

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN EN UNA CAMARONERA

**Autores : Wehrli Pérez Caicer ,
Matemático John Ramírez**

RESUMEN

En las Camaroneras ecuatorianas se siembran diversos tipos de nauplios: de maduración, de inseminación y salvajes. La diferencia más relevante entre ellas: reaccionan de manera distinta al ambiente que se encuentra en las piscinas Camaroneras.

La estadística es la herramienta más indicada para la investigación aplicada. Y es precisamente lo que busca esta investigación: Definir variables y utilizar para investigar comportamientos, reacciones en las piscinas, y correlaciones de variables. Las Técnicas Multivariadas, son un conjunto de métodos estadísticos que de manera simultánea analizan dos o más variables que se observan para determinar patrones de comportamiento entre variables o individuos.

Dentro de ellas se encuentran las Componentes principales, que utiliza una matriz de varianzas y covarianzas para explicar su estructura en un menor número de combinaciones lineales con relación a las variables, obteniendo la misma cantidad de información que se obtuvo con las variables originales. Con las componentes principales se formaron ejes ortogonales en los que se grafican las variables, estas combinaciones de ejes presentan diferentes vistas, en las que se encontraron variables correlacionadas y no correlacionadas, asociaciones entre ellas y sus diferencias. A continuación se presenta el desarrollo del estudio.

INTRODUCCIÓN

Para el estudio, se obtuvo la disposición de una Camaronera en particular que tiene cuatro sectores, y cuenta con 91 piscinas. Se decidió realizar el Análisis a los datos correspondientes al año 1997 ya que, en ese año la mayor cantidad de variables fue registrada. Ha sido entonces, del criterio de los Biólogos, cuántas variables tomar, el plan de muestreo, etc.

Ahora, se desea analizar el comportamiento de las variables, su relación entre ellas, y como están relacionadas con la variable supervivencia, esta última es la más importante por el hecho de ser sinónimo de productividad en la Industria Camaronera.

La Supervivencia es observada al final de un período en cada piscina, el tiempo promedio en que una piscina llega a la producción es de 138 días (Para el año 1997). Si se obtiene supervivencia, se puede calcular densidad poblacional, analizar el nivel de estrés, y

otras variables demográficas importantes para una Camaronera. Además de costos, utilidades, etc.

Y más aún, si se logra determinar que variables o grupo de variables tienen una directa relación con la supervivencia, es posible indicar cómo deben comportarse las variables de Proceso (Véase tabla A.1.), para que el porcentaje de supervivencia, bajo ciertas condiciones, sea máxima.

Desde el momento en que se inicia la producción en una piscina Camaronera, se obtienen observaciones periódicas para cada variable, algunas son tomadas más de una vez al día, otras solo en el último día (supervivencia). La mayoría son controladas por los Biólogos y Técnicos. Otras como temperatura, o pluviosidad son puramente ambientales y no pueden controlarse. Al final se obtiene una sola observación de supervivencia, obviamente, se esperan los valores altos. Entonces se tienen dos principales problemas:

SIMBOLOGÍA UTILIZADA	
SUPERVIVENCIA	SUP
UREA	UR
FOSFATO	FO
TURBIDEZ	TUR
SALINIDAD	SAL
DIATOMEA	DIA
CIANOFITA	CIA
COLOROFITA	CLO
DENS. DE ALIMENTO	DALIM
TEMPERATURA	TEM

Tabla 1

Definición del problema:

- ◆ Determinar la relación que existe entre las variables de proceso durante el año 1997. Al que llamaremos **Estudio A.**
- ◆ Investigar de que manera afectan las variables de proceso a las de resultado, sobre todo a supervivencia. Al que llamaremos **Estudio B.**

CONTENIDO

Se obtuvo información de una Camaronera que había registrado para el año 1997 las siguientes variables en sus piscinas:

- ◆ Libras por hectárea de urea
- ◆ Libras por hectárea de Fosfato
- ◆ Células por mililitro de agua de algas diatómeas
- ◆ Células por mililitro de agua de algas cianófitas
- ◆ Células por mililitro de agua de algas clorófitas
- ◆ Libras por hectárea de alimento
- ◆ Grados centígrados de temperatura
- ◆ Partes por millón de sólidos en suspensión (Salinidad)
- ◆ Centímetros en Disco Secchi bajo el nivel de agua (Turbidez)
- ◆ Porcentaje de supervivencia por piscina

Para el estudio A, se utilizaron los valores de estas variables de proceso en toda la Camaronera durante el año 1997, lo que hacen 52 observaciones.

