

EXPLORACION DE TECNICAS MULTIVARIADAS PARA SU USO EN EL ESTUDIO DE LA DINAMICA POBLACIONAL DE ESPECIES SUJETAS A EXPLOTACION PESQUERA: EL CASO DEL CAMARON CAFE (PENAEUS AZTECUS I. 1891) DEL NOROESTE DEL GOLFO DE MEXICO

¹SOLANA-SANSORES R., ¹F. ARREGUIN-SANCHEZ, ²R. CASTRO MELENDEZ & ²M. MEDELLIN

¹*Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del IPN-Unidad Mérida.
A.P. 73 Cordemex. C.P. 97310, Mérida, Yucatán, México.*

y

²*Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Tampico. INP, Tampico, Tamaulipas, México.*

RESUMEN: Se realizó un análisis de los valores de abundancia del número de individuos por clase de edad del camarón café (*P. aztecus*) obtenidos por medio del Método del Análisis de la Población Virtual de muestreos mensuales para las costas de Tamaulipas, durante el período comprendido entre 1974 a 1982, por medio del Método de Estadística Multivariada del Análisis de Componentes Principales (ACP), con el fin de explorar los patrones del comportamiento de la abundancia de individuos por clase de edad. Los valores de abundancia por clase de edad por mes se suponen como una observación multivariada, donde se incluyen de la clase de edad 3 hasta la 12 de las 22 clases por edad. Al analizar estos vectores por medio del ACP, se encontró que los tres primeros componentes describían más del 80% de la variación total y sus valores latentes fueron mayores a 1. Se observó que el componente 1 correspondía a las últimas clases de edad (adultos), mientras que en el componente 2 se obtuvieron los valores más altos en los coeficientes de las primeras clases de edad (reclutas). Al graficar los diferentes meses en los nuevos ejes obtenidos en el análisis, se observó una agrupación de los meses tomando como criterio la longitud promedio y la clase de edad promedio, mientras que no se observó una agrupación lógica cuando se utilizaba como criterio la estación del año. Al graficar los valores de los primeros dos componentes principales con respecto al mes correspondiente, se observó un patrón regular de comportamiento de los dos componentes en los primeros años del análisis (1974 a 1979). Sin embargo, durante el último período de tiempo (1980-1982) se observó una irregularidad en el patrón seguido, el cual correspondía a un aumento en la longitud promedio y clase de edad promedio, debido a una baja en la intensidad de pesca. Se concluye que el ACP es una herramienta útil en la exploración del comportamiento de la estructura poblacional y sus irregularidades.

ABSTRACT: Monthly values of the number of organisms by age group of coffee shrimp (*P. aztecus*) from 1974 to 1982 were available for the coast of Tamaulipas, México. These data were first subjected to Virtual Population Analysis (VPA) and later to the Multivariate Statistical Method of Principal Components Analysis (PCA), in order to investigate the behavioural pattern of the abundance by age group. The assumption made is that the monthly value of the abundance by age group is a multivariate observation of ages ranging from 3 to 12 months out of 22 months. It was found that the first three components included more than 80% of the total variance with latest values above 1. Component 1 was characterized by adults, while component 2 by recruits. An average of the length and average of class-group was plotted using the new PCA reference axis. This graph showed a logical cluster of values where months were used as reference, this was not the case in the case of the seasonal distribution. The three principal components were analyzed for each month; the first two suggested a regular behavioural pattern during 1974 to 1979, and a departure from it in the last two years. This anomaly consisted of an increase in the average length and age-class due to a decrease in the fishing effort. It is concluded that the APC is a useful tool in the investigation of the behaviour of the population structure.

INTRODUCCION

Para una buena ordenación y administración de los recursos pesqueros, será necesario obtener criterios objetivos basados en los fenómenos que ocurren en el sistema pesquero planteado y en los cambios que se suscitan dentro de sus diferentes componentes, tanto biológicos como tecnológicos y económicos.

Los aspectos sobre la actividad y cambios de la condición del recurso pesquero, pueden ser observados a través de un planteamiento de estudio de la Dinámica de la Población, el cual trata fundamentalmente sobre los cambios que se suscitan en la estructura de la población por los fenómenos de reproducción, reclutamiento y mortalidad (natural y por pesca), con ayuda de la modelación matemática de dichos fenómenos.

