénico cuando los dos se mezclen bajo condiciones experimentales apropiadas. Pigmentos y otras sustancias se pueden adherir a los anticuerpos para mejorar el reconocimiento del complejo anticuerpo: antígeno en preparaciones de diagnóstico.

En animales vertebrados, las células que producen anticuerpos son linfocitos especializados denominados células-B. Cuando ocurre la exposición al antígeno, muchas células-B diferentes responden, cada una produciendo un anticuerpo con especificidad a un solo epítipo. Muchos anticuerpos se encontrarán en el plasma, reflejando los muchos epítopos del antígeno. Por lo tanto, el plasma tiene anticuerpos policlonales. Generalmente, anticuerpos policlonales son colectados directamente de la sangre del animal utilizado para producirlos.

Si se colecta una célula-B del vaso del un huésped vertebrado y se lo clona en un cultivo celular, el anticuerpo producido por la célula y sus descendientes reconocerán solo un epítipo y este anticuerpo es por lo tanto llamado monoclonal. Debido a que las células-B no crecen en cultivos celulares por mucho tiempo, deben ser fusionadas con una célula-B

cancerosa que no pueda formar su propio anticuerpo. La fusión de las dos células resulta en un tipo de célula llamada hibridoma, la cual puede crecer indefinidamente en cultivos celulares y producir muchos anticuerpos.

Una complicación en la especificidad de los anticuerpos es la reacción cruzada, la que ocurre debido a que diferentes epítopos pueden compartir similitudes en su estructura molecular o a que diferentes antígenos tienen el mismo epítipo.

Las reacciones cruzadas son más comunes para los anticuerpos policlonales que para los anticuerpos monoclonales.

1.7.3.6. Pruebas de detección usando anticuerpos

Se conoce un espectro de diferentes tipos de pruebas en las que se usan anticuerpos. Dos de éstas, inmunofluorescentes y ELISA son a menudo escogidas para usarlas en la detección

de antígenos virales en la preparación de diagnósticos. Las reacciones de aglutinación son útiles para la identificación de bacterias.

El anticuerpo fluorescente (AF) es usado característicamente para detectar antígenos en los tejidos. Debe estar disponible una adhesión microscópica o de fluorescencia microscópica especial para llevar a cabo la prueba. Un tinte fluorocromado se fija al anticuerpo. Cuando este tinte es excitado con luz visible, el tinte se volverá fluorescente y éste puede ser observado microscópicamente y fotografiado. En un sistema directo de AF, el anticuerpo marcado con el tinte detecta los epítopes del anticuerpo primario el cual se fija al microorganismo de interés. El sistema de AF indirecto tiende a ser más sensible que el método de AF directo.

ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) o el ensayo de enlace de enzima inmovilizado es un método sensible usado para detectar

antígenos en fluidos o extractos crudos de tejidos. El anticuerpo está marcado con una enzima que reacciona con un reactivo para producir una reacción de color en el medio de prueba. El producto soluble coloreado de la reacción debe ser medido espectro fotométricamente o por evaluación visual directa.

Los ensayos inmunológicos están recién comenzando a ser aplicados para la detección de patógenos específicos de camarones cultivados. Es probable que estos métodos estén disponibles comúnmente en el futuro.

1.7.3.7 Sonda genética

Todos los organismos vivientes poseen ADN excepto los virus ARN. Una sonda genética es un pequeño segmento de bases de ADN que, bajo condiciones apropiadas, se combinará con un filamento homólogo de ADN. Las condiciones de laboratorio pueden ser manipuladas para que los

filamentos con diferentes grados de similaridad puedan combinarse.

Una sonda genética puede ser marcada con sustancias diferentes para que su ligadura con ADN homólogos pueda ser detectada en una prueba de muestreo. La sonda genética puede ser altamente sensible y muy específica. El microorganismo de ADN puede ser detectado en las secciones de tejido fijadas con un proceso llamado hibridización *in situ*.

1.7.3.8. Aplicaciones

Los anticuerpos y la sonda genética pueden proveer resultados rápidos, altamente sensibles para la detección de microorganismos específicos en los tejidos del camarón.

Los métodos moleculares pueden ser usados para identificar diferentes filamentos o subgrupos geográficos de un agente biótico particular, un aspecto de importancia considerable para el

entendimiento de la fuente y el movimiento de los patógenos de camarones en las regiones de cultivo del camarón.

Las bacterias pueden ser rápidamente identificadas con el uso de técnicas moleculares (aglutinación, etc.) o rápidamente manchadas en preparaciones crudas donde existen muchos tipos diferentes de bacterias. Los sistemas de anticuerpos han sido desarrollados por laboratorios de diagnóstico individual para los patógenos seleccionados de penaeidos. Los kits comerciales de prueba de las sondas genéticas están disponibles para la detección de los patógenos principales del camarón penaeido cultivado.

1.7.3.9. Demostración de agentes - Ultraestructura

La demostración de agentes bióticos pequeños usando microscopía electrónica es un importante aspecto en la investigación de enfermedades del camarón. En cada región de cultivo de camarones,

la capacidad de microscopía electrónica debe ser establecida en un laboratorio central y proveer como un servicio de diagnóstico de apoyo de referencia para los profesionales de la salud del camarón que interactúan directamente con los productores del camarón. El examen de la ultraestructura es esencial para descubrir o descartar la presencia de virus o rickettsia en los cambios estructurales del tejido cuando se encuentren enfermedades "nuevas" del camarón. La microscopía electrónica no debe ser considerada como una herramienta para el uso en la detección rutinaria de agentes bióticos asociados con las enfermedades del camarón. El equipo, facilidades y mano de obra técnica requeridos no pueden ser justificados para este nivel de aplicación. En un nivel práctico, el examen de ultraestructura no ha encontrado un lugar en la diagnosis etiológica rutinaria de la enfermedad del camarón debido a agentes tóxicos o nutricionales.

El nivel de ultraestructura está relacionado con las anomalías dentro de la célula que no puede ser resueltas usando métodos de magnificación más bajos.

El tamaño de la muestra de tejido en una preparación de ultraestructura es pequeño. Además, las lesiones de interés deben ser abundantes o pueden fácilmente pasar desapercibidas.

La fijación puede tener un gran efecto en la calidad de las preparaciones de ultraestructura.

El nivel de experiencia de los científicos y técnicos debe ser alto para obtener el control de calidad que requiere el trabajo.

1.7.4. Tipos de enfermedades del camarón

En nuestro país actualmente se cultiva una gran variedad de organismos acuáticos tales como peces, crustáceos y moluscos utilizando diferentes sistemas de cultivo, con

diferentes objetivos, ya sean para consumo humano o para ornato lo que demanda en ocasiones su importación.

En el pasado la introducción de organismos acuáticos vivos era de manera indiscriminada y sin ningún tipo de control sanitario. Su movilización entre instalaciones acuícolas fue el principal mecanismo de propagación de algunas enfermedades que actualmente aquejan a la acuicultura mundial.

Debido a lo anterior, y considerando la estrategia de otros países, se ha establecido medidas y acciones que permitan el control y minimización de estos riesgos para así evitar las pérdidas que las enfermedades ocasionan. Entre las medidas adoptadas internacionalmente destaca la Certificación tanto de poblaciones de organismos como de instalaciones acuícolas, que junto con las cuarentenas permiten avalar la ausencia de enfermedades y por consiguiente evitar su propagación.

A nivel mundial, existen organizaciones que se encargan de recomendar algunas reglas para regular la importación y exportación de animales, tal como la **OIE**, que es la **Oficina Internacional de Epizootias**, con sede en París, Francia; la cual ha publicado el **Manual de Enfermedades de Organismos Acuáticos**, donde se desglosan todas las enfermedades que son certificables.

Cabe señalar la diferencia entre lo que son las enfermedades "certificables" y "notificables"; la primera se refiere a aquellas que son enfermedades de alto riesgo contenidas en las regulaciones internacionales, principalmente las que no tienen tratamiento actual conocido o que son de muy difícil control, y las segundas se refieren a aquellas que son controlables o susceptibles de tratamiento y que pueden causar mortalidades.

Entre las enfermedades certificables que afectan al camarón se encuentran las siguientes:

1.7.4.1. Necrosis Hematopoyética Hipodermal Infecciosa (IHHNV).

Enfermedad viral que es considerada como potencial en especies tales como *Penaeus Vannamei*, *P. Stylirostris*, *P. Monodon* y *P. Semisulcatus*, aunque se ha podido infectar de manera experimental a *Penaeus schmitti*, *P. japónicas*, *P. aztecus* y *P. duodarum*; ataca al tejido ectodérmico y mesodérmico y causa epizootias agudas y mortalidad masiva en *P. Vannamei*, *P. Stylirostrís* y *P. monodon*, pero no se ha encontrado mortalidad significativa en el resto de las especies.

1.7.4.1.1. Signos

En juveniles de *P. Stylirostris*, alta morbilidad y mortalidad anorexia, debilidad, nado errático seguido por periodo de parálisis y hundimiento del camarón afectado. Poblaciones afectadas crónicamente muestran lento crecimiento, conversión

alimenticia pobre, poca resistencia al estrés y mortalidad de bajo grado pero continua.

1.7.4.1.2. Distribución geográfica

El origen no ha sido establecido, pero dos hipótesis se han propuesto. Una, que el virus se lo encuentra naturalmente en camarones salvajes (*P. Vannamei*) del Pacífico Oriental. La otra es que IHHNV es un virus de *P. Monodon* y su rango natural es el sudeste de Asia. Cualquiera que sea la causa, el IHHNV ha sido distribuido por todo el mundo mediante transferencias de animales vivos con fines acuaculturales.

1.7.4.1.3. Prevención y Control

La prevención de la propagación del virus IHHN se asegura sólo por uso de

cuarentena absoluta. IHHN es un mal intratable y el medio preferido de control en zonas donde el virus no se conoce naturalmente es la población y desinfección de los predios contaminados.

1.7.4.2. Baculovirus Penaei (BP)

Enfermedad viral causada por *Baculovirus penaei*, que ataca principalmente a *Penaeus Vannamei*, *P. aztecus*, *P. brasiliensis*, *P. paulensis*, *P. penicillatus*, *P. schmitti*, *P. setiferus*, *P. Stylirostris*, *P. subtilis*, *P. duodarum* y *P. marginatus*; invade al hepatopáncreas y causa severas epizootias con alta prevalencia.

1.7.4.2.1. Signos

Mortalidad, morbilidad alta y aguda de las larvas de mediante la despoblación de los grupos de camarones infectados y la desinfección de las instalaciones de cultivos.

1.7.4.3. Enfermedad del Monodon del tipo Baculovirus (MBV)

Enfermedad viral causada por el baculovirus tipo *Penaeus monodon* que atacan principalmente y potencialmente a *Penaeus esculentus*, *P. kerathurus*, *P. merguíensis*, *P. monodon*, *P. plebejus*, *P. penicillatus*, *P. semisulcatus*, *P. Vannamei* y *Metapenaeus ensis*; ataca el hepatopáncreas y causa epizootias agudas con alta prevalencia.

1.7.4.3.1. Signos

El MBV ha sido asociado a altas mortalidades en los estadios de postlarvas tempranos del *P. Monodon* bajo cultivo y una alta morbilidad y mortalidad en los juveniles y subadultos del *P. Monodon*. Los camarones infectados dan muestra de letargo y tienen infestaciones bacterianas de origen secundario.

1.7.4.3.2. Distribución Geográfica

Áreas del sureste de Asia, dentro de los límites naturales del P. Monodon. También sitios de cultivo fuera de estas áreas que han recibido especímenes infectados de P. Monodon

1.7.4.3.3. Prevención y Control

No existe tratamiento contra el MBV y se sugiere evitar la entrada del virus al sistema de cultivo. Se piensa que la reducción del stress a través de buenas condiciones de cultivo y una apropiada nutrición reduce el impacto de esta enfermedad.

1.7.4.4. Enfermedad del virus hepatopancreático tipo Parvo (HPV)

Enfermedad viral causada por un parvo virus, era considerado exclusivo de Peneidos australianos, asiáticos y africanos, pero a partir de 1987 se

detecto en Peneidos americanos tales como *P. Vannamei* y *P. Stylirostris*, sin embargo en la actualidad afecta a *Penaeus merguensis*, *P. semisulcatus*, *P. chinensis (orientalis)*, *P. esculentus*, *P. monodon*, *P. penicillatus*, *P. indicus* y también se encuentra en *Macrobrachium rosenbergii*.

Por si solo no causa epizootias, ni mortalidades altas, pero si esta asociado con otros agentes patógenos, y causa severas mortalidades y epizootias con alta prevalencia.

1.7.4.4.1. Signos

Las poblaciones juveniles y subadultos afectados muestran una razón de crecimiento reducida, decrecimiento en la toma de alimentos y mortalidades de hasta el 100%

1.7.4.4.2. Distribución Geográfica

Conocido de camarones silvestres de Australia y también de penaeidos cultivados y silvestres del Sureste Asiático, el Golfo Pérsico y el Mar Amarillo.

1.7.4.4.3. Prevención y Control

La prevención del HPV es sólo evitándola, los camarones provenientes de áreas donde este virus es enzootico deberán ser puestos bajo cuarentena y aislados de otras poblaciones de camarones con HPV. Se desconoce un tratamiento contra el HPV y el control de enfermedad se limita a la reducción del stress.

1.7.4.5. Virus del hepatopáncreas

Enfermedad viral causada por dos virus, el REO-III y REO-IV, el primero afecta a *Penaeus japonicus*, *P. monodon* y *P. Vannamei*, el segundo afecta solo

a *Penaeus chinensis*. Por si solo no causa epizootias, ya que necesita estar asociado con otros patógenos, tales como bacterias, hongos y protozoarios para poder causar enfermedades, es entonces cuando causa epizootias agudas con alta tasa de prevalencia.

1.7.4.5.1. Signos

Los signos de esta infección son el pobre crecimiento de los camarones, anorexia, letargo y un movimiento reducido. Los camarones afectados pueden no enterrarse en la arena. El virus REO ha sido asociado a una seria enfermedad en los cultivos en estanques del *P. Japonicus* en Francia.

1.7.4.5.2. Distribución Geográfica

Se conoce de cultivos de *P. Japonicus* en Francia y han sido previamente demostrados en cultivos en Hawaii.

1.7.4.6. Enfermedad Cabeza Amarilla (Yellow Head) (YHV)

Esta enfermedad es conocida como "*Cabeza Amarilla*" (YH) "*Enfermedad de la Cabeza Amarilla de *Penaeus Monodon**" (YHV)," y "*Hua Leung*". Fue detectada por primera vez en Taiwán en 1986, posteriormente en Indonesia, Malasia, China y Filipinas.

Asimismo, existen reportes en Texas, USA en 1995. Enfermedad viral que ataca principalmente a juveniles cultivados de *Penaeus monodon*, ataca todo tipo de tejidos en el organismo y causa epizootias con mortalidades masivas.

1.7.4.6.1 Signos

Los signos ocasionados por esta enfermedad consisten en el consumo de alimento y crecimiento anormalmente altos, seguidos de un cese en la alimentación sobreviniendo la muerte. Los organismos afectados, presentan una

coloración amarillenta del cefalotórax y locomoción lenta.

1.7.4.6.2 Diagnostico, Prevención y Control

El diagnostico se basa en pruebas histológicas de la necrosis generalizada en el órgano linfoide, tejido conectivo y epidermis cuticular.

Los vectores de transmisión aun son poco conocidos, sin embargo, se considera que entre las principales vías de transmisión se encuentran los camarones vivos y congelados, algunos crustáceos marinos, las aguas residuales de embarcaciones camaroneras, aves, etc.

Hasta el momento se desconocen los métodos de prevención y control.

1.7.4.7 Infección por Rickettsias del camarón Penaeido

1.7.4.7.1 Signos

Variable mortalidad de juveniles susceptibles a la enfermedad. Los camarones afectados pueden tener crecimiento lento, conversión alimenticia pobre y estar letárgicos.

1.7.4.7.2 Distribución Geográfica

Camarones infectados han sido encontrados en Hawai, Singapur, Malasia y Ecuador.

1.7.4.7.3 Prevención y Control

Se sugiere evitar la presencia de camarones infectados en los medios de cultivo.

1.7.4.8. Enfermedad de Vibrios en Camarón Panaeido

1.7.4.8.1 Signos

Mortalidad variable, pero puede ser alta hasta alcanzar el 100%. Si las infecciones

son localizadas en la cutícula, los signos no se van a presentar y el rango de mortalidad va a ser bajo.

Sin embargo, infecciones intensas van a ir acompañadas por un comportamiento de natación errático, anorexia y letárgica de los camarones infectados (estrés). Infecciones sistemáticas pueden ir acompañadas por una gran mortalidad.

1.7.4.8.2 Distribución Geográfica

Esta enfermedad esta localizada en todo el mundo.

1.7.4.8.3 Prevención y Control

La prevención de la Vibrosis y otras infecciones del camarón por organismos bacteriales oportunistas implican condiciones de cultivo balanceadas. Una apropiada densidad del animal, buenas condiciones de calidad del agua, adecuada

nutrición, son probablemente factores importantes

1.7.4.9. Enfermedad causada por Bacterias Filamentosas

1.7.4.9.1 Signos

En esta enfermedad los signos son variables, en ellos existen un pobre grado de crecimiento y conversión alimenticia.

1.7.4.9.2 Distribución Geográfica

Esta enfermedad esta localizada en todo el mundo.

1.7.4.9.3. Prevención y Control

La prevención es a través del mantenimiento de buena calidad de agua, adecuada nutrición y uso profiláctico de químicos efectivos.

1.7.4.10. Mycosis Larval

1.7.4.10.1. Signos

Su nombre es *Lagenidium*.
Mortalidades larvales agudas con mayor grado o frecuencia durante los estados de Protozoa o Mysis, pueden alcanzar hasta el 100% de mortalidad; después de 48 horas de aparición los camarones son débiles y no se alimentan.

1.7.4.10.2. Prevención y Control

La prevención de esta enfermedad es a través de una estricta medida sanitaria. Se pueden utilizar como desinfectantes en las piscinas *Hipoclorito de Calcio, Formalin, Cloruro de Benzaikonio*.

1.7.4.11. Enfermedad de camarón Penaeido causado por Fusarium

1.7.4.11.1. Signos

Su nombre es *Fusarium*.
Generalmente no tienen ningún signo en camarones individuales, excepto los animales que están en la fase final de la enfermedad. En poblaciones de camarones, las afecciones y mortalidad por *Fusarium* pueden ser variables.

1.7.4.11.2. Distribución Geográfica

Esta enfermedad esta localizada en todo el mundo.

1.7.4.11.3. Prevención y Control

La eliminación de camarones infectados y la limpieza de las piscinas son sugeridas para este tipo de enfermedades.

1.7.4.12. Deficiencia de Vitamina C

1.7.4.12.1. Signos

Deficiencia de ácido ascórbico o enfermedad de la muerte negra. Sus signos son letargo, anorexia y mortalidad variable

1.7.4.12.2 Prevención y Control

Esta es una enfermedad principalmente de camarones cultivados por laboratorio y con una alimentación artificial. La prevención de esta es mediante la provisión de cantidades adecuadas de vitamina C en la dieta o en el medio en que se cultivan.

1.7.4.13. Enfermedad de la Agalla Negra

1.7.4.13.1 Signos

Exposición a niveles tóxicos de Cd, Cu, K, bajo pH, amonia, nitrato, etc. Sus signos no son específicos y

dependen de factores como el agente etiológico, la duración de la exposición/infección y el grado de daño de la agalla.

1.7.4.13.2 Distribución Geográfica

Esta enfermedad esta localizada en todo el mundo.

1.7.4.13.3 Prevención y Control

Varía con la causa y depende de la prevención en la exposición o remoción de la causa específica, si es que estas pueden ser identificadas y controladas.

1.7.4.14. Enfermedad en sistemas de cultivo acidificados

1.7.4.14.1 Signos

Exposición crónica a pH bajos y particularmente al contenido alto de hierro en el agua. Sus signos son de sobrevivencia y crecimiento pobres,

disminución en las mudas y coloraciones amarillas a negras en la cutícula del cuerpo o las agallas.

1.7.4.14.2 Distribución Geográfica

Se encuentra localizado en el Sureste de Asia y las Americas

1.7.4.14.3 Prevención y Control

El suelo debe ser analizado en la evaluación del lugar para la ubicación de la camaronera. Estas no deben ser construidas en suelos con alta acidez. La puesta de cal después de drenar la piscina, monitoreo de pH, mantenimiento de fitoplancton saludable y un buen manejo de la alimentación son factores que pueden ayudar a prevenir la formación de capas orgánicas en el fondo, ayudando de esta forma a incrementar el pH en el agua de la piscina.

1.7.4.15. Síndrome de Taura

1.7.4.15.1 El problema y su alcance

A partir de las siembras en el invierno de 1992 las camarónicas de la zona de los *Esteros Churute* (Taura), que reciben descargas de los ríos Taura, Cañar y del Río Guayas, comenzaron a experimentar una inusual y elevada mortalidad del camarón causada por el *Síndrome de Taura*.

Su efecto fue más severo en las siembras realizadas en el invierno de 1993, esto se debió a la acumulación de los tóxicos que se utilizaron en dicha siembra. Lo que sucedió en 1992 se consideró un problema solo de la zona de Taura, expandió muy significativamente su área de acción en 1993, y se espera que en 1994 alcance prácticamente a todo el Golfo de

Guayaquil, área que representa el 75% de la superficie de todas las camaroneras en Ecuador.

1.7.4.15.2 Descripción del Síndrome de Taura

Los estudios realizados de cortes histológicos en camarones de la zona de Taura en 1992 revelaron cambios importantes en la organización celular de órganos y tejidos. La lesión característica y específica para esta patología es la *Necrosis Multifocal de la Epidermis Cuticular*, patología no antes descrita en Ecuador y el mundo.

1.7.4.15.3 Causas del problema

Mediante investigaciones realizadas en la zona de Taura, se estableció que el problema se debía a un incremento de la superficie bananera y el inicio de la fumigación para el control de la *Sigatoka Negra* en la zona que

influencia el sistema de los esteros de Churute de donde toman las aguas las camarónicas de Taura, estableciéndose que la presencia en las aguas de estos químicos era la causa del problema de las camarónicas.

1.7.4.15.4. Expansión e Impacto del Síndrome de Taura.

Lo que se inicio en la zona de Taura en 1992, se expandió hasta llegar en 1993 a afectar las islas del interior del Golfo de Guayaquil y parte del Estero Salado.

Al realizar análisis, las causas de la expansión estaban en el agua, ya que esta se propagaba rápidamente por el Golfo en los que se detecto larvas silvestres provenientes de la Isla de Puna afectadas, mientras que se encontró sanas las larvas provenientes de la Península de Santa Elena.

1.7.4.16. **Enfermedad de la Mancha Blanca (White Spot)**

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

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

La presencia en forma natural de estos virus, ha sido reportada en las siguientes especies: *Penaeus monodon*, *P. Semisulcatus*, *P. Merguiensis*, *P. Indicus*, *P. Chinensis*, *P. Penicillatus*, *P. Japónicas* y *Metapenaeus*

Ensis, todos ellos altamente sensibles a la infección, y en América se ha detectado en *Litopenaeus setiferus*. Asimismo, se han realizado infecciones experimentales en las especies de *P. Vannamei*, *P. Stylirostris*, *F. Duorarum* y *F. Setiferus*, los cuales también resultaron ser sensibles al patógeno.

1.7.4.16.1 Signos

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

Todos los estadios de desarrollo son susceptibles a la infección, con un periodo de incubación que varía de 2 a 5 días, presentándose la fase

aguda en un lapso no mayor de una semana, durante la cual los camarones pueden presentar una coloración de rosada a café-rojiza. Suelen presentarse mortalidades de hasta 100% de los organismos.

1.7.4.16.2. Diagnostico, prevención y Control

El diagnostico de la enfermedad podrá conocerse a través de la observación histológica de los cuerpos de inclusión intranucleares de la partícula viral, localizados en la epidermis, subcutis y tejido conectivo. Otros métodos de detección son por la microscopía electrónica, el uso de sondas genéticas y la amplificación del ADN viral por medio de la "*Reacción en Cadena de la Polimerasa (Polymerase Chain Reaction)*" (PCR).

Los vectores de transmisión aun son poco conocidos, sin embargo se considera que entre las principales vías de transmisión se encuentran camarones vivos y congelados, algunos crustáceos marinos, aguas residuales de embarcaciones camaroneras, aves, alimento, etc.

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

Para poder obtener un análisis eficiente e importante, debemos antes agrupar un marco teórico el cual nos servirá para facilitar el proceso del reconocimiento de la afección de las enfermedades del camarón y su propagación, tanto en la zona costera de la Provincia del Guayas, como en el interior y zonas aledañas.

Empecemos puntualizando algunas definiciones que forman la base de la teoría a ser utilizada:

2.1. Análisis Multivariado

El análisis Multivariado es el conjunto de técnicas estadísticas que nos sirven cuando tenemos muchas variables de por medio y queremos explicar su variación o el grado en que un grupo de variables sigue un cierto comportamiento.

2.1.1. Matriz de datos

Sea \mathbf{X} una matriz determinada por n filas, las cuales corresponden al total de unidades investigadas y p columnas, donde se encuentran el número de variables que se investigan.

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdot & \cdot & X_{1p} \\ X_{21} & X_{22} & \cdot & \cdot & X_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdot & \cdot & X_{np} \end{bmatrix}$$

La matriz de datos \mathbf{X} , entonces, contiene los datos que consisten en todas las observaciones, en todas las variables.

2.1.2. Vector de Medias

Sea una matriz de 1 columna y p filas, denotaremos al vector que contiene los valores esperados o medias de las variables que se investigan, como **vector de medias** μ

$$\mu = E[\mathbf{X}] = \begin{bmatrix} E[X_1] \\ E[X_2] \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ E[X_p] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \mu_p \end{bmatrix}$$

2.1.3. Matriz de Varianza y Covarianzas

Sea una matriz simétrica Σ con p filas y p columnas, cuya diagonal principal se encuentren las varianzas de cada una de las variables que se investigan, y en la posición i,j obtenemos las covarianzas entre la i -ésima y la j -ésima variable.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdot & \cdot & \sigma_{1p} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdot & \cdot & \sigma_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \sigma_{p1} & \sigma_{p2} & \cdot & \cdot & \sigma_{pp} \end{bmatrix}$$

2.1.4. Matriz de Correlaciones

Sea una matriz ρ donde se obtienen las correlaciones entre las p variables que se investigan, y esta a su vez tiene las mismas propiedades de la matriz de varianzas y covarianzas.

$$\rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \cdot & \cdot & \rho_{1p} \\ \rho_{21} & 1 & \cdot & \cdot & \rho_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \rho_{p1} & \rho_{p2} & \cdot & \cdot & 1 \end{bmatrix}$$

2.1.5. Análisis de Componentes Principales

2.1.5.1. Características

El **Análisis de Componentes Principales (ACP)** se utiliza para describir una matriz \mathbf{R} de variables continuas del tipo individuos por variables. Es decir, una matriz que recoge el valor que toman cada una de las variables j , donde $j = 1, \dots, p$ en cada uno de los individuos u observaciones i , $i = 1, \dots, n$.

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdot & \cdot & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \cdot & \cdot & r_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdot & \cdot & r_{np} \end{bmatrix}$$

Las variables figuran en columnas y los individuos, en filas. Estos pueden ser individuos encuestados, observaciones, etc.

Esta matriz puede ser muy disimétrica, y las variables, muy heterogéneas, tanto en media como en desviación.

2.1.5.2. Análisis en R^p

Para evitar que variables que toman valores muy altos tengan un peso muy importante en la determinación de los ejes, se realiza una transformación consistente en centrar los datos de la siguiente forma:

$$x'_{ij} = r_{ij} - \bar{r}_j \quad \bar{r}_j = \sum_i \frac{r_{ij}}{n}$$

donde \bar{r}_j es la media de la variable j . De esta manera se elimina la influencia del nivel general de las variables. Gráficamente, podemos comprobar la conveniencia de realizar esta operación. Supongamos que la representación es la Fig. 2.1

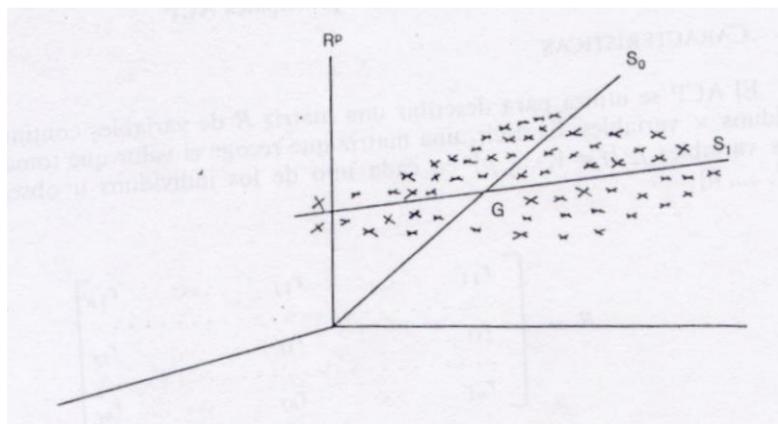


Figura 2.1: Nube de puntos

Fuente: "Métodos multivariantes para el análisis comercial". I. Grande - E. Abascal.

Si buscamos el subespacio de dimensión reducida que, pasando por el origen, represente bien la nube de puntos, S_0 , no obtendremos una buena representación. Se produce entonces una deformación fuerte al proyectar los puntos individuo sobre S_0 . Es evidente que en un caso como la figura 2.1 esto se lograría mejor y obtendríamos una representación más fiel sobre S_1 , que no pasa por el origen sino por el centro de gravedad G .

Si además las dispersiones de las variables son muy diferentes, se hará necesario realizar otra transformación en los datos de partida.

Se tipifican dividiendo por su desviación:

$$x'_{ij} = \frac{r_{ij} - \bar{r}_j}{S_j \sqrt{n}} \quad S_j^2 = \frac{(r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{n}$$

Así, al calcular las distancias entre los individuos

$$d^2(i, i') = \frac{1}{n} \sum_j \left(\frac{r_{ij} - r_{i'j}}{S_j} \right)^2$$

al estar divididos los términos de sumatorio por la desviación correspondiente de la variable, se reduce el efecto sobre la distancia de las variables que tienen mucha dispersión. Todas las variables tendrán una contribución semejante a la determinación de las proximidades. No hay variables que por ser muy dispersas contribuyan más al cálculo de las distancias. El coeficiente $1/\sqrt{n}$ se introduce en la transformación con el objeto de que la matriz $X'X$ coincida con la matriz de correlación C .

$$c_{jj} = \sum_i \frac{(r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{ij} - \bar{r}_j)}{S_j \sqrt{n} S_j \sqrt{n}} =$$

$$= \sum_i \frac{(r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{ij} - \bar{r}_j)}{S_j S_j n} = cor(jj')$$

Una vez realizada la transformación de la tabla, se analiza mediante el AG la nueva tabla X . El análisis consistirá en obtener los vectores propios u_α de la matriz de correlación $C=X'X$. Las proyecciones de los individuos sobre los ejes dirigidos por estos vectores propios son los componentes principales; se obtienen mediante

$$F_{\alpha} = Xu_{\alpha} \quad F_{\alpha}(i) = x'u_{\alpha} = \sum_j x_{ij}u_{\alpha j}$$

Este factor es una variable artificial combinación lineal de las variables iniciales y se denomina **componente principal**.

2.1.5.3. Análisis en R^n

La transformación realizada en la tabla de datos produce efectos diferentes en este espacio. En R^n la transformación produce una deformación de la nube de puntos.

El cambio de escala de cada variable sitúa todos los puntos variables a la distancia 1 del origen.

$$d^2(j,0) = \sum_j \frac{(r_{ij} - \bar{r}_j)^2 / n}{S_j^2} = \frac{S_j^2}{S_j^2} = 1$$

En efecto:

La distancia entre 2 puntos variables en el espacio R^n

$$\begin{aligned}
d^2(j, j') &= \frac{1}{n} \sum_i \left(\frac{r_{ij} - \bar{r}_j}{S_j} - \frac{r_{ij'} - \bar{r}_{j'}}{S_{j'}} \right)^2 = \\
&= \frac{1}{n} \sum_i \left[\frac{(r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{S_j^2} + \frac{(r_{ij'} - \bar{r}_{j'})^2}{S_{j'}^2} + 2 \frac{(r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{ij'} - \bar{r}_{j'})}{S_j S_{j'}} \right] = \\
&= \frac{\sum_i (r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{n S_j^2} + \frac{\sum_i (r_{ij'} - \bar{r}_{j'})^2}{n S_{j'}^2} - 2 \frac{\sum_i (r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{ij'} - \bar{r}_{j'})}{n S_j S_{j'}} = \\
&= \frac{S_j^2}{S_j^2} + \frac{S_{j'}^2}{S_{j'}^2} + 2c_{jj'} = 2(1 - c_{jj'})
\end{aligned}$$

donde $c_{jj'}$ es el coeficiente de correlación entre las variables j y j' . Así las proximidades entre los puntos variables se pueden interpretar en términos de correlación.