Para el estudio B, se utilizaron los promedios por piscina de cada variable de proceso y el valor de supervivencia por piscina. Debido a que hubo diferencia significativa entre los dos tipos de nauplios: Salvaje y Maduración, se eligió hacer el análisis a las Piscinas sembradas con Nauplios de Maduración que obtuvieron la mayor supervivencia en ese año (44.685%) en 42 piscinas.

Desarrollo del Estudio A

Para encontrar relaciones por pares se obtiene la matriz de correlaciones (Tabla A), en donde se presentan las relaciones y las no relaciones con valores absolutos cercanos a 1 y cercanos a 0 respectivamente.

Como ejemplo se tiene turbidez y salinidad que se encuentran áltamente correlacionados de manera positiva (0.827), es decir que con altos valores de salinidad se obtiene mayor turbidez.

La otra parte es cuando se tienen no relaciones, como ejemplo el caso de Clorófitas y densidad de alimento (-0.073), significa que durante el año 1997 las variaciones de la presentación de algas Clorófitas no tienen mayor influencia con relación a la densidad de alimento.

MATRIZ DE CORRELACIÓN									
	UR	FO	TUR	SAL	DIA	CIA	CLO	DALIM	TEM
UR	1								
FO	0.992	1							
TUR	0.245	0.252	1						
SAL	0.184	0.19	0.827	1					
DIA	-0.122	-0.11	0.218	0.334	1				
CIA	-0.246	-0.24	-0.569	-0.716	0.1	1			
CLO	0.084	0.092	-0.081	-0.241	-0.056	0.303	1		
DALIM	-0.279	-0.269	-0.01	-0.139	0.247	0.338	-0.073	1	
TEM	0.257	0.242	-0.457	-0.449	-0.482	0.187	0.273	-0.413	1

Tabla A.

Para obtener asociaciones de grupos se utilizan las componentes principales, del estudio se obtuvieron tres principales que representan al 74.788% de la información.

Las tres componentes fueron:

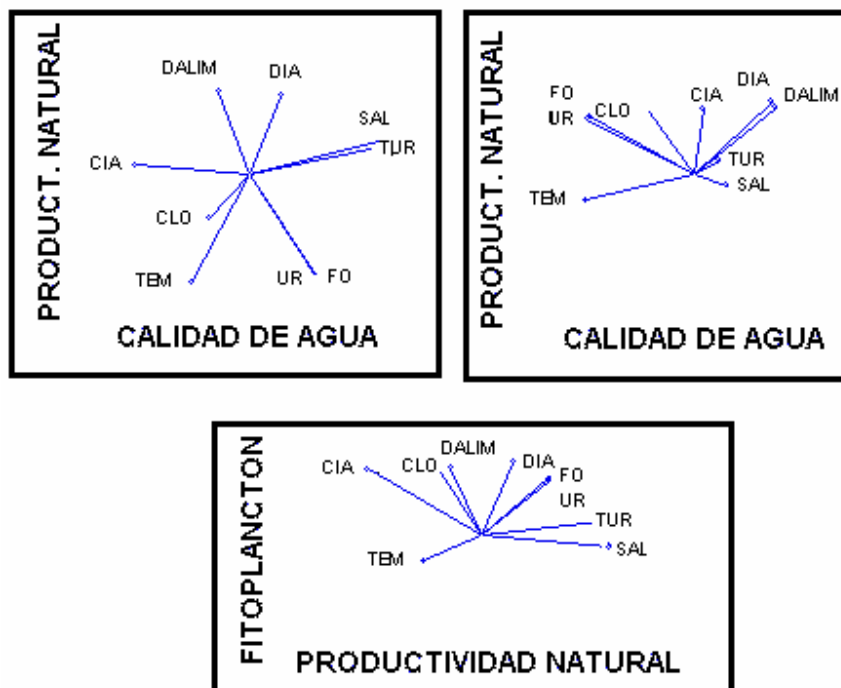
CALIDAD DE AGUA con un porcentaje de explicación del 33.236%
PRODUCTIVIDAD NATURAL con 27.675%
FITOPLANCTON con 13.877%.

