



INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA

INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA

SERIE: DOCUMENTOS DE TRABAJO AÑO II
No. 28 OCTUBRE DE 1990

ANALISIS DE UNA TEMPORADA DE PESCA DE CAMARON AZUL EN ALTA MAR

PEDRO G. SAENZ MARTINEZ
DANIEL LLUCH BELDA



SECRETARIA DE PESCA

ANALISIS DE UNA TEMPORADA DE PESCA
DE CAMARON AZUL EN ALTA MAR

PEDRO G. SAENZ MARTINEZ *
DANIEL LLUCH BELDA **

*Dirección de Análisis de Pesquerías
INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA

**Centro de Investigaciones Biológicas, La Paz, B.C.S.

ANALISIS DE UNA TEMPORADA DE PESCA DE CAMARON AZUL EN
ALTA MAR

PEDRO G. SAENZ M.*
DANIEL LLUCH B.**

RESUMEN

Dadas las dificultades para aplicar métodos analíticos tradicionales a especies de camarones tropicales de vida corta, reclutamientos múltiples y variables, se presenta un método para analizar datos de captura por unidad de esfuerzo y composición por tallas.

El procedimiento se basa en calcular la mortalidad total de cada generación por mes, definiendo después ésta como una función del esfuerzo pesquero para calcular la mortalidad natural y el coeficiente de capturabilidad. Este método se aplicó como ejemplo, con datos de camarón azul durante la temporada 1969-1970 en Mazatlán. Sin.

Los resultados consisten en el cálculo de la mortalidad total, natural y por pesca, coeficiente de capturabilidad y número inicial de individuos reclutantes. El método tiene la ventaja fundamental de ser muy flexible, requerir de poca información y tener mínimas premisas restrictivas.

ABSTRACT

Due to difficulties in order to apply traditional analytic methods to tropical shrimp species of short living period, multiple and varied recruitment, a method for analyze the capture per unit effort and sizes is shown. It is flexible, needs few information and has less restrictions.

The calculus of monthly total mortality of each generation is made, then the catchability rate, natural, fishing and total mortality, this last as a function of fishing effort. As an example, the calculation is done with 1969-70 data's season on Penaeus stylirostris (blue shrimp) landed in Mazatlán, México.

*Dirección de Análisis de Pesquerías
INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA

**Centro de Investigaciones Biológicas, La Paz, B.C.S.

INTRODUCCION

El camarón (incluyendo en este término general distintas especies tropicales del género Penaeus) se caracteriza, entre otras cosas, por presentar reclutamientos múltiples y variables a lo largo del año, al igual que puede suceder con muchas otras especies tropicales. Por lo mismo, es difícil analizar estas poblaciones utilizando modelos analíticos tradicionales, ya que la mayoría de ellos están basados en especies de larga vida y reclutamientos continuos, o bien, anuales discretos en "filo de navaja".

Por lo anterior, en el presente trabajo se expone un método que permite calcular los parámetros poblacionales más relevantes a partir de datos simples y con un mínimo indispensable de premisas restrictivas.

El trabajo presenta, como ejemplo de desarrollo del modelo, el análisis de la pesquería de camarón azul (Penaeus stylirostris) por la flota de alta mar de Mazatlán en la temporada 1969-1970.

Hemos tomado información básica de crecimiento del trabajo de Chávez y Rodríguez (1971) y Chávez (1971). Las relaciones morfológicas indispensables han sido descritas en el trabajo de Muhlia et al (1976). La selectividad de las mallas fue publicada, en parte, después de trabajos específicos, por Lluch (1974). Todos los demás parámetros poblacionales han sido calculados expresamente para este trabajo. Los más importantes para integrar el modelo de cualquier pesquería son aquellos que definen, entre otros aspectos:

- La velocidad de crecimiento en longitud y peso.
- El reclutamiento, en términos de temporalidad y de cantidad.
- La selectividad de las artes de pesca.
- La mortalidad total, natural y por pesca, incluyendo el coeficiente de capturabilidad (q).

MATERIAL Y METODO

Para el análisis se emplearon los datos de número de individuos capturados por talla, relacionada ésta a las categorías comerciales normales (Tabla 1), que se obtuvieron por transformación de los datos originales de las maquilas de las plantas congela-

TABLA 1.- NUMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORIA COMERCIAL
 DE CANABON AZUL. TEMPORADA 1969/1970

Talla Comercial (ind/peso)	q promedio de cada talla (peso de cola)	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
u - 10	50	42,820	91,082	42,820	20,185	37,422	40,506	84,100	54,620	96,980	84,640	8,527
u - 12	41	17,811	60,074	57,806	54,048	37,172	38,223	54,985	36,243	76,829	63,488	5,463
u - 15	32	190,196	482,234	511,437	175,562	86,187	77,125	110,156	61,071	68,875	21,625	1,219
u - 20 (16 - 20)	25	290,120	518,360	179,000	57,320	41,640	19,880	26,400	13,080	2,280	1,160	200
u - 25 (21 - 25)	20	193,350	393,600	123,100	63,500	38,200	38,650	10,550	5,650	1,800	900	-----
26 - 30	16	97,937	93,437	141,062	79,187	42,250	16,750	2,562	3,250	687	1,562	-----
31 - 40	13	157,384	81,615	197,107	106,230	44,000	22,107	-----	1,076	-----	-----	-----
41 - 50	10	337,700	38,600	206,400	41,300	22,700	100	-----	506	-----	-----	-----
51 - 60	8	104,875	15,475	33,500	1,375	875	1,750	-----	-----	-----	-----	-----
61 - 70	7	24,000	3,571	1,000	2,285	285	-----	-----	-----	-----	-----	-----
71 - 80	4	54,933	17,133	-----	3,833	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
90 "over"	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
TOTALES.-		1'512,966	1'795,781	1'495,432	597,825	350,731	257,291	296,753	175,457	247,451	175,379	15,409