El reclutamiento surge como una parte esencial del estudio del recurso donde se han diseñado modelos matemáticos para describir la relación entre los adultos y los nuevos individuos que se incorporan a la población como consecuencias de la reproducción. En dichos modelos se contempla en esencia el fenómeno global de la reposición de individuos y las posibles interacciones entre ellos y con el medio ambiente, a través de sus consecuencias en la supervivencia (ARREGUIN-SANCHEZ, SOLANA, CASTRO & MEDELLIN, 1988).

En zonas tropicales y principalmente en recursos pesqueros que constan de poblaciones de invertebrados, como las especies explotadas de crustáceos, se han planteado estrategias del estudio de la Dinámica de la Población a partir de muestreos de captura comercial de valores de frecuencia de longitudes, como en el caso del estudio del camarón en México (ARREGUIN-SANCHEZ, 1981; CASTRO, 1982; CASTRO, ARREGUIN-SANCHEZ & CHAVEZ ORTIZ, 1986).

Uno de los principales problemas que se tienen al plantear estudios analizando los valores de frecuencia-longitud, es que la edad de reclutamiento obtenida por lo general es variable (suponiendo que la muestra fue obtenida a través de un proceso aleatorio en la captura desembarcada), y esta edad de reclutamiento reflejará la evolución de los cambios estacionales de las edades involucradas en el proceso de reclutamiento de toda la pesquería, o cambios en la situación en los procesos regulatorios de la población, como sería la mortalidad por pesca.

Como una alternativa para intentar resolver este aspecto, en el presente trabajo se recurrió a técnicas de Estadística Multivariada, como es el Método del Análisis de Componentes Principales (RAO, 1968; MORRISON,

1976), con el fin de definir con mayor precisión las épocas de la entrada de reclutas a la población en base a una posible regularidad en los patrones de comportamiento de los valores de frecuencias de la estructura poblacional por clases de edad.

Para el uso de la estimación de la estructura por edad y su ordenación a través de técnicas multivariadas es necesario cumplir con los siguientes supuestos: 1) que los datos de frecuencia-longitud sean correctos, y 2) que cada muestreo sea una muestra aleatoria de la misma población (MCGLADE & SMITH, 1983).

METODOS

Se analizaron los valores de abundancia por clases de edad del camarón café (*Penaeus aztecus*), obtenida a través del Método de Análisis de Población Virtual, las cuales fueron estimadas con base a muestreos mensuales de las capturas de desembarco en los puertos del Estado de Tamaulipas, México (Fig. 1), durante el período de tiempo comprendido entre 1974 a 1982.

Estos valores de frecuencia de individuos por clase de edad de la estructura poblacional se consideraron como un grupo de valores multivariados, donde cada una de las clases de edad se consideró como una variable medida en todos los meses, cuyo valor fue el número de individuos presentes.

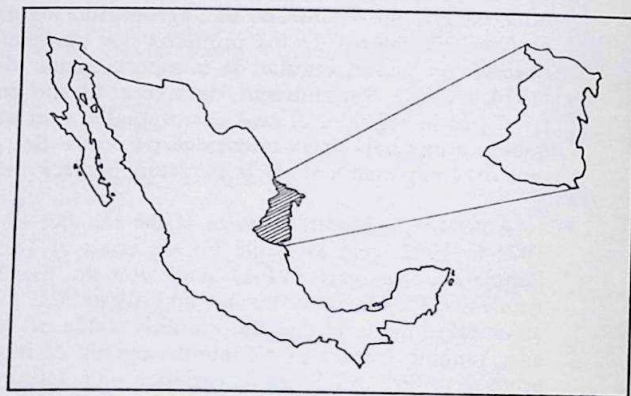


Fig. 1 República Mexicana.

Para las clases de edad definidas como variables, se les aplicó el Método del Análisis de Componentes Principales (ACP), el cual consta de los siguientes pasos (JEFFERS, 1967).

1. Escoger las variables que se incluirán en el análisis.
2. Construcción de la matriz básica de los datos.
3. Transformación de los datos, si es requerida.
4. Cálculo de la matriz de Var-Cov y de correlación.
5. Cálculo de los valores latentes (eigenvalues) y los vectores latentes (eigenvectors) de la matriz de covarianza o de correlación.
6. Examen e interpretación de los valores latentes.
7. Interpretación de los vectores latentes.
8. Cálculo de los valores transformados.
9. Graficación o nuevo análisis de los valores transformados.