El efecto que tienen estas vistas, es que se puede concluir algo, siempre y cuando, esa información no se vea afectada mayormente por las diferentes vistas. Entonces se podrían tener apreciaciones equivocadas de alta correlación al observar el primer plano, y de una correlación pequeña en otro plano. Las conclusiones que permanezcan constantes en las diferentes vistas, o cuando se tuviera una diferente en un plano que no tiene mayor representatividad, son las consideradas en las Interpretaciones finales.

Interpretaciones finales

En una Combinación de Componentes principales, lo que se encuentra graficamente es una proyección de los puntos a ese plano, lo que se conoce como vistas, y la teoría de distancias entre variables o individuos es aplicada, entonces, sucede que: A diferentes planos, diferentes vistas (Figura A).

Figura A



Correlaciones

- ◆ Turbidez se relaciona directamente con salinidad
- ◆ Turbidez y Salinidad se correlacionan indirectamente con Temperatura

- ◆ Densidad de Alimentos con algas Cianófitas
- ◆ Densidad de Alimentos con algas Diatómeas
- ◆ Urea se correlaciona fuertemente en forma positiva con Fosfato

No correlaciones

- ◆ Cianófitas se encuentra no correlacionada con Temperatura
- ◆ Cianófitas es no correlacionada con Diatómeas
- ◆ Densidad de Alimento se encuentra no correlacionada con Turbidez y Salinidad

Con esto se tiene una explicación del sistema de Proceso arriesgando una pequeña parte de la información. Si se excluyen las variables Turbidez, Fosfato y Diatómeas, ya que ellas se encuentran explicadas por Salinidad, Úrea y Temperatura, respectivamente. Además estas tres últimas contribuyen con mayor información en la cantidad de explicación que las primeras. Esta combinación de tres componentes explica un 74,788% de la varianza total de los datos.

Desarrollo del estudio B

En este estudio se tomó el promedio de cada variables de proceso para cada piscina además del valor de supervivencia adquirido.

Se encontró una diferencia significativa en el porcentaje de supervivencia de los diferentes tipos de nauplios. Y el estudio se realizó para el tipo de maduración.

Las relaciones de la supervivencia con las variables y entre ellas se tiene de la siguiente matriz de correlación (Tabla B.1.):

MATRIZ DE CORRELACIÓN PARA NAUPLIOS N-M											
	SUP	SAL	TEM	UR	FO	TUR	DIA	CIA	CLO	DALIM	CEL_TOT
SUP	1										
SAL	0.066	1									
TEM	0.287	-0.114	1								
UR	-0.041	0.446	-0.039	1							
FO	-0.068	0.404	-0.04	0.996	1						
TUR	-0.068	0.268	-0.673	0.321	0.291	1					
DIA	-0.413	-0.193	-0.242	0.262	0.282	0.281	1				
CIA	-0.149	-0.479	-0.103	-0.617	-0.586	-0.247	-0.038	1			
CLO	-0.108	-0.651	0.026	-0.359	-0.308	-0.346	0.223	0.809	1		
DALIM	-0.08	-0.211	0.041	-0.201	-0.199	0.075	-0.069	-0.04	-0.082	1	
CEL_TOT	-0.248	-0.535	-0.152	-0.496	-0.46	-0.179	0.247	0.954	0.874	-0.08	1

Tabla B.1.

Cel_ Tot es la suma de Cianófitas, Clorófitas, y Diatómeas., observamos que las algas diatómeas con respecto a supervivencia tienen una correlación negativa (-0.413). Esto quiere decir que cuando se encontraron valores altos de supervivencia, el registro promedio de algas Diatómeas tenía valores pequeños. El tipo de algas que mayor responde a la presencia de fertilizantes (Urea y Fosfato) es el tipo de algas Diatómeas (0.282 y 0.281 respectivamente).

Con una elipse de un 68.3% de explicación se obtuvieron las representaciones de individuos (piscinas), en los que se observan patrones que sigue la supervivencia frente a otras variables. En la Figura B.1. se tienen las cuatro variables más importantes, su correlación puede ser vista en la Tabla B.1.

Para las asociaciones entre grupos de variables se construyeron componentes principales de donde se obtuvo un cuadro de relaciones positivas, negativas y no relaciones presentes en la tabla B.2.

Estas relaciones finales contienen el 69,645% del total de la información, lo que equivale a decir que en cualquier relación positiva, opuesta o de independencia hecha sobre la base de esta tabla, se esperará que se cumplan estas relaciones por lo menos con el 69,6455 de esos registros.