Si dos variables están correlacionadas muy positivamente $c_{jj'} \cong 1$, la distancia es nula

$d^2(j, j') \cong 0$. Si están correlacionadas

negativamente $c_{jj'} \cong -1$, la distancia es máxima

$d^2(j, j') \cong 4$. Si están incorrelacionadas $c_{jj'} \cong 0$, la

distancia es intermedia.

Para obtener los factores no es necesario diagonalizar la matriz XX' . Los vectores propios de XX' asociados a los valores propios λ_α se obtienen a partir de las de $X'X$ mediante

$$v_\alpha = \frac{1}{\sqrt{\lambda_\alpha}} Xu_\alpha$$

La proyección de los puntos variables sobre el eje α vendrá dada por el vector

La coordenada de un punto variable j sobre el eje

$$G_\alpha = X'v_\alpha = \sqrt{\lambda_\alpha}u_\alpha \quad G_\alpha(j) = \sum_i x_{ij}v_{\alpha i} = \sqrt{\lambda_\alpha}u_{\alpha j}$$

factorial α es el coeficiente de correlación entre la variable j y el factor α ,

$$\text{cor}(\alpha, j) = \frac{\text{cov}(\alpha, j)}{S_\alpha S_j} = \frac{\sum_i F_\alpha(i)x_{ij}}{\sqrt{\lambda_\alpha}} = G_\alpha(j)$$

Esta expresión para las coordenadas se obtiene sustituyendo en la anterior $v_{\alpha i}$ por su expresión en la fórmula que relaciona los dos espacios $F_\alpha(i) = v_{\alpha i}\sqrt{\lambda_\alpha}$.

2.1.5.4. Elección del número de ejes

Existen distintos métodos para elegir el número de factores que se han de retener, aunque ninguno de ellos es determinante.

I. Si la nube inicial no tiene ninguna dirección privilegiada, los valores propios $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ serán próximos: no diferirán mucho. Se conservará entonces un eje cuyo porcentaje de varianza sea netamente superior a $\frac{1}{p} \times 100$, ya que éste es el valor que le correspondería si todos los ejes explicasen exactamente la misma cantidad. Se puede decidir conservar los ejes que restituyan una parte de la inercia superior a $\frac{2}{p} \times 100$ o $\frac{3}{p} \times 100$.

II. La inercia explicada por cada eje sucesivo debe ser decreciente. Si representamos el histograma de los valores propios con los números de los ejes en ordenadas, y los porcentajes de inercia explicada en abscisas, se pueden eliminar los ejes cuyo número de orden es posterior al “codo” que se produce en la

Para poder encontrar el modelo adecuado para nuestro conjunto de datos, primero tenemos que conocer definiciones básicas de la teoría de series de tiempo.

2.2.1. Procesos Estocásticos

Un proceso estocástico X es una familia o colección de variables aleatorias, notado por:

$$X = \{X(t) / t \in T\}$$

es decir, que para cada valor de t que pertenece a T se tiene que $X(t)$ es una variable aleatoria. El subíndice t puede ser interpretado como el tiempo $X(t)$ también se denomina "*estado de proceso al tiempo t* ". A menudo a $X(t)$ se le nota por X_t . Una realización del proceso estocástico X se denomina una *trayectoria o cambio muestral*.

Los elementos más importantes en un proceso estocástico son:

- 1.- **El espacio de estados Ω** : Es el conjunto donde las v.a. $X(t)$ toman sus valores.
- 2.- **El conjunto índice T** : Si T es un conjunto contable (como los números naturales, etc.) se dice que el proceso estocástico X es **discreto**. Si T es igual a los números reales o T es igual a

algún subconjunto del mismo, se dice que X es un proceso estocástico **continuo**.

En nuestro análisis este tipo de procesos nos va a ser de mucha ayuda, para así obtener proyecciones a futuro de las enfermedades a través de una **serie temporal** o datos en el tiempo.

2.2.2. Procesos Estacionarios con incrementos independientes

Sí para todo $t_0 < t_1 < t_2 < \dots < t_n$ v.a.

$$X_{t_1} - X_{t_0}, X_{t_2} - X_{t_1}, \dots, X_{t_n} - X_{t_{n-1}}$$

son independientes, se dice que X es un *proceso estacionario con incrementos independientes*.

Si además las v.a.

$$X_{t+s} - X_t, \forall t \in T$$

tienen la misma distribución de probabilidad, se dice que X es un proceso estocástico estacionario con incrementos independientes, es decir, en un proceso es un proceso

estacionario la distribución de probabilidad de $X_{t+s} - X_t$ sólo depende de s y no del valor de t .

2.2.3. Procesos Estrictamente Estacionarios

Un proceso estocástico $X = \{X_t / t \in T\}$ donde T puede ser los reales, $[0, \infty)$, los naturales o Z , se dice *estacionario en sentido estricto (o estrictamente estacionario)* si las funciones de distribución conjuntas de las familias de v.a.

$$(X_{t_1+h}, X_{t_2+h}, \dots, X_{t_n+h}) \wedge (X_{t_1}, X_{t_2}, \dots, X_{t_n})$$

son las mismas para todo $h > 0$ y para valores arbitrarios de t_1, t_2, \dots, t_n los cuales pertenecen a T .

Esta condición establece la existencia de un cierto equilibrio probabilístico y que los "tiempos" (particulares) en que examinamos el proceso no tienen ninguna relevancia. Es más, nos asegura que la distribución de X_t es la misma para todo $t \in T$.

2.2.4. Procesos Estacionarios en Covarianza

Un proceso estocástico $\{X_t\}$ se dice **estacionario en sentido amplio o estacionario en Covarianza** si el proceso posee:

1.- Una *media* constante: $m = E[X_t]$

2.- Momentos de segundo orden finitos: $E[X_t] < \infty$

3.- Una Covarianza

$$\text{Cov}(X_t, X_{t+h}) = E[(X_t - m)(X_s - m)]$$

que depende solamente de la diferencia de tiempo $|t - s|$.

Un proceso estocástico en sentido estricto que tienen momentos de segundo orden finitos es un **proceso estacionario en sentido amplio**.

2.2.5. Autocovarianza y Autocorrelación

Para un proceso estacionario (con la condición débil), se define la **Autocovarianza de orden h** como

$$\gamma_h = \text{Cov}[Z_t, B^h Z_t]$$

donde $B^h Z_t$ es un proceso retrocedido h pasos y $\gamma_h = \sigma_Z^2$

Se define la **Autocorrelación de orden h** como

$$\rho_h = \frac{\gamma_h}{\gamma_0}$$

teniendo en cuenta que $\gamma_0 = \sigma^2$.

El valor de este coeficiente está acotado por

$$-1 \leq \rho_h \leq 1$$

2.2.6. Ecuaciones de diferencias de primer orden

Consideremos la **ecuación de diferencias de primer orden**

$$X_t = \phi X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Esta se resuelve mediante un método recursivo

$$X_t = \phi^t X_0 + \sum_{\tau=0}^{t-1} \phi^\tau \varepsilon_{t-\tau}$$

Los comportamientos posibles de la solución son:

- Con el valor $\phi > 1$ la solución es explosiva.
- Con el valor $\phi < -1$ la solución es explosiva y presenta oscilaciones.
- Con el $0 \leq \phi < 1$ la solución decae exponencialmente.
- Con el valor $-1 < \phi \leq 0$ la solución decae exponencialmente con oscilaciones.

2.2.6.1. Diferenciación

Muchas situaciones de no estacionariedad en media pueden resolverse satisfactoriamente diferenciando los datos. Se dice que las series que tienen esta propiedad exhiben una no estacionariedad homogénea, de forma que una serie es homogénea de grado d si la serie

transformada: $Z_t = (1 - B)^d y_t = \nabla^d y_t$ es estacionaria en media.

2.2.7. Ruido Blanco

Dada la secuencia de variables aleatorias $a_t, a_{t-1}, a_{t-2}, \dots$ a esta se la denomina **procesos de ruido blanco**. El proceso de ruido blanco a_t es supuesto a una transformación del proceso Z_t , el cual es estacionario en sentido débil y además $\gamma_k = 0; \forall k > 0$.

El interés de este proceso radica en que, si sólo se cuenta con información muestral acerca de su propio pasado, no puede realizarse ninguna previsión mejor que su esperanza incondicional. Por tanto, los procesos de ruido blanco de esperanza nula resultan útiles para caracterizar las propiedades ideales del término de error de un modelo estocástico dinámico.

2.2.8. Procesos Autoregresivos de orden p o AR(p)

Un modelo estocástico que puede ser sumamente útil en la representación de cierta serie es el **Modelo Autoregresivo**.

En este modelo, el valor actual del proceso se expresa como un agregado finito, lineal de valores anteriores del proceso y el error a_t .

Dado que $(Z_t); t \in T$ no son independientes, entonces

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t$$

es un **Proceso Autoregresivo de orden p o AR(p)**, en donde a_t es el **ruido blanco** del proceso. Se describe en forma funcional como

$$\phi(B)Z_t = a_t$$

donde $\phi(B) = I - (\phi_1 B + \phi_2 B^2 + \dots + \phi_p B^p)$ y $\phi(B)$ es inversible si sus raíces son en modulo mayor que 1 ($|r_k| > 1$).

El vector de retrasos es

$$\left[Z_t^{(p)} \right]^\dagger = (Z_{t-1} Z_{t-2} \dots Z_{t-p})$$

y el vector de parámetros es

$$\begin{aligned} \phi^{-\dagger} &= (\phi_0 \phi^\dagger) \\ \phi^\dagger &= (\phi_1 \phi_2 \dots \phi_p) \end{aligned}$$

2.2.8.1. Ecuaciones de Yule-Walker

Desarrollado la expresión anterior para $k=1,2,\dots,p$

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \phi_2 \rho_{k-2} + \dots + \phi_p \rho_{k-p}$$

y teniendo en cuenta que $\rho_j = \rho_{+j}$ y que $\rho_0 = 1$, se

obtiene:

$$\begin{bmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \rho_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdot & \cdot & X_{1p} \\ X_{21} & X_{22} & \cdot & \cdot & X_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdot & \cdot & X_{np} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \phi_p \end{bmatrix}$$

que se conoce como el **sistema de ecuaciones Yule-Walker**. Este resultado permite obtener con facilidad:

- 1.- Las autocovarianzas o coeficientes de autocorrelación correspondientes a unos valores determinados de los parámetros ϕ .
- 2.- Los valores de los parámetros ϕ correspondientes a unas autocovarianzas o coeficientes de autocorrelación determinados.

2.2.9. Procesos de Medias Móviles de orden q o MA (q)

El modelo de **Medias Móviles de orden q o MA (q)** cumple para el proceso

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

donde Z_t es independiente de a_t, \dots, a_{t-q} y en general los a_t no son independientes. Se puede escribir en forma funcional como

$$Z_t = \theta(B)a_t$$

donde $\theta(B) = I - (\theta_1 B + \theta_2 B^2 + \dots + \theta_q B^q)$

El vector de retrasos de el ruido blanco es

$$\left[\epsilon_t^{-(q)} \right]^\dagger = (\epsilon_{t-1}, \epsilon_{t-2}, \dots, \epsilon_{t-q})$$

El vector de parámetros es

$$\theta^{-\dagger} = (\theta_0 \theta^\dagger)$$

con

$$\theta^\dagger = (\theta_1 \theta_2 \dots \theta_q)$$

La **media** del proceso es

$$\mu = \theta_0$$

La **función autocovarianza** del proceso es

$$\gamma_\tau = \begin{cases} \left[\theta_\tau + \sum_{j=1}^{q-\tau} \theta_j \theta_{\tau+j} \right] \sigma^2; \tau \leq q \\ 0; \tau > q \end{cases}$$

2.2.10. Modelo Autoregresivo y de Medias Móviles o ARMA(p,q)

Un modelo Autoregresivo con Media Móvil de orden p,q conocido también por **ARMA(p,q)** para $(Z_t); t \in T$, es un modelo que sigue la ecuación

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

es decir, la unión de un proceso AR(p) y MA(q), donde

$$\phi(B) = I - \sum_{k=1}^p \phi_k B^k$$

$$\theta(B) = I - \sum_{k=1}^q \theta_k B^k$$

Si $\theta(B)$ es invertible en un $AR(\infty)$ con $\theta^{-1}(B) = \pi(B)$ se tiene

$$\pi(B)\phi(B)Z_t = a_t$$

Z_t sigue un proceso $AR(\infty)$.

Si $\phi(B)$ es invertible en un $MA(\infty)$

$$Z_t = \phi^{-1}(B)\theta(B)a_t$$

Z_t sigue un proceso $MA(\infty)$.

Un modelo ARMA(2,1) tendría la siguiente forma:

$$Z_t - 0.5Z_{t-1} - 0.9Z_{t-2} = a_t + 0.6a_{t-1}$$

2.2.11. Modelos Autoregresivo de Medias Móviles Integrado o ARIMA (p,d,q).

Un proceso de **medias móviles autoregresivo integrado de orden (p,d,q)** es un proceso $(Z_t); t \in T$ que sigue el modelo funcional

$$\phi(B)\nabla^d Z_t = \theta(B)a_t$$

donde:

$\phi(B)$ es un operador autoregresivo de orden p.

$\theta(B)$ es un operador de medias móviles.

∇ es el operador de diferencias $\nabla = I - B$

2.2.12. Modelos SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s

En algunas ocasiones nos topamos con el caso de que existen dos tipos de relaciones, una entre sus observaciones cada mes sucesivo de un año particular y otra entre las observaciones para el mismo mes en años siguientes. Esto nos lleva a la interrogante que si un modelo ARIMA puede tener retardos múltiplos de 12. Los **modelos multiplicativos de tipo** son:

$$\nabla^d \Phi_p(B)(\nabla^s)^D \Phi_p(B^s)Z_t = \Theta_q(B)\Theta_q(B^s)a_t$$

donde s es periodo de estacionalidad ($s = 12, 4, 6, \dots$)

y las diferencias son $\nabla = 1 - B$
 $\nabla^s = 1 - B^s$

$\Phi_p, \Phi_p, \Theta_q, \Theta_Q$ son polinomios de grado p, q, P y Q .

El ruido blanco es a_t .

Uno de los procesos que satisface, la anterior ecuación es conocido como **SARIMA (p,d,q)(P,D,Q)_s**

2.2.13. Predicción

La teoría de la predicción de modelos de series temporales se basa en:

1.- Calcular previsiones de la serie estacionaria expresando de la forma

$$\begin{aligned} Z_t &= a_t + \Psi_1 a_{t-1} + \Psi_2 a_{t-2} + \dots \\ &= a_t + \sum_{j=1}^{\infty} \psi_j a_{t-j} \\ &= \psi(B) a_t \end{aligned}$$

donde $\psi_0 = 1$ y ψ son pesos obtenidos de la ecuación de coeficientes

$$\varphi(B)(1 + \psi_1 B + \psi_2 B^2 + \dots) = \theta(B)$$

y el modelo lineal puede ser escrito en términos de Z_t para el filtro lineal

$$\begin{aligned} Z_t &= a_t + \Psi_1 a_{t-1} + \Psi_2 a_{t-2} + \dots \\ &= a_t + \sum_{j=1}^{\infty} \psi_j a_{t-j} \\ &= \psi(B)a_t \end{aligned}$$

y la expresión de los ψ pesos se la puede generalizar con el operador autorregresivo $\varphi(B)$, es decir

$$\varphi(B)Z_t = \varphi(B)\psi(B)a_t$$

el correspondiente modelo ARMA o a su vez ARIMA si la serie no es estacionaria y sus diferencias y

2.- A partir de ellas, construir las previsiones correspondientes para la serie original.

El uso de la forma antes mencionada, se debe a que resulta más sencillo construir para modelos de media móvil que para modelos Autoregresivos. Por otra parte, el que primero se obtengan previsiones para la serie estacionaria se debe a que la obtención de las formas

$$Z_t = a_t + \Psi_1 a_{t-1} + \Psi_2 a_{t-2} + \dots$$

$$Z_t = \pi_1 Z_{t-1} + \pi_2 Z_{t-2} + \dots + a_t$$

donde los modelos pueden ser escritos en forma invertida, así

$$\begin{aligned}
Z_t &= \psi(B)a_t \\
\psi^{-1}(B)Z_t &= a_t \\
\pi(B)Z_t &= (1 - \sum_{j=1}^{\infty} \pi_j B^j)Z_t = a_t
\end{aligned}$$

de un proceso estocástico requiere que éste sea estacionario e invertible.

Supongamos que se desea prever el valor de la variable en t dada la información disponible hasta $t-k$. A partir de la forma

$$Z_t = \mu + a_t + \Psi_1 a_{t-1} + \Psi_2 a_{t-2} + \dots$$

se obtiene

$$\tilde{Z}_{t/t-k} = \Psi_k a_{t-k} + \Psi_{k+1} a_{t-k-1} + \dots$$

consecuentemente, el error de previsión es

$$\tilde{Z}_{t/t-k} = a_t + \Psi_1 a_{t-1} + \Psi_2 a_{t-2} + \dots + \Psi_{k-1} a_{t-k+1}$$

y su varianza será $\text{var}(\tilde{Z}_{t/t-k}) = \sigma^2(1 + \Psi_1^2 + \Psi_2^2 + \dots + \Psi_{k-1}^2)$

A partir de los resultados anteriores resulta evidente que, bajo la hipótesis de normalidad, se cumple:

$$\tilde{Z}_{t/t-k} \sim N[0, \sigma^2(1 + \Psi_1^2 + \dots + \Psi_{k-1}^2)]$$

de manera que un intervalo de confianza de 95% para el verdadero valor de Z_t puede expresarse como:

$$P[Z_t \in \{\tilde{Z}_{t/t-k} \pm 1,96\sigma((1 + \Psi_1^2 + \dots + \Psi_{k-1}^2)^{\frac{1}{2}})\}] = 0,95$$

Los resultados anteriores permiten obtener, de forma inmediata, aproximaciones de la previsión óptima, tanto por punto como por intervalo.

CAPITULO 3

3. ENFOQUE ESTADÍSTICO EN EL ANÁLISIS DE LAS ENFERMEDADES DEL CAMARON.

Antes de empezar con nuestro análisis debemos, promulgar los tipos de análisis y técnicas estadísticas que se realizaran en este estudio:

- Análisis Univariado por camaronera y general por variable.
- Análisis de Componentes Principales.
- Tablas de Contingencia.
- Series Temporales.

Se debe indicar que se trabajara con datos obtenidos de camaroneras, desde el periodo de 1998 hasta el 2000 y que se distinguen cada una porque tuvieron producciones buenas, medias y malas con infecciones de virus de mancha blanca, bacterias, necrosis, etc.

3.1. Recopilación de los datos

En la provincia del Guayas existen 290 camaroneras registradas por la Cámara Nacional de Acuicultura (Mapa del Sector Camaronero Ecuatoriano 2000-2001 "G1" Provincia del Guayas), que es la población total registrada en la provincia, fuera de que existen camaroneras clandestinas con producción a menor escala.

Los datos fueron obtenidos de camaroneras de la provincia, tanto como en la zona costera (Estuario del Golfo de Guayaquil y de la Península) así como del interior de la provincia las cuales, proporcionaron sus bases de datos para realizar el respectivo estudio.

El tratamiento de los datos fue realizado de tal forma, para que las bases se unifiquen y se pueda trabajar con las mismas variables, para todas las camaroneras.

Cabe recalcar que las bases de datos fueron proporcionadas de una empacadora de camarón, lo que implica que el registro de las mismas tiene un fin, el que se conozca la producción de cada una de las camaroneras para satisfacer las necesidades de la misma y poder exportarlo, por lo que las 8 camaroneras, objeto de nuestro

análisis, tuvieron buenas, regulares y malas cosechas por las afecciones (1998-2000) que se obtuvo por el virus de la Mancha Blanca.

3.2. Variables

Las variables con las que vamos a trabajar se las a denominado dependiendo de la importancia del mismo, y las podremos diferenciar de la siguiente manera:

- 1.- Variable de tiempo
- 2.- Variables de producción y capacidad de la piscina
- 3.- Variables medioambientales
- 4.- Variables cualitativas de afección por enfermedades

3.2.1. Variables de tiempo

Las variables que vamos a tratar con respecto al tiempo son las siguientes:

VARIABLE T₁-FECHA: Esta variable representa el registro diario de las camaronas en el transcurso de los años 1998 a junio del 2000 de las variables salinidad y temperatura. Esta variable es de gran ayuda, para posteriormente realizar predicciones y obtener modelos de series temporales para el

promedio mensual de salinidad y temperatura, factores primordiales del estrés del camarón.

3.2.2. Variables medioambientales

Las variables ambientales y las variables que contienen datos de la piscina con las que trabajaremos para nuestro análisis son las siguientes:

VARIABLE M₁-SALINIDAD: Esta variable representa el promedio de salinidad con la que se contó en una piscina. Esta variable es cuantitativa y se encuentra en términos de partes por millón (ppm).

VARIABLE M₂-TEMPERATURA: Los datos que se obtiene de esta variable, es la cuantificación promedio de temperatura que se encuentra en la piscina. Esta variable es cuantitativa y se encuentra en términos de grados centígrados °C.

3.2.3. Variables de producción y capacidad

Este tipo de variables, sirven para obtener la mortalidad que se obtuvo en cada piscina, para conocer el impacto del mismo en cada camaronera.

VARIABLE X₁-SIEMBRA: Esta variable mide la cantidad de larvas promedio de camarón que se sembró en determinada piscina.

VARIABLE X₂-COSECHA: A través de esta variable se puede medir la cantidad promedio de camarón cosechado en determinada piscina.

VARIABLE X₃-MORTALIDAD: Esta variable representa la diferencia de las variables antes mencionadas.

VARIABLE X₄-HECTÁREAS: Por medio de esta variable se determina las hectáreas con las que cuenta en cada piscina.

3.2.4. Variables cualitativas de afección por enfermedades

Las variables que nos sirven para realizar el análisis de las enfermedades del camarón son las siguientes:

VARIABLE E₁-METODO: Esta variable nos indica el método de diagnóstico que se utilizó para determinar el tipo de enfermedad de la piscina. (Ver Tabla 6).

Tabla 6**Codificación de la variable METODO**

COD_MET	METODO	DESCRIPCIÓN
4	PCR	Reacción de la Polimerasa
3	DOT	Biología Molecular
2	VIS	Técnicas Inmunológicas
1	HIS	Técnica de Histología

VARIABLE E₂-WHITE_SPOT: Esta variable nos indica el tipo de nivel de afección de Mancha Blanca que se obtuvo en la piscina, sea este fuerte (FT), leve (LV), no amplifica la muestra en determinado método de análisis (NA), la muestra no contiene el virus de la mancha blanca, pero otras enfermedades (NG). (Ver Tabla 7). Cabe recalcar que es el resultado que se obtuvo después de aplicar el método de diagnóstico.

Tabla 7**Codificación de la variable WHITE_SPOT**

COD_WS	WHITE_SPOT	DESCRIPCION
2	FT	Fuerte
1	LV	Leve
0	NG	Negativo

VARIABLE E₃-ENFERMEDAD: Esta variable cualitativa, contiene la información de las distintas enfermedades que fue

objeto la piscina. Para el estudio esta variable, se investigo las enfermedades que más afectaron a las piscinas. (Ver Tabla 8).

Tabla 8

Codificación de la variable ENFER

COD_ENFER	WHITE_SPOT	DESCRIPCIÓN
2	IHHNV	Necrosis
1	GREG	Gregarina
0	NG	Negativo

3.3. Análisis Univariado

El Análisis Univariado se le realiza a todas las variables de tipo cuantitativo por camaronera, cuyos individuos serán las piscinas de las mismas. Las 8 camaroneras (Ver tabla 9) cada una contiene su respectivo rango de años, y la cantidad de piscinas (individuos) objeto primordial de nuestro estudio.

Tabla 9
Código de camaronera y
la cantidad de piscinas

N#	CAMARONERA	PISCINAS	Frecuencia Relativa
1	ACU1	42	0.1647
2	AGR1	47	0.1843
3	BIO1	16	0.0627
4	BON1	28	0.1098
5	FAF1	25	0.0980
6	IDC1	45	0.1764
7	MOP1	26	0.1019
8	TOY1	26	0.1019

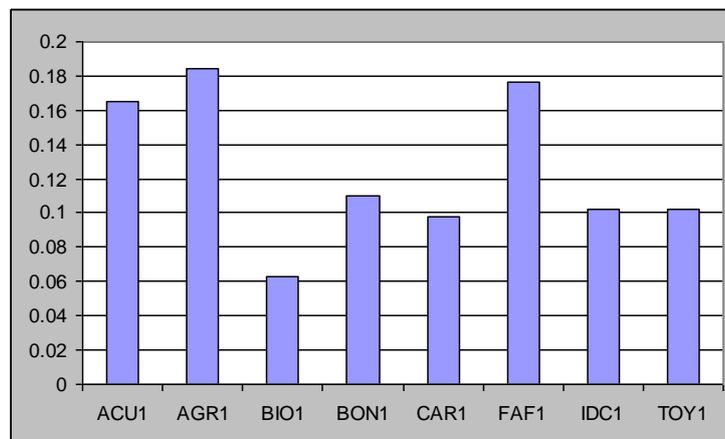


Figura 3.2. Histograma de Frecuencias relativas
para todas las camaroneras

Para la primera camaronera (ACU1) podemos obtener los siguientes resultados a través del paquete estadístico SPSS 10.0:

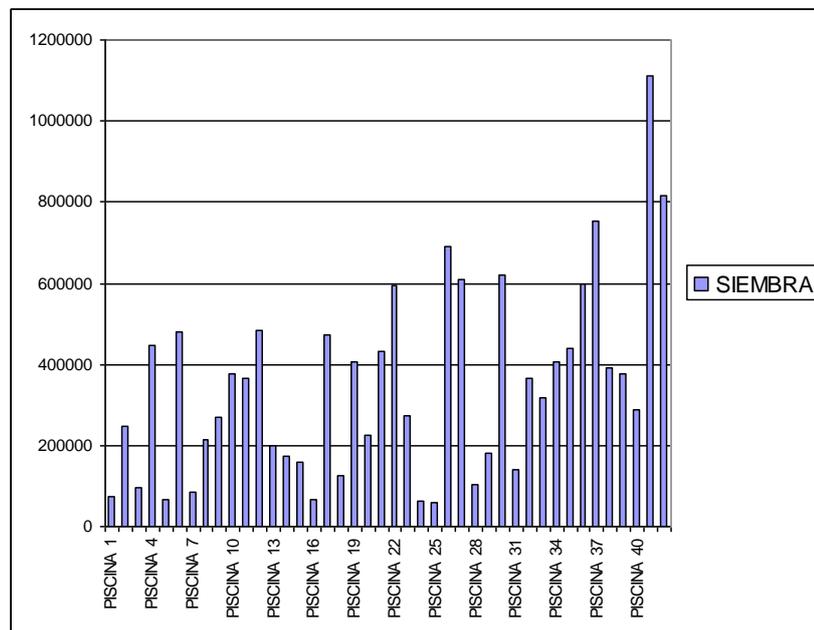
3.3.1. CAMARONERA1: ACU1

Tabla 10
Estadísticos Descriptivos de las variables
cuantitativas de la camaronera ACU1

	n	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
SIEMBRA	42	58289.00	1111548	348952.3	236657.9	5.6E+10
COSECHA	42	2789.00	33924.00	6120.4762	6376.1998	4.1E+07
MORTALID	42	24365.00	1108759	342831.9	238920.1	5.7E+10
SALINIDA	42	22.20	28.40	25.1095	2.0695	4.283
TEMPERAT	42	25.50	32.50	28.8095	2.0267	4.108
HECTAREA	42	4.80	17.60	11.0598	2.2545	5.083

En la camaronera ACU1 la variable SIEMBRA para todas las piscinas es en promedio de 348952 larvas de camarón, entre las fechas de 12/06/1998 y 05/02/2000. (Ver Tabla 10).

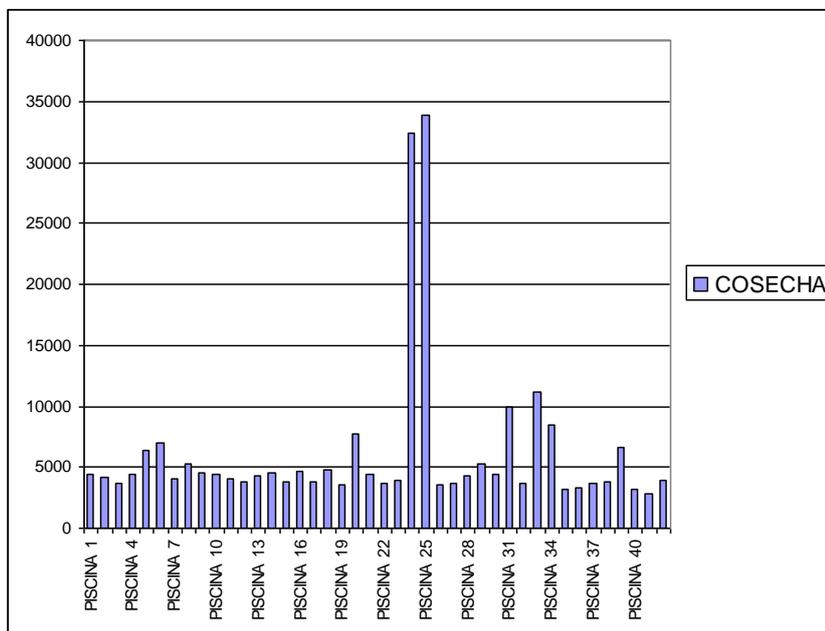
Así mismo la variable COSECHA es en promedio de 6120 camarones para las 42 piscinas y para la variable MORTALIDAD es de 342831 camarones, esto se debe al gran impacto que recibió esta camaronera debido a que muchas de sus piscinas se infectaron por el virus de la mancha blanca. (Ver Tabla 10).



**Figura 3.3. Histograma de la variable
SIEMBRA de la camaronera ACU1**

Apreciamos en la Fig. 3.2. que la piscina 41 tienen en promedio la mayor cantidad de larvas sembradas.

Existe una extremada variabilidad en cuanto a la siembra en esta camaronera, esto lo demuestra las piscinas 1, 3, 5, 7, 16, 24 y 25, por lo que se ignoran los factores que proporcionen la cantidad de siembra ideal para que esta no sea afectada por las enfermedades.



**Figura 3.4. Histograma de la variable
COSECHA de la camaronera ACU1**

Notamos que las piscinas 24 y 25 tienen mayor cantidad promedio de cosecha, porque sobrepasan los 30.000 camarones cosechados por piscina. Esto implica la presencia de enfermedades en las piscinas, ya que solo dos piscinas se obtuvieron buenas cosechas. (Ver Fig. 3.4)

Adicionalmente las piscinas 31, 32 y 33 tienen un promedio de cosecha mayor a los 10.000 camarones.