Con lo que respecta al grupo de valores multivariados de clases de edad del camarón (*P. aztecus*), se decidió trabajar con las clases que van de la clase de edad 3 a la 12, que corresponden aproximadamente al 95% del total de los datos, ya que las otras clases de edad, 1 y 2, y 13 a la 22, se presentaban en forma aislada, teniéndose el valor de cero en la mayoría de los meses observados.

Los valores de abundancia por clase de edad seleccionados para el análisis (de ACP), fueron procesados a través del paquete estadístico para computadoras personales Statgraph en su versión 2.6, donde se obtuvieron la Matriz de Correlación de los valores originales, los valores latentes con sus porcentajes de varianza explicada y los vectores latentes asociados a cada valor.

El número de valores latentes que se utilizaron para los análisis posteriores fue definido en base al valor que presentó cada uno de ellos, de tal manera que todos aquellos que obtuvieron un valor mayor a 1 fueron escogidos para el análisis posterior. Además, otro criterio se basó en el porcentaje de varianza explicada por cada valor latente y que tuviera algún significado práctico (JEFFERS, op. cit.).

Con lo que respecta al análisis de los vectores latentes, el valor máximo que pueda tomar una variable cualquiera es de 1, por lo que se incluyeron en las ecuaciones, que definen a cada componente, todas aquellas variables que presentaban un coeficiente ponderal alto, representado en el vector latente.

Por último, los valores obtenidos de cada mes para cada componente fueron graficados en base a la estación del año, la longitud promedio y la clase de edad, para observar su comportamiento y una posible agrupación en los nuevos espacios obtenidos en el presente análisis.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los diferentes coeficientes de correlación entre las diferentes clases de longitud de los valores de frecuencia analizados del camarón café (*P. aztecus*), donde es posible observar, para cada uno, el nivel de significancia, la cual se muestra altamente significativa entre las clases de edad 3 y 4, mientras que también es altamente significativa entre las edades subsiguientes (de la 6 a la 12).

TABLA 1.- MATRIZ DE CORRELACION DE LAS DIFERENTES CLASES DE EDAD DEFINIDAS (III A LA XII) DEL CAMARON CAFE (*P. aztecus*) DEL NOROESTE DEL GOLFO DE MEXICO, DURANTE EL PERIODO DE 1974 A 1982.

	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂
E ₃	1									
E ₄	0.73**	1								
E ₅	-0.39**	0.65**	1							
E ₆	-0.04	0.06	0.25*	1						
E ₇	-0.18	-0.03	0.31**	0.37**	1					
E ₈	0.21*	-0.17	9.7E-3	0.19**	0.79**	1				
E ₉	-0.26**	-0.26**	-0.21*	0.19	0.53**	0.73**	1			
E ₁₀	-0.27**	-0.26**	-0.15	0.11	0.46**	0.56**	0.85**	1		
E ₁₁	-0.23*	-0.26**	-0.30**	4.8E-3	0.29**	0.40**	0.72**	0.76**	1	
E ₁₂	-0.21*	-0.25*	-0.34**	-5.6E-3	0.26**	0.36**	0.70**	0.72**	0.92**	1

TABLA 2.- VALORES PROPIOS Y EL PORCENTAJE DE VARIACION EXPLICADO POR CADA UNO DE ELLOS Y ACUMULATIVO, PARA LOS VALORES DE ABUNDANCIA DEL CAMARON CAFE (*P. aztecus*).

VALORES PROPIOS	PORCENTAJE DE VARIACION	PORCENTAJE ACUMULADO
4.4049	44.1	44.1
2.1938	21.9	66.9
1.3693	13.7	80.6
0.7125	7.1	87.7
0.5036	5.0	92.7
0.3097	3.1	95.8
0.1976	2.0	97.8
0.1462	1.5	99.3
0.0938	0.9	100.0
0.0687	0.7	100.0

Con lo que respecta a los valores latentes de la matriz de correlación para las clases de edad analizadas, se observa que los primeros tres muestran valores mayores a 1 (4.41, 2.19 y 1.37, respectivamente) y en conjunto representan en aproximadamente al 81% de la variación total de los valores, por lo que de acuerdo con estos dos criterios es posible reducir para el análisis el número total de dimensiones a tres ejes, representadas por estos tres primeros valores latentes.

