

ANÁLISIS ESTADÍSTICO EXPLORATORIO DE LAS VARIABLES FÍSICAS QUE INCIDEN EN EL CRECIMIENTO DEL CAMARÓN.

Caso: "*Litopenaeus Vannamei*".

Ing. María Fernanda Agurto M.¹, M.Sc. C. Fernando Guerrero L.²

¹Ingeniera en Estadística Informática 2003.

²Director de Tesis. Matemático, Escuela Superior Politécnica Nacional, 1999. Máster en Matemáticas, Brasil, IMPA 2000. Profesor de la ESPOL desde el 2000.

RESUMEN

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

Se realizó una agrupación de las variables en Conglomerados Jerárquicos, identificándose grupos de variables no controlables y grupos de variables potencialmente controlables.

Además se establecieron modelos de Regresión Lineal para el peso del camarón en función de otras variables, siendo mejores los modelos que incluyen la tendencia del crecimiento en el tiempo a través de la variable Semana de cultivo.

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

1. INTRODUCCIÓN

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

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

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

2. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

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

▪ Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno es la variable más importante de un ambiente acuático. El oxígeno disuelto en el agua influye en las piscinas de cultivo afectando el crecimiento del organismo cultivado y eficiencia de conversión alimenticia. En el manejo de la calidad del agua de piscinas de

cultivo de camarones, el oxígeno disuelto es expresado en términos de miligramos por litro y generalmente, se encuentra en el rango de 4 a 14 mg/l.

- **pH**

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

- **Temperatura**

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

- **Salinidad**

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

- **Turbidez o Materia en Suspensión (MES)**

La turbidez puede ser definida como la “nubosidad” del agua y es causada por la presencia de materia sólida suspendida. Los sólidos suspendidos dispersan la luz que pasa a través del agua. Por lo tanto, la turbidez de los cuerpos de agua determina la profundidad a la cual las plantas acuáticas pueden crecer. Los datos de la turbidez están tomados en centímetros.

3. RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

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

En la Camaronera se realiza cultivos de tipo extensivo por la densidad sembrada 70.000 animales por hectárea y de tipo semi-extensivo por el manejo de piscinas. Se siembran postlarvas PL12 de maduración (procedencia de laboratorios), PCR negativas (libre de WSSV).

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

4. MUESTREO Y PROCEDIMIENTO DEL PESO DE LOS CAMARONES

No es posible realizar un muestreo basándose en el tamaño de la población en cada piscina, dada las altas densidades de siembra por metro cuadrado y las condiciones físicas de ubicación de las mismas. Además se debe lograr que esta sea lo más representativa en su distribución espacial. Lo que se conoce, según expertos, es la preferencia de ubicación según la edad del animal. Cuando está en el período de postlarva a juvenil se encuentra ubicado

preferentemente en las orillas y en dirección al viento. Cuando está en el período de juvenil a estado adulto, se encuentra ubicado preferentemente en el centro y en dirección al viento.

Se realizan mínimo cinco lances de atarralla, para sacar la muestra, pero de no recolectar mínimo treinta camarones, se hacen más lances hasta llegar al número deseado. Una vez obtenida la muestra se colocan en un envase plástico y se lo pone sobre la balanza se obtiene el peso total, luego se coloca el envase plástico vacío y también se lo pesa, para restar esta cantidad del peso total. Y después se calcula el peso promedio.

5. ANÁLISIS EXPLORATORIO

Los procedimientos exploratorios, son a menudo una ayuda poderosa para entender la naturaleza compleja de las relaciones entre varias variables.

▪ Correlaciones en Distancias

Para encontrar relaciones entre las variables, lo primero es saber cuándo podemos considerar que dos parámetros del agua se comportan igual y cuándo no; se usará correlaciones, para juntar las variables según sus tendencias, utilizando como medida de similitud la Correlación de Pearson o matriz de correlación.