En este momento se puede hacer un ejemplo definitivo:

Consideremos que realmente ha aumentado la temperatura (Dentro de los estándares para camarónicas), lo que hará que aumente la supervivencia, la temperatura está altamente correlacionada negativamente con turbidez. Pero en este proceso las variables Clorófitas, Urea y Fosfato no se alteran (Independencia).

De esta forma se pueden llevar a cabo muchas otras Simulaciones del Sistema. La utilidad de las componentes principales es que con ellas, realmente se llega a conocer que interacción tienen las variables entre ellas y cuando se haya identificado alguna variable, o grupo de variables críticas, se realiza un Plan de Diseño Experimental, con el objetivo de obtener valores de las variables que maximicen la Supervivencia de los camarones, y está implícito, la productividad del sector Camaronero.

El hecho de que supervivencia no encuentre una relación fuerte con densidad de alimento con este tipo de nauplio significa que si esto es consistente se debería diseñar un mejor balanceado para este tipo de camarón, y así lograr que la supervivencia aumente, ya que, aunque es negativa la relación, también es pequeña.

En una breve comparación con nauplios de maduración se tiene un comportamiento más coherente con las definiciones clásicas de : Amayor alimentación (controlada), mayor supervivencia), por ejemplo. Es así que el alimento demostró ser apropiado para ese tipo de nauplio ya que la correlación entre ellos (0.355) se puede considerar alta.

**REPRESENTACIÓN DE INDIVIDUOS :
NAUPLIOS DE MADURACIÓN**

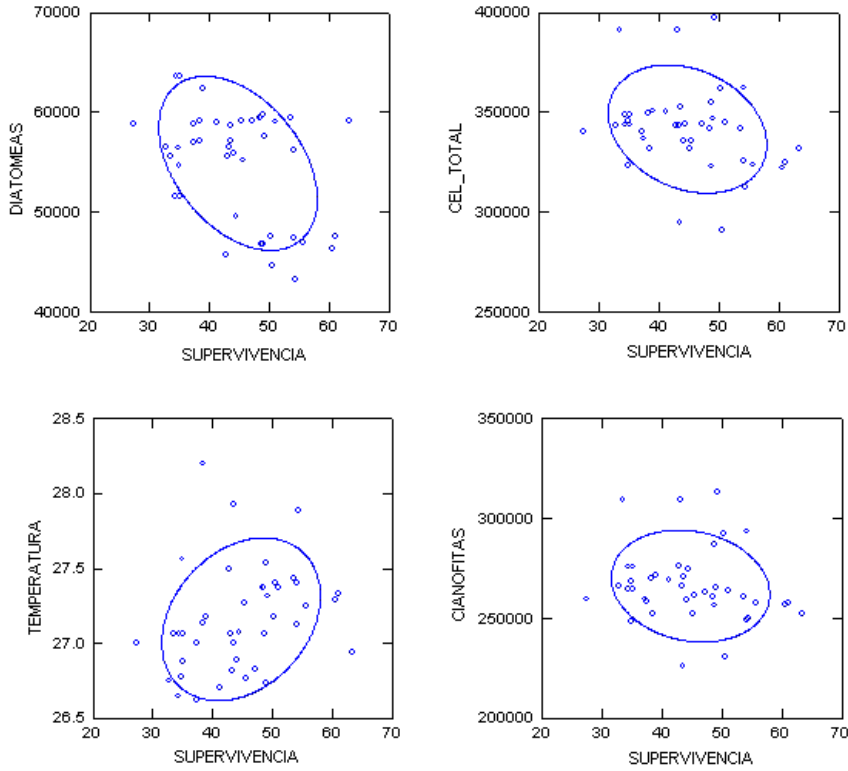


Figura B.1.

RELACIONES FINALES

Relaciones positivas

Urea	-	Fosfato
Cianofitas	-	Clorofitas
Supervivencia	-	Temperatura

Relaciones opuestas

Turbidez	Vs.	Temperatura
Densidad de Alimento	Vs.	Urea y Fosfato
Supervivencia	Vs.	Diatomeas
Salinidad	Vs.	Diatomeas - Clorofitas - Cianofitas
Salinidad	Vs.	Urea y Fosfato

Tabla B.2.