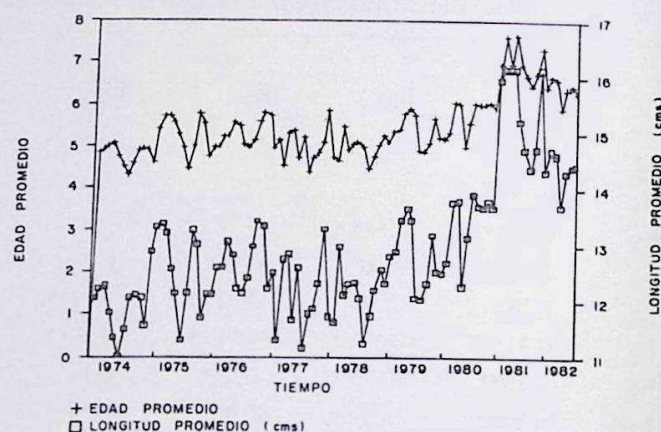
Los vectores propios asociados a cada uno de los valores propios obtenidos, se presentan en la Tabla 3. Analizando los primeros tres vectores, se puede observar lo siguiente:

- En el primer vector, los valores de los coeficientes de las primeras clases de edad (de la 3 a la 7) son todos positivos, mientras que para las últimas clases de longitud (8 a la 12), los coeficientes son negativos. Además de lo anterior, los valores de los coeficientes más grandes corresponden precisamente a estas últimas clases de edad.
- En el vector 2, los valores de los coeficientes más grandes corresponden a las primeras clases de edad y son todos estos valores mencionados, positivos.
- Con lo que respecta al vector 3, se tiene que los coeficientes observados con un valor absoluto alto, correspondieron a las clases de edad 3, 4, 6, 11, 12 donde se observa que para la clase de edad 6, el coeficiente fue negativo.

Dados los resultados anteriores de los vectores latentes, podemos decir lo siguiente:

- El componente 1 corresponde a un componente de clases de edad de adultos, de tal manera que en los meses donde se registra una dominancia de adulto, tendrán un valor negativo en esta nueva variable.
- El componente 2 es un componente de reclutas tal que es un mes donde existe una abundancia grande de reclutas, tendrá un valor fuertemente positivo.
- Por último, el componente 3 no tiene un significado práctico; sin embargo, también se incluyó en los análisis posteriores para observar la distribución de los meses en los nuevos ejes.

Al respecto, dadas las consideraciones de arriba, la Ta-

Fig. 2.- Edad y Longitud Promedio del Camarón Café (*Panaeus aztecus*).

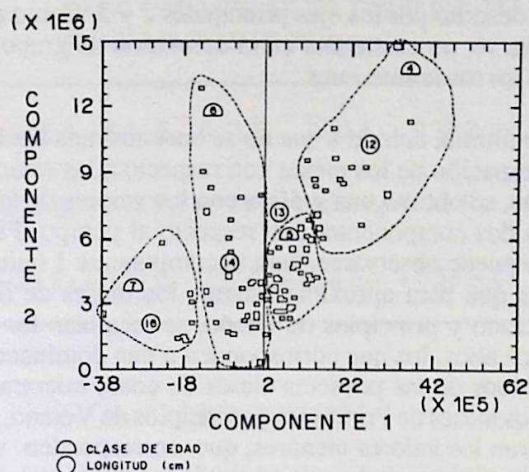


Fig. 3.- Ubicación de los diferentes meses analizados según la longitud y edad promedios del Camarón Café (*P. aztecus*) con respecto a los componentes 1 y 2.

bla 3 presenta las ecuaciones lineales que corresponden a cada componente principal, analizadas.

Obtenidas las coordenadas de cada una de las observa-

ciones de frecuencias por clase de edad para cada mes en los componentes principales obtenidos, se procedió a graficar los diferentes meses en un plano definido por cada par de componentes, tomando como base la clase de edad promedio, la longitud promedio y la estación del año a la que pertenecía el mes.