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

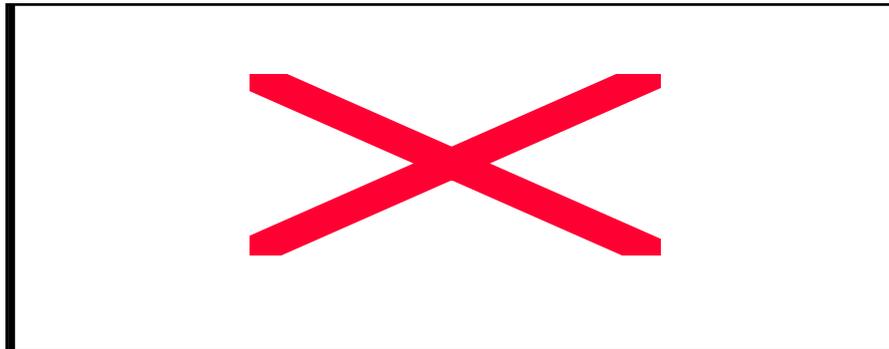


TABLA II
CORRELACIÓN EN DISTANCIA DE LAS VARIABLES:
Semana, Peso, Oxígeno AM, Oxígeno PM, Temperatura AM, Temperatura PM, PH AM, PH PM, Turbidez y Salinidad
Ciclo: Verano

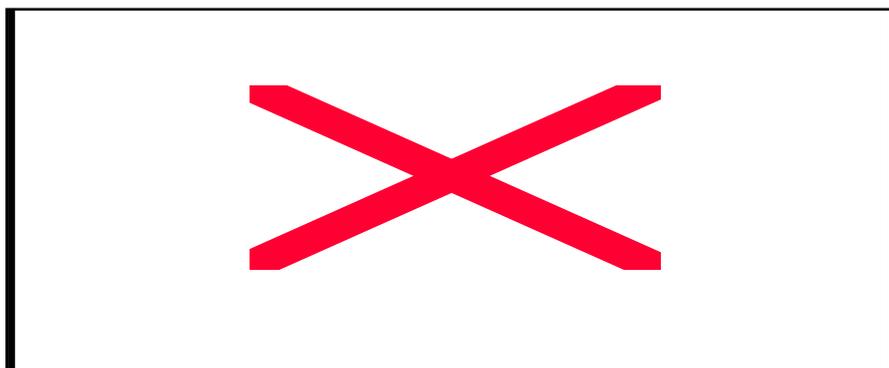
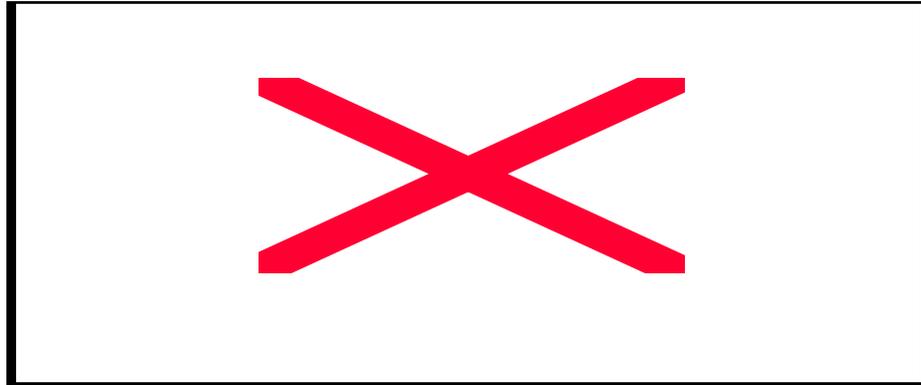


TABLA III
CORRELACIÓN EN DISTANCIA DE LAS VARIABLES:
Semana, Peso, Oxígeno AM, Oxígeno PM, Temperatura AM, Temperatura PM, PH AM,
PH PM, Turbidez y Salinidad
Ciclo: Invierno/Verano



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

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

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

▪ **Análisis de Conglomerados**

Mediante el análisis de conglomerados lo que se pretende realizar es agrupar las variables que sean más homogéneas dentro de cada grupo y más diferentes entre los grupos.