Independencia

Urea - Fosfato - Clorofitas	-	Turbidez
Supervivencia - Temperatura	-	Salinidad
Temperatura	-	Clorofitas - Diatomeas
Turbidez	-	Salinidad - Supervivencia
Densidad de alimento	-	Cianofitas

MODELO DE REGRESIÓN

Utilizando las variables de proceso se obtuvo el siguiente modelo de regresión múltiple:

$$\text{SUP} = -238.265 + 0.231 * \text{Sal} + 9.922 * \text{Temp} - 14.601 * \text{Fosf} + 3.014 * \text{Turb} - 0.001 * \text{Diat} + 0.003 * \text{Clorofitas} - 0.044 * \text{Dens_Alim}$$

Se presenta en la figura B.2. la representación gráfica entre la estimación y los valores reales de porcentaje de supervivencia.

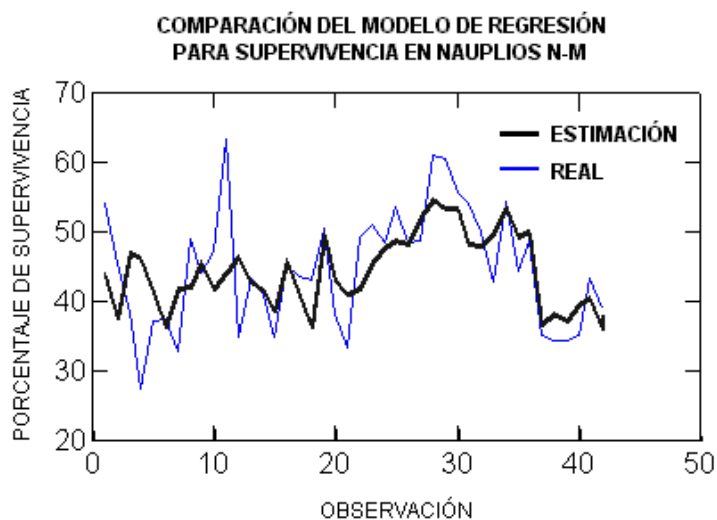


Figura B.2.

CONCLUSIONES

La investigación en el sector camaronero es realmente importante porque si lo que se investigan son las características que logran una mayor supervivencia, se logra un aumento de supervivencia. Si lo que se investiga es cómo distribuir el alimento y controlar las variables del proceso para lograr un mayor peso, se obtendrán mayores pesos en los camarones. Mucho de esto, dependiendo de la intensidad de la investigación y de los esfuerzos de los Administradores, puede lograrse en el mediano y corto plazo.

Si todas las camaroneras invirtieran en investigación para su propio beneficio, el camarón ecuatoriano lograría ser el mejor producto de menor costo en un plazo no lejano. Este es el inicio de un esfuerzo que busca obtener resultados también importantes utilizando como herramienta el Análisis Multivariado.

El modelo de regresión obtenido es de mucha utilidad ya que si el promedio de cosecha de los camarones en las piscinas es de 138 días, se puede, en el día 100 obtener un promedio

para las variables de proceso de cada piscina y estimar cuál será el porcentaje de supervivencia logrado en la operación total hasta el día en que se retiren los camarones.

REFERENCIAS

Libro

Abad, Servín, Introducción al muestreo, Editorial Limusa.
Grossman, Álgebra lineal con aplicaciones; Editorial Mc Graw Hill, 1992
Hair, Anderson, Tatham & Black, Mutivariate Data Analysis; Prentice Hall 1995.
Harman H., Análisis Factorial Moderno; Editorial Salfés 1980

Artículo de una publicación periódica

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Proyecto de investigación en piscinas Camaroneras, Junio 1987

Claude E. Boyd, El cultivo de Camarón y el Medio Ambiente, Un informe oficial; Revista Acuicultura del Ecuador, Edición 19. Julio de 1997

Sánchez M., Efecto nutricional relativo de cuatro especies de algas como alimento de la larva de *Penaeus vannamei*; Acuaculture 58: 139 – 144, Año 1986

Vega, A.J. y De la Cruz, Efecto de la temperatura, la salinidad y el pH sobre las larvas del camarón blanco, *Penaeus schmitti*; Revista de Investigaciones Marinas, Vol IX. No 1. Año 1988

Tesis

W. Pérez, J. Ramírez, Análisis Estadístico de la Producción en una Camaronera. (Tesis, Instituto de Ciencias Matemáticas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1999).