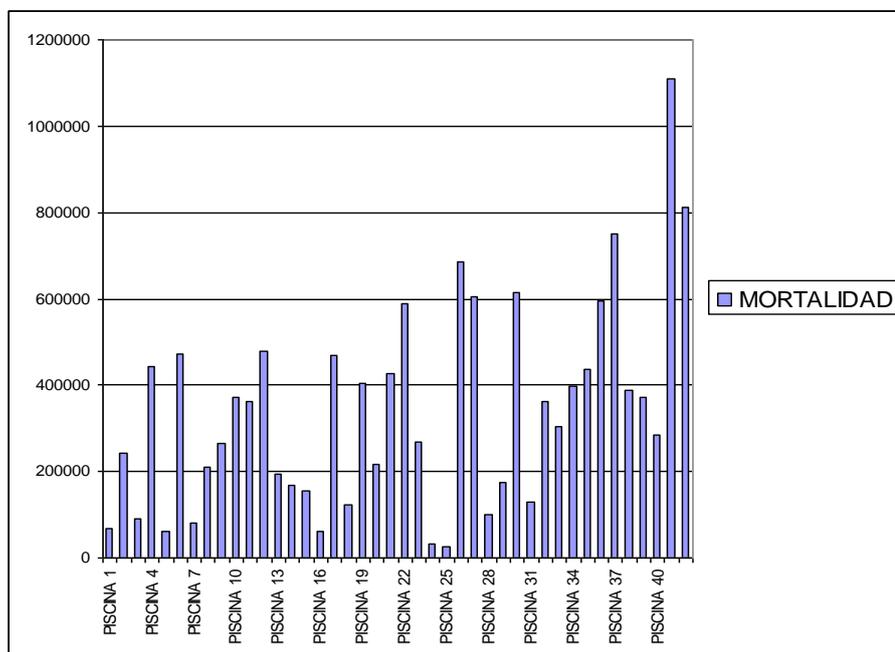
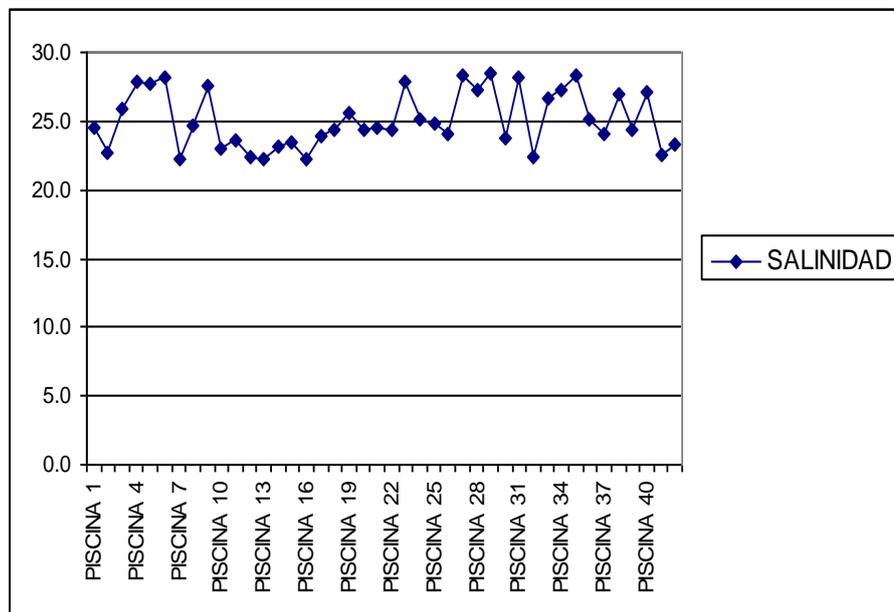


Figura 3.5. Histograma de la variable

MORTALIDAD de la camaronera ACU1

Con respecto a la cantidad mayor de mortalidad promedio se la registro en las piscinas 41 y 42, es decir que la mortalidad en estas piscinas fue del 100%. (Ver Fig. 3.5)

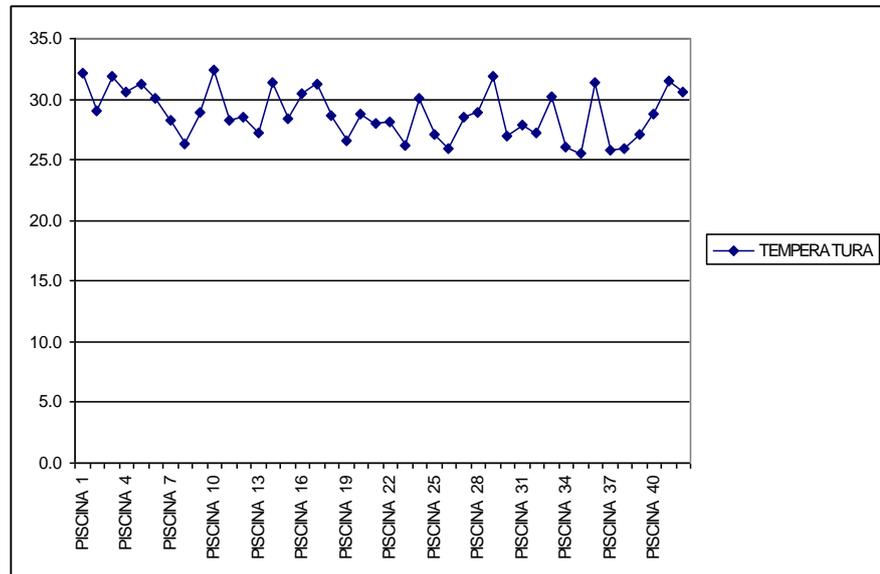
Así también podemos apreciar que la mortalidad existente en las piscinas 24 y 25 fue del 48% y 41% promedio respectivamente.



**Figura 3.6. Comportamiento de la variable
SALINIDAD de la camaronera ACU1**

Se aprecia que en esta camaronera obtuvieron un promedio de salinidad de 25.1 ± 2.06 ppm por piscina y existe variabilidad de 4.283 ppm entre piscinas. (Ver Tabla 10).

Las piscinas en la camaronera ACU1 tienen un rango de salinidad entre los 25 y 30 ppm, lo que indica que la camaronera tiene entradas de agua cercanas a un estero de mar, es decir que el tipo de agua es **Polyhalina**.

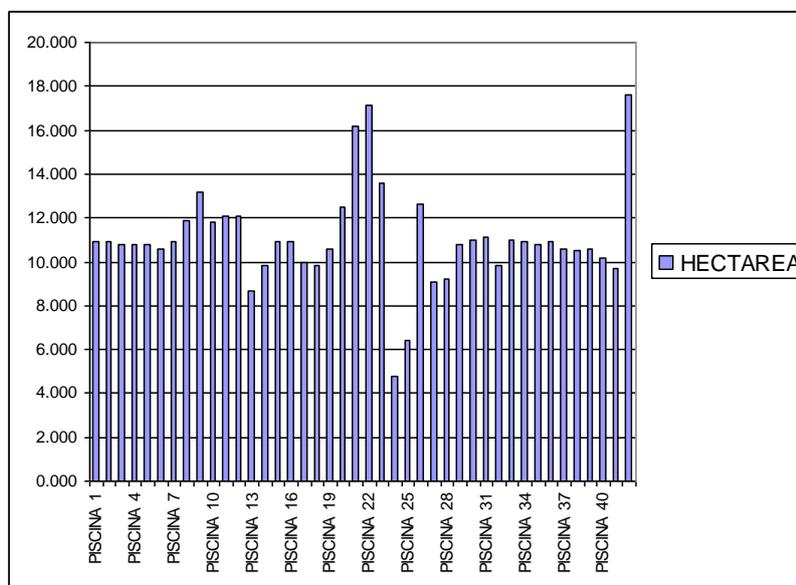


**Figura 3.7. Comportamiento de la variable
TEMPERATURA de la camaronera ACU1**

Los rangos de temperatura promedio existente entre las piscinas de la camaronera ACU1 se encuentran entre 25°C y 35°C. En promedio la temperatura de las piscinas es de $28.8 \pm 2.02^\circ\text{C}$ y una variabilidad de 4.1°C . (Ver Fig. 3.7)

Notamos que la piscina 35 obtuvo el promedio más bajo de temperatura entre las demás piscinas. El promedio de HECTÁREAS de las piscinas es de 11 hect. y existe una variabilidad de 5.083 hect. Se nota en la Fig. 3.7 que las

piscinas con mayor capacidad son 21, 22 y 42 con 16.2 ,17.1 y 17.6 respectivamente.



**Figura 3.8. Histograma de la variable
HECTAREA por piscina de la camaronera ACU1**

En esta camaronera existe una gran variabilidad en cuanto a la siembra, cosecha y mortalidad, es por eso que su varianza es alta 5.6×10^{10} , 4.1×10^7 , 5.7×10^{10} respectivamente para cada variable. Esto justifica el efecto de las enfermedades que causaron graves estragos y tuvo como consecuencia una mala producción durante los años 1998 al 2000.

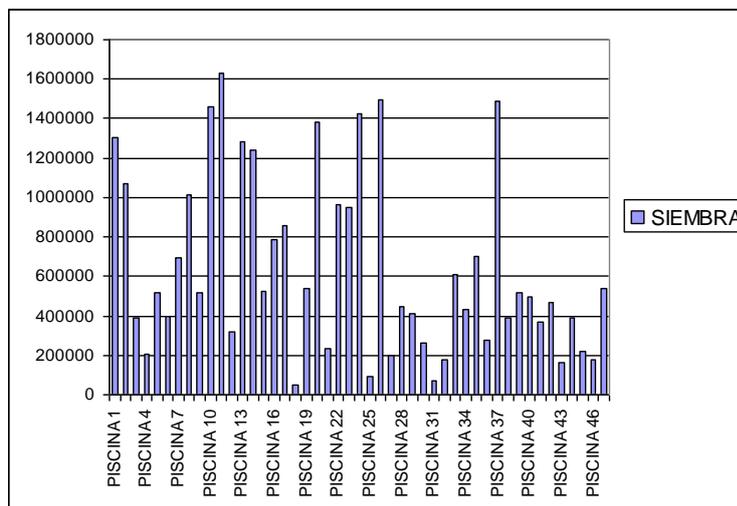
3.3.2. CAMARONERA2: AGR1

Tabla 11

**Estadísticos Descriptivos de las variables
cuantitativas de la camaronera AGR1**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
SIEMBRA	47	47022	1632458	641745.6	452122.73	2.04E+11
COSECHA	47	713	174765	18003.15	41004.70	1.68E+09
MORTALIDAD	47	46309	1626871	623742.4	459384.41	2.11E+11
SALINIDAD	47	27.9	38.0	32.562	2.918	8.515
TEMPERATURA	47	25.6	35.2	30.228	2.613	6.826
HECTAREA	47	.600	33.500	7.78511	7.53464	56.771
N válido (según lista)	47					

Las variables de la camaronera AGR1 tuvieron los siguientes resultados:

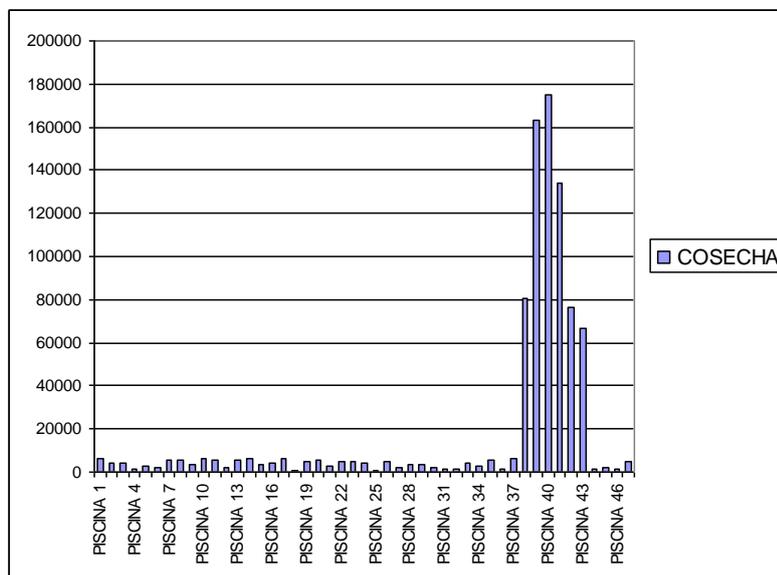


**Figura 3.9. Histograma de la variable
SIEMBRA de la camaronera AGR1**

En la camaronera AGR1 la variable SIEMBRA en promedio son de 641.745 larvas de camarón por piscina, entre las fechas de 16/01/1998 y 10/10/2000 en el cual existen 4 ciclos por año.

Notamos que la piscina 11 de esta camaronera contiene el mayor promedio de siembra, ya que es de 1'632.458 larvas de camarón promedio sembrado y le sigue la piscina 26 con 1'498.389 larvas. (Ver Fig. 3.9)

Nuevamente en esta camaronera se encuentra la presencia de alta variabilidad en la siembra (2.04×10^{11}), es decir no existe la efectiva proporción de siembra de larvas, ya que se utilizaron políticas como la capacidad de la piscina para poder sembrar sin investigar diferentes factores adicionales que dan con el éxito de una buena cosecha.



**Figura 3.10. Histograma de la variable
COSECHA de la camaronera AGR1**

Así también la variable COSECHA en promedio es de 18.003 camarones adultos por piscina y la variabilidad existente 1.68×10^9 . (Ver Tabla 11).

Podemos apreciar que la cosecha promedio por piscina se encuentra en niveles inferiores a 20.000 camarones, entre las piscinas 1 a la 37. Por otra parte las piscinas 38 a la 47 se registraron niveles óptimos de cosecha, esto nos indica que la cantidad de mortalidad entre las piscinas 1 a la 37 es elevada,

lo que evidencia la presencia de ephizootias o enfermedades en esta camaronera.

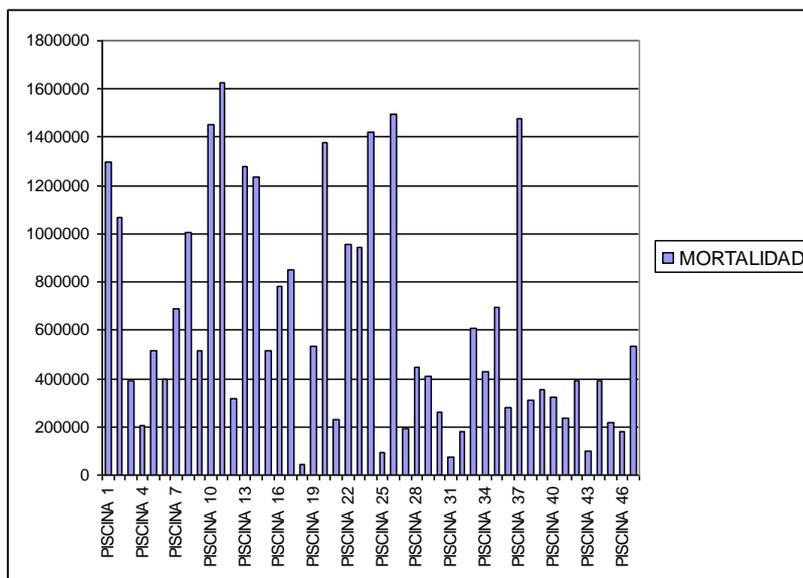


Figura 3.11. Histograma de la variable MORTALIDAD de la camaronera AGR1

La variable MORTALIDAD existente entre las piscinas de esta camaronera es en promedio de 623742 camarones y una variabilidad existente entre las piscinas de 2.11×10^{11} . (Ver Tabla 11).

Se obtuvo como resultado que la piscina con mayor mortalidad en las épocas anteriormente ya expuestas, es la piscina 11, la misma que obtuvo la mayor proporción de

siembra, así mismo la piscina 18 obtuvo el más bajo nivel de mortalidad lo cual implica que su cosecha, estuvo acorde a la siembra realizada en la misma.(Ver Fig. 3.11)

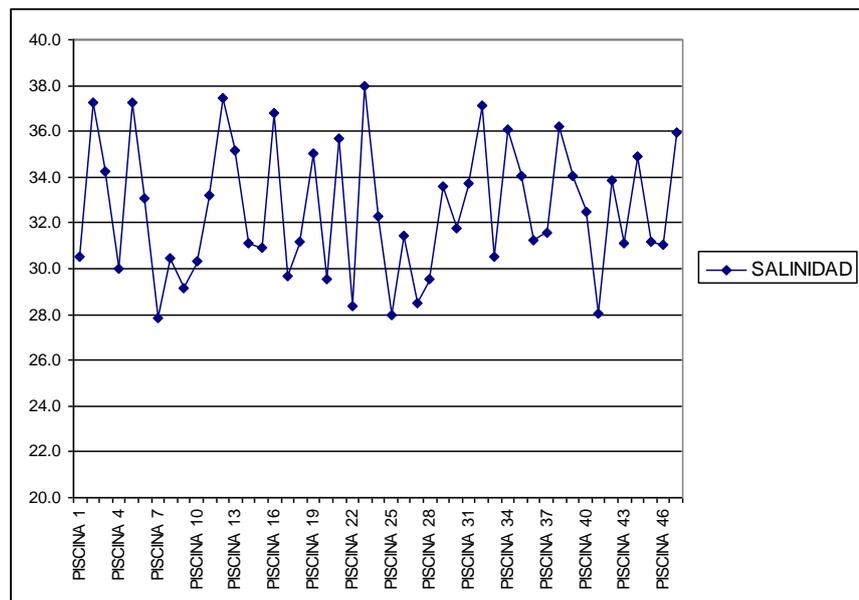


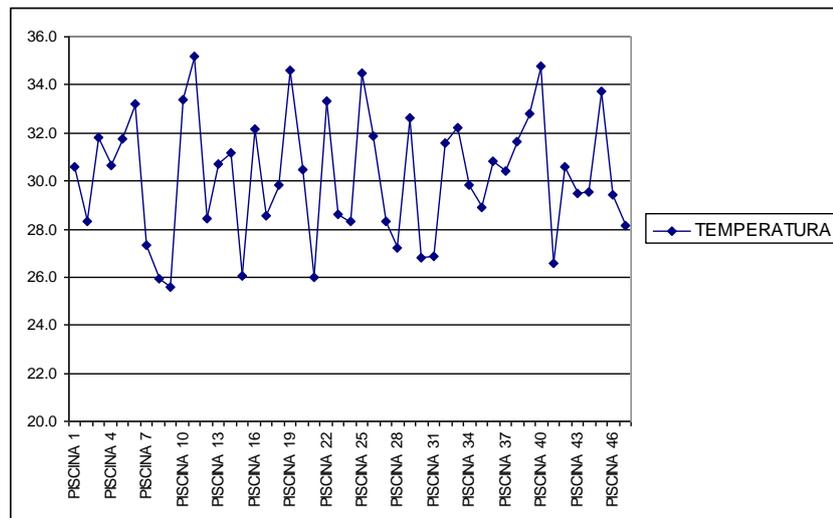
Figura 3.12. Comportamiento de la variable

SALINIDAD de la camaronera AGR1

Entre las variables ambientales se encuentran en promedio 32.5 ± 2.9 ppm. para la SALINIDAD.

Para todas las piscinas se encuentra la salinidad entre los rangos de 30 ppm y 40 ppm, el cual es de tipo Marina, ya que

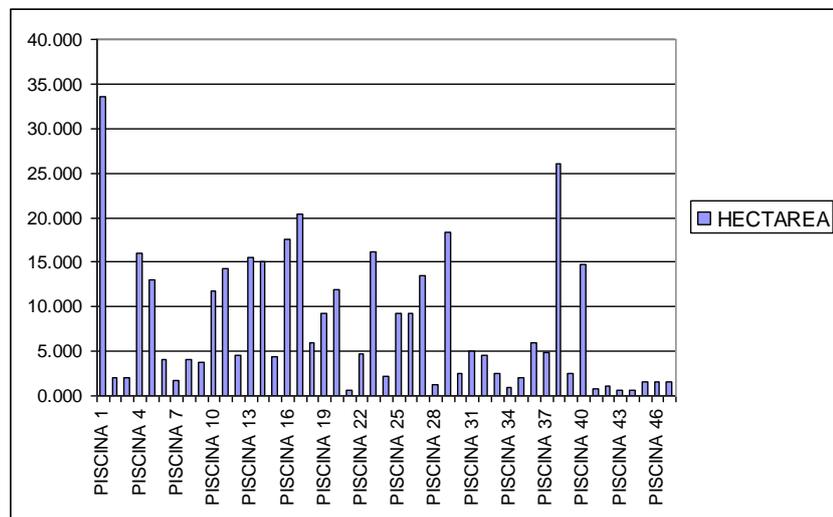
la toma de agua que proporciona a cada una de las piscinas de la camaronera es cercana al mar.



**Figura 3.13. Comportamiento de la variable
TEMPERATURA de la camaronera AGR1**

Para el grupo de piscinas se obtuvo un promedio de 30.2 ± 2.6 °C, obtenido por la variable TEMPERATURA. (Ver Tabla 11).

Nótese en la Fig. 3.13 que la piscina con más bajo nivel de temperatura promedio es la numero 9, con 25.6°C. y la que contiene el más alto nivel de temperatura promedio es la piscina 11 con 35.2°C.



**Figura 3.14. Histograma de la variable
HECTAREA de la camaronera AGR1**

El promedio de HECTÁREAS entre las piscinas de la camaronera AGR1 es de 7.78 hect. Cabe recalcar que existe variabilidad excesiva puesto que es de 56.771 hect., esto implica que entre las 47 piscinas existen a la vez piscinas de mayor y menor capacidad.

3.3.3. CAMARONERA3: BIO1

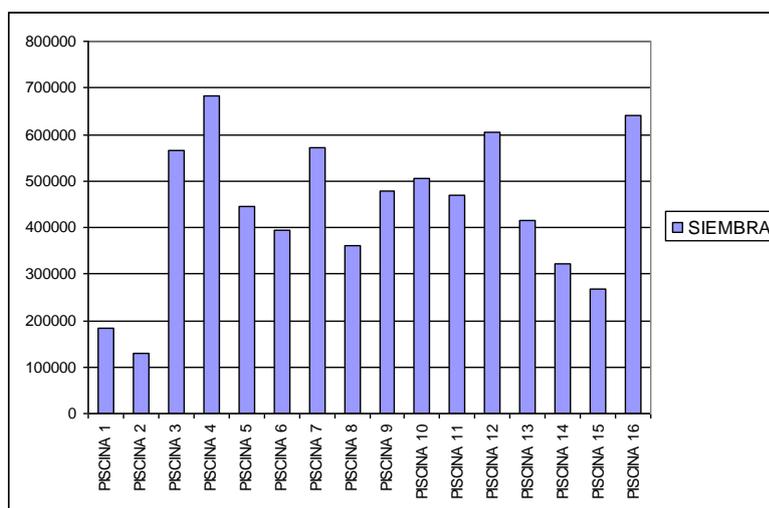
Los estadísticos descriptivos para esta camaronera se encuentran en la Tabla 12.

Tabla 12

**Estadísticos Descriptivos de las variables
cuantitativas de la camaronera BIO1**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
SIEMBRA	16	127909	681341	439198.44	159484.98	2.5E+10
COSECHA	16	1124	134512	24601.69	45384.44	2.1E+09
MORTALIDAD	16	126684	676863	414596.75	177468.03	3.1E+10
SALINIDAD	16	10.2	19.1	15.611	2.780	7.731
TEMPERATURA	16	24.5	29.4	27.365	1.233	1.520
HECTAREA	16	.940	10.380	5.28750	3.17945	10.109

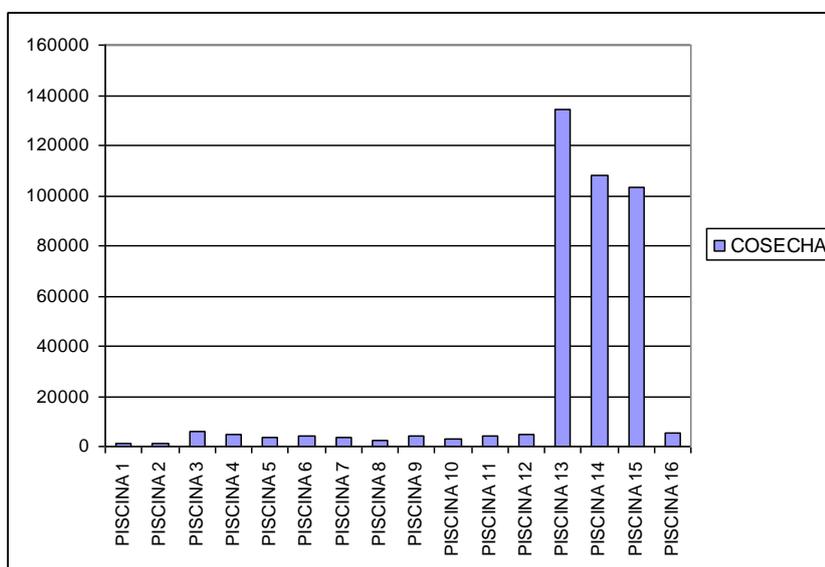
En la camaronera BIO1, existen 16 piscinas las cuales se registraran datos entre las fechas 04/06/1998 y 12/09/2000, las que coinciden con la época de crisis que se tuvo en el sector camaronero por la Mancha Blanca.



**Figura 3.15. Histograma de la variable
SIEMBRA de la camaronera BIO1**

La cantidad de larvas sembradas en esta camaronera tuvo un promedio de 439.198 larvas y una variabilidad de $2,5 \times 10^{10}$ larvas.

Notamos que la piscina 4 es la que mayor cantidad promedio de larvas sembradas existente en esta camaronera, seguida de la piscina 16 con un promedio de 640.303 larvas. (Ver Fig. 3.15)



**Figura 3.16. Histograma de la variable
COSECHA de la camaronera BIO1**

Se cosecho en un promedio para todas las piscinas de 24.601 camarones adultos, por lo que se obtuvo una mortalidad promedio de 414.596 camarones por piscina. (Ver Tabla 12)

La cosecha se ha distinguido en las piscinas 13,14 y 15 cuya producción ha sido superior a 100.000 camarones. Mientras que las demás piscinas solo han obtenido cosechas menores que 20.000 camarones (Ver Fig. 3.16)

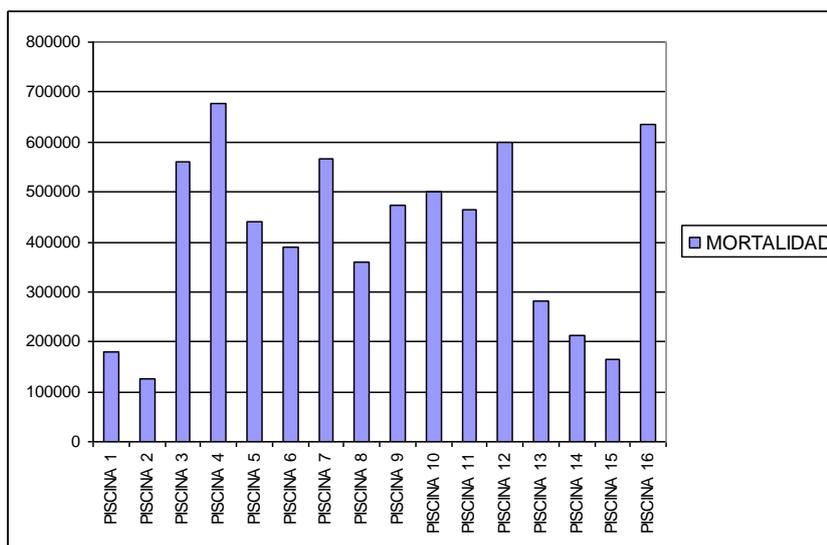


Figura 3.17. Histograma de la variable MORTALIDAD para la camaronera BIO1

La mortalidad en esta camaronera fue en promedio de 414.596 camarones y su variabilidad de 3.1×10^{10} .

Esto implica que al igual que las demás camaroneras se obtuvo muchos inconvenientes en cuanto al manejo de las

piscinas por las enfermedades y por la inserción en nuestro medio de la mancha blanca.

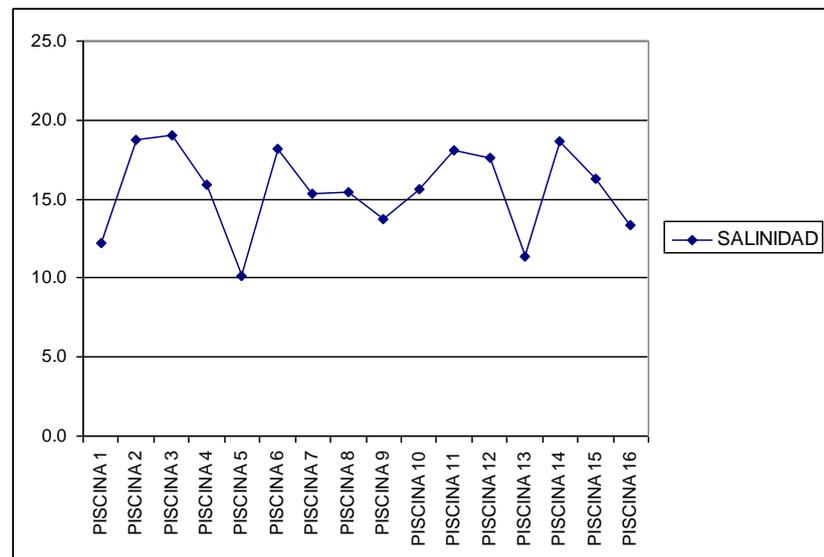
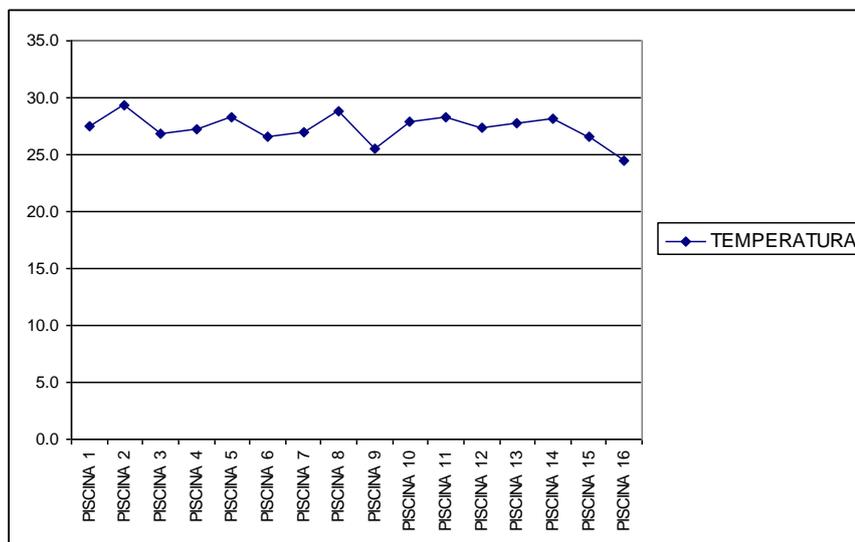


Figura 3.18. Comportamiento de la variable SALINIDAD para la camaronera BIO1

El promedio de salinidad existente fue de 15.6 ± 2.7 ppm entre todas las piscinas de esta camaronera. (Ver Tabla 12).

Las fluctuaciones de esta variable medioambiental fueron entre 10 ppm y 20 ppm promedio para todas las piscinas, rango en el cual se maneja con dos tipos de agua Mesohalina y Polyhalina. (Ver Fig. 3.18)

El menor promedio de salinidad fue encontrado en la piscina 5 ya que se encontró un promedio de 10.2 ppm.

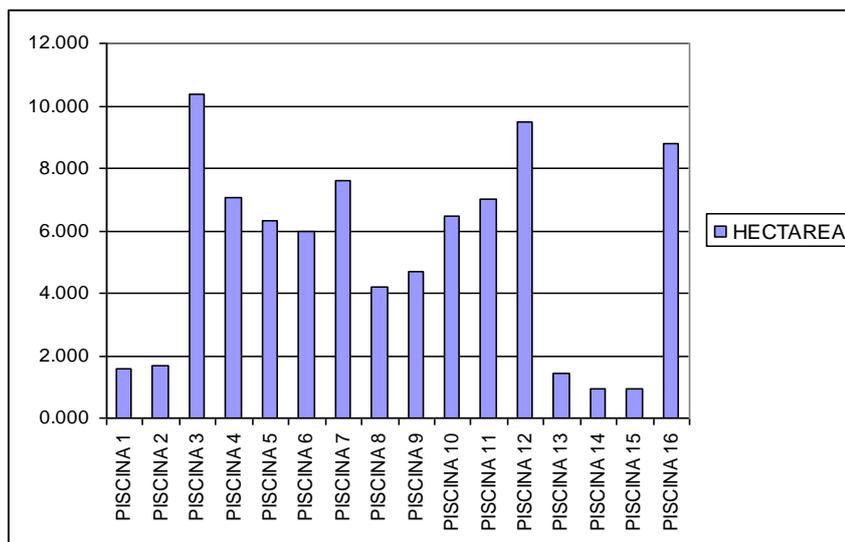


**Figura 3.19. Comportamiento de la variable
TEMPERATURA para la camaronera BIO1**

Para todas las piscinas se obtuvo un promedio de $27.3 \pm 1.23^{\circ}\text{C}$ entre piscinas. (Ver Tabla 12)

El comportamiento de esta variable se lo puede apreciar en la Fig. 3.19 el que nos indica que las piscinas se encontraron en un rango de 25 a 30°C , con la excepción de la piscina 16 que obtuvo una temperatura promedio de $24,5^{\circ}\text{C}$.

Así también el promedio de hectáreas por piscina es de 5.28 hect. (Ver Tabla 12).



**Figura 3.20. Histograma de la variable
HECTAREA para la camaronera BIO1**

Apreciamos en la Fig. 3.20 que la existen 3 piscinas de mayor capacidad para el cultivo de camarones, así como también existen las piscinas de menor capacidad que se encuentra debajo de las 2 hect.

Esta variable es importante, porque antes de decidir que cantidad de larvas se va a sembrar se debe decidir la capacidad necesaria para este grupo de larvas a cultivar y

esta adicionalmente influye en la rapidez con la que puede atacar una enfermedad.

3.3.3. CAMARONERA4: BON1

Tabla 13

***Estadísticos Descriptivos de las variables
cuantitativas de la camaronera BON1***

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
SIEMBRA	28	291404	1564731	737583.39	243474.46	5.9E+10
COSECHA	28	933	236221	22521.46	55178.90	3.0E+09
MORTALIDAD	28	170306	1555376	715061.93	259621.63	6.7E+10
SALINIDAD	28	15.6	22.8	19.317	2.240	5.020
TEMPERATURA	28	28.6	34.8	31.729	1.796	3.227
HECTAREA	28	1.600	17.700	6.89643	3.50359	12.275

Al realizar el análisis respectivo, se obtuvo como resultados que la camaronera BON1, sembró en promedio 737.583 larvas por piscina, se cosecho 22.521 camarones por piscina y se obtuvo una mortalidad promedio de 715.061 camarones por piscina. (Ver Tabla 13).