En la Fig. 2, se pueden observar los valores de longitud promedio y clase de edad promedio para cada mes, mientras que en las Figs. 3 a la 5 se presentan los meses graficados para cada par de nuevos ejes principales.

En la Fig. 3, se presentan los meses graficados en el plano cartesiano descrito por los ejes principales 1 y 2, donde se observa una fuerte agrupación de los meses, tomando en cuenta tanto a la longitud promedio como a la clase de edad promedio. Como puede observarse, existe un gradiente con respecto al eje principal 1, de tal manera que los meses que presentaron una longitud y una clase de edad promedios mayores, se ubicaron en el segundo cuadrante, mientras que los meses que presentaron la longitud y la clase de edad promedio más pequeñas, se encontraron hacia el primer cuadrante. Sin embargo, con respecto al eje principal, no existió un gradiente marcado, aunque los valores mayores de los dos criterios manejados

TABLA 3.- VECTORES PROPIOS ASOCIADOS A LOS VALORES PROPIOS PARA LOS VALORES DE CLASES DE EDAD DEL CAMARON CAFE (*P. aztecus*).

CLASES DE EDAD	EVECTOR 1	EVECTOR 2	EVECTOR 3	EVECTOR 4	EVECTOR 5	EVECTOR 6
E ₃	0.219345	0.321773	0.509064	0.0532305	-0.537243	0.0440189
E ₄	0.21963	0.456266	0.402309	3.147535-3	0.0201019	-0.0133712
E ₅	0.154349	0.544821	7.8847E-4	-0.117413	0.608936	-0.133579
E ₆	-0.0842408	0.343618	-0.371095	0.850893	-0.0993083	5.45933E-3
E ₇	-0.27601	0.409804	-0.28845	-0.314378	0.0663979	0.420917
E ₈	-0.346044	0.282562	-0.28845	-0.314378	0.0663979	0.0831794
E ₉	-0.435505	0.104502	0.0723354	-0.0269651	-0.204726	-0.405435
E ₁₀	-0.418627	0.0633396	0.167252	-7.1864E-3	0.154441	-0.617253
E ₁₁	-0.400643	-0.0620221	0.356516	0.1542	0.210335	0.296112
E ₁₂	-0.389069	-0.825869	0.378452	0.186196	0.159104	0.403559
	EVECTOR 7	EVECTOR 8	EVECTOR 9	EVECTOR 10		
E ₃	-0.540332	0.0329128	0.0515372	-0.010242		
E ₄	0.692511	0.299437	-0.0975641	-0.0488495		
E ₅	-0.209909	0.468823	0.0524408	0.101524		
E ₆	-2.6074E-3	-0.0250197	-0.0505564	4.34227E-3		
E ₇	-0.20807	-0.515814	0.238531	-0.161272		
E ₈	0.192635	0.386153	-0.460925	0.219476		
E ₉	0.203218	0.230268	0.665999	-0.222013		
E ₁₀	-0.241844	-0.417831	-0.357165	0.164996		
E ₁₁	-0.0385064	0.210639	-0.313934	-0.639084		
E ₁₂	0.0522628	0.038054	0.208553	0.654264		

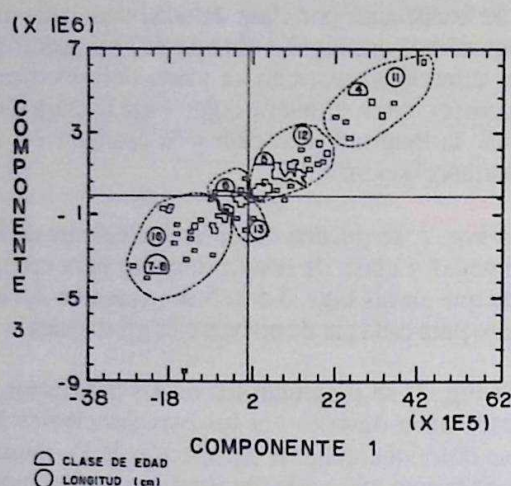


Fig. 4.- Ubicación de los diferentes meses analizados según la longitud y edad, promedios, del camarón café (*P. aztecus*), con respecto a los componentes 1 y 3.

se presentaron, por lo regular, cercanos a cero en el segundo cuadrante, mientras que en el primer cuadrante, los meses con un valor medio de longitud y clase de edad pequeños, se ubicaron en la parte superior en la gráfica, todo esto describiendo una tendencia diagonal de derecha a izquierda y de arriba hacia abajo.