doras. Este proceso se llevó a cabo en el Programa Camarón del Pacífico del Instituto Nacional de la Pesca, por Mirna Cruz, Guadalupe Rodríguez y Pedro Sáenz. Se consideraron también los datos de captura por viaje, obtenidos a partir de una forma especial (Registro de Viajes), que se utiliza normalmente en los Centros Regionales de Investigación Pesquera (Tabla 2).

A partir de estos datos, se elaboraron las gráficas de captura en número de individuos por unidad de esfuerzo barco/día (promedio mensual) que se presentan en la figura 1, y las gráficas de composición de la captura por tallas que se muestran en la figura 2, a partir de las cuales se llevó a cabo el análisis. El crecimiento en longitud se tomó esencialmente de la bibliografía y aparece en la figura 3. Lo mismo sucede con la relación peso-longitud, que se presenta en la figura 4. La selectividad se basó en datos bibliográficos y en experimentos especiales (Fig. 3).

DESARROLLO

Temporada del reclutamiento

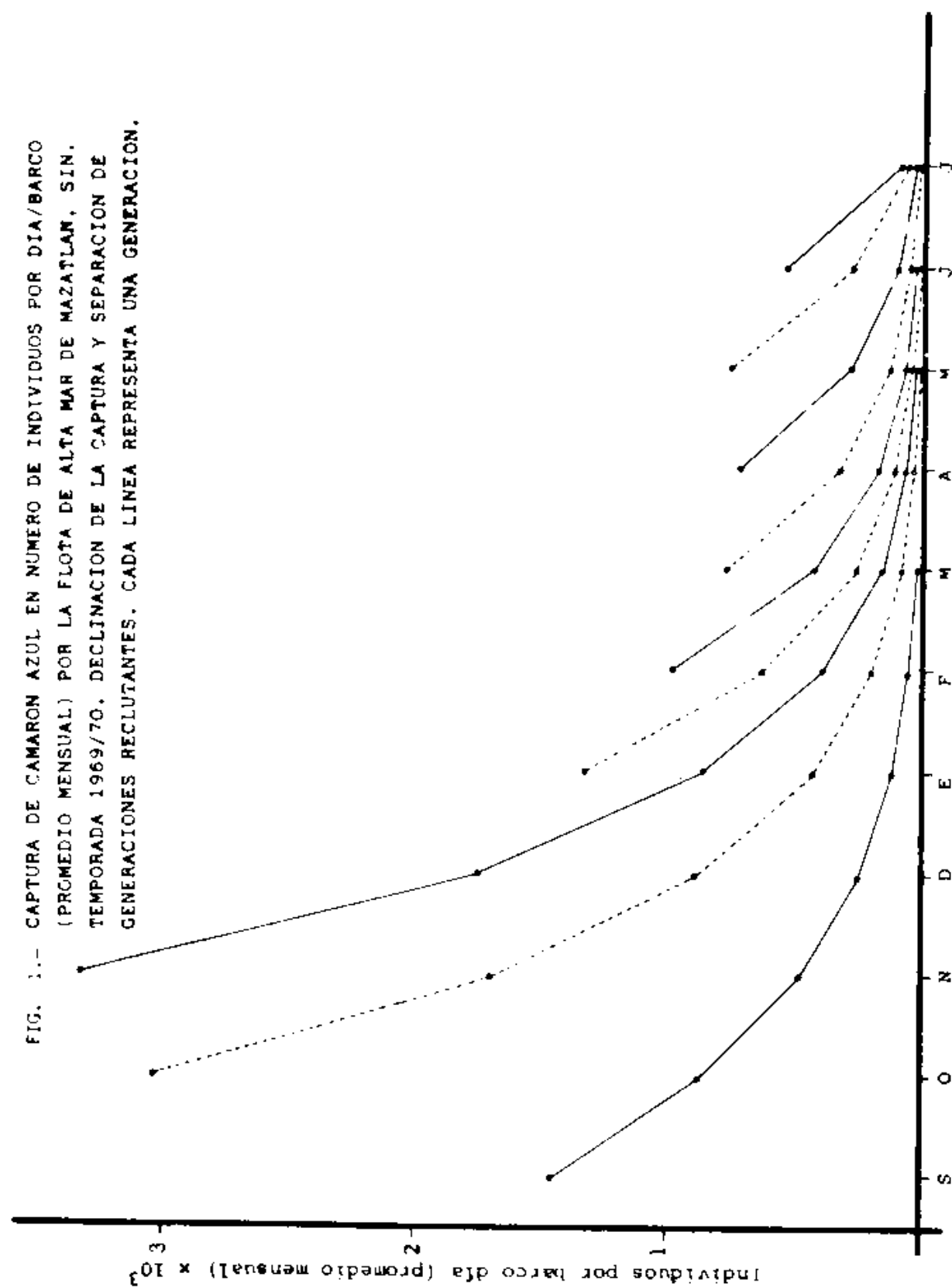
A lo largo del año, el reclutamiento tiene un claro máximo en octubre, con septiembre y noviembre como parte del reclutamiento masivo principal, y durante el resto del año es mínimo. Este reclutamiento masivo se refleja en la figura 2. La declinación en la captura por esfuerzo a lo largo del año es muy notable, descendiendo considerablemente a partir de diciembre. En las gráficas se pueden observar los siguientes efectos reflejados: en septiembre el primer mes de captura de la temporada, es muy fácil distinguir los dos modos (2a.) de las dos generaciones reclutadas, seguramente en agosto y septiembre. En octubre domina la generación de septiembre, ocasionando una curva esencialmente unimodal, con algunas indicaciones de la generación anterior y la subsecuente (2b).