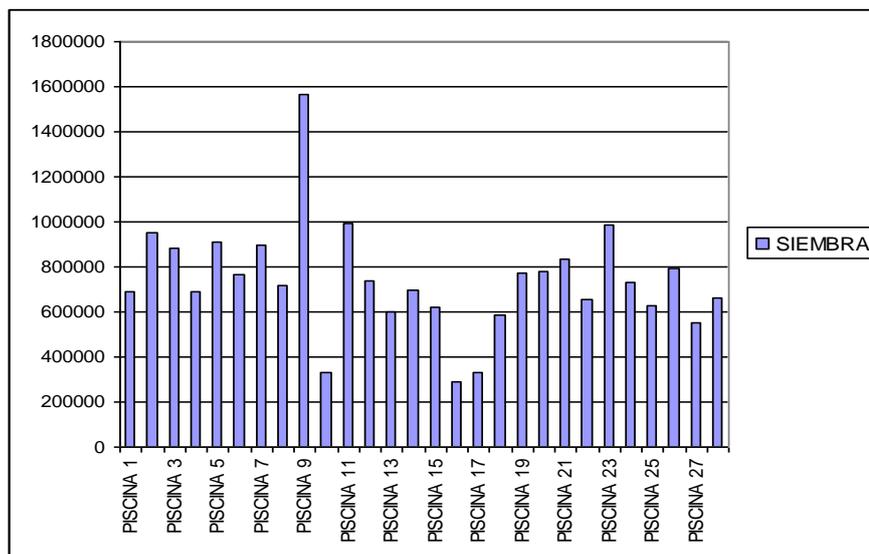
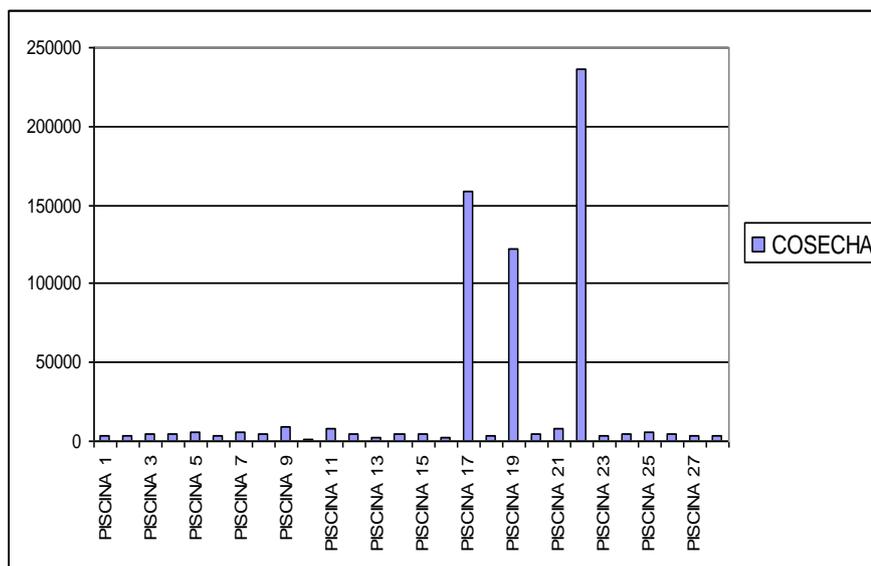


Figura 3.21. Histograma de la variable SIEMBRA para la camaronera BON1

La piscina con que se cuenta el promedio más grande de siembra registrado es para la número 9, y la de más bajo promedio de siembra es la piscina 16, es decir la cantidad promedio de siembra para cada una es de 1'564.731 y 291.404 larvas de camarón promedio respectivamente

Cabe señalar que las demás piscinas se realizaron siembras promedio en cantidades menores a un 1'000.00 en promedio de larvas.



**Figura 3.22. Histograma de la variable
COSECHA para la camaronera BON1**

Para la cosecha entre las piscinas 17, 19 y 22 fueron las que más producción de camarones promedio se obtuvo, entre la época de 1998 y el 2000. (Ver Fig. 3.22)

Es fácil distinguir que para las demás piscinas existieron problemas en cuanto a la cosecha y esto lo evidencia los niveles inferiores a 25.000 camarones cosechados promedio por piscina.

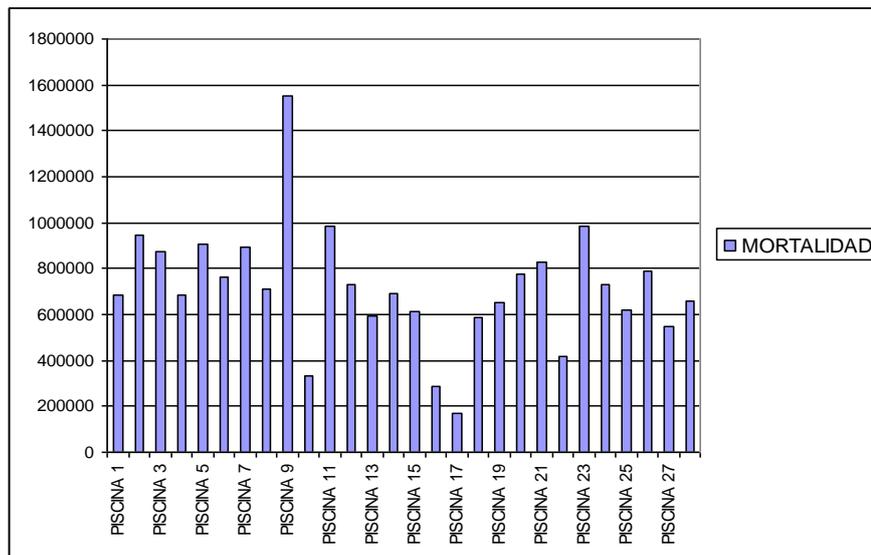


Figura 3.23. Histograma de la variable MORTALIDAD para la camaronera BON1

La piscina con mayor problema en cuanto a mortalidad es la número 9, es decir como se sembró gran cantidad de larvas de camarón también fluctuó la mortalidad en ella, debido a problemas de enfermedades. (Ver Fig. 3.23)

El nivel de mortalidad varía en las demás piscinas, ya que se encuentran entre los niveles de 600.000 y 1'000.000 de camarón promedio por piscina.

Cabe notar que las piscinas 16, 17 registro el nivel más bajo de mortalidad, lo que nos indica que su producción es buena en comparación con el resto de piscinas.

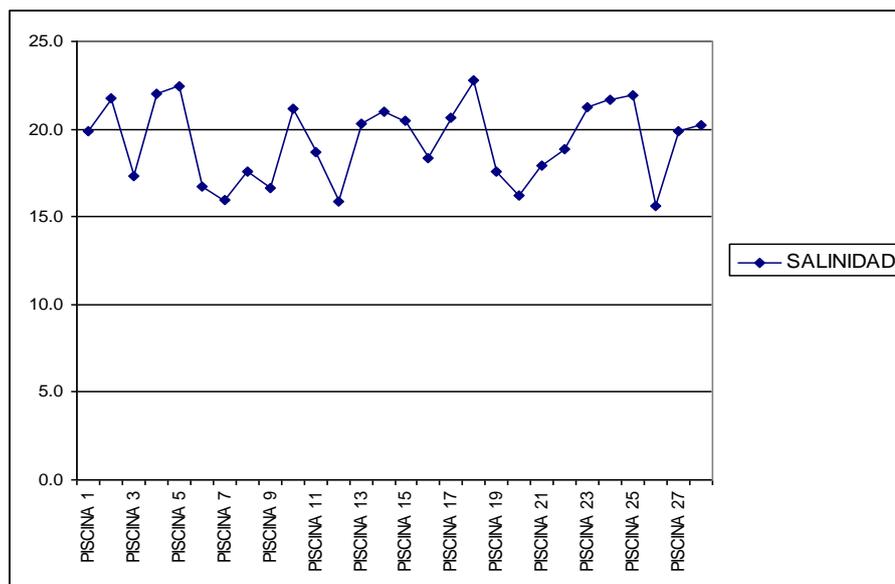


Figura 3.24. Comportamiento de la variable SALINIDAD para la camaronera BON1

El promedio para las variables ambientales es de 7,8 hect. por piscina sembrada (HECTÁREA), 30,5 ppm (SALINIDAD), 28,8 °C (TEMPERATURA). (Ver Tabla 13)

La salinidad en esta camaronera fluctuó entre los rangos 15 y 25 ppm. en promedio para todas las piscinas, adicionalmente la piscina 18 registro el nivel de salinidad más alto.

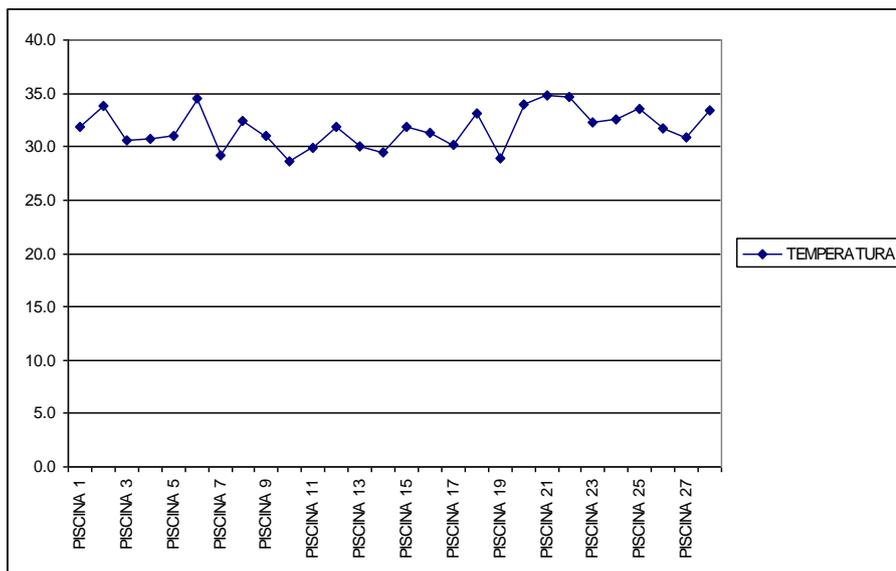


Figura 3.25. Comportamiento de la variable TEMPERATURA para la camaronera BON1

El comportamiento de la temperatura en promedio para todas las piscinas fluctuó entre 32 y 35⁰C.

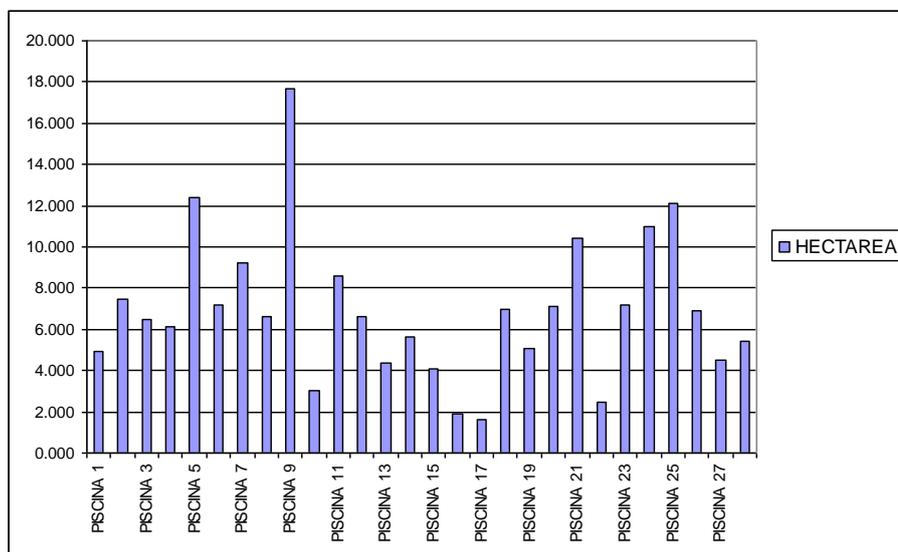


Figura 3.26. Histograma de la variable HECTAREA para la camaronera BON1

Entre todas las piscinas la de mayor capacidad es la numero 9, donde se registraron siembras promedio a 1'000.000 de larvas y se registraron mortalidades altas.

Esto nos indica que al tener problemas de enfermedades influye la cantidad de larvas a sembrar, variable que al no ser analizada puede causar problemas de mortalidad total en la piscina.

3.3.5. CAMARONERA5: FAF1

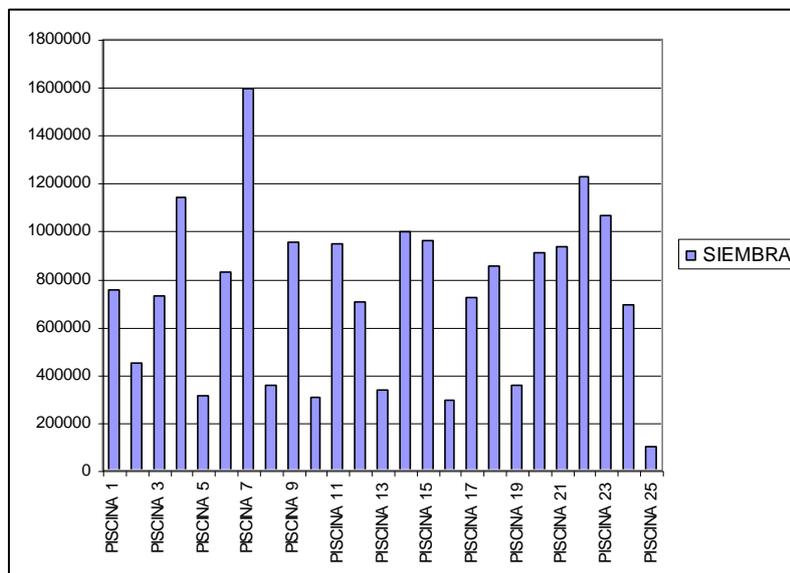
Se puede apreciar en la Tabla 14 los estadísticos descriptivos de las variables cuantitativas de la camaronera FAF1.

Tabla 14

***Estadísticos Descriptivos de las variables
cuantitativas de la camaronera FAF1***

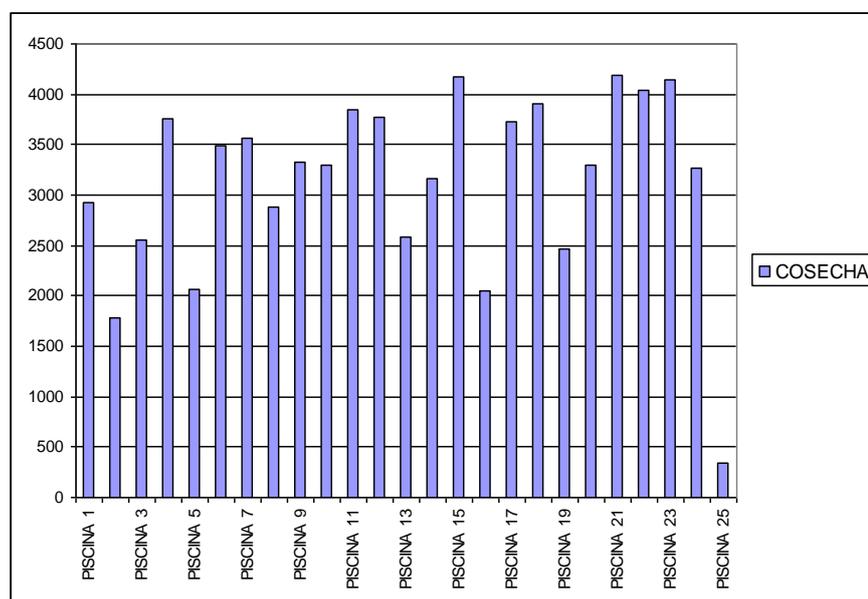
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
SIEMBRA	25	102097	1594019	740349.52	356313.08	1.3E+11
COSECHA	25	343	4191	3143.44	909.07	826416.4
MORTALIDAD	25	101754	1590455	737206.08	355641.70	1.3E+11
SALINIDAD	25	18.3	27.3	22.478	2.400	5.760
TEMPERATURA	25	22.316	29.651	26.37376	2.16208	4.675
HECTAREA	25	.800	12.670	7.31600	4.00776	16.062

El promedio de siembra entre las piscinas es de 740.349 larvas y su variabilidad es de 1.3×10^{11} .



**Figura 3.27. Histograma de la variable
SIEMBRA para la camaronera FAF1**

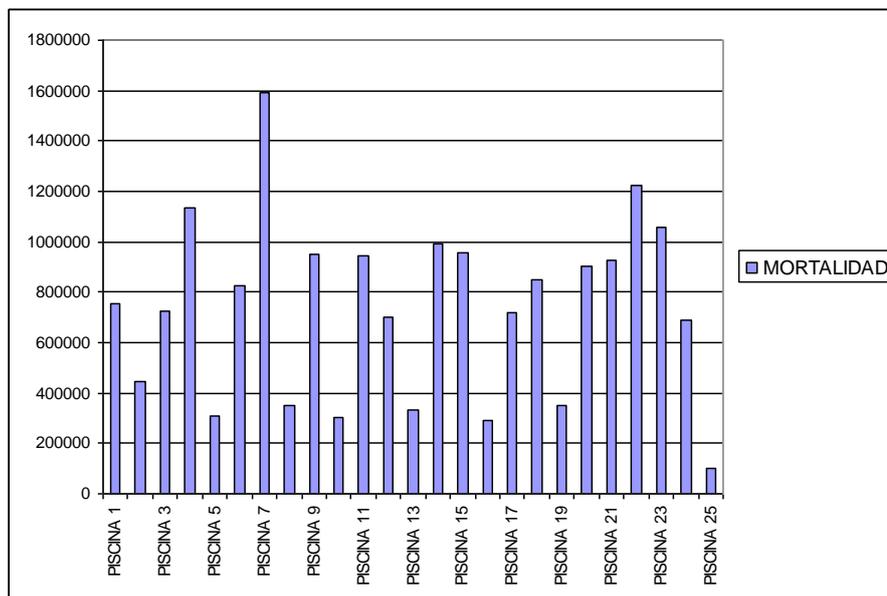
Al observar la Fig. 3.27 notamos que la mayor cantidad de siembra promedio se encuentra concentrado en la piscina 7 con 1'594.019 larvas de camarón y que la piscina 25 es la que menor siembra promedio obtuvo con un total de 102.097 larvas.



**Figura 3.28. Histograma de la variable
COSECHA para la camaronera FAF1**

El promedio de cosecha para las piscinas es de 3.143 camarones cosechados.

Las cosechas promedio realizadas en esta camaronera fluctúan entre 2.000 y 4.500 camarones, lo que nos indica la grave situación en esta camaronera con respecto a sus piscinas, es decir que en cada una de las piscinas existe un problema de enfermedades.



**Figura 3.29. Histograma de la variable
MORTALIDAD para la camaronera FAF1**

La mortalidad es alta en todas las piscinas de esta camaronera ya que sus cosechas no llegan mas de los 4.500 camarones promedio por piscina, es decir que el promedio de mortalidad es de 737.206 camarones para todas las piscinas, sean estos de diferente estadio.

Esta camaronera fue victima del virus de la mancha blanca, ya que la camaronera trabajo en un 80% para todas sus piscinas con larvas silvestres, en el transcurso de 1998 al 2000.

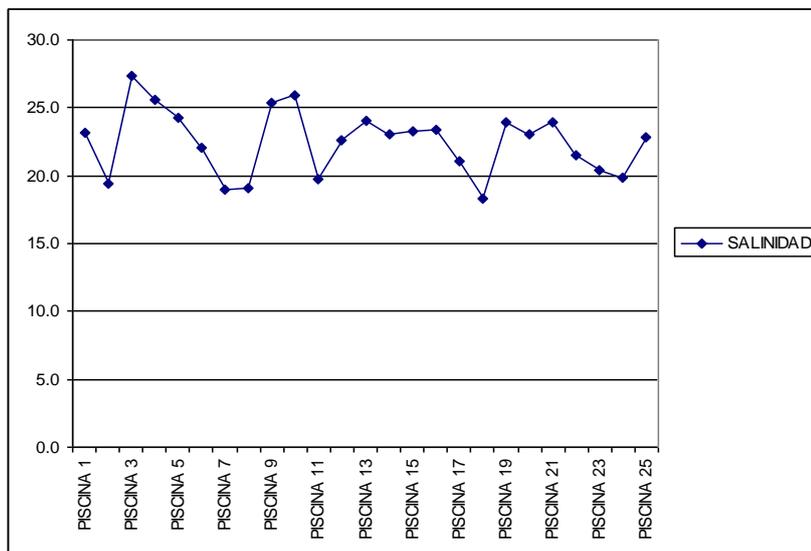
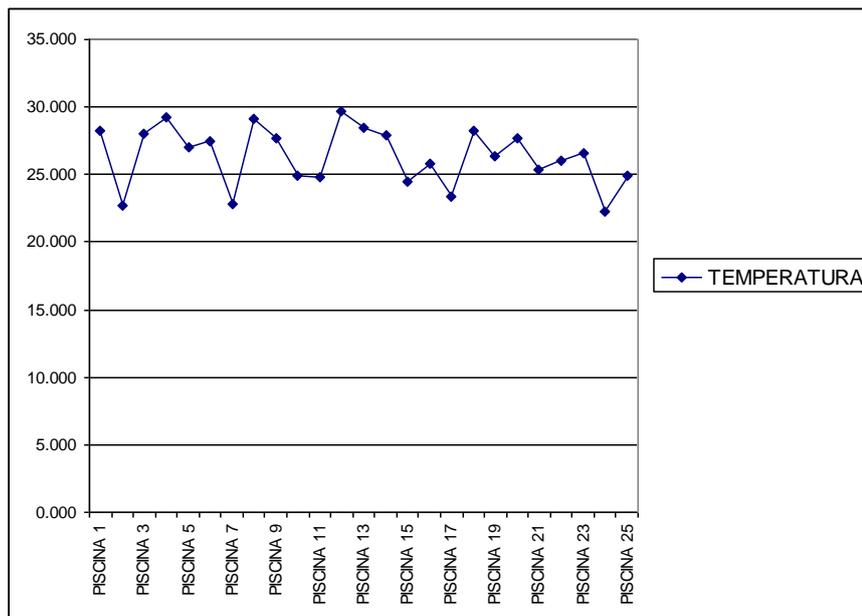


Figura 3.30. Comportamiento de la variable SALINIDAD para la camaronera FAF1

El promedio de salinidad para todas las piscinas es de 22.4 ± 2.4 ppm. (Ver Tabla 14)

El rango existente entre las piscinas fluctúa entre los 18 y los 30 ppm de salinidad promedio. La piscina que obtuvo en esta época el más alto promedio de salinidad es la piscina 3 con 27.3 ppm. y el más bajo la piscina 18 con 18.3 ppm. (Ver Fig. 3.30)

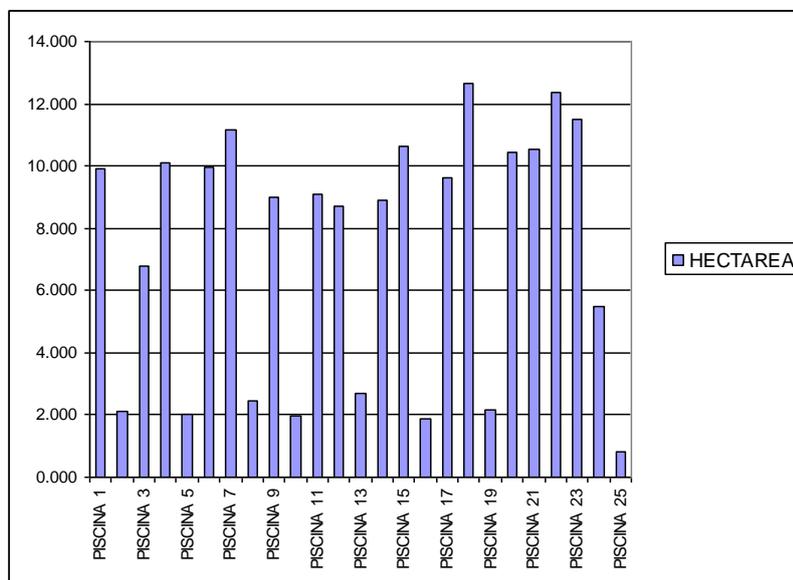
Existe una variabilidad muy excesiva de salinidad entre las piscinas, debido a que se encuentra la toma de agua lejos del río, el cual tiene niveles muy bajo de concentración de salinidad.



**Figura 3.31. Comportamiento de la variable
TEMPERATURA para la camaronera FAF1**

El comportamiento de la temperatura promedio para esta camaronera es de 26.3 ± 2.1 °C. por piscina

Para las piscinas la temperatura promedio fluctúa entre 20 y 30°C., teniendo en cuenta que la piscina de mayor temperatura es la número 12 con 29.6 °C.



**Figura 3.32. Histograma para la variable
HECTAREA para la camaronera FAF1**

El promedio de hectáreas de las piscinas de la camaronera FAF1 es de 7.31 hect.

Nótese que en la Fig. 3.32 existen 10 piscinas que sobrepasan el rango de las 10 hect. siendo la piscina 18 la de mayor capacidad con 12.670 hect. y la piscina 25 la de menor capacidad con 0.80 hect.

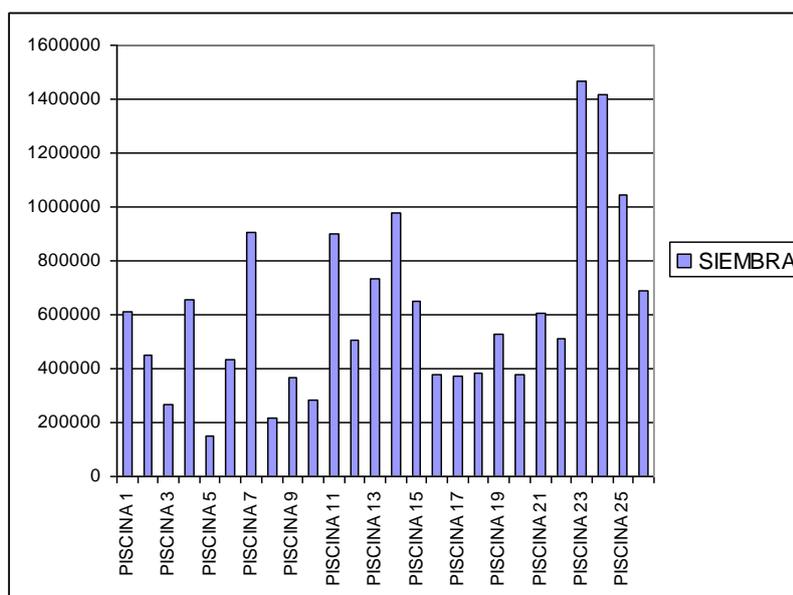
3.3.6. CAMARONERA6: MOP1

Tabla 15

**Estadísticos Descriptivos de las variables
cuantitativas de la camaronera MOP1**

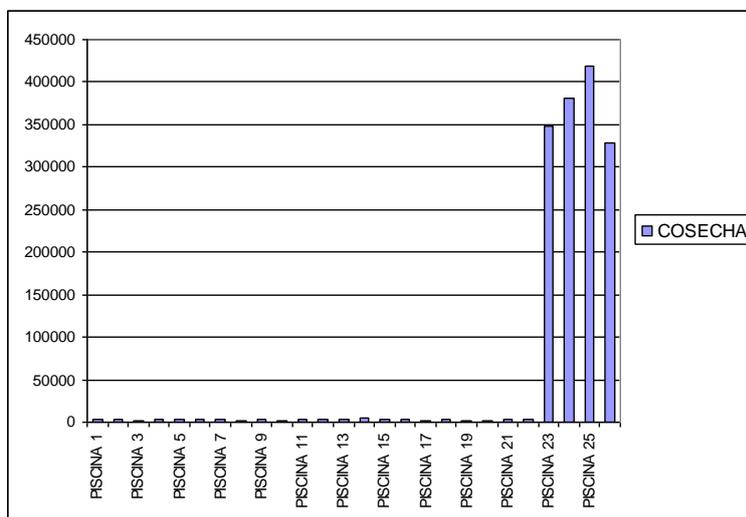
	N	Mínimo	Máximo	Media	Dev. t.p.	Varianza
SIEMBRA	26	150449	1467367	610413.31	338006.82	1.1E+11
COSECHA	26	1150	418664	59140.12	135512.36	1.8E+10
MORTALIDAD	26	147573	1118587	551273.19	260728.39	6.8E+10
SALINIDAD	26	29.4	36.0	32.846	1.794	3.220
TEMPERATURA	26	20.4	28.5	24.711	2.646	7.001
HECTAREA	26	1.000	15.900	7.21923	3.43430	11.794

Los resultados para la camaronera MOP1, en cuanto al promedio de siembra de camarón fueron de 610.413 larvas por piscina. (Ver Tabla 15).



**Figura 3.33. Histograma de la variable
SIEMBRA para la camaronera MOP1**

La cosecha promedio es de 59.140 camarones y la mortalidad promedio entre las piscinas es de 551.273 camarones. (Ver Tabla 15)



**Figura 3.34. Histograma de la variable
COSECHA para la camaronera MOP1**

Las piscinas que en promedio tuvieron la mayor cosecha son las número 23, 24, 25 y 26. Estas piscinas sobrepasan el nivel de 300.000 camarones promedio cosechados, pero en comparación con la cantidad promedio de siembra realizada

en estas piscinas se aprecia el impacto que recibieron por parte de las enfermedades del camarón.

Cabe recalcar que en estas piscinas se sembró solo en 1998 larvas silvestres y en el 1999 al 2000 se utilizaron larvas de laboratorio.

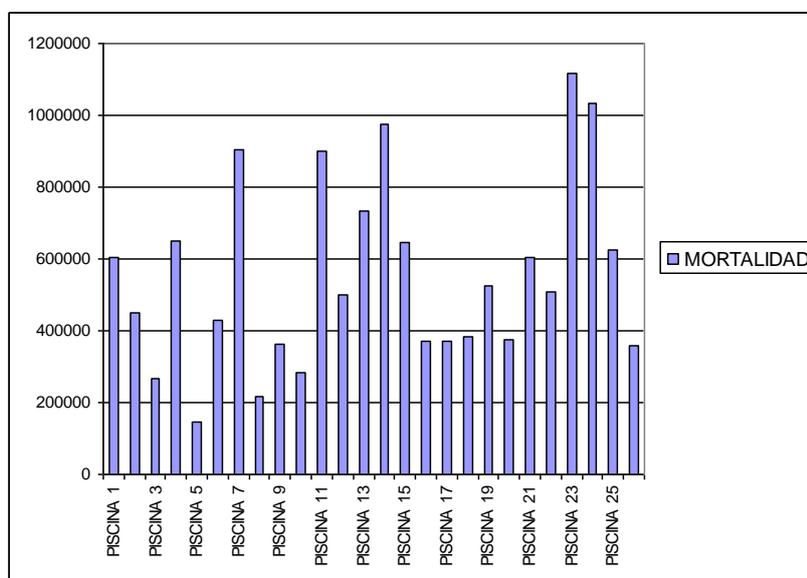


Figura 3.35. Histograma de la variable MORTALIDAD para la camaronera MOP1

La mortalidad promedio entre piscinas es muy alta, a pesar de que se obtuvo buena producción en 3 piscinas, se toma en referencia la cantidad de siembra realizada. (Ver Fig. 3.35)

Se registro una salinidad promedio entre las piscinas es de 32.8 ± 1.7 ppm. (Ver Tabla 15)

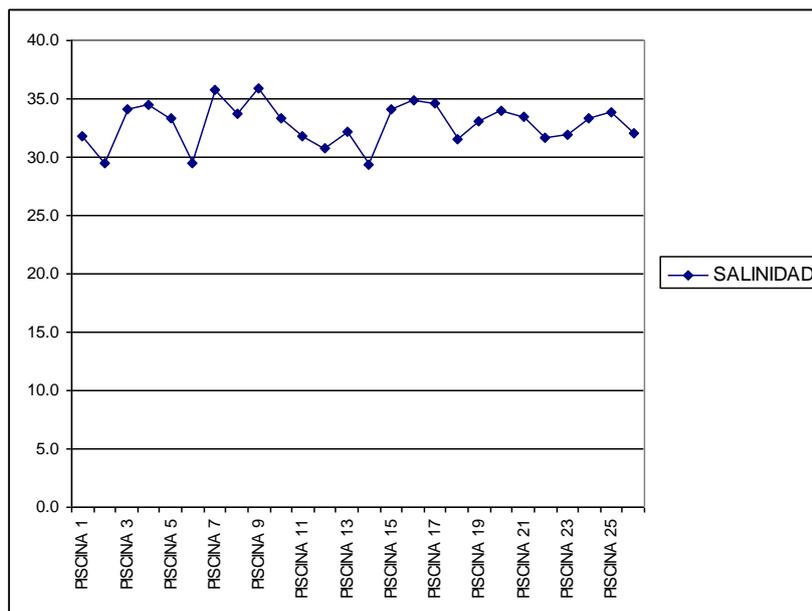
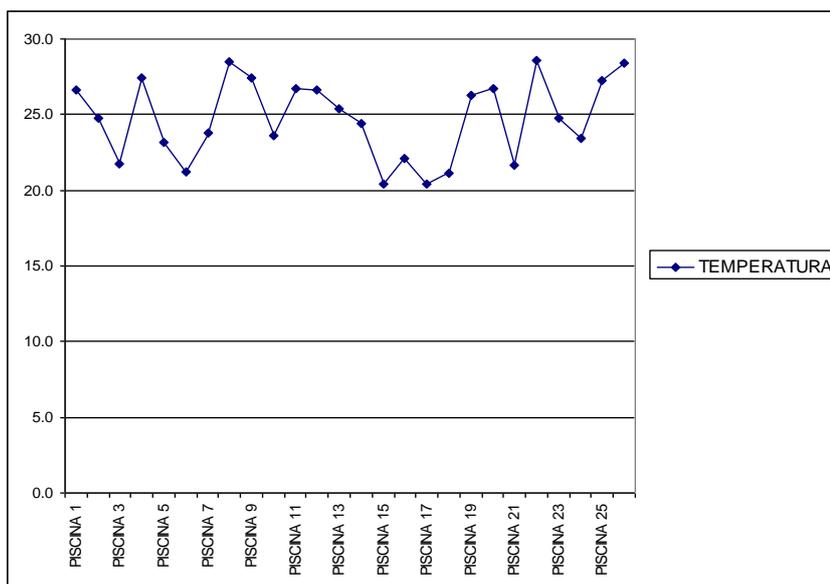


Figura 3.36. Comportamiento de la variable SALINIDAD para la camaronera MOP1

La salinidad fluctuante se encuentra entre los rangos 22 y 38 ppm, esto es porque la entrada de agua a las piscinas se encuentra cercana a un estero de mar. (Ver Fig. 3.35)

El nivel más bajo de salinidad promedio se lo registro en la piscina 6 y el nivel más alto en la piscina 9. Nótese que las

últimas piscinas existe una variación menor, que se encuentra entre los niveles de 30 y 35 ppm. Estas variaciones afectan el grado de estrés que tenga el camarón, con el consiguiente desequilibrio de una enfermedad.