La Fig. 4, corresponde a la gráfica de los meses en el espacio descrito por los ejes principales 1 y 3, donde como en el caso anterior, existió una tendencia a aumentar de derecha a izquierda en el eje principal 1 y de valores positivos a valores negativos con respecto al eje principal 2. Sin embargo, la tendencia diagonal en este plano fue más marcada.

En la Fig. 5, se muestra la ubicación de los meses con

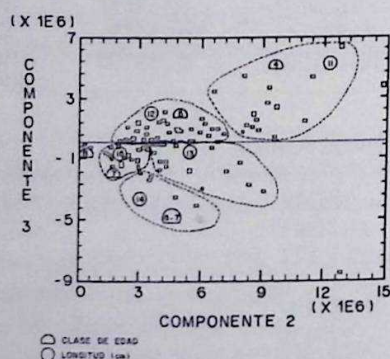


Fig. 5.- Ubicación de los diferentes meses analizados según la longitud y edad, promedios, del camarón café (*P. aztecus*), con respecto a los componentes 2 y 3).

respecto a la clase de edad y longitud promedios, para el plano descrito por los ejes principales 2 y 3. Como puede observarse, no existe una clara definición de grupos, como en los casos anteriores.

Por último, debido a que no se encontró una tendencia de agrupación de los meses con respecto a las estaciones del año, se obtuvo una gráfica con los valores de los primeros dos componentes con respecto al tiempo (Fig. 6). Como puede observarse, para el componente 1 (adultos), resulta que para aproximadamente los meses de finales de Verano y principios de Otoño, se localizan los valores más altos, los que corresponden a una dominancia de individuos de las primeras clases de edad, mientras que para los meses de Primavera y principios de Verano, se registraron los valores menores, que corresponden a una abundancia mayor de individuos de las últimas clases de longitud. Como puede observarse, existe una sensible disminución de los valores del componente 1 hacia los últimos años involucrados en el análisis, que sugiere un aumento en la abundancia de individuos mayores y por consiguiente en la clase de edad y longitud promedios.

La anterior tendencia fue observada también en el comportamiento de la gráfica del componente 2, donde los picos mayores se registraron principalmente en los meses de Verano y principios de Otoño, que indica abundancia mayor de individuos reclutas y como mínimos en los meses de Primavera y por tanto una dominancia de individuos adultos.

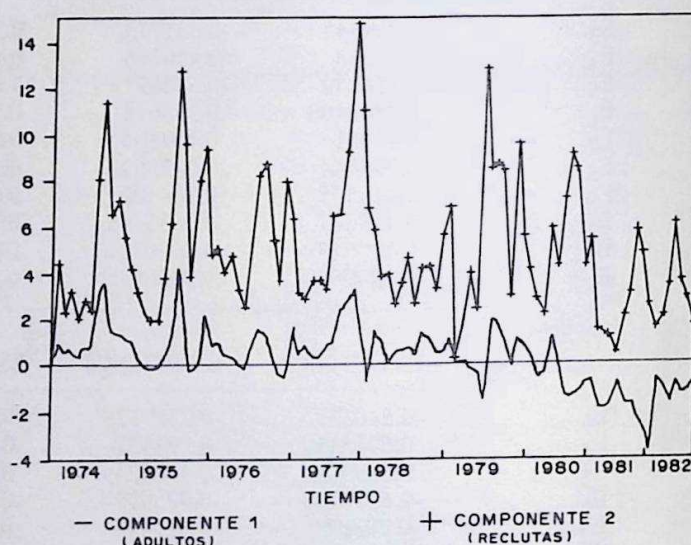


Fig. 6.- Comportamiento de los componentes 1 y 2, con respecto a los meses.