GRÁFICO 1
DENDOGRAMA: *Ciclo Invierno*

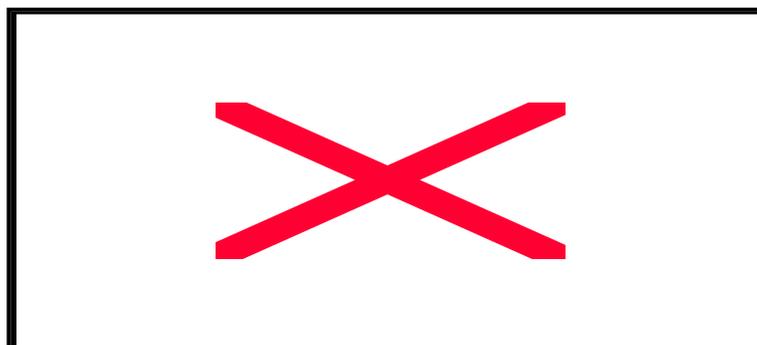


GRÁFICO 2
DENDOGRAMA: *Ciclo Verano*

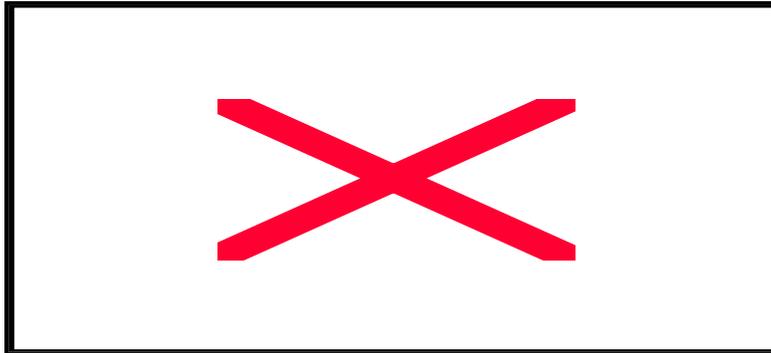
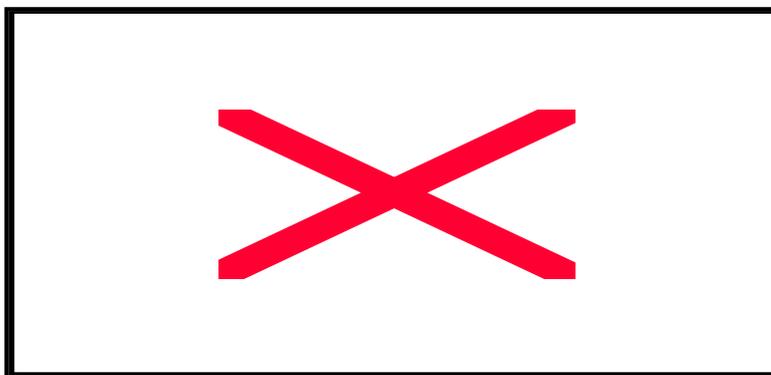


GRÁFICO 3
DENDOGRAMA: Ciclos Invierno/Verano



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

- En el ciclo de Invierno, el pH a.m., pH p.m. y Turbidez. Se puede deducir que esta agrupación se debe a la relación que existe entre el pH con el Oxígeno y este a su vez con la Turbidez.
- En el ciclo de Verano, el pH tanto de la mañana como de la tarde, se agrupa con el oxígeno de la tarde. Esta agrupación se debe a que el nivel del pH está relacionado al nivel de oxígeno, pero en el ciclo de Verano, se agrupa específicamente con el oxígeno de la tarde.
- El nivel de oxígeno tanto de la mañana como el de la tarde, se agrupa de igual forma en el ciclo de Invierno y con los datos de ambos ciclos juntos.
- Los registros de temperaturas tanto de la mañana como de la tarde, indican que este parámetro se agrupa de igual forma en el ciclo de Invierno, Verano y en ambos ciclos juntos.
- Las variables Peso y semana de cultivo, se agrupan igualmente en los ciclos de Invierno, de Verano y ambos ciclos juntos, lo que indica la alta correlación en el comportamiento de estas variables durante todo el año.

- **Regresión Lineal**

Mediante el Análisis de Regresión Lineal se pretende encontrara una relación proporcional entre la variable Peso y las otras variables. Para la Regresión lineal se consideró dos modelos. **Modelo A:** variable dependiente: Peso; variables independientes solo ambientales: Oxígeno a.m., Oxígeno p.m., Temperatura a.m., Temperatura p.m., pH a.m., pH p.m., Salinidad y Turbidez. **Modelo B:** variable dependiente: Peso; variables independientes: Semana de cultivo, y variables ambientales: Oxígeno a.m., Oxígeno p.m., Temperatura a.m., Temperatura p.m., pH a.m., pH p.m., Salinidad y Turbidez.

TABLA IV
RESUMEN DE LOS MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL

CICLO	MODELO A		MODELO B	
	R ²	Modelo	R ²	Modelo
INVIERNO	0.505	PESO=(-0.270)TURB+20.64	0.923	PESO=(1.257)SEMANA-2.32
VERANO	0.541	PESO=(-2.66)PHAM+(0.18)TURB+20.21	0.963	PESO=(1.11)SEMANA-1.198
INVIERNO/ VERANO	0.203	PESO=(-3.749)PHAM+(0.086)TURB+33.66	0.941	PESO=(1.184)SEMANA+(0.117)OXAM-2.25

Ciclo Invierno

En el modelo A se identifica a la variable ambiental Turbidez como la variable que explica el Peso del camarón, con una potencia de explicación **R² = 0.505**, lo que indica que el 50.5% de las veces las desviaciones del peso no son producidas por los errores sino por la variación de las variables del modelo, que no es una buena potencia de explicación del modelo para el crecimiento del camarón.