**Figura 3.37. Comportamiento de la variable
TEMPERATURA para la camaronera MOP1**

Las fluctuaciones de temperatura promedio entre las piscinas se encuentran entre los rangos 20 a 30°C, ya que es de 24.7 ± 2.6 °C. (Ver Fig. 3.37)

Esta variable también puede desencadenar una enfermedad en una piscina porque los cambios bruscos hacen que varíe el

estrés del camarón, por lo que debemos tomarla muy en cuenta en el análisis.

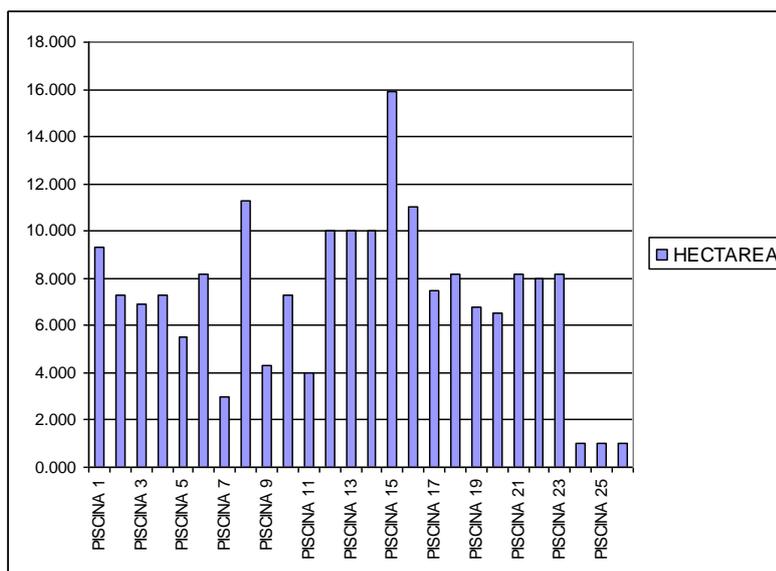


Figura 3.38. Histograma de la variable HECTAREA para la camaronera MOP1

En promedio la cantidad de hectáreas entre las piscinas se encuentra en 7.21 hect., teniendo en cuenta que la piscina 15 es la de mayor capacidad con 15.9 hect. y la de menor capacidad son las piscinas 24, 25 y 26 con 1 hect. cada una.

3.3.7. CAMARONERA7: IDC1

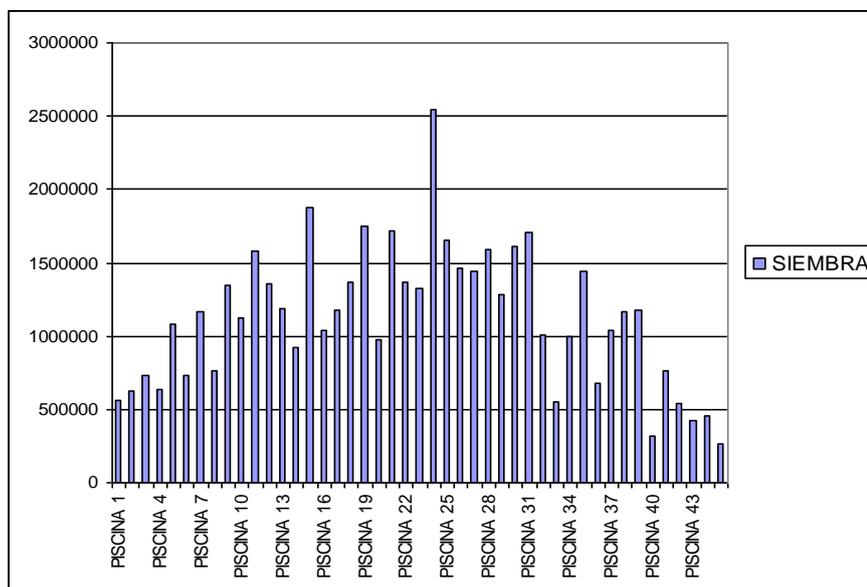
La camaronera IDC1 contiene 45 piscinas, cuyos estadísticos descriptivos se los aprecia en la Tabla 16.

Tabla 16

Estadísticos Descriptivos de las variables cuantitativas de la camaronera IDC1

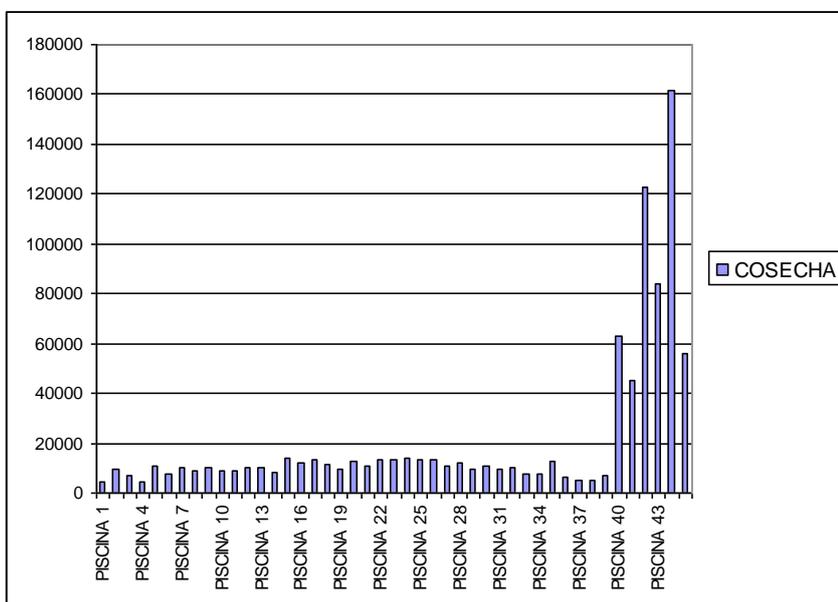
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
SIEMBRA	45	261946	2548328	1122841	474746.13	2.3E+11
COSECHA	45	4284	161529	20401.73	31152.67	9.7E+08
MORTALIDAD	45	206015	2534416	1102440	489273.18	2.4E+11
SALINIDAD	45	15.8	42.7	25.083	6.212	38.586
TEMPERATURA	45	23.7	31.5	26.993	2.136	4.561
HECTAREA	45	.480	33.170	14.88044	8.28223	68.595

El análisis univariado para las variables cuantitativas dio como resultado en promedio que la cantidad de larvas sembradas por piscina es de 1'122.841. (Ver Tabla 16)



**Figura 3.39. Histograma de la variable
SIEMBRA para la camaronera IDC1**

La cantidad promedio de cosecha para todas las piscinas en esta camaronera es de 20.401 camarones.



**Figura 3.40. Histograma de la variable
COSECHA para la camaronera IDC1**

Podemos apreciar en la Fig. 3.40 que las piscinas que registraron más cosecha para esta época son 42 y 44 con rangos mayores a los 120.000 camarones. Cabe notar que el

resto de piscinas solo se obtuvo cosechas menores a los 20.000 camarones.

La cantidad de mortalidad promedio es de 1'102.440 camarones. (Ver Tabla 16).

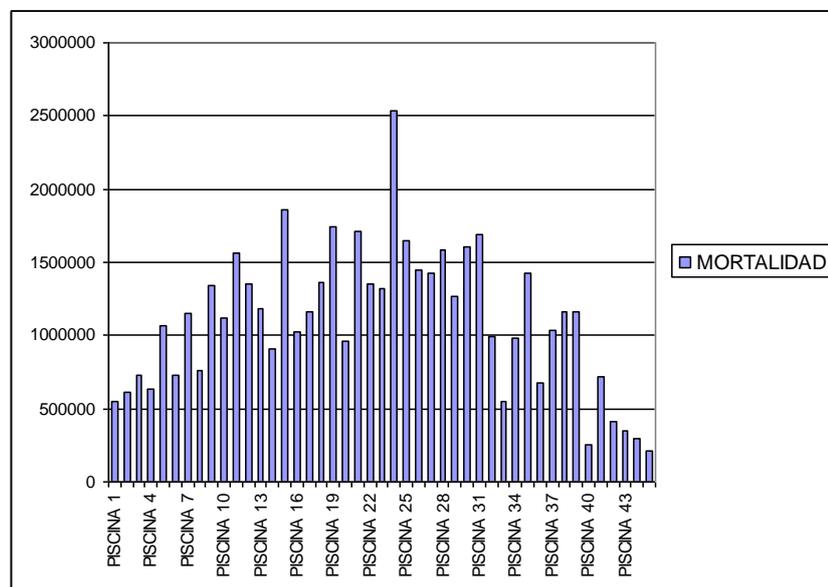
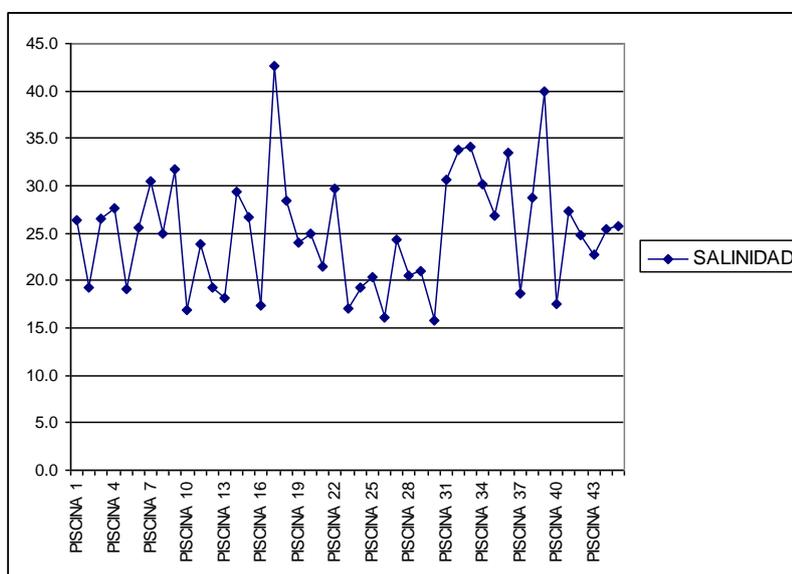


Figura 3.41. Histograma de la variable

MORTALIDAD para la camaronera IDC1

Esta es una de las camaroneras con menor producción durante el periodo de 1998 al 2000 ya que obtuvo en algunas piscinas registros del 100% en mortalidad de camarones.

Se observa que la piscina de mayor mortalidad en esta camaronera es la número 24, por el motivo que realizaron en ella siembras de camarón muy grandes, sin predecir que puede ser causa de contagio de enfermedades y obtener un alto porcentaje de mortalidad.



**Figura 3.42. Comportamiento de la variable
SALINIDAD para la camaronera IDC1**

El comportamiento de la salinidad en esta camaronera fluctúa entre los rangos de 15 a 45 ppm, obteniendo un promedio de salinidad más alto para la piscina 17.

Debido a la variación existente de esta variable, se pueden desencadenar enfermedades, tanto de tipo viral como bacterias, es por eso que se debe tomar muy en cuenta las variables medioambientales en el análisis.

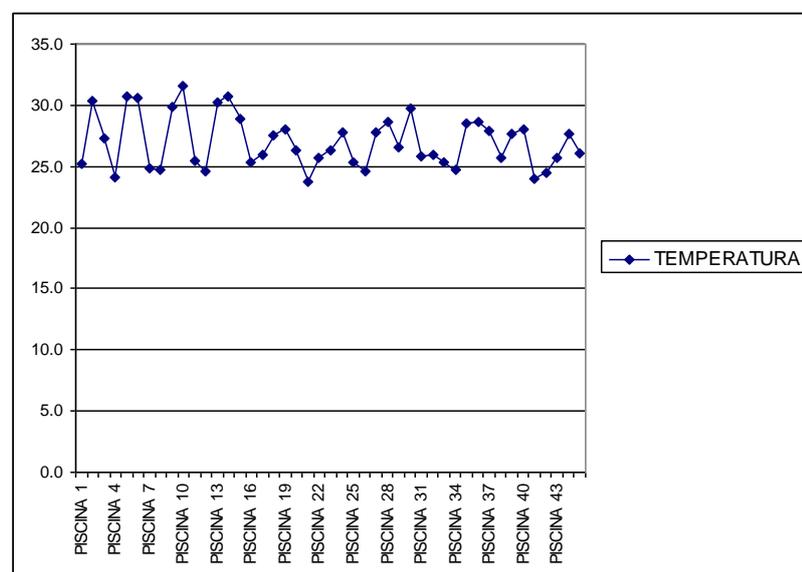
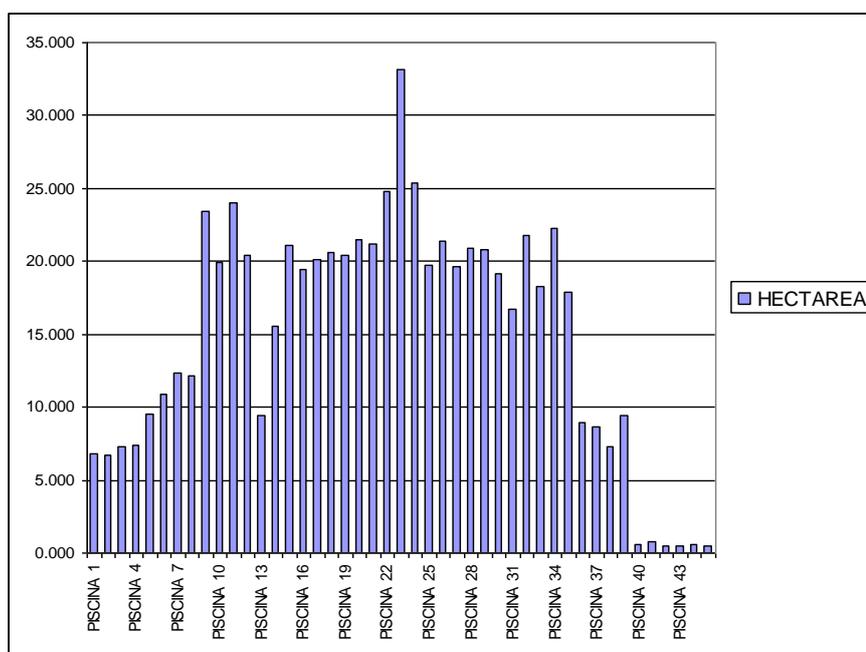


Figura 3.43. Comportamiento de la variable TEMPERATURA para la camaronera IDC1

Para todas las piscinas el promedio de temperatura es de 26,9 °C. por eso que el rango de la temperatura en esta camaronera se encuentran entre los 22 y 32 °C.

La piscina que obtuvo la más alta temperatura es la número 10, ya que en promedio es de 31.5°C , así como la que obtuvo la más baja temperatura



**Figura 3.44. Histograma de la variable
HECTÁREA para la camaronera IDC1**

En esta camaronera existe en un promedio de 14,8 hect. por piscina, siendo la piscina 23 la de mayor capacidad con

33.170 hect. y la piscina 40 a la 45 las de menor capacidad menores a 1 hect.

Esta variable incide en el estudio, ya que debido a la capacidad de la piscina las enfermedades se pueden propagar más fácilmente.

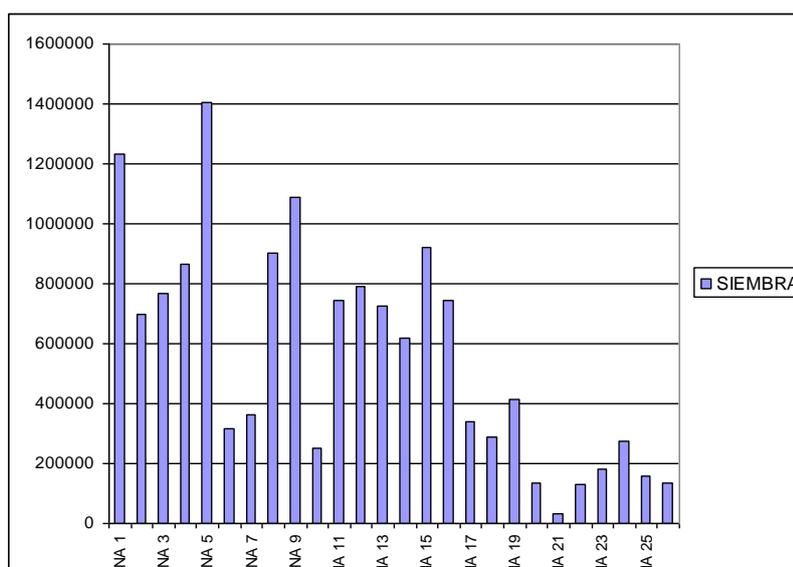
3.3.8. CAMARONERA8: TOY1

Tabla 17

***Estadísticos Descriptivos de las variables cuantitativas
de la camaronera TOY1***

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
SIEMBRA	26	32051	1404534	558669.23	376748.91	1.4E+11
COSECHA	26	470	100332	11351.92	25237.63	6.4E+08
MORTALIDAD	26	31581	1401371	547317.31	377843.17	1.4E+11
SALINIDAD	26	10.8	14.8	12.356	1.203	1.447
TEMPERATURA	26	23.7	31.9	27.948	2.443	5.967
HECTAREA	26	.580	13.440	4.72538	3.55736	12.655

Se aprecia en la Tabla 17 que en promedios para esta camaronera son 558.669 larvas de camarón sembrado por piscina en las fechas de 18/01/1998 y 12/06/2000.



**Figura 3.45. Histograma de la variable
SIEMBRA para la camaronera TOY1**

El promedio de camarón cosechado es de 11.351 camarones por piscina. (Ver Tabla 17)

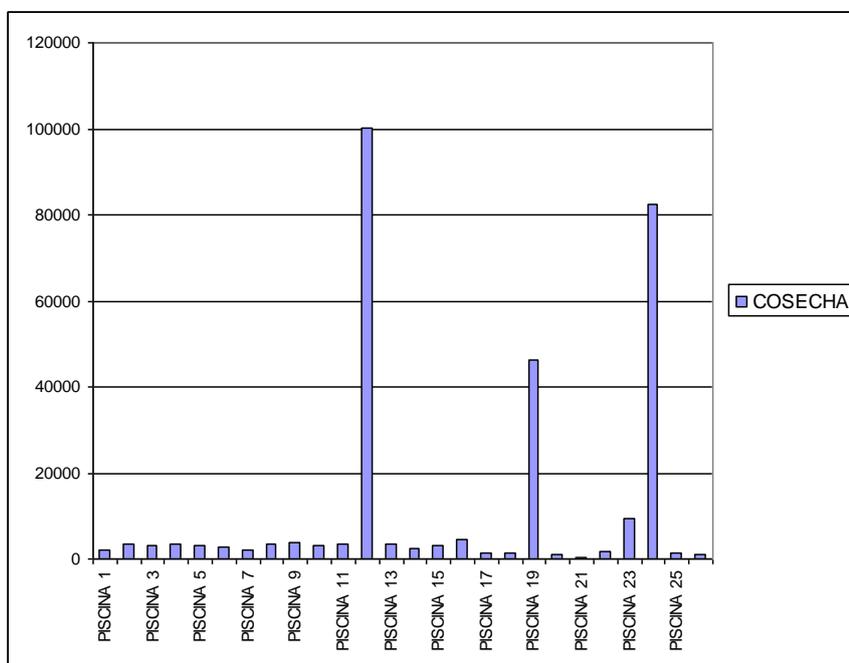


Figura 3.46. Histograma de la variable

COSECHA para la camaronera TOY1

Se nota en la Fig. 3.46 que las piscinas donde se realizaron mayor cantidad cosecha son las número 12, 19 y 24, siendo estos mayores 80.000 camarones.

Cabe recalcar que la proporción de las cosechas, no es la misma con respecto a la siembra, porque existen siembras con en la piscina 12 mayores a 600.000 larvas y solo se cosecha 100.000 camarones, existe mortalidad muy alta.

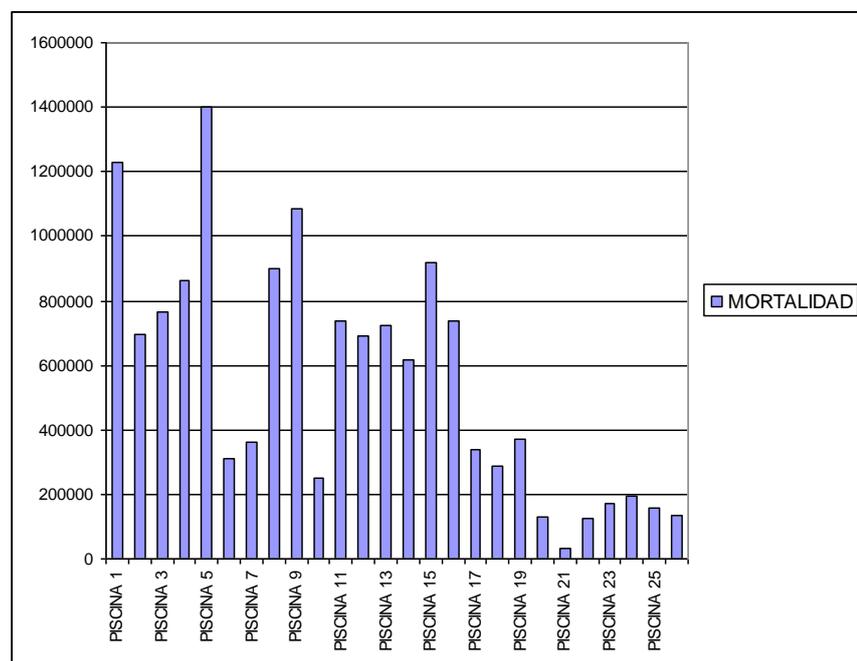


Figura 3.47. Histograma de la variable

MORTALIDAD para la camaronera TOY1

La cantidad de mortalidad que se registro en esta camaronera fue en promedio de 547.317 camarones, siendo la mayormente afectada la piscina 5.

Se observa entonces la grave situación que paso en esta época de crisis del sector camaronero, que hoy todavía no se recupera.

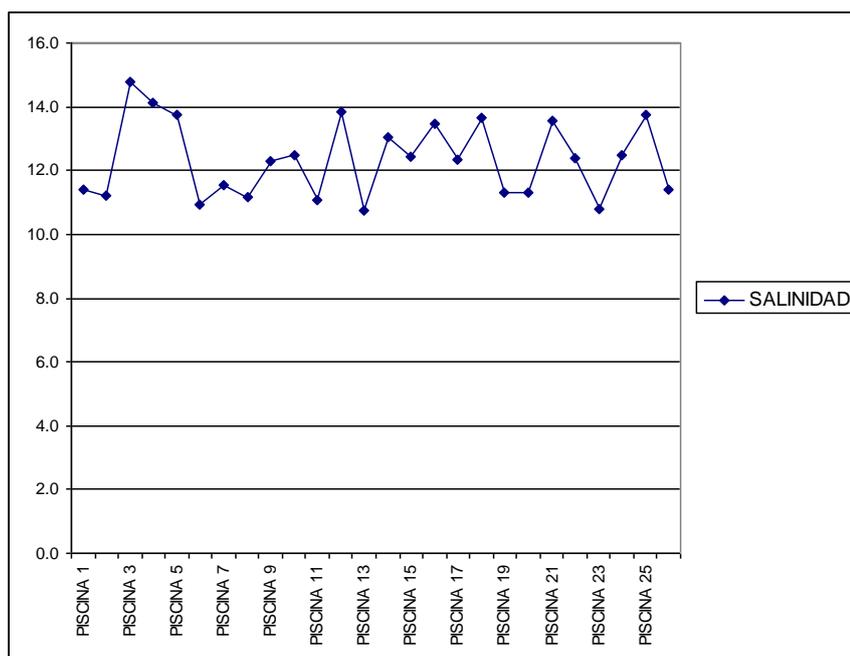


Figura 3.48. Comportamiento de la variable SALINIDAD para la camaronera TOY1

El comportamiento de la salinidad para este grupo de piscinas en promedio es de 12.3 ± 1.2 ppm., siendo los rangos fluctuantes de 10 a 16 ppm.

El nivel más alto de salinidad lo obtuvo la piscina 3 con un promedio de 14.8 ppm., así como el nivel más bajo para la piscina 13 con un promedio de 10.8 ppm.

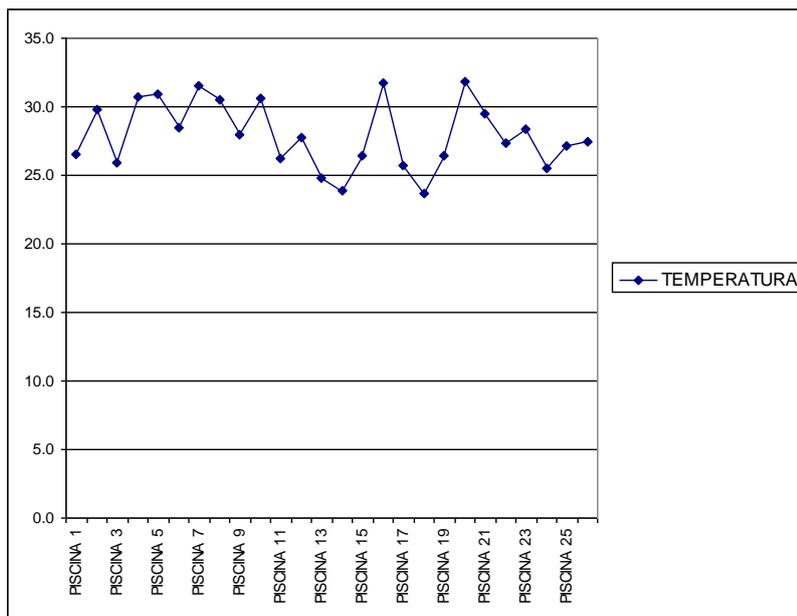
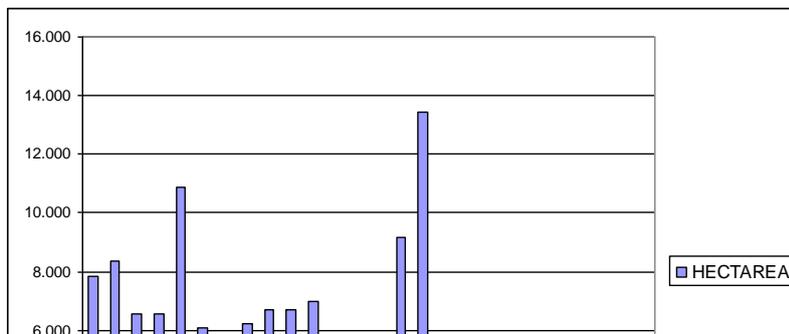


Figura 3.49. Comportamiento de la variable TEMPERATURA para la camaronera TOY1

La variable TEMPERATURA obtuvo un promedio de 27.9 ± 2.4 para el grupo de piscinas de la camaronera TOY1.



**Figura 3.50. Histograma de la variable
HECTAREA para la camaronera TOY1**

El promedio de hectáreas para las piscinas de esta camaronera es de 4.7 hect., siendo la de mayor capacidad la piscina 16 (13.4 hect.) y de menor capacidad las piscinas 18 a la 26 (Menores a 1 hect.)

3.3.9. Análisis Univariado de todas las camaroneras

Para visualizar el problema de las enfermedades de manera conjunta, juntamos todas las piscinas de las 8 camaroneras y se analizara las variables cuantitativas y cualitativas.

3.3.9.1 VARIABLE X_1 : SIEMBRA

El promedio de siembra entre las piscinas de las 8 camaroneras, esta distribuido en 4 ciclos por año, es decir que cada 3 meses concluye un ciclo de siembra, cultivo y cosecha.

Tabla 18
Frecuencia Absoluta y Relativa
de la variable SIEMBRA

Del 100% de las piscina, el 38% se sembró un promedio entre 500.000 a 1'000.000 de larvas, seguido de un 37% entre 100.000 y 500.000 larvas.

Tabla 19
Estimadores Muestrales
para la variable SIEMBRA

Regiones	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
[32051,100000)	11	0.0431
[100000,500000)	95	0.3725
[500000,1000000)	98	0.3843
[1000000,1500000)	39	0.1529
[1500000,2548328]	12	0.0470

<i>Variable SIEMBRA</i>	
<i>Media</i>	<i>674236.377</i>
<i>Mediana</i>	<i>606258</i>
<i>Desviación estándar</i>	<i>435431.218</i>
<i>Varianza de la muestra</i>	<i>1.896E+11</i>
<i>Kurtosis</i>	<i>0.75693686</i>
<i>Coefficiente de asimetría</i>	<i>0.91306856</i>
<i>Mínimo</i>	<i>32051</i>
<i>Máximo</i>	<i>2548328</i>
<i>Primer Cuartil</i>	<i>354106</i>
<i>Segundo Cuartil</i>	<i>606258</i>
<i>Tercer Cuartil</i>	<i>931977</i>
<i>Tamaño de la muestra</i>	<i>255</i>

Se observa que en promedio se sembró 674.236 larvas de camarón por piscina, para las 8 camaroneras y existió una desviación estándar de 435.431 larvas.

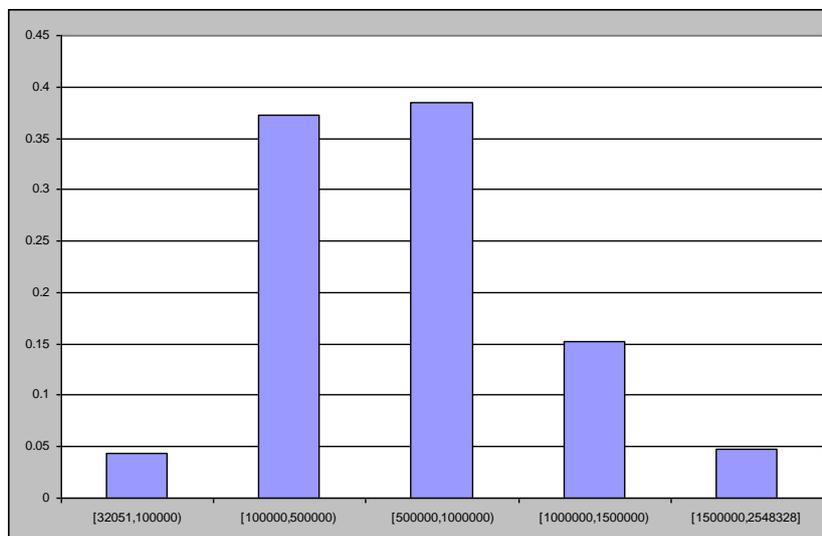


Figura 3.51. Histograma de frecuencia relativa de la variable SIEMBRA

El promedio de la siembra tiene un sesgo de 0.91306, al ser positivo, la distribución se concentra a la izquierda de la media. Además, el coeficiente de Kurtosis es de 0.7569, si el coeficiente es menor a 3, quiere decir que la distribución es platicúrtica es decir, menos picuda que una distribución normal, por lo tanto, la mayor cantidad de observaciones se encontrarán mas alejados a la media. (Ver Fig. 3.51).

El primer cuartil indica, el 25% de los promedios de siembra son menores a 354.106 larvas de camarón,

el tercer cuartil indica que el 25% de las piscinas tiene una cantidad promedio mayor a 931.977 larvas.