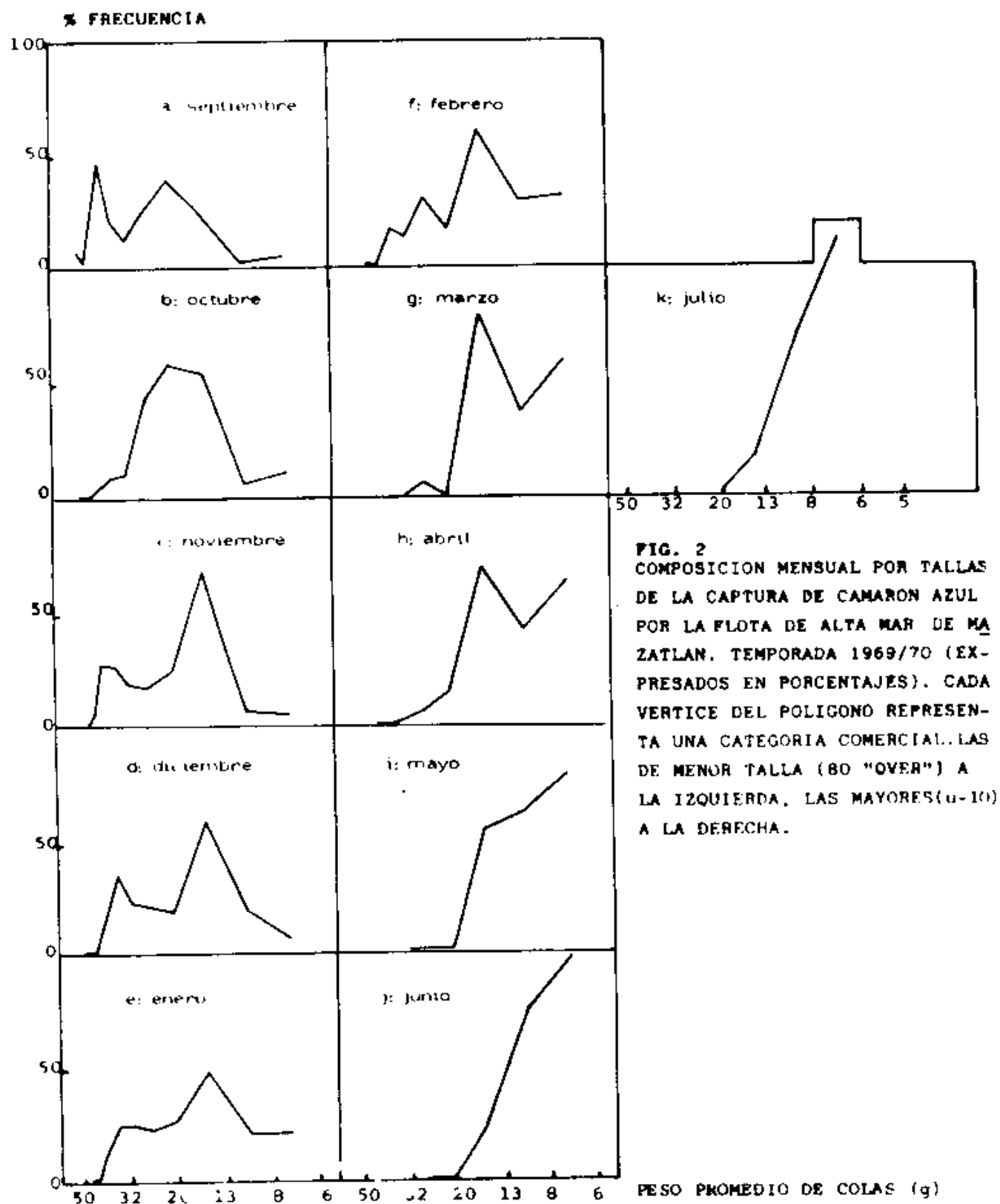
La generación de noviembre es indudablemente dominante, lo cual se refleja en diciembre y enero; en este último mes el reclutamiento es mínimo, y el resultado claro es la curva bimodal de ambos meses (2c y 2d). En enero (2e) ya aparecen los modos de octubre y noviembre claramente desplazados a tallas mayores, en tanto que surge en el extremo el reclutamiento de enero; en febrero (2f) se reflejan las generaciones aún dominantes de octubre, noviembre, enero y la misma de febrero. El resto de los meses muestra una disminución gradual de las generaciones reclutantes, las capturas dependen prácticamente en su totalidad