El Modelo B explica el Peso únicamente con la variable Semana de cultivo, con **R² = 0.923**, lo que indica que en el modelo el 92.3% de las veces las desviaciones del peso no son producidas por los errores, lo cual significa que hay un buen ajuste lineal, de la misma manera, el 7.75% de las variaciones del peso son debido al a los errores. El modelo encontrado indica que por semana de cultivo el peso del camarón se incrementa en 1.257 gramos promedio. Es de notar que aunque la constante en el modelo es negativa, y dado que los datos corresponden desde la cuarta semana, en realidad el peso de engorde lineal comienza en 2.701 gramos.

Ciclo Verano

En el Modelo A se identifican las variables ambientales pH a.m. y Turbidez como las variables que explican el Peso del camarón, con una potencia de explicación **R² = 0.541**, lo que significa que en el modelo encontrado el 54.1% de las veces las desviaciones del peso no son producidas por los errores, lo cual indica que la potencia de explicación del modelo no es muy buena, ya que el 46% de las veces las desviaciones en el peso del camarón, serán producidas por los errores.

El Modelo B explica el Peso únicamente con la variable Semana de cultivo, con una potencia de explicación **R² = 0.963**, lo que significa que el modelo el 96.3% de las veces las desviaciones del peso no son producidas por los errores o ruidos de las variables, lo cual implica un buen ajuste lineal, de la misma manera, el 3.7% de las variaciones del peso son debido al a los errores. El modelo encontrado indica que por semana de cultivo, en promedio, el peso del camarón se incrementa 1.11 gramos. Es de notar que aunque la constante en el modelo es negativa, y dado que los datos corresponden desde la tercera semana, en realidad el peso de engorde lineal comienza en 2.132 gramos.

Ciclos Invierno/Verano

En el Modelo A se identifican las variables ambientales pH a.m. y Turbidez como las variables que explican el peso del camarón, con potencia de explicación $R^2 = 0.203$, la cual es una potencia muy baja de explicación del modelo, ya que el 70.7% de las veces las desviaciones en el peso del camarón se deberán a las desviaciones de los errores de las variables.

El Modelo B explica el Peso únicamente con la variable Semana de cultivo, con una potencia de explicación $R^2 = 0.941$, lo que significa que en el modelo encontrado el 94.1% de las veces, las desviaciones en el peso del camarón no se deben a desviaciones de los errores de las variables, es decir existe un buen ajuste lineal, ya que solo el 5.9% de las veces las desviaciones del peso se deberán a los errores.

6. CONCLUSIONES

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

1. Las variables Peso y Semana de cultivo, están altamente correlacionadas; con los datos del ciclo de Invierno el coeficiente de correlación es: $\rho=0.955$; con los datos del ciclo de Verano el coeficiente de correlación es: $\rho=0.980$; y, con los datos de ambos ciclos juntos el coeficiente de correlación es: $\rho=0.965$. La variable semana de cultivo es una variable de tendencia, depende del tiempo. El crecimiento de un organismo guarda relación directa con la edad por lo que la variable peso está muy influenciada por el tiempo.
2. Existe gran similitud entre las variables ambientales pH a.m. y pH p.m. durante todos los ciclos de cultivo: Invierno ($\rho=0.885$), Verano ($\rho=0.826$) e Invierno/Verano ($\rho=0.837$). Es decir el pH tanto de la mañana como de la tarde están muy correlacionados independientemente del ciclo de cultivo en el que se encuentren.
3. Las variables ambientales Temperatura a.m. y Temperatura p.m. durante los ciclos de cultivo registraron una gran similitud: Verano ($\rho=0.841$) e Invierno/Verano ($\rho=0.829$). Es decir la Temperatura tanto de la mañana como de la tarde, muestran alta correlación en el ciclo de Verano y con los datos de ambos ciclos; en el Invierno muestran una correlación más baja ($\rho=0.598$).
4. Las variables ambientales Oxígeno a.m. y Oxígeno p.m. durante los ciclos de cultivo fueron muy similares: Invierno ($\rho=0.704$), e Invierno/Verano ($\rho=0.617$). Es decir el Oxígeno tanto de la mañana como de la tarde están muy correlacionados en el ciclo de Invierno y con los datos de ambos ciclos; en el ciclo de Verano estas variables presentaron una correlación más baja ($\rho=0.310$).
5. Del análisis de conglomerados de las variables, en todos los ciclos de cultivo, se distinguen los grupos con variables potencialmente controlables y grupos con variables no controlables.