El segundo cuartil es la mediana de las observaciones, esta manifiesta el 50% de las piscinas contiene un promedio de siembra entre 354.106 y 931.977 larvas de camarón.

Se realizará la prueba de bondad de ajuste para determinar si la siembra sigue una distribución normal mediante el siguiente contraste de hipótesis.

$$H_0 : X_1 \sim N(674236, 1.896 \times 10^{11})$$

vs.

$$H_1 : \neg H_0$$

Tabla 20

Prueba Ji-Cuadrado para la variable SIEMBRA

Variable SIEMBRA		
Regiones	Valores observados	Valores esperados
[32051,400000)	83	15.499388
[400000,800000)	93	15.5000928
[800000,1200000)	45	15.4967103
[1200000,1600000)	26	15.4953715
[1600000,2548328]	8	15.4941033

El valor del estadístico para la prueba χ^2 es 748,38 con 4 grados de libertad y el valor de p es

$1,1625 \times 10^{-61}$, (Ver Tabla ##), por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, el promedio de la siembra para las camaroneras no sigue una distribución normal.

3.3.9.2. VARIABLE X₂: COSECHA

Respecto a la variable COSECHA en promedio se obtuvo para todas las piscinas un total de 19.438 camarones cosechados y una desviación estándar de 54.967 camarones. (Ver Tabla 22).

Tabla 21
Frecuencia Absoluta y Relativa
de la variable COSECHA

Regiones	Valor Absoluto	Valor Relativo
[343,50000)	232	0.9133
[50000,100000)	7	0.0275
[100000,150000)	7	0.0275
[150000,200000)	4	0.0157
[200000,418664]	5	0.0157

Tabla 22
Estimadores Muestrales
para la variable COSECHA

Variable COSECHA	
Media	19438.69804
Mediana	4198
Desviación estándar	54967.79307
Varianza de la muestra	3021458275
Kurtosis	27.05319114
Coefficiente de asimetría	4.920472241
Mínimo	343
Máximo	418664
Primer Cuartil	3132
Segundo Cuartil	4198
Tercer Cuartil	7778
Tamaño de la muestra	255

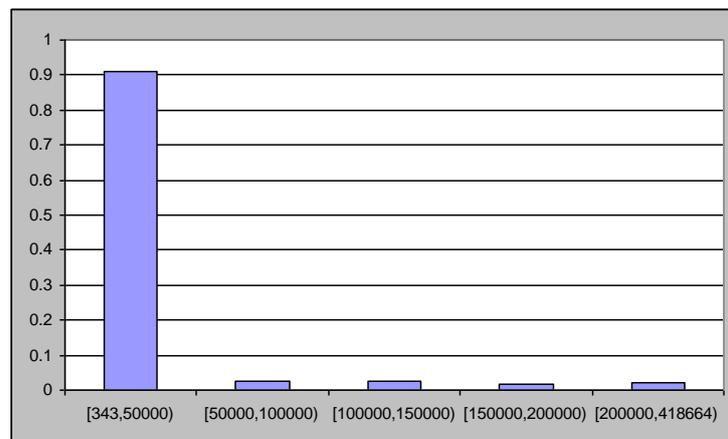


Figura 3.52. Histograma de frecuencias relativas
de la variable COSECHA

Se nota en la Tabla 22 que la Kurtosis para el promedio de siembra de las piscinas es de 27,053, por lo que es mayor a 3, es decir que la distribución de la siembra es de tipo leptocúrtica, es decir más picuda que una distribución normal, por lo tanto la mayor cantidad de observaciones se encontraran cercanos a la media. (Ver Fig. 3.52)

El sesgo del promedio de cosecha es de 4,920, por lo que es positivo, es decir la concentración es a la izquierda de la media, lo que se puede apreciar en la Fig. 3.52, así como el primer cuartil es el 25% de los promedios de cosecha para las piscinas es menor a 3.132 camarones, el tercer cuartil es el 75% de los promedios de cosecha es mayor a 7.778 camarones.

El segundo cuartil, es decir el 50% de las observaciones se encuentra entre 3.132 y 7.778 camarones.

La camaronera donde se registro el mayor número de camarones cosechados es MOP1 ya que la piscina 25 obtuvo un promedio de 418664 camarones, así como la de menor cosecha la piscina 25 de la camaronera FAF1, con 343 camarones cosechados. (Ver Fig. 3.51)

Se obtendrá la prueba de bondad de ajuste para la variable COSECHA, es decir, si sigue una distribución normal mediante el siguiente contraste de hipótesis.

$$H_0 : X_2 \sim N(19438,3021458275)$$

vs.

$$H_1 : \neg H_0$$

Tabla 23

Prueba Ji-Cuadrado para la variable COSECHA

Regiones	Valores observados	Valores esperados
[0,50000)	232	92.6647
[50000,100000)	7	92.2732
[100000,150000)	7	92.2732
[150000,200000)	4	92.2680
[200000,418664)	5	92.2697

El valor del estadístico para la prueba χ^2 es 534.12 con 4 grados de libertad y el valor de p es $2,81 \times 10^{-14}$,

(Ver Tabla 23), por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, los promedios de cosecha para todas las piscinas no siguen una distribución normal.

Cabe recalcar que obtuvieron cosechas menores a 50.000 camarones, muy pocas mayores a 100.000 y por lo que hubo mortalidades de 25% a 50% semanalmente, debido a la crisis de la mancha blanca asociada con otros tipos de enfermedades en la época de 1998 al 2000.

3.3.9.3. VARIABLE X₃: MORTALIDAD

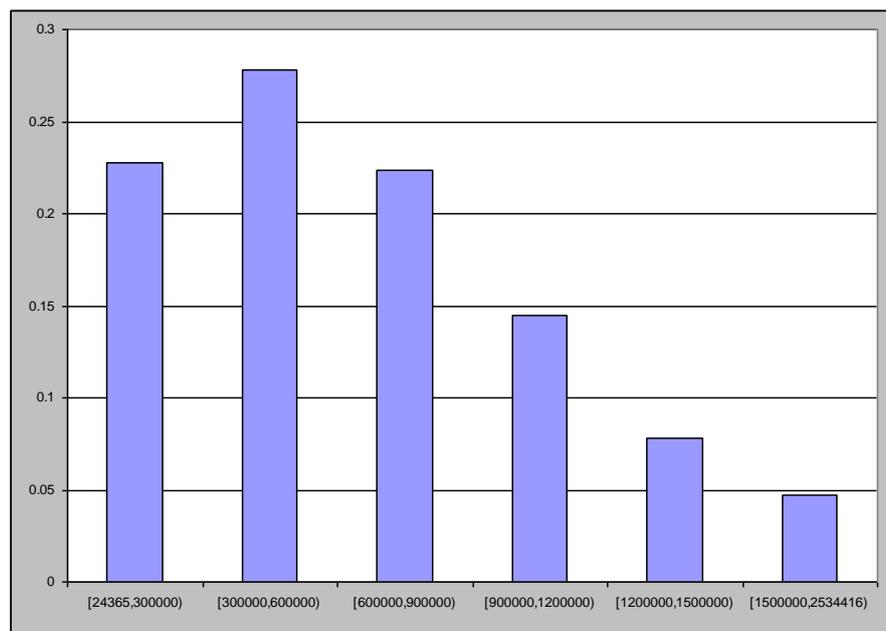
Para la variable MORTALIDAD se obtiene en promedio de 654.797 camarones y la desviación estándar de 435.172 camarones.

El coeficiente de Kurtosis es igual 0.785, por lo que es menor a 3 y su distribución es de tipo platicúrtica por lo que la picudes es menor a una distribución normal, es decir la mayor cantidad de observaciones se encuentran alejadas de la media.

Tabla 24

**Frecuencia absoluta y relativa de la
variable MORTALIDAD**

Regiones	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
[24365,300000)	58	0.227
[300000,600000)	71	0.278
[600000,900000)	57	0.224
[900000,1200000)	37	0.145
[1200000,1500000)	20	0.078
[1500000,2534416]	12	0.047



**Figura 3.53. Histograma de Frecuencias relativas de
la variable MORTALIDAD**

Notamos en la Tabla 25 que el sesgo es de 0.926, por lo que este coeficiente es positivo y esto significa que la distribución se concentra a la izquierda de la media.

El 25% de los promedios de mortalidad (Primer Cuartil) es menor a 319.200 camarones, así como el 25% de los promedios de mortalidad (Tercer Cuartil) es mayor a 919.549 camarones.

Tabla 25
Estimadores Muestrales para
la variable MORTALIDAD

<i>Variable MORTALIDAD</i>	
<i>Media</i>	654797.679
<i>Error típico</i>	27251.5578
<i>Mediana</i>	596051
<i>Desviación estándar</i>	435172.48
<i>Varianza de la muestra</i>	1.8938E+11
<i>Kurtosis</i>	0.78591787
<i>Coficiente de asimetría</i>	0.92630193
<i>Mínimo</i>	24365
<i>Máximo</i>	2534416
<i>Primer Cuartil</i>	319200
<i>Segundo Cuartil</i>	596051
<i>Tercer Cuartil</i>	919549
<i>Tamaño de la muestra</i>	255

La mediana de la variable MORTALIDAD es en promedio 590651 camarones.

Se propondrá una prueba de bondad de ajuste para la variable MORTALIDAD, es decir, si sigue una distribución normal mediante el siguiente contraste de hipótesis.

$$H_0 : X_3 \sim N(654798, 1.89 \times 10^{11})$$

vs.

$$H_1 : \neg H_0$$

Tabla 26

**Prueba Ji-Cuadrado para
la variable MORTALIDAD**

Regiones	Valores observados	Valores esperados
[0,300000)	58	16.8860
[300000,600000)	71	16.8870
[600000,900000)	57	16.8859
[900000,1200000)	37	16.8844
[1200000,1500000)	20	16.8831
[1500000,2534416]	12	16.8825

Por lo tanto el estadístico de prueba es igual a 394.75, con 5 grados de libertad y su valor de significancia p es igual a 4.011×10^{-83} (Ver Tabla 26), por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, los

promedios de mortalidad para todas las piscinas no siguen una distribución normal.

3.3.9.4. VARIABLE X₄: HECTAREA

La capacidad de cada piscina esta representada por esta variable la cual obtuvo en promedio 8.9 hect. y una desviación estándar de 6.30 hect.

La Kurtosis de la hectárea es de 1.1454, es menor a 3, por lo que la distribución es platicúrtica, es decir menos picuda que una distribución normal, así como el sesgo de la hectárea es 0.9744, al ser positivo, la distribución se concentra a la izquierda de la media.

Tabla 27

***Frecuencia Absoluta y Relativa
de la variable HECTAREA***

Regiones	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa
<10	156	0.61176471
[10,20)	79	0.30980392
[20,30)	18	0.07058824
[30,40]	2	0.00784314

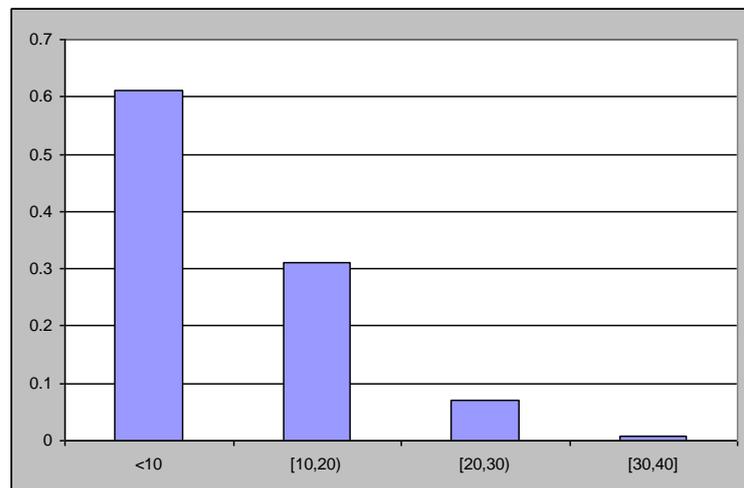


Figura 3.54. Histograma de Frecuencias Relativas para la variable HECTAREA

Tabla 28

Estimadores Muestrales de la variable HECTÁREA

Variable HECTAREA	
Media	8.906631373
Mediana	8.36
Moda	10.9
Desviación estándar	6.303389448
Varianza de la muestra	39.73271853
Kurtosis	1.145409708
Coficiente de asimetría	0.974424449
Mínimo	0.48
Máximo	33.5
Primer Cuartil	4.3
Segundo Cuartil	8.3
Tercer Cuartil	11.14
Tamaño de la muestra	255

El primer cuartil representa el 25% de las piscinas se encuentran mayor a 4,3 hect. y el tercer cuartil nos indica el 25% de las piscinas se encuentran menores a 11,14 hect. El segundo cuartil (mediana) representa el 50% de las piscinas se encuentran entre 4,3 y 11,14 hect.

Se procederá a realizar la prueba de Bondad de Ajuste con el motivo de conocer si esta variable tiende a una distribución normal, por lo que realiza el siguiente contraste de hipótesis.

$$H_0 : X_4 \sim N(8.9,39.7)$$

vs.

$$H_1 : \neg H_0$$

Tabla 29

**Prueba Ji-Cuadrado para
la variable HECTAREA**

Regiones	Valores observados	Valores esperados
[0,5)	76	255.0000
[5,10)	80	255.0000
[10,15)	59	254.9997
[15,20)	20	69.0320
[20,25)	16	31.5218
[25,30)	2	0.2732
[30,40]	2	0.2732

El valor del estadístico para la prueba χ^2 es 460,6938 con 6 grados de libertad y el valor de p es 2.449×10^{-96} , (ver tabla 29), por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, las capacidad de las piscinas no siguen una distribución normal.

Es valido mencionar en esta parte que las dimensiones de la piscina influye en la propagación de los virus por la capacidad de agua en cada piscina, mientras más pequeña es mas rápido el contagio, adicionalmente a la composición del fondo, ya que se crean algas y estas pueden ser huéspedes de bacterias, el que desencadena los factores tanto ambientales como de composición del agua en la piscina.

3.3.9.5. VARIABLE M₁: SALINIDAD

Esta variable es muy importante en nuestro análisis porque debido a un descontrol en la misma causa estrés en el camarón y con esto la propagación de las enfermedades.

Tabla 30
Frecuencias Absolutas y Relativas
de la variable SALINIDAD

Regiones	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
< 15	31	0.1216
[15,20)	44	0.1725
[20,25)	63	0.2471
[25,30)	47	0.1843
[30,35)	54	0.2118
[35,42]	16	0.0627

Podemos apreciar en la Tabla 31 los estimadores de la variable SALINIDAD, donde se obtuvo en promedio 24.4 ± 7.3 ppm concentración de salinidad entre las piscinas de las 8 camaroneras.

Existe el 24.7% para las piscinas que contienen rangos promedios de salinidad de 20 a 25 ppm., le sigue el 21% para los rangos promedios de salinidad entre 30 a 35 ppm. Estos son los rangos más utilizados en salinidad promedio para las piscinas de la muestra. (Ver Tabla 30).

Tabla 31
Estimadores Muestrales de la
variable SALINIDAD

Variable SALINIDAD	
Media	24.47766624
Mediana	24.29577013
Desviación estándar	7.323240557
Varianza de la muestra	53.62985225
Kurtosis	-0.849652611
Coficiente de asimetría	-0.072499183
Rango Intercuartílico	32.48405697
Mínimo	10.16888959
Máximo	42.65294656
Primer Cuartil	19
Segundo Cuartil	24.3
Tercer Cuartil	30.5
Tamaño de la muestra	255

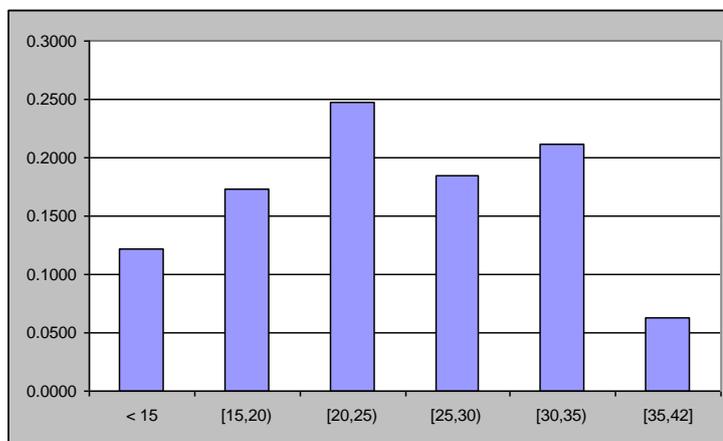


Figura 3.55. Histograma de frecuencias relativas
de la variable SALINIDAD

El sesgo del promedio de salinidad es de -0.072 , al ser negativo, la distribución se centra a la derecha de la media y el coeficiente de Kurtosis es -0.849 , por lo que es menor a 3, esto quiere decir que tiene una distribución platicúrtica.

El primer cuartil indica, el 25% de los promedios de salinidad son menores 19 ppm., el tercer cuartil indica que el 25% de las piscinas tienen un promedio mayor a 30,5 ppm. La mediana (segundo cuartil) es el 50% de los promedios de salinidad, el cual se encuentra entre 19 y 30,5 ppm.

Para conocer si estos datos tienden a una distribución normal, se realiza la prueba de bondad de ajuste, por lo que se postula la siguiente prueba de hipótesis.

$$H_0 : M_1 \sim N(24.47, 53.62)$$

vs.

$$H_1 : \neg H_0$$

Tabla 32
Prueba Ji-Cuadrado para la
variable SALINIDAD

Regiones	Valores observados	Valores esperados
[0,15)	31	207.5251
[15,20)	44	254.0272
[20,25)	63	255.0000
[25,30)	47	254.7342
[30,35)	54	254.9930
[35,42]	16	31.5218

El estadístico para la prueba tiene un valor de 803.84 con 5 grados de libertad y el valor de significancia p es de 1.7025×10^{-171} , por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir el promedio de salinidad para las piscinas no sigue una distribución normal.

3.3.9.6. VARIABLE M₂: TEMPERATURA

Uno de los principales problemas que tienen las camaroneras es el control de esta variable, debido que puede afectar el Fenómeno del Niño la variabilidad de la misma con cambios bruscos de temperatura con la cantidad de precipitaciones

sobre las piscinas y la temperatura del agua al ingresar a la camaronera.

En promedio se obtuvo para la temperatura de las piscinas es 28.23 ± 2.98 °C.

Tabla 33

***Frecuencia absoluta y Relativa
de la variable TEMPERATURA***

Regiones	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
< 22	6	0.0235
[22,24)	13	0.0509
[24,26)	40	0.1568
[26,28)	64	0.2509
[28,30)	56	0.2196
[30,32)	51	0.2
[32,34)	17	0.0666
> 34	8	0.0313

Cabe recalcar que el 25% de las piscinas se encuentran con temperatura promedio entre 26 y 28 °C., el 21% entre 28 y 30°C, luego el 15% entre 24 y 26 °C., el 6% entre 32 y 34 °C., el 5% entre 22 y 24°C., el 3% mayor a 34°C y el 2% menores a 22°C.

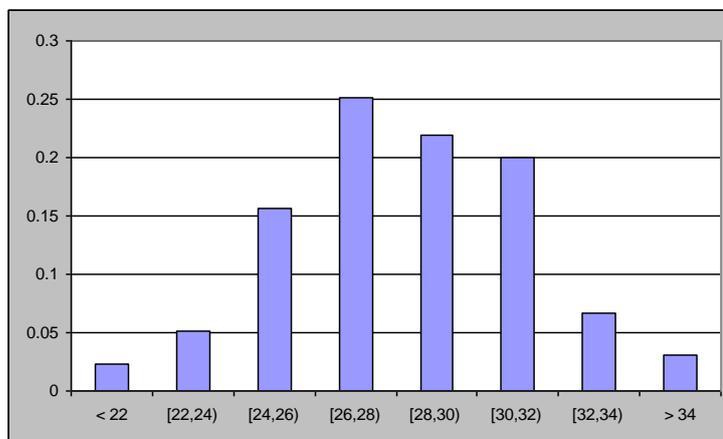


Figura 3.56. Histograma de Frecuencias relativas para la variable TEMPERATURA

Tabla 34

Estimadores Muéstrales de la variable TEMPERATURA

Variable TEMPERATURA	
Media	28.2366304
Mediana	28.2195757
Desviación estándar	2.98764307
Varianza de la muestra	8.92601112
Kurtosis	-0.24296196
Coficiente de asimetría	-0.00829019
Mínimo	20.3767958
Máximo	35.1991028
Primer Cuartil	26.1
Segundo Cuartil	28.2
Tercer Cuartil	30.6
Tamaño de la muestra	255

El sesgo del promedio de temperatura es -0.00829 , lo que es negativo e implica que la distribución se encuentra recargada hacia la derecha de la media. El valor de la Kurtosis es de -0.2429 , si es menor a 3, significa que la distribución es platicúrtica, es decir, menos parecida a una distribución normal por lo que menor cantidad de observaciones se encuentran cercanos a la media.

El primer cuartil, indica el 25% de las piscinas tiene en promedio una temperatura menor a 26.1°C . , el tercer cuartil señala el 25% de las piscinas tiene en promedio una temperatura mayor a 30.6°C . El segundo cuartil, es decir la mediana, manifiesta que el 50% de las piscinas tiene un promedio de temperatura entre 26.1°C y 30.6°C . (Ver Fig. ##)

Para verificar si el promedio de temperatura tiende a una distribución normal, realizamos la prueba de Bondad de ajuste, postulando el siguiente contraste de hipótesis.

$$H_0 : M_2 \sim N(28.2, 8.9)$$

vs.

$$H_1 : \neg H_0$$

Tabla 35

**Prueba Ji-Cuadrado para
la variable TEMPERATURA**

Regiones	Valores observados	Valores esperados
[0,22)	6	0.0000
[22,24)	13	0.0000
[24,26)	40	254.9899
[26,28)	64	255.0000
[28,30)	56	255.0000
[30,32)	51	255.0000
[32,34)	25	36.0224

El valor del estadístico para la prueba χ^2 es 2.6884×10^{12} con 6 grados de libertad y el valor de p es 0, (Ver Tabla 35), por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, el promedio de temperatura de las piscinas no siguen una distribución normal.

Causa de los cambios bruscos de temperatura y salinidad son los mayores agentes del estrés del camarón, que en general da la aparición del virus de la mancha blanca en la Provincia. El mayor efecto

pernicioso de la temperatura se ha notado en sus variaciones amplias y bruscas, típicas del verano o del cambio de estación, encontrándose, sin embargo, que por debajo de 26 °C en general, la sobrevivencia decayó sensiblemente. (S. Roa 2000). Esta es una de las razones por la mala producción de las camaronas en el análisis.

La salinidad y la temperatura, marcan ya la época de producción mala y de producción buena, que se tipifican en mayor o menor grado según la zona.

En zonas consideradas de estero, existen salinidades que se mantienen por encima de 20 ppm, las sobrevivencias se mantienen bajas y no muestran tendencia a la recuperación al alcanzar y sobrepasar el rango de los 26 °C de temperatura. (S. Roa 2000)

En cambio en zonas consideradas de mar, con salinidades alrededor de 30 ppm, las sobrevivencias fueron cayendo paulatina y regularmente,

mostrándose esta zona de salinidad tan deprimida como la anterior. (S. Roa 2000)

Sin embargo, camaroneras ubicadas en la zona de Palmar, con acceso directo al mar presentan sobrevivencias alrededor del 30% y se mencionan dos casos donde las sobrevivencias mejoraron sensiblemente cuando la salinidad giró alrededor de los 40 ppm. Se crea el interrogante ¿Es el factor salinidad o es el factor de dilución de la carga viral del agua vía agua dulce o vía agua oceánica, más limpia en este sentido, lo que determina el mejor desempeño?.

Lo anterior nos evidencia que hay zonas y condiciones temporales de salinidad y temperatura que crean un ambiente propicio para cultivar el camarón con mayor expectativa de éxito que otras. (S. Roa 2000)

He ahí el hecho de obtener salinidades en promedio de 24,4 ppm. y 28,2 °C para todas las camaroneras, las causantes de estresar a los camarones, factor primordial en el desequilibrio de las enfermedades.

3.3.9.7. VARIABLE E₁: METODO

La variable METODO contiene la información del tipo de análisis aplicado a la piscina, para obtener que tipos de enfermedades fueran la causa de la mortalidad de camarones.

Al medir la variable METODO, se obtuvo que un 52% de las piscinas utilizan la técnica de PCR para analizar las enfermedades, el 29% utilizan técnicas Inmunológicas, el 15% técnicas Histológicas y el 4% técnicas de Biología Molecular (Dot – Blot).

La variable METODO es de tipo cualitativo para las piscinas, por lo que nos referimos a la moda como la medida de tendencia central más indicada para el estudio, en este caso es 4, esto quiere decir que el

análisis de PCR es el más utilizado por las piscinas en el análisis.

Tabla 36
Frecuencias Absoluta y Relativa
de la variable METODO

COD_MET	METODO	DESCRIPCION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	HIS	Técnica de Histología	38	0.1490
2	VIS	Técnicas Inmunológicas	75	0.2941
3	DOT	Biología Molecular (Dot – Blot)	10	0.0392
4	PCR	Reacción de la Polimerasa	132	0.5176

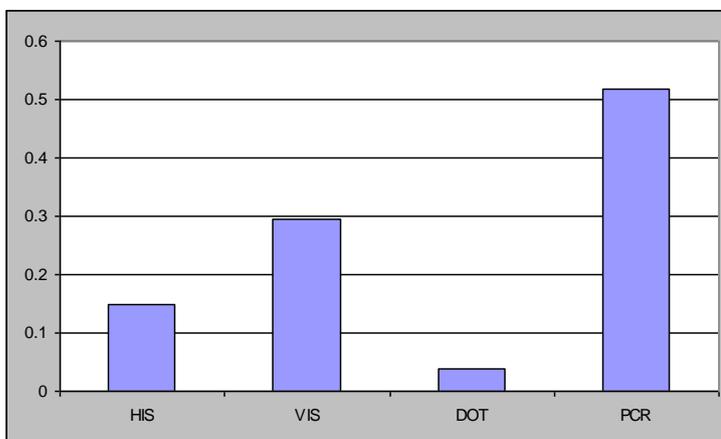


Figura 3.57. Histograma de Frecuencias
Relativas para la variable METODO

Tabla 37
Estimadores Muestrales de
la variable METODO

<i>Variable METODO</i>	
<i>Media</i>	2.9254902
<i>Mediana</i>	4
<i>Moda</i>	4
<i>Desviación estándar</i>	1.18651265
<i>Varianza de la muestra</i>	1.40781226
<i>Kurtosis</i>	-1.5035634
<i>Coficiente de asimetría</i>	-0.39663536
<i>Tamaño de la muestra</i>	255

Notamos en la Tabla 37 que la distribución es platicúrtica debido a que la Kurtosis es -1.503 , es decir menor a 3, adicionalmente se observa que el sesgo es -0.396 , al ser negativo la distribución se recarga a la derecha de la media, con un suficiente respaldo por el 52% de piscinas que usan la técnica de PCR. Este método de diagnóstico es el mayormente utilizado por todas las camaroneras, debido a que se lo aplica para diagnosticar el virus de la mancha blanca y su resultado es muy confiable.

3.3.9.8. VARIABLE E₂: WHITE_SPOT

Esta variable indica el resultado de la prueba realizada en cuanto al virus de la mancha, es decir el nivel de concentración del virus en la piscina. Cabe recalcar que los resultados obtenidos por la pruebas, tienen un nivel de NO AMPLIFICACIÓN, el cual dice que se necesitara de otra muestra de esa piscina para estar seguro de que no tiene el virus. Este nivel se lo considero en el análisis como NG = Ninguno.

Tabla 38

***Frecuencias absoluta y relativa
de la variable WHITE_SPOT***

COD_WS	WHITE_SPOT	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
0	Negativo	5	0.0196
1	Leve	30	0.1176
2	Fuerte	220	0.8627

En relación de los resultados que se obtuvo de las pruebas para la mancha blanca, del 100% de las piscinas (225) el 86% obtuvieron un resultado Fuerte (220), el 12% resultados leves (30) y solo el 2% ninguno (5).

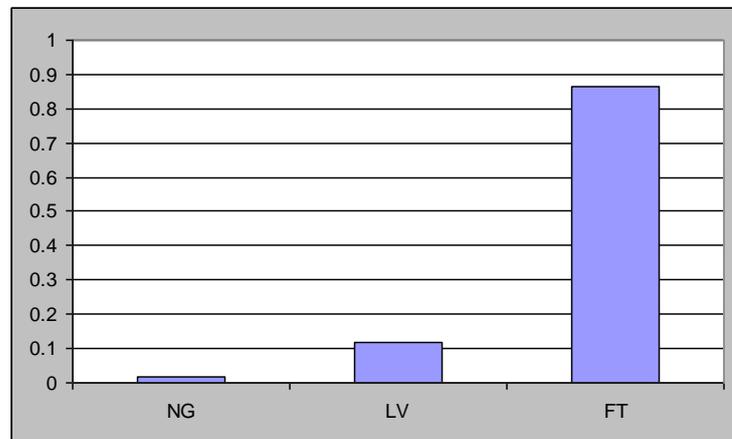


Figura 3.58. Histograma de Frecuencia Relativa de la variable WHITE_SPOT

Del 2% que obtuvo Ninguno en sus resultados, tienen otro tipo de enfermedades, como las Gregarinas, Necrosis, etc. y se menciona que las piscinas con niveles fuertes obtuvieron hasta 2 diferentes tipos de enfermedades asociadas con la mancha blanca y su mortalidad alcanzó a niveles del 50% semanalmente.

Tabla 39
Estimadores Muestrales de
la variable WHITE_SPOT

<i>Variable WHITE_SPOT</i>	
<i>Media</i>	1.84313725
<i>Mediana</i>	2
<i>Moda</i>	2
<i>Desviación estándar</i>	0.41490674
<i>Varianza de la muestra</i>	0.1721476
<i>Kurtosis</i>	6.89376794
<i>Coefficiente de asimetría</i>	-2.6911023
<i>Tamaño de la muestra</i>	255

El sesgo es $-2,691$ lo que indica que al ser negativo su distribución se recarga hacia la derecha de la media, el coeficiente de Kurtosis es mayor a 3, por lo que es una distribución leptocúrtica, es decir, tiene mayor picudes que una distribución normal.

3.3.9.9. VARIABLE E₃: ENFERMEDAD

Para este estudio se analizaron las enfermedades que más predominaron adicionalmente al virus de la mancha blanca y las que se registro en la base de datos proporcionada.

Tabla 40
Frecuencias Absoluta y Relativa
de la variable ENFERMEDAD

COD_ENFER	ENFERMEDAD	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
2	IHHNV	145	0.5686
1	GREG	87	0.3411
0	NG	23	0.0901

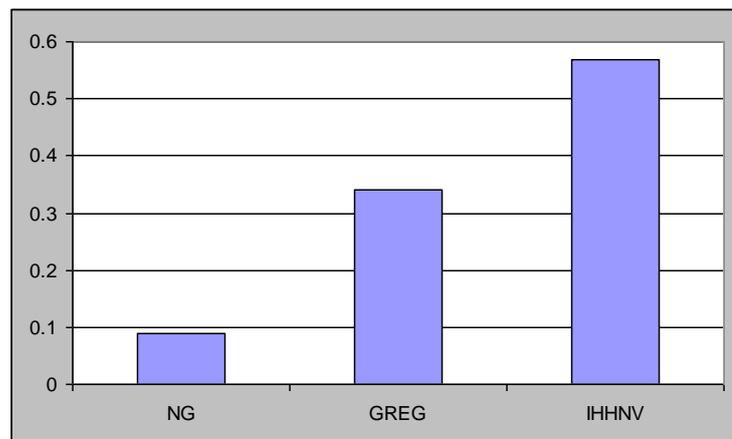


Figura 3.59. Histograma de frecuencias relativas
de la variable ENFERMEDAD

Las enfermedades más frecuentes para todas las piscinas, son IHHNV y las Gregarinas, con un porcentaje de 57% y 34% respectivamente. Solo el 9% de las piscinas no obtuvieron ninguna enfermedad adicional al virus de la mancha blanca.

Para el análisis se tomo en consideración que camaronas registran un campo COMENTARIO, el que es a medida de pregunta abierta, lo que afecto a la piscina y el porcentaje de mortalidad semanal o mensual que se obtuvo.

Tabla 41

Estimadores Muestrales

para la variable ENFERMEDAD

<i>Variable ENFERMEDAD</i>	
<i>Media</i>	<i>1.47843137</i>
<i>Mediana</i>	<i>2</i>
<i>Moda</i>	<i>2</i>
<i>Desviación estándar</i>	<i>0.65697761</i>
<i>Varianza de la muestra</i>	<i>0.43161958</i>
<i>Kurtosis</i>	<i>-0.32725006</i>
<i>Coficiente de asimetría</i>	<i>-0.88550583</i>
<i>Tamaño de la Muestra</i>	<i>255</i>

La ENFERMEDAD tiene una moda de 2; la codificación corresponde al virus de necrosis infecciosa del tejido hipodérmico y hematopéyico). (IHHVN).