TABLA 2.- COMPOSICION CALCULADA DE LA CAPTURA MENSUAL DE LA FLOTA DE ALTA MAR DE MAZATLAN Y ESFUERZO EN DIAS DE PESCA (TEMPORADA 1969/1970). CAMARON AZUL.

MESES	CAPTURA MENSUAL (Kg)	CAPTURA MENSUAL (individuos)	DIAS
S	6,814.8	355,323	2,421
O	57,415.71	2,193,056	7,213
N	49,178.31	2,060,298	6,173
D	22,825.32	909,278	5,162
E	17,607.15	644,000	4,800
F	13,058.71	416,626	4,163
M	16,825.44	432,657	5,445
A	11,859.62	300,742	4,098
M	10,261.42	243,932	3,129
J	10,936.89	244,871	4,408
J	1,678.45	37,279	3,795
TOTAL	218,461.6	7,838,062	50,807

FIG. 1.- CAPTURA DE CAMARON AZUL EN NUMERO DE INDIVIDUOS POR DIA/BARCO
(PROMEDIO MENSUAL) POR LA FLOTA DE ALTA MAR DE MAZATLAN, SIN.
TEMPORADA 1969/70. DECLINACION DE LA CAPTURA Y SEPARACION DE
GENERACIONES RECLUTANTES. CADA LINEA REPRESENTA UNA GENERACION.





de las generaciones anteriores, tendencia que culmina en julio.

Es notable el incremento que aparece en los meses de abril y mayo en las gráficas 2h y 2i. Dado que el reclutamiento de nuevas generaciones no pueda suponerse a partir de las gráficas de la figura 2, sugerimos que tal incremento relativo se debe, seguramente, al efecto de concentración de los individuos para fines reproductores, lo que los hace más vulnerables a la pesca.

Ahora bien, es lógico suponer que una especie como el camarón azul, que depende en cierta medida de las lluvias y las lagunas costeras para el crecimiento masivo de juveniles (Soto, 1969), presente un reclutamiento máximo durante los meses de más intensa precipitación (septiembre-octubre), incluyendo la oleada de noviembre que se recluta con un mes de retraso.

Resumiendo, la pesquería de camarón azul gravita mayormente sobre las generaciones reclutantes de la temporada de lluvias y durante el resto del año se presenta un mínimo de reclutamiento mensual.

Mortalidad

La tasa instantánea de mortalidad define, en cualquier población, la velocidad a la que mueren en un momento dado sus individuos.

Entre los múltiples métodos utilizados para calcular este parámetro, destacan, por su facilidad de obtención, los que se basan en la declinación de abundancia. Una medida indirecta de la misma es la captura por unidad de esfuerzo. Debe señalarse que estas operaciones deben realizarse analizando la declinación en captura por unidad de esfuerzo en términos de número de individuos, ya que si consideramos únicamente el peso de la captura, el procedimiento enmascararía otros procesos subyacentes, como el crecimiento ponderal individual.

Es muy importante advertir que en la mortalidad total está incluida la velocidad promedio de emigración, es decir, la rapidez a la que los individuos abandonan las áreas en que son capturables. Ahora bien, la tasa de mortalidad total "Z" define la cantidad de individuos de la población que sobreviven a un período dado:

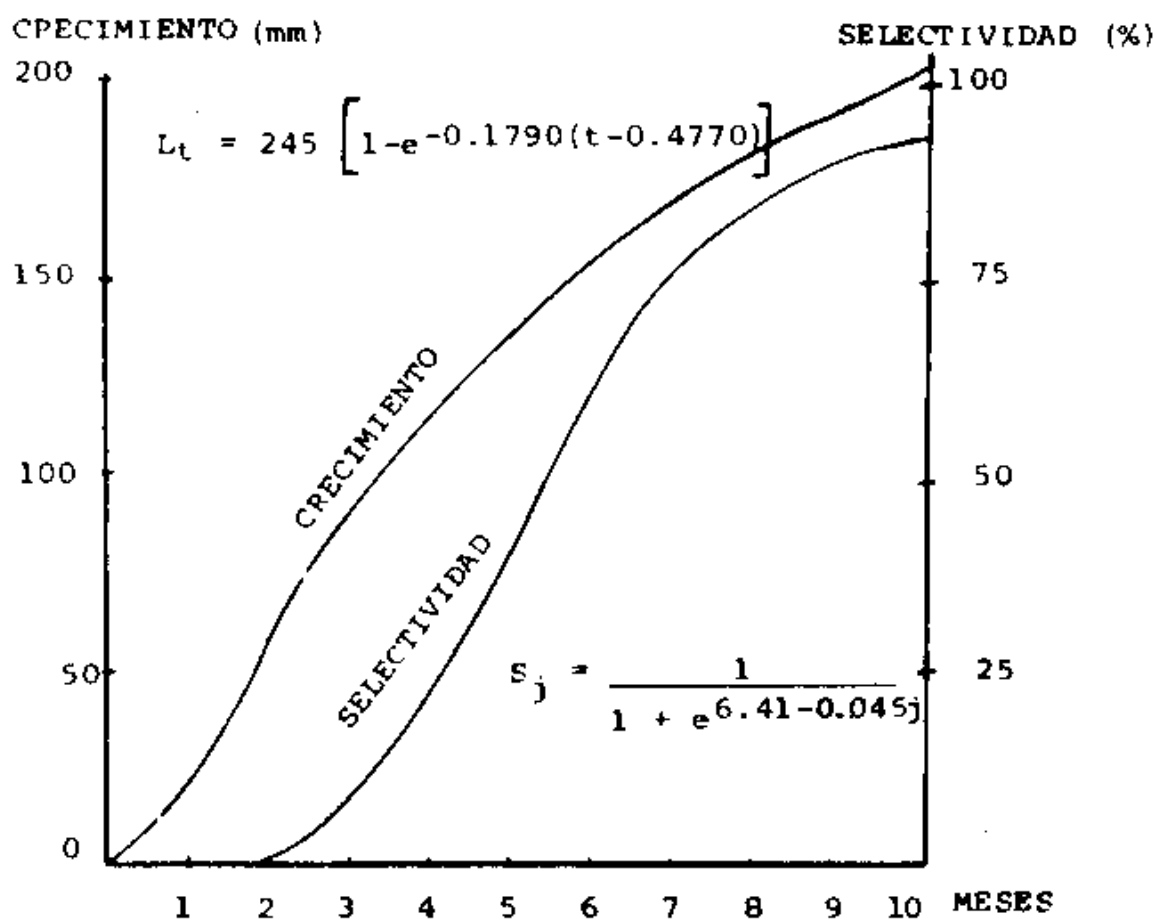


FIG. 3.- CRECIMIENTO Y SELECTIVIDAD POR EDADES

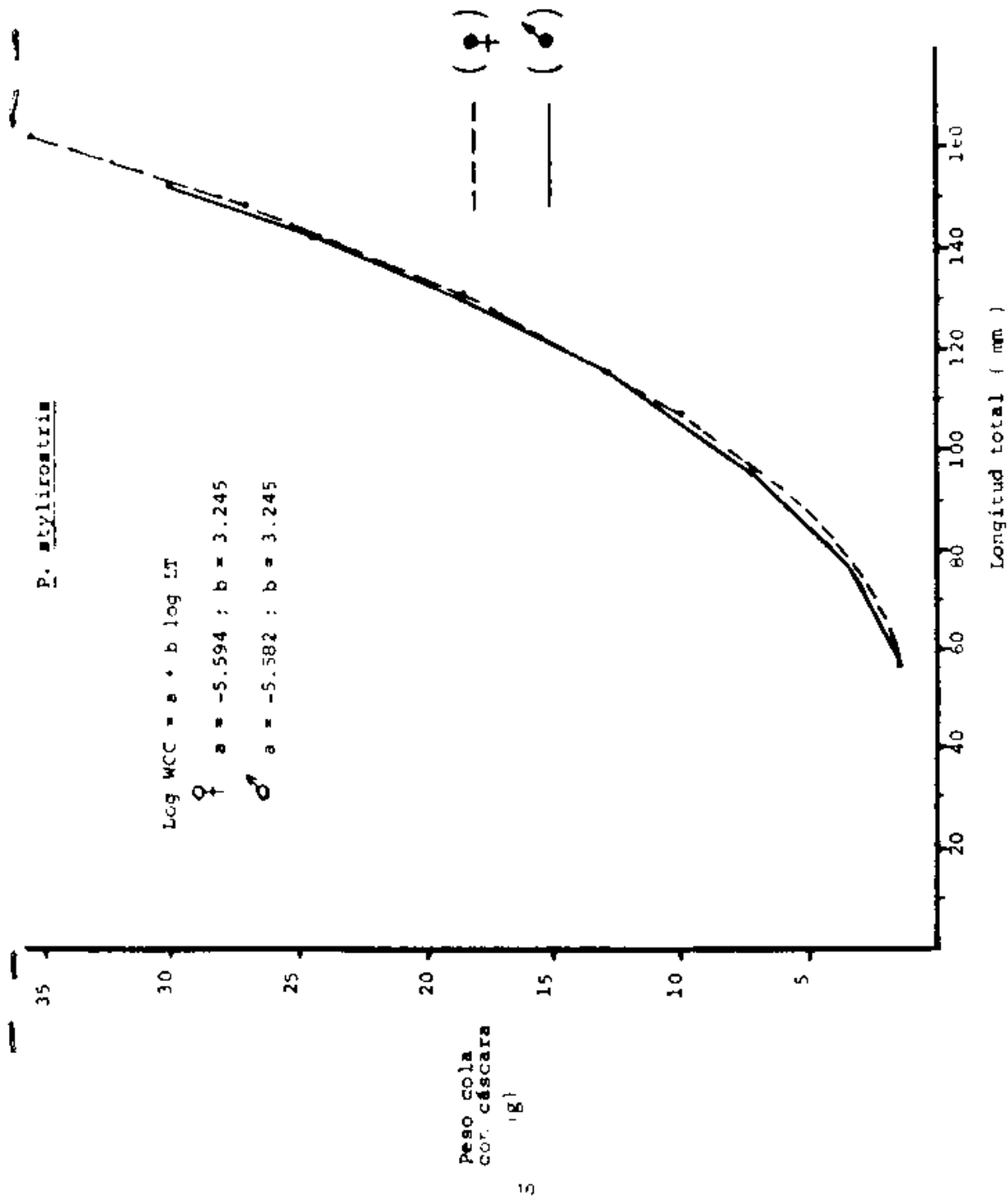


FIG. 4. RELACION PESO-LONGITUD. Tomado de Muhlia et al, 1976

$$N_t = N_0 e^{-Zt}$$

donde:

N_t = Número de individuos presentes en un momento t

N_0 = Número inicial de individuos (cuando $t = 0$)

Z = Tasa de mortalidad total

t = Tiempo

Hay varias causas de mortalidad que se agrupan normalmente en dos tipos:

M = Mortalidad natural, incluyendo la emigración

F = Mortalidad causada por la pesca

Ambas formas son complementarias a la mortalidad total:

$$M + F = Z$$

La mortalidad por pesca " F " la podemos dividir en dos componentes:

$$F = q.f$$

Donde: " q " es el coeficiente de capturabilidad, es decir, la fracción de la población presente en un momento dado que es capturada por una unidad de esfuerzo, y " f " es el número de unidades de esfuerzo pesquero empleado.

Para calcular, en primer término, la mortalidad total, analizamos la declinación en captura por unidad de esfuerzo de la misma generación, para lo cual separamos el número de individuos de cada una (expresada como modos distintos en la figura 2).

Este análisis se llevó a cabo en varias generaciones de diferentes meses.

Una de las finalidades iniciales del método fue determinar el número de individuos de las distintas generaciones en cada uno de los meses (Tabla 3). Para lograr lo anterior, utilizamos las gráficas de composición mensual por tallas de la captura, así como el número de individuos por categoría, y se procedió a calcular cada generación. Por ejemplo, en el mes de septiembre existen dos modos, indicadores de dos generaciones: la I, cuyo modo es 25 g promedio (peso de cola) y representa el 48 por ciento de la población total y la II, cuyo modo es 10 g y constituye el 52 por ciento.