Respecto al crecimiento del camarón se puede decir:

6. En el ciclo de cultivo de Invierno, se observa una influencia considerable de la variable Turbidez sobre el peso del camarón, una desviación estándar de la Turbidez contribuye con una variación de 2.41 gr. en el peso. Este resultado hay que interpretarlo con cuidado como se ha mencionado anteriormente, ya que por la forma en como fueron tomados los datos de esta variable, una lectura alta de Turbidez significa que el agua esta limpia, y una lectura baja significa que el agua esta turbia o sucia.
7. En el ciclo de cultivo de Verano, se observa que el pH de la mañana y la Turbidez tienen incidencia en el Peso del camarón; una desviación estándar del pH de la mañana contribuye con una variación de 7.43 gr. De la misma forma se puede decir

que una variación de la variable Turbidez en una desviación típica provoca una variación de 2.34 gr. en el peso. Por lo tanto, el pH de la mañana, es la variable que más influye en el crecimiento del camarón en el ciclo de Verano.

8. El crecimiento semanal promedio en el ciclo de Invierno es 1.257 gramos, en el ciclo de Verano el crecimiento semanal promedio es 1.11 gramos. Lo cual da fuerza al conocimiento empírico de que el crecimiento en el Invierno es más acelerado que en el Verano, por lo que se puede decir que las condiciones climáticas de la estación invernal propician un mejor ambiente para el crecimiento del camarón.
9. El crecimiento del camarón al igual que en otros organismos, inicia con una velocidad de crecimiento superior a la con que termina su etapa de engorde en las piscinas. Es decir, que en las primeras semanas tendrá un crecimiento más acelerado que en las últimas semanas del ciclo de cultivo.

7. RECOMENDACIONES

1. El manejo de los parámetros físicos del agua, que son potencialmente controlables, debe ser optimizado. En el ciclo de Invierno debe dársele principal importancia a la Turbidez del agua, ya que este cumple un rol importante en el crecimiento del camarón. De la misma forma, en el ciclo de Verano, el parámetro más importante es el pH, específicamente el pH durante las primeras horas del día, es decir desde el nivel mínimo hasta que alcance un nivel promedio al mediodía.
2. El estudio se realizó con datos globales de todas las piscinas de la camaronera en cada ciclo de cultivo. Se recomienda, hacer un estudio por piscina, ya que cada piscina representa un ecosistema diferente; de esta manera, se podrá tener una mejor idea del comportamiento estacional de los parámetros físicos del agua dentro de cada piscina.
3. Realizar estudios similares, utilizando además de los ciclos de Invierno y Verano, el período llamado Transición, que comprende el tiempo entre el cambio de estación climática de Mayo a Junio.
4. Existen otras variables ambientales, como los parámetros químicos del agua, que tiene un rol importante en el manejo de piscinas; sería de mucho interés conocer como interactúan estos parámetros en los diferentes ciclos de cultivos.
5. Los efectos de eventos naturales, influyen mucho en el crecimiento de los camarones, si se obtiene mayor información de las variables ambientales de cada piscina, es probable que se pueda atenuar los estragos de dichos eventos; la experiencia para el sector camaronero, en estos últimos años, debería ocasionar mayor interés por la investigación, especialmente empleando herramientas bioestadísticas.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Johnson Richard A. y Wichern Dean W. Applied Multivariate Statistical Analysis, Cuarta Edición. Prentice Hall. Estados Unidos de América, 1998.
2. Libro Blanco del camarón, Segunda Edición, Cámara Nacional de Acuicultura. Ecuador 1993.
3. Montgomery Douglas C. Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México 1991.
4. Olsen Stephen y Arriaga Luis. A sustainable shrimp mariculture industry for Ecuador, Technical report series TR-E-6. Programa de Manejo de Recursos Pesqueros, Ecuador 1989.

5. Velázquez López Colón M.Sc., Estudios de Calidad de agua como medio para determinar su influencia en la Productividad Camaronera en la Provincia de El Oro, PROYECTO P-BID-148-UTM-FUNDACYT, 2000.

Revisado por:

C. Fernando Guerrero L.
Director de Tesis