Al medir la variable ENFERMEDAD, se observo que el sesgo es -0.885 , al ser negativo, la distribución se encuentra a la derecha de la media, así como la Kurtosis es -0.327 , si el coeficiente es menor a 3, tiene una distribución platicúrtica, es decir, tiene menor picudez que una distribución normal.

3.4. Análisis Multivariado

Este tipo de análisis se aplica para inferir acerca de dos o más variables. Se propondrá realizar un análisis de la matriz de correlaciones, para así conocer la intensidad de la relación lineal entre las variables (sección 3.4.1), obtener las tablas de contingencia para determinar cuales variables son estadísticamente dependientes (sección 3.4.2) y adicionalmente los componentes principales para todas las piscinas (sección 3.4.3).

Los cálculos estadísticos se realizarán utilizando los paquetes estadísticos SPSS 10.0, SYSTAT 7.0 y STATGRAPHICS 2.0

3.4.1. Matriz de Correlaciones

La Matriz de Correlación tiene como elementos los coeficientes de correlación ρ_{ij} , éstos miden la relación lineal existente entre las variables.

Debido a que el estudio de las enfermedades del camarón se sustenta en una muestra se trabajará entonces con el estimador de ρ_{ij} . Siendo el estimador del coeficiente de correlación:

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

Se tomo en consideración realizarlo para las 8 camaroneras y así obtener las correlaciones existentes entre sus variables.

Tabla 42**Matriz de Correlaciones**

	X_1	X_2	X_3	X_4	M_1	M_2	E_1	E_2	E_3
X_1	1.000	0.068	0.992	0.537	-0.003	-0.032	-0.054	-0.400	0.010
X_2	0.068	1.000	-0.058	-0.210	0.089	-0.024	-0.344	0.026	0.005
X_3	0.992	-0.058	1.000	0.564	-0.014	-0.029	-0.011	-0.403	0.010
X_4	0.537	-0.210	0.564	1.000	0.126	0.010	-0.058	-0.308	0.068
M_1	-0.003	0.089	-0.014	0.126	1.000	-0.048	-0.056	-0.019	0.122
M_2	-0.032	-0.024	-0.029	0.010	-0.048	1.000	0.036	0.179	0.013
E_1	-0.054	-0.344	-0.011	-0.058	-0.056	0.036	1.000	-0.120	-0.128
E_2	-0.400	0.026	-0.403	-0.308	-0.019	0.179	-0.120	1.000	0.061
E_3	0.010	0.005	0.010	0.068	0.122	0.013	-0.128	0.061	1.000
X_1	SIEMBRA								
X_2	COSECHA								
X_3	MORTALIDAD								
X_4	HECTÁREA								
M_1	SALINIDAD								
M_2	TEMPERATURA								
E_1	METODO								
E_2	WHITE_SPOT								
E_3	ENFERMEDAD								

Para esta investigación es relevante que el estimador del coeficiente de correlación sea mayor o igual a 0,5 o menor o igual a $-0,5$ ($|\hat{\rho}_{ij}| \geq 0,5$), ya que existen correlaciones muy bajas entre las variables.

A continuación se explicará la relación lineal entre algunas variables de producción y capacidad, variables medioambientales y de enfermedades.

El estimador del coeficiente de correlación de 0,992 refiere que existe una alta relación lineal entre el promedio de siembra de las piscinas y el promedio de la mortalidad, ya que a mayor siembra se registrara mayor mortalidad y viceversa. (Ver Fig. 3.60)

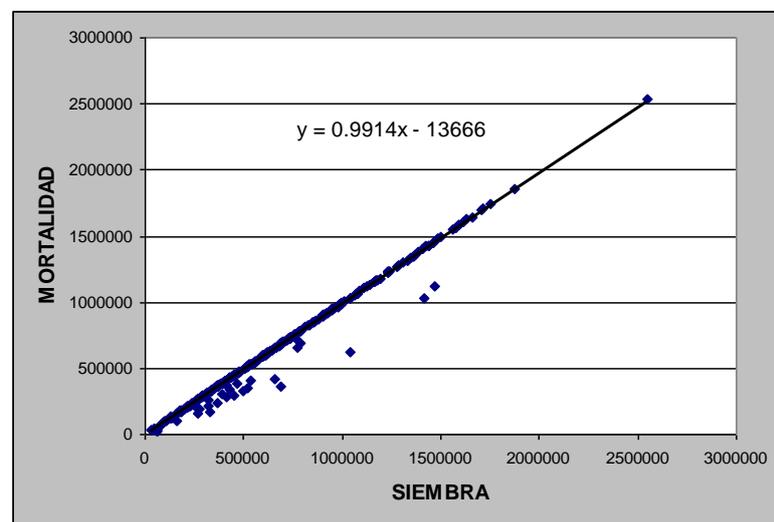


Figura 3.60. Gráfico de Dispersión de las variables

SIEMBRA vs. MORTALIDAD

Las variables que representan el promedio de mortalidad y la hectárea de las piscinas tienen un coeficiente de correlación 0.564, es decir, tienen una relación lineal fuerte, ya que a mayor mortalidad, mayor número de hectáreas tiene la piscina y viceversa. (Ver Fig. 3.61)

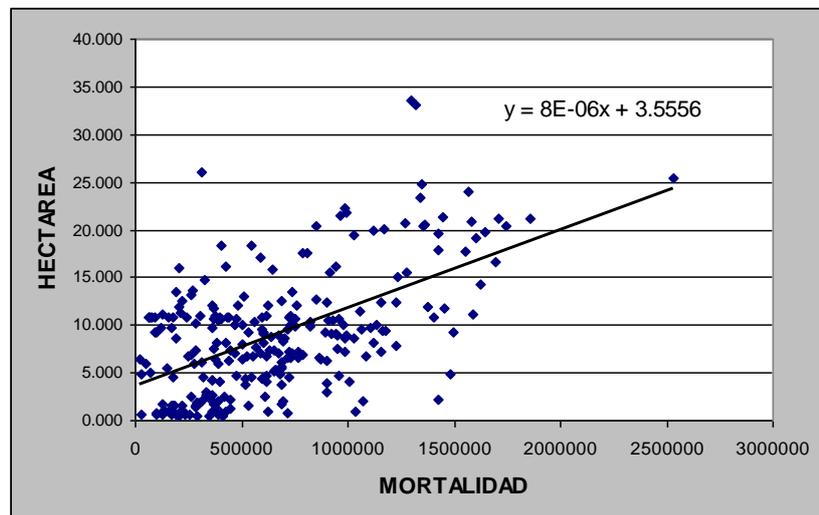


Figura 3.61. Gráfico de Dispersión de las variables

MORTALIDAD vs. HECTAREA

Existe una alta relación lineal entre el promedio de siembra de las piscinas y la capacidad de la piscina (HECTÁREA), con un estimador del coeficiente de correlación de 0,537, esto quiere decir que el promedio de siembra para las piscinas esta acorde con la capacidad de la misma. (Ver Fig. 3.62)

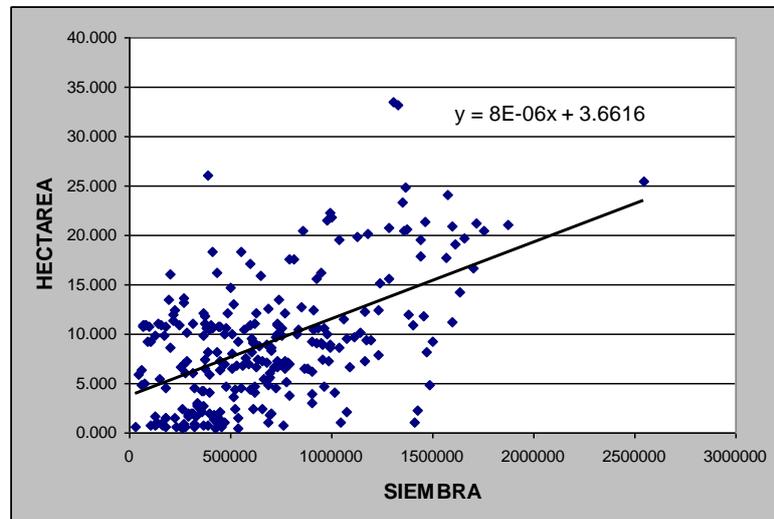


Figura 3.62. Gráfico de dispersión de la variable

HECTÁREA vs. SIEMBRA

Existen coeficientes de correlación que son menores al rango dispuesto, pero se pueden mencionar los que refieren a las enfermedades del camarón, las que se analizarán por tablas de contingencia.

- El promedio de siembra y la concentración del virus de la mancha blanca en la piscina.
- El promedio de mortalidad y la concentración del virus de la mancha blanca en la piscina.

3.4.2. Tablas de Contingencia

La Tabla de Contingencia es un arreglo matricial de f filas y c columnas, donde f es el número de niveles del factor 1 o de la variable X_i y c es el número de niveles del factor 2 o la variable X_j , cada variable debe tener al menos dos niveles los cuales deben ser exhaustivos y mutuamente excluyentes.

Las tablas de contingencia sirven para determinar la dependencia o independencia de dos variables aleatorias X_i y X_j .

Factor 1 \ Factor 2	Nivel 1	Nivel 2	...	Nivel c	
Nivel 1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1c}	$X_{1.}$
Nivel 2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2c}	$X_{2.}$
...
Nivel f	X_{f1}	X_{f2}	...	X_{fc}	$X_{f.}$
	$X_{.1}$	$X_{.2}$...	$X_{.c}$	

En el presente estudio, analizamos las tablas de contingencia para variables cuantitativas y cualitativas, donde X_{ij} es el número de unidades de investigación sometidas al i -ésimo nivel del factor 2 y el j -ésimo nivel del factor 1 y

$$X_{.i} = \sum_{j=1}^c X_{ij}$$

$$X_{.j} = \sum_{i=1}^f X_{ji}$$

Para el análisis de tablas de contingencia se postula el siguiente contraste de hipótesis.

H_0 : *Los factores 1 y 2 son independientes*

vs.

$H_1 : \neg H_0$ (*Los factores no son independientes*)

El estadístico de prueba es:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^f \sum_{j=1}^c \frac{(X_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

donde E_{ij} son los valores esperados sometidos al i -ésimo nivel del j -ésimo factor.

Bajo las condiciones teóricas, es decir una distribución χ^2 , con $(f-1)(c-1)$ grados de libertad. Si $\chi^2 > \chi_{\alpha}^2 (f-1)(c-1)$, con $(1-\alpha)100\%$ de confianza, entonces se rechaza H_0 a favor de H_1 .

- **Promedio de Cosecha (COSECHA) vs. Promedio de Siembra (SIEMBRA)**

Factor 1

Promedio de Cosecha

Dividimos los datos en 3 rangos distintos, los cuales son:

- Menor a 5.000 camarones.
- De 5.000 a 10.000 camarones.
- Mayor a 10.000 camarones.

Factor 2

Promedio de Siembra

Dividimos los datos de esta variable en 3 rangos distintos:

- Menor a 500.000 larvas.
- De 500.000 a 1'000.000 larvas.
- Mayor a 1'000.000 larvas.

H_0 : El promedio de siembra y el promedio de cosecha de las piscinas son independientes

vs.

$H_1 : \neg H_0$

Tabla 43

Tabla de Contingencias para las variables

SIEMBRA vs. COSECHA

SIEMBRA	COSECHA			Total
	< 5000	5.000 – 10.000	>10.000	
< 500.000	79	9	18	106
500.000 – 1'000.000	71	19	8	98
> 1'000.000	11	19	21	51
Total	161	47	47	255

El valor del estadístico de prueba χ^2 es de 53.0599 con 4 grados de libertad, y su valor de significancia p es 8.279×10^{-11} , por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, que el promedio de cosecha en la piscina es dependiente del promedio de siembra.

- **Promedio de salinidad en la piscina (SALINIDAD) vs. Promedio de Temperatura en la piscina (TEMPERATURA)**

Factor 1

Promedio de Temperatura.

Dividimos los datos en 4 rangos distintos, los cuales son:

- Menor a 26 °C.
- De 26 a 28 °C.
- De 28 a 30 °C.
- Mayor a 30 °C.

Factor 2

Promedio de Salinidad

Dividimos los datos de esta variable en 3 rangos distintos:

- Menor a 15 ppm.
- De 15 a 20 ppm.
- De 20 a 25 ppm.
- De 25 a 30 ppm.
- Mayor a 30 ppm.

H₀: El promedio de salinidad y el promedio de temperatura en la piscina son independientes

vs.

H₁: ¬H₀

Tabla 44**Tabla de Contingencias para las variables****SALINIDAD vs. TEMPERATURA**

SALINIDAD	TEMPERATURA				Total
	< 26 °C	26 a 28 °C	28 a 30 °C	>30 °C	
<15 ppm	8	11	5	7	31
15 a 20 ppm	7	11	10	16	44
20 a 25 ppm	13	17	15	18	63
25 a 30 ppm	12	12	10	13	47
> 30 ppm	19	13	16	22	70
Total	59	64	56	76	255

Al observar la Tabla 43 podemos conocer que la mayor unidad de investigación se encuentra entre los niveles de salinidad y temperatura mayores a 30 ppm. y 30 °C. El valor del estadístico de prueba para esta tabla de contingencia es de 6.4448, con 12 grados de libertad y su valor de significancia p es 0.8920 ($p > 0.1$), por lo tanto se acepta la hipótesis nula, es decir que el promedio de salinidad y el promedio de temperatura son independientes.

Tabla 45**Resumen de algunas Tablas de Contingencia**

Contraste		Valor p	Conclusión
Promedio de Siembra (X ₁)	vs. Promedio de Salinidad (M ₁)	0,3138	Independientes
Promedio de Siembra (X ₁)	vs. Promedio de Temperatura (M ₂)	0,2358	Independientes
Promedio de Siembra (X ₁)	vs. Nivel de concentración de mancha blanca (E ₂)	0,0306	Independientes
Promedio de Siembra (X ₁)	vs. Método de Diagnostico (E ₁)	1,751X10 ⁻⁷	Dependientes
Promedio de Siembra (X ₁)	vs. Enfermedad (E ₃)	0,6071	Independientes
Promedio de Cosecha (X ₂)	vs. Promedio de Mortalidad (X ₃)	5,740X10 ⁻⁷	Dependientes
Promedio de Cosecha (X ₂)	vs. Promedio de Salinidad (M ₁)	0,4870	Independientes
Promedio de Cosecha (X ₂)	vs. Promedio de Temperatura (M ₂)	0,4646	Independientes
Promedio de Cosecha (X ₂)	vs. Nivel de concentración de mancha blanca (E ₂)	1,911X10 ⁻⁸	Dependientes
Promedio de Cosecha (X ₂)	vs. Método de Diagnostico (E ₁)	1,381X10 ⁻⁶	Dependientes
Promedio de Cosecha (X ₂)	vs. Enfermedades (E ₃)	0,5978	Independientes
Promedio de Cosecha (X ₂)	vs. Hectárea de la piscina (X ₄)	1,33X10 ⁻¹³	Dependientes
Promedio de Mortalidad (X ₃)	vs. Promedio de Salinidad (M ₁)	0,5244	Independientes
Promedio de Mortalidad (X ₃)	vs. Promedio de Temperatura (M ₂)	0,2932	Independientes
Promedio de Mortalidad (X ₃)	vs. Nivel de concentración de mancha blanca (E ₂)	2,352X10 ⁻⁸	Dependientes
Promedio de Mortalidad (X ₃)	vs. Método de Diagnostico (E ₁)	4,443X10 ⁻⁶	Dependientes
Promedio de Mortalidad (X ₃)	vs. Enfermedades (E ₃)	1,457X10 ⁻⁷	Dependientes
Promedio de Salinidad (M ₁)	vs. Hectárea de la piscina (X ₄)	5,901X10 ⁻⁶	Dependientes
Promedio de Salinidad (M ₁)	vs. Nivel de concentración de mancha blanca (E ₂)	0,1014	Independientes
Promedio de Salinidad (M ₁)	vs. Método de Diagnostico (E ₁)	0,016	Dependientes
Promedio de Salinidad (M ₁)	vs. Enfermedades (E ₃)	0,0800	Independientes
Promedio de Temperatura (M ₂)	vs. Hectárea de la piscina (X ₄)	0,2341	Independientes
Promedio de Temperatura (M ₂)	vs. Nivel de concentración de mancha blanca (E ₂)	0,2656	Independientes

CONTINUACIÓN Tabla 45

Contraste		Valor p	Conclusión
Promedio de Temperatura (M ₂)	vs. Método de Diagnostico (E ₁)	0,0045	Dependientes
Promedio de Temperatura (M ₂)	vs. Enfermedades (E ₃)	0,1872	Independientes
Hectárea de la piscina (X ₄)	vs. Nivel de concentración de mancha blanca (E ₂)	0,0381	Independientes
Hectárea de la piscina (X ₄)	vs. Método de Diagnostico (E ₁)	1,05X10 ⁻¹⁰	Dependientes
Hectárea de la piscina (X ₄)	vs. Enfermedades (E ₃)	0,3927	Independientes
Nivel de concentración de mancha blanca (E ₂)	vs. Método de Diagnostico (E ₁)	0,1390	Independientes
Nivel de concentración de mancha blanca (E ₂)	vs. Enfermedades (E ₃)	0,1146	Independientes
Método de Diagnostico (E ₁)	vs. Enfermedades (E ₃)	0,0899	Independientes

La temperatura del agua en la piscina afecta a su densidad, viscosidad, así como a la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas. Esta es una de las razones, por el cual se desencadena el nivel de afección del virus, ya que al obtener mayor velocidad en la reacción química viral en una piscina dependerá del porcentaje de mortalidad que se obtenga, sea este fuerte o leve. Muchas veces la mortalidad que se obtiene cuando la afección es fuerte se debe a que, en partes del año existen cambios muy bruscos de temperatura, ya que las reacciones químicas biológicas se duplican por cada 10 °C de incremento. (M.sc. E. Arellano 1984).

Los datos del estudio se ajustan a los niveles de temperatura, como a la afección del virus de la mancha blanca, ya que la cantidad de mortalidad que existió en las piscinas de las camaroneras fue alta, y una de las razones por que las enfermedades se propagaron es el hecho de que esta variable no se la controló, tanto en la superficie como en el fondo de la piscina, en niveles apropiados para el cultivo del camarón, ya que se obtiene una estratificación termal y obtener valores exactos para cada parte de la piscina. Esto influye mucho en las épocas de siembra, ya que se necesita controlar mucho esta variable (TEMPERATURA), por ejemplo en la etapa de aclimatación de las larvas.

La salinidad, así como la temperatura, es un factor importantísimo para el cultivo y desarrollo del camarón, ya que incide si se lo realiza en piscinas con entradas de mar (salinidad alta), utilizar entradas del estero o ríos salobres para las camaroneras al interior de la provincia (salinidad media y baja, según clima) o la combinación adecuada de volúmenes de agua dulce y agua de mar para las piscinas.

3.4.3. Componentes Principales

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

Si tenemos las variables $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ y tomamos muestras de tamaño n , adicionalmente

Considere:

$$\mathbf{a}_i^t = [\alpha_{1i} \ \alpha_{2i} \ \alpha_{3i} \ \dots \ \alpha_{pi}]$$

y

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ \vdots \\ X_p \end{bmatrix}$$

tenemos que:

La primera componente principal es:

$$Y_1 = \mathbf{a}_1^t \mathbf{X} = \alpha_{11} X_1 + \alpha_{12} X_2 + \dots + \alpha_{1p} X_p$$

cuya varianza es máxima.

El segundo componente principal es:

$$Y_2 = \mathbf{a}_2^t \mathbf{X} = \alpha_{21} X_1 + \alpha_{22} X_2 + \dots + \alpha_{2p} X_p$$

cuya varianza es $Var(Y_1) > Var(Y_2)$ y donde la $Cov(Y_1, Y_2) = 0$, es decir que la i -ésima componente principal es tal que:

$$Y_p = \mathbf{a}_p^t \mathbf{X} = a_{p1} X_1 + a_{p2} X_2 + \dots + a_{pp} X_p$$

$$Var(Y_i) < Var(Y_{i-1}); i = 2, \dots, k$$

$$Cov(Y_i, Y_k) = 0; \text{ para } k \neq i$$

$$Var(Y_i) = \mathbf{a}_i^t \Sigma \mathbf{a}_i \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$Cov(Y_i, Y_j) = \mathbf{a}_i^t \Sigma \mathbf{a}_j \quad i, k = 1, 2, \dots, p$$

Se tiene a Y_1, Y_2, \dots, Y_k son las componentes principales, son no correlacionadas, \mathbf{a}_i y \mathbf{a}_j son ortonormales, además tenemos que $Var(Y_1) \geq Var(Y_2) \geq \dots \geq Var(Y_p) \geq 0$. Por lo cual, éstas deben cumplir con:

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

y

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

Siendo $\langle \mathbf{a}_i, \mathbf{a}_j \rangle$ el producto interno entre los vectores \mathbf{a}_i y \mathbf{a}_j .

Donde $\|\mathbf{a}_i\|$ es la norma del vector \mathbf{a}_i . $\|\mathbf{a}_i\| = \sqrt{\langle \mathbf{a}_i, \mathbf{a}_i \rangle} = 1$.

La primera componente principal es la combinación lineal $Y_1 = \mathbf{a}_1^t \mathbf{X}$ 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 $Y_2 = \mathbf{a}_2^t \mathbf{X}$ 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 $Y_i = \mathbf{a}_i^t \mathbf{X}$, sujeta a que la norma del vector \mathbf{a}_i sea unitaria y a que $\text{Cov}(Y_i, Y_k) = 0$ para $k < i$.

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

$$\frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} * 100\% \quad i = 1, 2, \dots, p$$

- **Prueba de Bartlett para Componentes**

La Prueba de Bartlett es un contraste de hipótesis que sirve para determinar si la aplicación del método de reducción de datos de componentes principales es aconsejable, la misma que se basa en el supuesto de

normalidad de los datos, es decir, que las variables son independientes entre si (si las covarianzas de la matriz de varianza y covarianza son cero) de esta manera se puede postular el siguiente contraste de hipótesis:

$$H_o : \Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & . & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & . & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & . & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{pp} \end{bmatrix}$$

vs

$$H_1 : -H_o$$

En donde: $u = \frac{\det S}{s_{11}s_{22} \cdots s_{pp}} = \det(R)$, y el estadístico de

prueba es $u' = -\left[\nu - \frac{2p+5}{6} \right] \ln u$; donde se puede

probar que u' bajo ciertas condiciones teóricas tiene una aproximación a una $\chi^2(h)$ con h grados de libertad, donde $h = p(p-1)/2$, $\nu = (n-1)$ y p es el número de variables a ser analizadas. Si $u' \geq \chi^2_\alpha(f)$ con $(1-\alpha)100\%$ de confianza, entonces se rechaza H_o a favor de H_1 .

De acuerdo con los cálculos realizados, el estadístico de prueba es de 158.876 con 15 grados de libertad y valor de significancia p es de 2.7793×10^{-26} entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 , es decir las variables no son independientes, por lo tanto es aconsejable aplicar la técnica de reducción de componentes principales en el presente estudio.

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

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

Tabla 46**Porcentaje de Varianza para los componentes**

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

Se observa en la Tabla 45, que la segunda columna se encuentra para cada componente su varianza, que es máxima para la primera componente, en la tercera columna el porcentaje de explicación de la varianza y el porcentaje de explicación de la varianza acumulado.

Tabla 47**Componentes Principales**

Variables		Componentes		
		1	2	3
X ₂	COSECHA	-0.3310	0.5963	0.1632
X ₃	MORTALIDAD	0.6387	0.1937	0.1370
X ₄	HECTAREA	0.0667	0.3249	-0.5212
M ₁	SALINIDAD	-0.0040	-0.1560	0.7893
M ₂	TEMPERATURA	0.6842	0.1727	0.0418
E ₁	WHITE_SPOT	0.0999	-0.6687	-0.2414

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

Primer Componente

- Promedio de Mortalidad por piscina.
- Promedio de Temperatura en la piscina.

Esta componente se la denominara *MORTALIDAD-TEMPERATURA*.

Matemáticamente para el primer componente se observa:

$$Y_1 = -0.3310X_2 + 0.6387X_3 + 0.0667X_4 - 0.0040M_1 - 0.6842M_2 + 0.0999E_1$$

Segundo Componente

- Promedio de Cosecha por piscina.
- Concentración de virus de la mancha blanca.

Esta componente se la denominara *COSECHA-WHITE_SPOT*

En combinación lineal la segunda componente es:

$$Y_2 = 0,5963X_2 + 0,1937X_3 + 0,0785 X_4 - 0,1560M_1 + 0,1727M_2 - 0,6687E_1$$

Tercer Componente

- Promedio de salinidad de la piscina.
- Hectárea de la piscina.

Esta componente se la denominara *SALINIDAD-HECTAREA*.

En combinación lineal la tercera componente es:

$$Y_3 = 0,1632X_2 + 0,1370X_3 - 0,5212 X_4 + 0,0418M_1 + 0,0418M_2 - 0,2414E_1$$

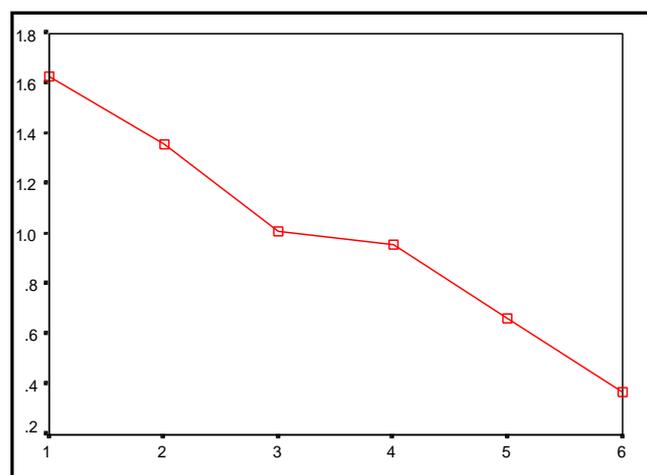


Figura 3.63. Número de componentes principales basados en los valores propios.

En la Fig. 3.63 se puede observar las tres componentes que explican el 66.7% de la varianza y que a partir del cuarto valor propio los valores son relativamente pequeños, es decir se acercan a cero, entonces pierden importancia, con lo cual no se sospecha dependencia lineal en los datos. Por lo tanto solo se escoge los tres primeros valores propios con sus respectivos vectores propios.

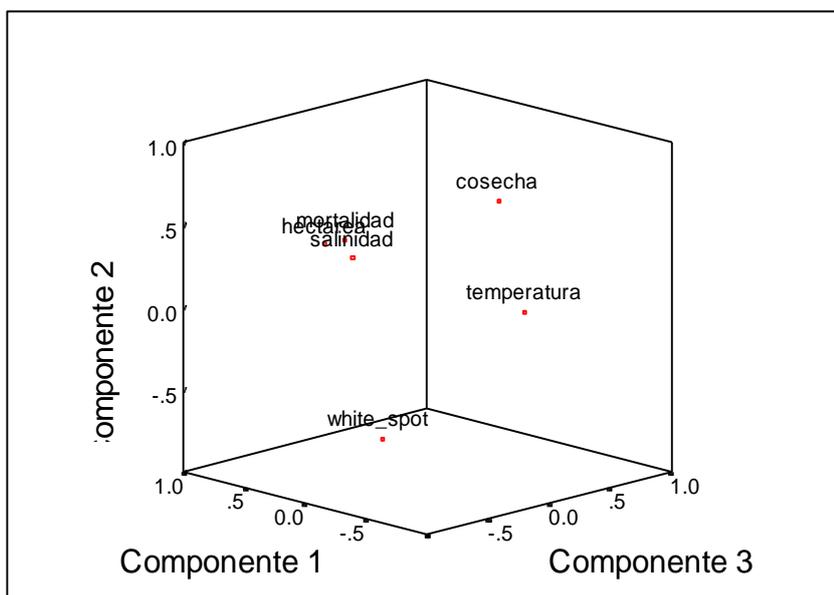


Figura 3.64. Nube de Puntos según los componentes explicados

Se observa en la Fig. 6.64 los grupos que se conforman en la nube de datos, de los 3 componentes explicados. El grupo más grande lo conforman el promedio de mortalidad, la hectárea de la piscina y el promedio de salinidad. Para apreciar los grupos adicionales proyectamos el eje de coordenadas de cada componente, así al proyectar el componente 1 y 2 se obtiene el nivel de concentración de mancha blanca con el promedio de salinidad de la piscina.

3.5. Análisis Univariado de series temporales

El análisis de series temporales se realizó con la variable de tiempo (T_1) y las variables medioambientales (M_1 y M_2), para pronosticar la variación existente de salinidad y temperatura en las piscinas, durante la época de crisis.

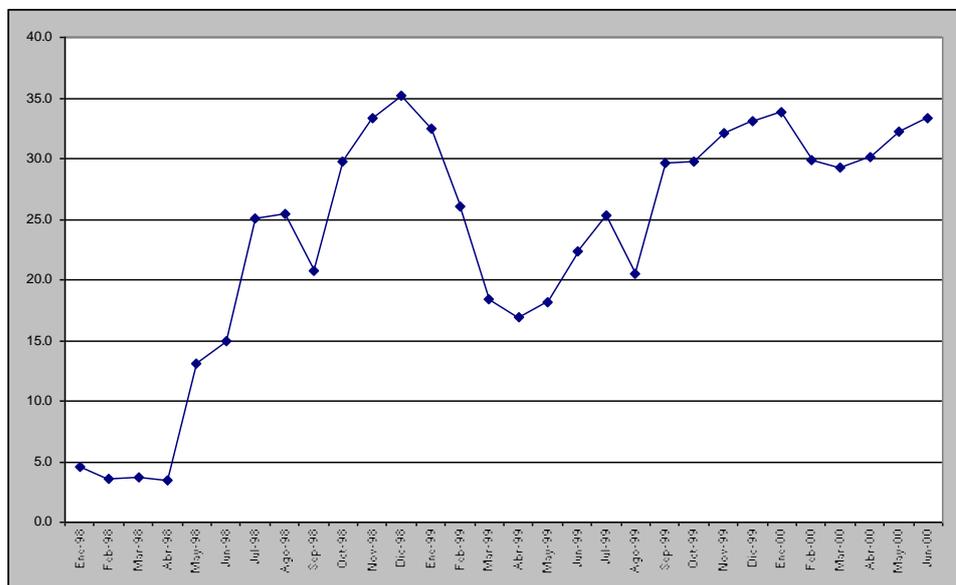
El ciclo del cultivo del camarón se divide en 3 y muchas veces en 4 a lo largo de todo el año, dependiendo si es extensivo o semi-extensivo y dependiendo si el año se presenta o no el fenómeno de "El Niño" el cual, afectaría mucho más a las variables ambientales, como la temperatura.

El ciclo A corresponde a los meses de Enero, Febrero y Marzo, el ciclo B a los meses Abril, Mayo y Junio, el ciclo C a los meses Julio, Agosto, Septiembre y se completa el año en el ciclo D con los meses Octubre, Noviembre y Diciembre.

En la sección 3.5.1 se tratara con la serie mensual promedio de salinidad, se elegirá el mejor modelo para esta serie y sus pronósticos y en la sección 3.5.2 se trabajará con la serie mensual promedio de temperatura, de la misma manera.

Se utilizará los paquetes estadísticos STATGRAPHICS 2.0, SYSTAT 7.0 y SPSS 10.0, así como el utilitario EXCEL 2000 para la estandarización y graficar el comportamiento de las variables.

Para apreciar el comportamiento de estas variables en los meses de 1998 al 2001, se las aprecia en la Fig. 3.65 y 3.66



**Figura 3.65. Comportamiento en el tiempo
de la variable SALINIDAD**

Nótese que en la Fig. 3.65. existe un promedio de salinidad mayor entre los meses de octubre de 1998 a enero de 1999 donde descendieron los niveles de salinidad, para luego elevarse en el mes de mayo y seguir ascendiendo hasta el año 2000.

Este cambio brusco de niveles de concentración de la salinidad la razón por la que los camarones en las piscinas se estresan y son presa fácil de las enfermedades que pueden ser huésped de la piscina y permanecer sin afectarlos. La permanencia como huésped de las piscinas puede ser de diferentes maneras, en el

alimento del camarón, así como las reacciones químicas del agua, etc.

El comportamiento de la variable TEMPERATURA, es pieza fundamental de nuestro análisis, ya que también influye, debido a que un desequilibrio del mismo provocaría enfermedades en las piscinas.