TABLA 4.- ECUACIONES LINEALES CORRESPONDIENTES PARA LOS DIFERENTES COMPONENTES, PARA EL CAMARON CAFE (*P. aztecus*).

$$C1 = -0.35 E_8 - 0.44 E_9 - 0.41 E_{10} - 0.40 E_{11} - 0.39 E_{12}$$

$$C2 = 0.32 E_3 + 0.46 E_4 + 0.54 E_5 + 0.34 E_6 + 0.41 E_7$$

$$C3 = 0.51 E_3 + 0.40 E_4 - 0.37 E_6 + 0.36 E_{11} + 0.38 E_{12}$$

DISCUSION

El método del Análisis de Componentes Principales (ACP), es un método que puede usarse, entre otras cosas, para examinar la agrupación de individuos u observaciones multivariadas en un espacio de p-dimensiones y la asignación de nuevas observaciones en grupos previamente marcados (RAO, 1964; JEFFERS, 1967; MORRISON, 1976).

En el presente trabajo, un grupo de observaciones sobre la frecuencia de individuos por clase de edad de camarón café (*P. aztecus*) fue analizado, con base en asumir cada una de las abundancias de individuos por clase de edad como una variable independiente, y, por tanto, cada frecuencia mensualmente obtenida es una observación multivariada con p-clases de edad.

Al aplicar el Método de ACP al grupo de abundancia por clase de edad, se observó un agrupamiento de los diferentes meses por clase de edad promedio y longitud promedio, el cual sugiere que existe una diferencia en la abundancia por clases de edad para los meses que se analizaron, teniendo una tendencia de valores más altos a valores más bajos en los primeros dos componentes obtenidos. Una tendencia similar fue observada al analizar los datos de frecuencias de longitudes del pez *Pollachius virens*, donde se observa una tendencia a aumentar la longitud promedio, contraria a las manecillas del reloj (MCGLADE & SMITH, 1983).

Con respecto a lo anterior, se observó que los meses con mayor abundancia de organismos reclutas coincidía con los meses de Verano, mientras que hacia los meses de Primavera y Otoño se encuentra una mayor abundancia de clases de edad de adultos. Esto mismo coincide con lo observado por CASTRO (1982) y CASTRO, ARREGUIN-SANCHEZ & CHAVEZ (1986), para la misma especie, quienes reportan que también para estas fechas se extrae el mayor volumen de captura en el año.

Sin embargo, al contrario de la agrupación que se dio por longitud y clase de edad promedios, no se describieron grupos con respecto al criterio de estacionalidad por abundancia en las clases de longitud. Realizando un análisis del comportamiento de los valores de los componentes en el tiempo, se observó una tendencia diferente de ellos hacia los últimos años que se analizaron, siendo ésta la causa principal de que no se diera una agrupación respecto, este cambio de comportamiento de los componentes principales en el tiempo, coincide con el decremento de la intensidad de pesca (desde aproximadamente 1980), siendo esto más acentuado en los últimos dos años del estudio, hasta cerca del 40% con respecto a los años anteriores. Este decremento a su vez, coincide con los cambios de orden administrativo, ya que durante los años de 1981 y 1982, se transfiere la flota de particulares a las sociedades cooperativas, afectando éste al recurso, el cual aumenta en su longitud promedio por la disminución de la intensidad de pesca.

Como puede observarse, el Análisis de Componentes Principales, es una herramienta útil en el análisis y exploración de valores de abundancia por clases de longitud, para definir agrupaciones de observaciones cuando existe una gran cantidad de muestras y permite observar patrones irregulares en el comportamiento de la población.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a través del Contrato Número PCECBNA-021228.

REFERENCIAS

- ARREGUIN-SANCHEZ F., 1981. Diagnósis de la pesquería del camarón de roca (*Sicyonia brevirostris* Stimpson, 1871) de Contoy, Quintana Roo, México. *Ciencia Pesquera, México*, 1(2): 21-41.
- ARREGUIN-SANCHEZ F., R. SOLANA, R. CASTRO-MELENDEZ & M. MEDELLIN, 1988. Modelo de reclutamiento para la pesquería de camarón café *Penaeus aztecus* del Noroeste del Golfo de México. *CINVESTAV-IPN-Unidad Mérida y CRIP-Tampico-INP, México*, 19 p.
- CASTRO-MELENDEZ R., 1982. Análisis biológico-pesquero del camarón café *Penaeus aztecus* en las costas de Tamaulipas, México. *Sec. pesca. INP, México*, 87 p.