Extrapolando los valores del peso en longitud total, obtenemos para los de 25 g, 145 mm y, para los de 10 g, 105 mm. Para estos valores en milímetros se calculó la edad en meses, extrapolando el origen de cada generación, de tal manera que para la generación I, con longitud total promedio de 145 mm, correspondió un origen de la generación al mes de abril y para la II, al mes de mayo, lo que se relaciona exactamente con los meses de reproducción más importantes.

Afectando el número total de individuos capturados en un mes, dado por el porcentaje que corresponde a cada generación, obtenemos el número de individuos de esa generación capturados en el período considerado (N), y de la fórmula que define la cantidad de individuos de la población que sobreviven a un período dado ($N_t = N_0 e^{-Z}$), despejamos la tasa de mortalidad total Z , quedando:

$$Z = \ln N_0 - \ln N_t$$

Los valores de N_0 y N_t están dados por los porcentajes de la población total en los meses correspondientes. Estos valores se dividen entre el esfuerzo del mes para obtener una medida relativa, proporcional a la abundancia, y se calcula su logaritmo natural; por diferencia de éstos, obtenemos la mortalidad total Z que, para la generación II, fue de 0.257 y para la V 0.478.

Ahora bien, la mortalidad total está definida por la clásica función de una recta:

$$Z = M + q \cdot f$$

TABLA 3. NUMERO DE INDIVIDUOS POR GENERACIONES. CAMARON AZUL. TEMPORADA 1969/1970.

MESES	I	II	III	IV	V	VI	VII
1 (abril)	6.44						
2 (mayo)	5.95	6.29					
3 (junio)	5.50	5.80	4.61				
4 (julio)	5.07	5.40	4.20	3.33			
5 (agosto)	4.68	4.90	3.93	3.07	3.31		
6 (septiembre)	4.32	4.57	3.63	2.83	3.05	0.48	
7 (octubre)			3.35	2.62	2.82		1.89
8 (noviembre)			1.73	1.47	1.72		
9 (diciembre)					1.05		
10 (enero)					0.63		
11 (febrero)					0.38		
12 (marzo)					0.23		

NOTA: Los números romanos indican las distintas generaciones. Las cifras dadas deberán multiplicarse por 106.

Por lo mismo, calculando la intersección al eje de las Y y la pendiente de la recta, definida por los puntos arriba mencionados, obtenemos el valor de la mortalidad natural y del coeficiente de capturabilidad (Fig. 5).