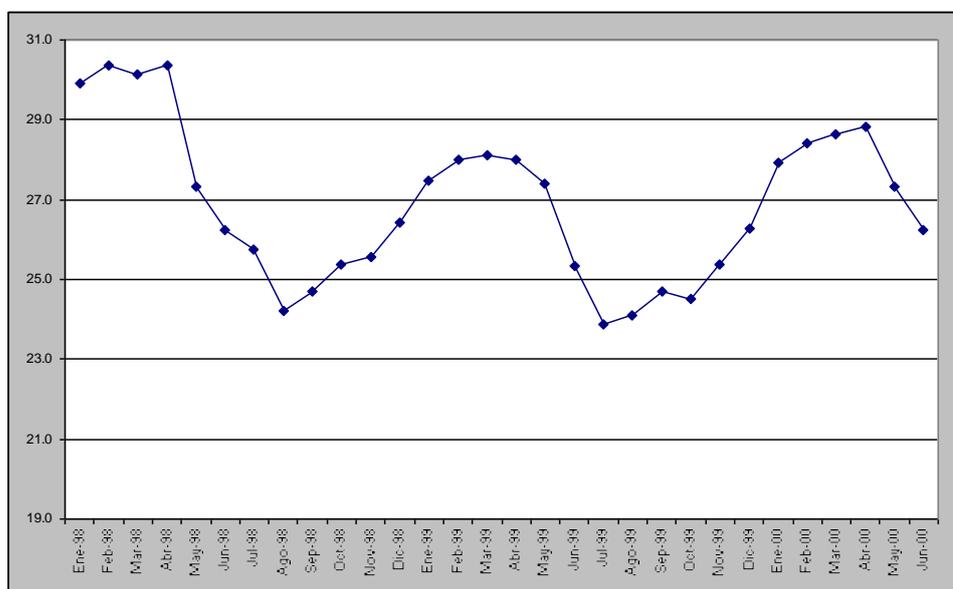


Figura 3.66. Comportamiento en el tiempo

de la variable TEMPERATURA

La Fig. 3.66 presenta los niveles promedio de temperatura mensuales, los cuales fluctúan entre 23 y 31 °C., teniendo altos niveles en los primeros meses de 1988, descendiendo a niveles menores a 25 °C. en el mes de agosto y tender nuevamente a

elevarse hasta marzo de 1999. Para el mes de junio del 2000 descendían los niveles menores a 27 °C.

Las piscinas sembradas en los primeros meses (enero, febrero y marzo) del ciclo A en el año 1999, existió una fuerte afección en las piscinas de estas camaroneras, esto es debido a que por estas fechas el virus de la mancha blanca se encontraba en pleno auge en la provincia.

3.5.1. Modelos de Series Temporales para el promedio de salinidad mensual entre 1998 y 2000.

Para ajustar mediante un modelo de series temporales el promedio mensual de salinidad entre 1998 y 2000, las que serán centradas, es decir que se le restara la media y se dividida para la desviación estándar, de la siguiente manera.

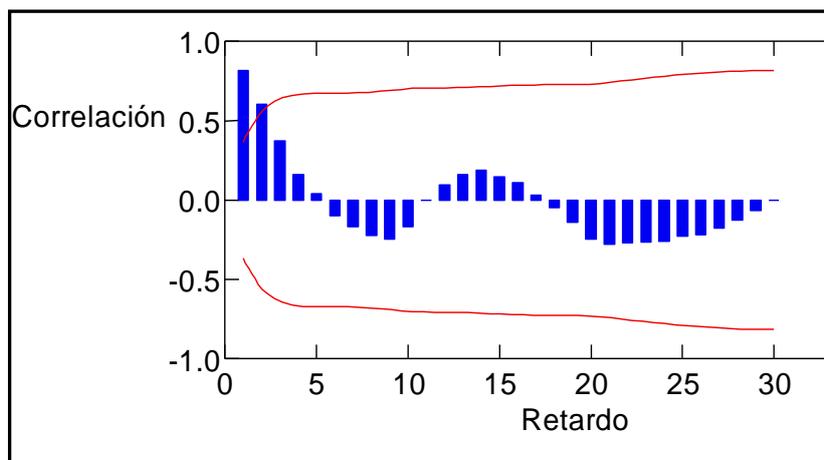


Figura 3.67. Autocorrelaciones estimadas

para la serie de salinidad

En la gráfica (Ver Fig. 3.67) de Autocorrelaciones (ACF) se nota que los dos primeros valores sobrepasan las bandas de 95% de confianza, es decir que son estadísticamente significativos, y que las observaciones están altamente correlacionadas, con lo que se puede pensar en una diferencia de tipo estacionario porque el primer valor está cercano a uno, pero se requiere observar el correlograma de autocorrelaciones parciales o PACF, para poder definir el supuesto. Cabe recalcar que en el correlograma adjunto se encuentran estacionalidades cada 5 retardos por lo que se cree en un modelo SARIMA.

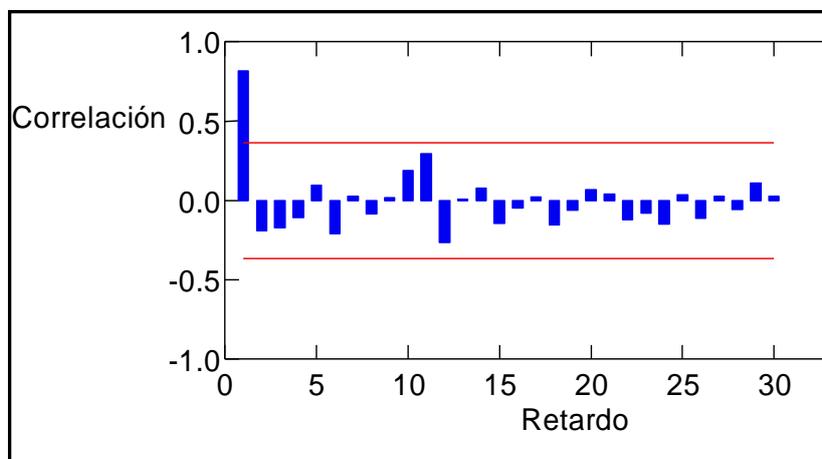


Figura 3.68. Autocorrelaciones Parciales estimadas para las serie de salinidad

Para las autocorrelaciones Parciales (PACF) estimadas de esta serie se encuentran dentro del intervalo del 95% de las bandas de confianza, a excepción del primer retardo, por lo que se decide diferenciar estacionariamente la serie. (Ver Fig. 3.68)

Al apreciar la gráfica de Autocorrelaciones con una diferencia estacionaria, ninguno de los retardos se encuentra fuera del 95% de las bandas de confianza, por lo que concluimos utilizar modelos SARIMA, para la serie de salinidad.

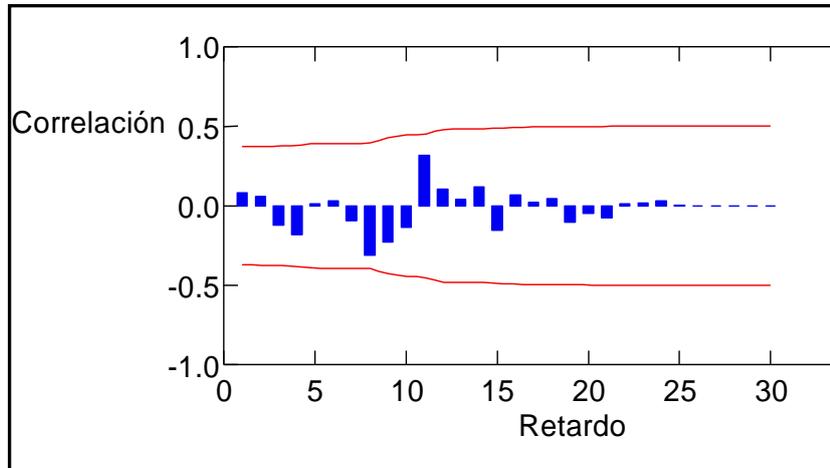


Figura 3.69. Autocorrelaciones estimadas para la serie de salinidad con una diferencia estacionaria.

Se propone primero el grado q del polinomio de medias móviles, la posible existencia de un parámetro en la parte no estacional AR(1) y un parámetro en la parte estacional SAR(1), en lo que respecta a la parte autorregresiva.

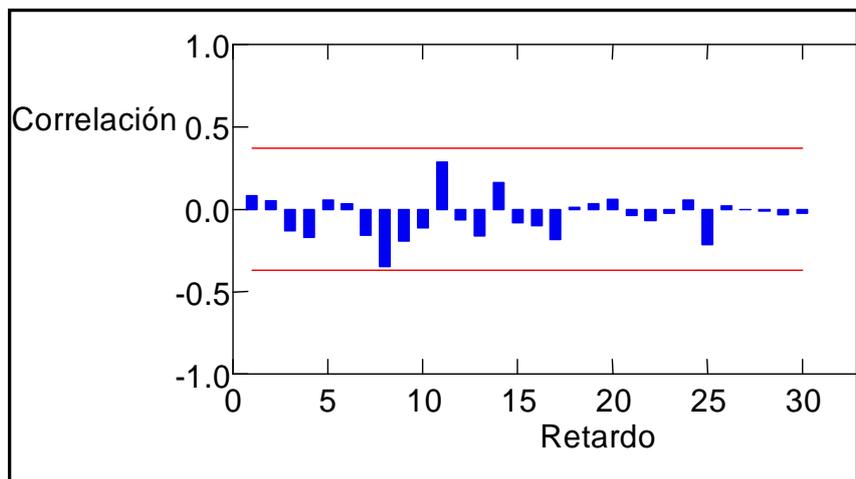


Figura 3.70. Autocorrelaciones parciales para la serie de salinidad con una diferenciación estacionaria

Se debe tomar en cuenta que uno de los retardos, se encuentra cercano a las bandas de confianza, por lo que solo se considera lo anteriormente indicado.

Los modelos propuestos son los siguientes:

- ARMA (2,1)
- ARIMA(2,1,1)
- SARIMA (0,1,1)(1,1,1)₆
- SARIMA (1,1,1)(0,1,1)₆
- SARIMA(1,1,0)(1,1,0)₆
- SARIMA (0,1,0)(0,1,1)₆
- SARIMA (0,1,1)(0,1,1)₆

Estos modelos fueron escogidos tomando en cuenta los retardos y su magnitud, siendo esta tanto positiva o negativa, adicionalmente su desviación estándar estimada, y con la propiedad que los parámetros del modelo sean significativamente diferentes de cero ($p < 0.05$).

Tabla 48**Modelos estimados para la serie de salinidad**

MODELO	MEDIA CUADRÁTICA DEL ERROR	VALOR P
ARMA(2,1)	0,209484	p>0,1
ARIMA(2,1,1)	0,229872	p>0,1
SARIMA(0,1,1)(1,1,1) ₆	0,157147	p>0,1
SARIMA(1,1,1)(0,1,1) ₆	0,162329	p>0,1
SARIMA(1,1,0)(1,1,0) ₆	0,250387	p>0,1
SARIMA(0,1,1)(0,1,1) ₆	0,154388	p>0,1
SARIMA(0,1,0)(0,1,1) ₆	0,140883	p<0,05

Analizando las anteriores graficas de Autocorrelaciones y Autocorrelaciones Parciales y la primera diferenciación, el modelo elegido para esta serie de datos tiene que contener la menor media cuadrática del error (MCE) y que sus parámetros o coeficientes sean significativamente diferentes de cero, es decir que se encuentren dentro de las bandas de 95% de confianza.

Así se obtiene el modelo que se ajusta a la serie, ya que su media cuadrática del error es 0,140883, la que es más baja y sus coeficientes son aplicables ($p < 0,05$), para SMA(1).

Tabla 49**Resultados obtenidos para el modelo****SARIMA(0,1,0)(0,1,1)₆**

Parámetros	Estimado	Error Estándar	t	Valor p
SMA(1)	0,9447	0,0861	10,9716	p>0,05
La MCE para este modelo es 0,1408				

Cabe recalcar en la Tabla 49 que el modelo SARIMA(0,1,0)(0,1,1)₆ cumple con las especificaciones tanto como en MCE, como en el valor de significancia, además de un error estándar de 0,0861.

El modelo matemáticamente queda expresado de la siguiente manera:

$$\hat{Z}_t = Z_{t-1} + \nabla^6(a_t - \theta_1 a_{t-6})$$

$$\hat{Z}_t = Z_{t-1} + \nabla^6(a_t - 0,944a_{t-6})$$

Tabla 50
Intervalos de Predicción del modelo
SARIMA(0,1,0)(0,1,1)₆ para el ajuste
de la serie de salinidad

Periodo	Mínima	Predicción	Máxima
Jul-2000	24.9	34.4	43.9
Ago-2000	17.3	30.7	44.2
Sep-2000	13.9	30.4	46.8
Oct-2000	12.6	31.6	50.6
Nov-2000	13.2	34.5	55.7
Dic-2000	12.6	35.9	59.2
Ene-2001	11.5	36.9	62.2
Feb-2001	6.0	33.3	60.5
Mar-2001	3.4	32.9	62.0
Abr-2001	3.4	34.2	64.8
May-2001	4.7	37.0	69.3
Jun-2001	4.6	38.4	72.2

Las predicciones hechas para este modelo solo nos pueden servir hasta Junio del 2001, por el horizonte de predicción, el que es muy bajo. Estas predicciones están sujetas a comparación con datos reales de estas épocas, para así conocer que tan fuerte es el modelo en cuanto a predicción se refiere.

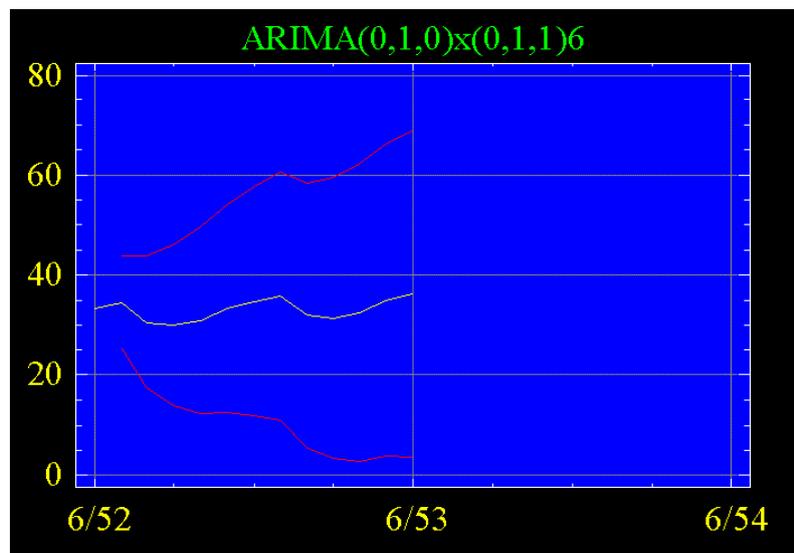


Figura 3.71. Predicciones estimadas para la serie de salinidad

Notamos que en la Fig. 3.72. que la predicción que se obtuvo para la serie de salinidad fluctúa entre los 20 ppm y 40 ppm pero los niveles de confianza del 95%, varían drásticamente por la crisis de las enfermedades.

3.5.2. Modelos de Series Temporales para el promedio de temperatura mensual entre 1998 y 2000

Para modelar la serie del promedio de temperatura mensual, primero observamos las graficas de Autocorrelación y de Autocorrelación parcial para así, conocer si esta serie necesita diferencias o no.

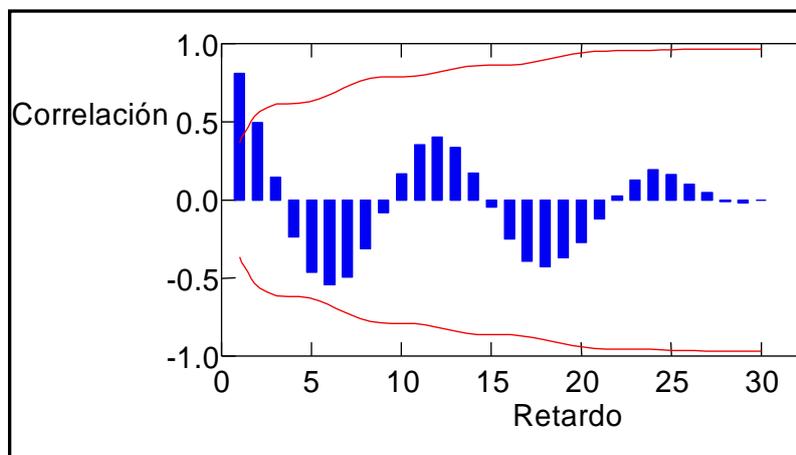
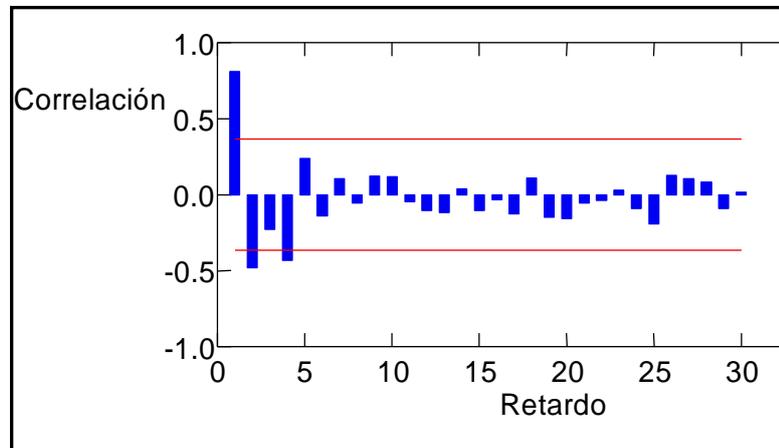


Figura 3.72. Autocorrelaciones estimadas para la serie de temperatura

Notamos en la figura 3.72 que el primer retardo sobrepasa las bandas del 95% de confianza, esto quiere decir que es estadísticamente significativo, por lo que induce a pensar en realizar una diferencia a la serie, pero para decidir se requiere observar la Figura 3.73 donde se muestra el correlograma de autocorrelaciones parciales de la serie. Al igual como el promedio de salinidad se cree que el modelo tienda a ser SARIMA, por las estacionalidades que fluctúan cada 6 retardos, es decir semestralmente.



**Figura 3.73. Autocorrelaciones Parciales estimadas
para la serie de temperatura**

Se obtiene las autocorrelaciones parciales (PACF) para la serie de temperatura, los primeros retardos son tanto positivos como negativos y así fluctúan todos los demás valores. Se debe observar con la primera diferenciación los gráficos de Autocorrelaciones y Autocorrelaciones parciales, para definir el primer modelo a ser analizado.

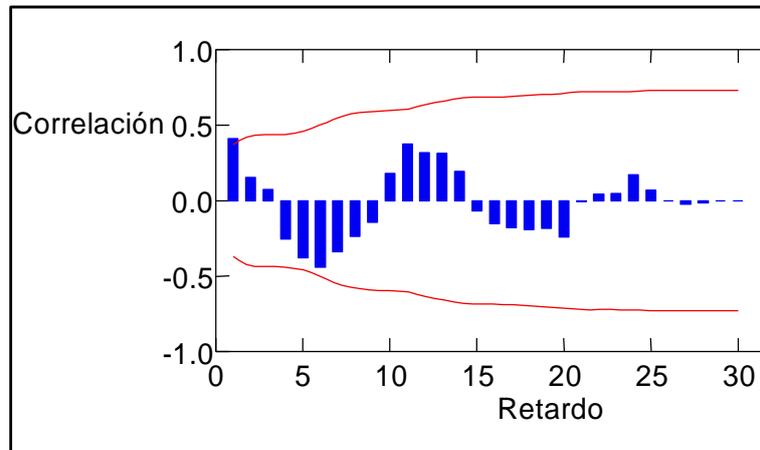


Figura 3.74. Autocorrelaciones estimadas para la serie de temperatura con una diferencia estacionaria

El correlograma de las autocorrelaciones para la serie con una diferencia no estacionaria muestra solo un valor significativo, en el primer retardo, por lo que se propone un máximo de un parámetro en la parte de media móvil estacional del modelo.

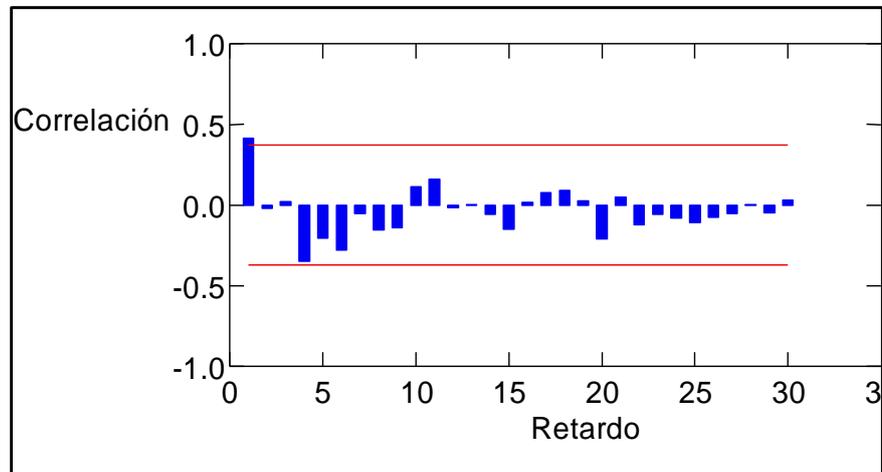


Figura 3.75. Autocorrelaciones parciales para la serie de temperatura con una diferencia estacionaria

Se obtiene el gráfico de las autocorrelaciones parciales con una diferencia estacionaria, en el cual un solo valor es estadísticamente significativo por lo que propondremos un máximo de un parámetro para los modelos autorregresivos estacionarios.

Los modelos propuestos son:

- ARMA(3,1)
- ARIMA(3,1,1)
- SARIMA(0,1,0)(1,0,1)₆
- SARIMA(0,1,0)(0,1,1)₆

- SARIMA(0,1,0)(1,1,1)₆
- SARIMA(1,1,0)(1,0,1)₆

Tabla 51

Modelos propuestos para la serie de temperatura

MODELO	MEDIA CUADRÁTICA DEL ERROR	VALOR p
ARMA(3,1)	0.20489	p>0.1
ARIMA(3,1,1)	0.1829241	p>0.1
SARIMA(0,1,0)(1,0,1) ₆	0.133438	p<0.05
SARIMA(0,1,0)(0,1,1) ₆	0.333145	p<0.05
SARIMA(1,1,0)(1,0,1) ₆	0.1325	p>0.1
SARIMA(0,1,0)(1,1,1) ₆	0.188736	P<0.05

De todos los modelos expuestos en la Tabla 51, el que más se ajusta a la serie de temperatura es SARIMA(0,1,0)(1,0,1)₆ ya que contiene parámetros significativamente diferentes de cero (p<0.05) y porque tiene la menor media cuadrática del error.

Tabla 52

Resultados obtenidos para el modelo

SARIMA(0,1,0)(1,0,1)₆

Parámetros	Estimados	Error Estándar	t	Valor p
SAR(1)	-1.07389	0.0775311	-13.8511	p>0.05
SMA(1)	-0.809046	0.18747	-4.3156	0.000192
La MCE para este modelo es 0.1334				

Matemáticamente el modelo sería de la siguiente forma:

$$\nabla(1 + 1,0738\hat{Z}_{t-6}) = a_t + 0.8090 a_{t-6}$$

Tabla 53

**Intervalos de Predicción del modelo
SARIMA(0,1,0)(1,0,1)₆ para el ajuste
de la serie de temperatura**

Periodo	Mínima	Predicción	Máxima
Jul-2000	23.5	25.0	26.5
Ago-2000	22.3	24.4	26.5
Sep-2000	22.1	24.7	27.2
Oct-2000	21.7	24.6	27.6
Nov-2000	22.8	26.1	29.4
Dic-2000	23.9	27.5	31.1
Ene-2001	25.1	28.9	32.6
Feb-2001	25.6	29.5	33.4
Mar-2001	25.2	29.3	33.3
Abr-2001	25.1	29.3	33.5
May-2001	23.4	27.7	32.1
Jun-2001	21.8	26.2	30.7

En la Tabla 53 se observan las temperaturas pronosticadas a Junio del 2001 y el intervalo del 95% en que se encuentran las mismas. La Fig. 3.76 muestra las fluctuaciones en que se sitúan los pronósticos realizados.

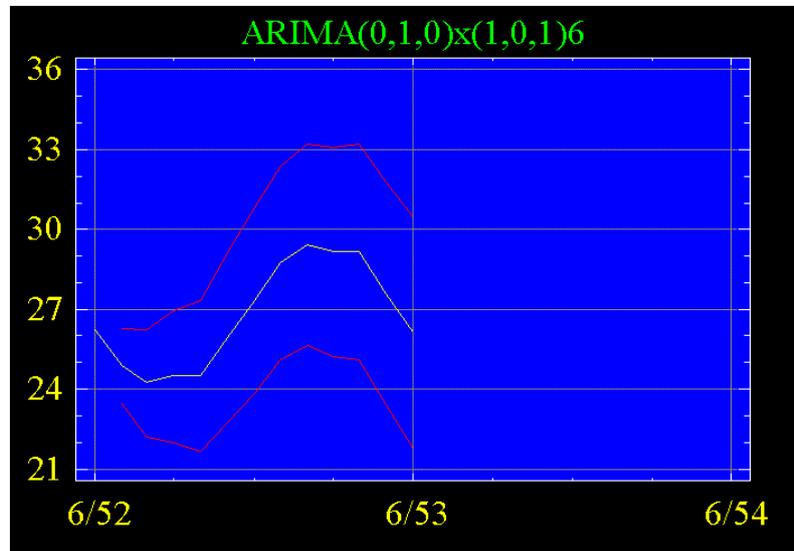


Figura 3.76. Predicciones estimadas para la serie de temperatura

Los rangos de temperatura pronosticados se encuentran entre 24 a 30 °C. para los 6 meses siguientes, es decir desde Julio del 2000 a Junio del 2001, lo que se puede corroborar con datos reales, para obtener el poder de predicción del modelo y aplicarlo en otros estudios.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. Los años 1999 y 2000, fueron muy duros para la industria camaronera ecuatoriana. En el año 2001 el nivel de producción aumento en un 20% con relación al 2000, pero se siente aún las consecuencias de la crisis de la mancha blanca y la caída de los precios internacionales.

2. Según los últimos datos de la Cámara Nacional de Acuicultura (2001) existe la siguiente infraestructura en la industria:
 - Laboratorios: 90
 - Hectáreas cultivadas: 100.000
 - Fábricas de Alimento Balanceado: 14
 - Plantas Procesadoras: 26

3. Por la concentración geográfica de las zonas de producción, fábricas del balanceado y plantas empacadoras el 61% de los empleos que actualmente ofrece el sector, se encuentran en la provincia del Guayas (Cámara Nacional de Acuicultura).
4. Para el promedio de la siembra, existe un total del 38% de las piscinas entre 500.000 y 1'000.000 de larvas, con el contraste correspondiente al promedio de cosecha en un 91% de las piscinas cosecho entre 343 y 50.000 camarones.
5. En el periodo de 1998 a 2000, se trabajo con el 61% de piscinas menores a 10 hect., seguido de un 30% entre 10 a 20 hect., un 7% entre 20 y 30 hect. y solo el 2% mayores a 30 hect.
6. El promedio de salinidad para las 255 piscinas es de 24.4 ± 7.3 ppm. y temperatura promedio $28.2 \pm 2.98^{\circ}\text{C}$.
7. El método de diagnostico más frecuentemente utilizado obtuvo un 52% para la técnica de PCR o "Polymerase Chain Reaction", el 29% utilizan técnicas inmunológicas, el 15% técnicas Histológicas y 4% técnicas de biología molecular.

8. El nivel de concentración de virus de la mancha blanca noto un 86% de las piscinas un resultado Fuerte, 12% un resultado Leve y tan solo 2% arrojó resultado negativo.
9. Las enfermedades que predominaron adicionalmente al virus de la mancha blanca con un 56% de las piscinas el virus de la necrosis infecciosa del tejido hematopéyico (IHHNV), 34% de las piscinas las Gregarinas (GREG) y 9% no contenía otro tipo de afección.
10. Se determino en la matriz de correlación que existe una alta relación lineal entre las variables SIEMBRA y MORTALIDAD, HECTÁREA y MORTALIDAD, SIEMBRA y HECTÁREA.
11. Los resultados en las tablas de contingencia, disponen dependencia entre las variables SIEMBRA y COSECHA, más no en las variables SALINIDAD y TEMPERATURA.
12. Los 3 componentes principales que explican el 66% de la varianza para las variables de estudio son:

$$Y_1 = -0.3310X_2 + 0.6387X_3 + 0.0667X_4 - 0.0040M_1 - 0.6842M_2 + 0.0999E_1$$

$$Y_2 = 0.5963X_2 + 0.1937X_3 + 0.0785X_4 - 0.1560M_1 + 0.1727M_2 - 0.6687E_1$$

$$Y_3 = 0.1632X_2 + 0.1370X_3 - 0.5212X_4 + 0.0418M_1 + 0.0418M_2 - 0.2414E_1$$

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

4.2. RECOMENDACIONES

1. Como principal recomendación es necesario hacer un censo a nivel nacional para conocer la realidad del sector camaronero, con que se cuenta y que está en plena producción, ya que es de conocimiento que existe infraestructura abandonada.
2. Con el censo, los datos se encontrarían a disposición de cualquier investigador que pudiera realizar un tratamiento estadístico a los mismos, ya que existe una fuerte confidencialidad de los mismos por la gran competencia creada contra la lucha de las enfermedades y mejoramiento de la producción.
3. Para llevar un verdadero control y seguimiento de enfermedades, se debe crear laboratorios de tipo regional, ya que muchas camaroneras no cuentan con el mismo por el costo de la infraestructura e implementos.
4. Según reportes realizados en las camaroneras analizadas, los cambios de manejo exitosos más utilizados para superar los problemas con respecto a las enfermedad son:
 - a. Utilización de antibióticos con el alimento balanceado.
 - b. Aplicación de cal al agua y al fondo de la piscina.

- c. Disminución considerable de la cantidad de larvas a sembrar.
- d. Utilización de larvas de laboratorio.

También reportaron no haber tenido resultados positivos aplicando a las piscinas ajo, extracto de toronja, limón, etc.

5. En las camaroneras debe existir un laboratorio bien equipado, para detectar con rapidez que tipo de afección tiene la piscina, así se la puede controlar y aplicar los correctivos necesarios.
6. Al referirnos a un mejor laboratorio, la única manera de que la industria camaronera ecuatoriana sobreviva a la mancha blanca y a cualquier tipo de enfermedad, bacterias, infecciones, etc., es invirtiendo en tecnología, es decir, diseño de mejores piscinas, mejor alimento balanceado, calidad de larvas al sembrar la piscina, en forma similar como a lo sucedido con otras industrias como la avícola, porcina, etc.
7. En general se considera que el estrés finalmente detona la aparición de las enfermedades y con ellas la mancha blanca, por lo que el control y registro diario de las variables medioambientales es muy importante para reducirlo.

8. Con respecto a los métodos de diagnóstico utilizados, se debería asesorar con personas especializadas para la elección de la técnica adecuada, ya que esta depende de la afección.

9. Se debe considerar un estudio posterior exhaustivo en el que se tome en cuenta mayor tipo de enfermedades, motivo por el cual se necesita del censo para registrarlo.

BIBLIOGRAFIA

1. M. SC. ARELLANO EDGAR, "La crianza de camarones en el Ecuador"
Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar 1984
2. M. SC. ARELLANO EDGAR, "Manual de las enfermedades del
camarón" CENAIM-ESPOL
3. S. K. JONSON "Handbook of Shrimp Diseases" Texas A&M University
Sea Grant College.
4. UNIDAD SECTORIAL DE ACUICULTURA "Análisis del sector
camaronero ecuatoriano en el año 2001" CORPEI
5. ACUACULTURA DEL ECUADOR "Las cifras de la crisis" CNA 2000
6. ACUACULTURA DEL ECUADOR "Camaroneros en el camino de la
excelencia" CNA 2000

7. ACUACULTURA DEL ECUADOR “Cuando el clima puede más que la ayuda del gobierno” CNA 2001
8. FREUND JOHN, WALPOLE RONALD, Estadística Matemática con aplicaciones, Cuarta Edición, Editorial Prentice Hall, 1990
9. MONTGOMERY DOUGLAS C. “Diseño y Análisis de Experimentos” Arizona State University. Tercera Edición.
10. JONSON RICHARD A., WICHERN DEAN W. “Applied Multivariate Statistical Analysis”, Cuarta Edición, Editorial Prentice Hall, 1998.
11. BOX G., JENKINS G., REINSEL G., “Time Series Analysis, Forecasting and Control”, Tercera Edición, Prentice Hall, 1994.
12. GRANDE I., ABASCAL E., “Métodos Multivariantes para la Investigación Comercial”.
13. CHAVEZ H., “Análisis Estadístico de la Producción camaronera del Ecuador”, Instituto de Ciencias Matemáticas, ESPOL, 2000.

14. PEREZ W., "Análisis Estadístico de la Producción de una camarónera", Instituto de Ciencias Matemáticas, ESPOL, 2000.

15. HIDALGO M., "Efecto de la composición nutricional de Artemia enriquecida en la reproducción de Penaeus Vannamei" Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del mar, ESPOL, 1997.

16. ORELLANA A., "Efecto de diferentes niveles de salinidad y balances proteína/energía en el crecimiento de Penaeus Vannamei". Facultad de Agronomía Veterinaria y Acuicultura, Universidad Técnica de Machala, 2000.