La intersección al eje de las Y (o sea, el valor calculado de M) resultó de 0.08 mensual, en tanto que el valor calculado de q fue de 8.06×10^{-5} .

El coeficiente de capturabilidad se define como la proporción de la población presente en un momento dado que es capturada por una unidad de esfuerzo. Sin embargo, estamos calculando el valor de q con base en la captura de individuos de una talla promedio de 105 mm. El valor de selectividad para esta talla es de 0.799, lo que significa que, en realidad, las artes de pesca capturan únicamente esa proporción de los individuos que normalmente pescarían, si el valor de la selectividad para esa talla fuese de 1.0. Por lo tanto, para calcular el valor real de q se dividió el valor arriba consignado entre el valor de la selectividad, obteniendo 1.023×10^{-4} .

Ahora bien, considerando la fórmula básica de captura:

$$C = F\bar{N}$$

donde:

C = Captura en número de individuos de esa generación.

F = Mortalidad por pesca (q. f. s.)

$\bar{N}$ = Número promedio de individuos en el período considerado.

Se obtiene un valor de 3.997×10^6 para la generación I.

La siguiente fórmula define el valor de la población promedio en el período considerado:

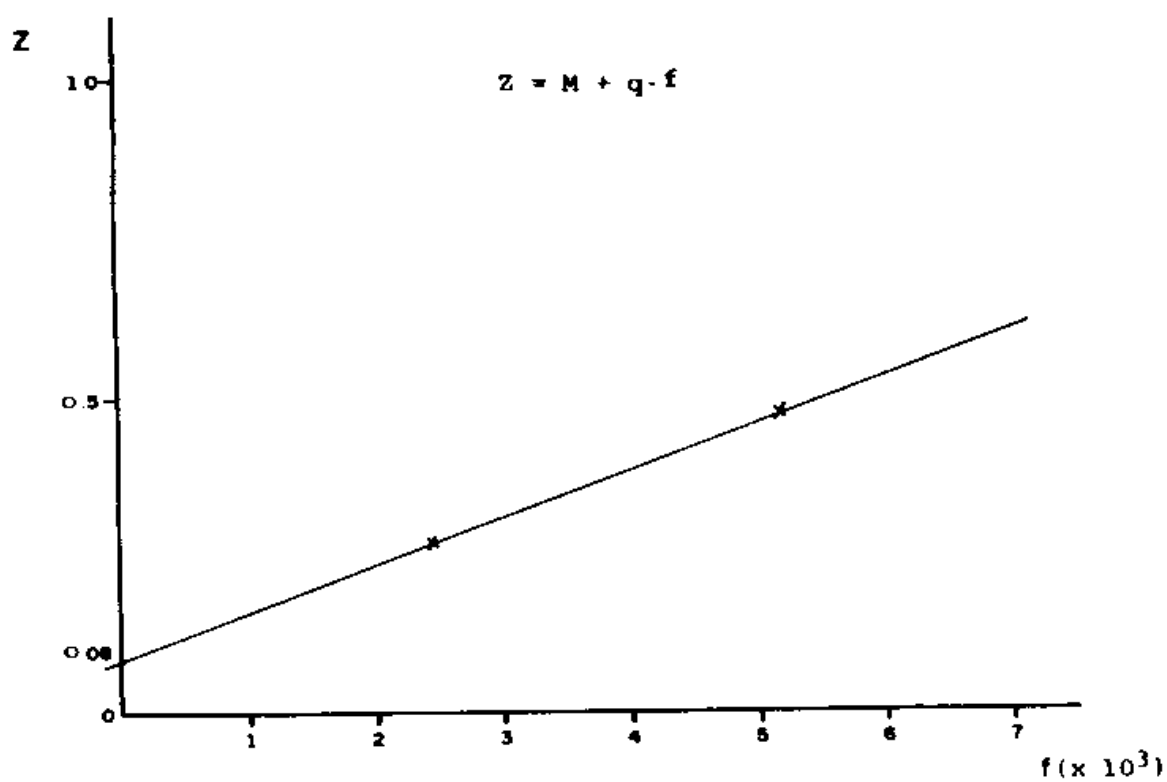


FIG. 5 MORTALIDAD TOTAL EN FUNCION DE ESFUERZO PESQUERO.

$$\bar{N} = \frac{N_0 (1 - e^{-Z})}{Z} \quad . \quad . \quad N_0 = \frac{\bar{N} Z}{1 - e^{-Z}}$$

donde:

N_0 = Número inicial de individuos

Z = Mortalidad total (que en el caso de la generación I estará compuesta únicamente por mortalidad natural).

El valor que se ha obtenido, 6.44×10^6 representa el número total de individuos de esa generación en el momento en que se originó (abril). Esta generación ha pasado por varios períodos de mortalidad natural exclusivamente, hasta que es capturada, por primera vez, en septiembre.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Entre los modelos analíticos tradicionales empleados comúnmente para calcular parámetros poblacionales a partir de datos de captura/esfuerzo, destaca toda una serie de formulaciones basadas en el análisis de la declinación de la captura por esfuerzo, como una función del esfuerzo o de la captura acumulativa, derivadas todas ellas del modelo original de Leslie.

Estos modelos se han utilizado normalmente para analizar algunas pesquerías de camarón, sin embargo, el uso de estas formulaciones enmascara completamente el efecto de reclutamientos posteriores al inicial, dando como obvio resultado la subestimación de la mortalidad.

El método que proponemos ahora, aún cuando de tedioso cálculo, nos permite separar cada generación reclutante de las demás, calculando realmente la mortalidad al eliminar el efecto de reclutamiento posterior, lo cual representa una gran ventaja;afortunadamente requiere tan sólo de las premisas básicas indispensables, comunes a casi todos los modelos analíticos:

Suponemos que, en promedio, la mortalidad natural es una constante que afecta por igual a todas las generaciones en todos los meses.

- Consideramos también que el coeficiente de capturabilidad es una constante, aún cuando el método admite la modificación por selectividad de tallas.

Es difícil aceptar que la mortalidad afecta por igual a todas las generaciones en todos los meses. Es de suponerse que, para especies que como el camarón azul son muy dependientes de los aportes de agua dulce, la mortalidad se incrementa en los períodos de escasa precipitación. El método calcula la mortalidad mensual promedio a lo largo de la temporada y no pretende extrapolaciones irreales; de cualquier forma, esta premisa es fundamental en los modelos arriba descritos.

Esto es cierto también en el caso del coeficiente de capturabilidad, el cual se considera constante en todos los modelos. En el procedimiento actual se admite la variación de "q" por selectividad, lo que representa una ventaja; sin embargo, debemos hacer notar que el valor mismo de "q" debe modificarse, por lo menos en ciertos meses, como abril y mayo, cuando los adultos se concentran con fines reproductivos, aumentando su capturabilidad. No obstante, debe notarse que la variación esperada, además de muy localizada en el tiempo, afecta a un número comparativamente pequeño de individuos.

Algunos cálculos de control comparativo se han llevado a cabo, así por ejemplo, hemos calculado el valor de "q" a partir de los modelos de De Lury y de von Geldern, utilizando aquellos segmentos de la línea que parecen presentar reclutamiento menor. La coincidencia ha sido prácticamente perfecta ($\Delta = \pm .000003$), desgraciadamente, estos modelos, por las inconveniencias arriba planteadas, no pueden ser aplicados en cualquier caso; por otra parte, dadas las restricciones impuestas, no hemos podido comparar valores de N_0 .

En suma, el procedimiento antes expuesto permite, en nuestra opinión, obtener cálculos muy aceptables de los principales parámetros poblacionales, conservando una máxima flexibilidad y restringiendo las premisas al mínimo.

Comparativamente, el principal defecto del procedimiento es lo tedioso y complejo de los cálculos involucrados; para corregir este defecto, se sugieren dos formas:

- 1) Formular un modelo matemático simplificado. Aún cuando estamos intentando realizar esto en el presente, una sobresimplificación nos obliga a establecer premisas adicionales,

lo que es poco deseable.

- 2) Mantener intacta la formulación compleja, agilizando el cálculo mediante el uso de sistemas rápidos de procesamiento. En este sentido estamos también trabajando y muy pronto tendremos disponible un programa FORTRAN en este procedimiento.

BIBLIOGRAFIA

CRUZ, R. MIRNA y G. RODRIGUEZ H. 1974. Composición de la captura comercial de camarón de alta mar en el Pacífico. SIC. INP/SI:i15.

CHAVEZ, E.A. 1971. Estado actual de la pesca del camarón en el noroeste de México. Rev. de la Soc. Mex. de Hist. Nat. México.

CHAVEZ, E.A. y RODRIGUEZ DE LA CRUZ. 1971. Estudio sobre el crecimiento del camarón café (*P. californiensis*, Holmes) del Golfo de California. Rev. de la Soc. Mex. de Hist. Nat. 32:111-127.

LLUCH, B.D. 1973. Consecuencias del uso intensivo de redes gemelas en la pesquería del camarón del noroeste. Informe interno. SIC. INP.

LLUCH, B.D.; S.A. GUZMAN DEL PROO y R. SOTO L. 1972. Resultados parciales de muestreos en lagunas costeras del noroeste. Temporada 1972. Inf. Téc. SIC. INP/SI:i4.

LLUCH, B.D. 1973. Resultados de los muestreos en aguas protegidas en el noroeste. Temporada 1973. Inf. Téc. SIC. INP.

LLUCH, B.D. 1974. La pesquería de camarón de alta mar en el noroeste. Un análisis biológico-pesquero. SIC. INP/SI:i16.

MUHLIA, A.E.; CASTELLANOS, E.; C.B. KENSLEP Y B. BEDFORD. 1976. Tablas prácticas de relaciones biométricas para tres especies de camarón del Pacífico Mexicano. Mem. Simp. Biol. y Din. Pobl. de Camarones. SIC/Subsecretaría de Pesca, Guaymas, Son. II:383-390.

SOTO, L.R. 1969. Mecanismo hidrológico del sistema lagunar Huizache-Caimanero y su influencia sobre la producción camaronera. Tesis profesional. Univ. Aut. de Baja California Norte. 75 p.