

Influencia del medio ambiente en la evaluación stock: caso del camarón blanco, *Penaeus schmitti*, en el Lago de Maracaibo, Venezuela

Glenys Josefina Andrade de Pasquier

Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP).
Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Zulia (CIADEZ)
Estación Local El Lago, Apdo. Postal 1316, Maracaibo, Venezuela
e-mail: pasquier@cantv.net

Recibido: 14-10-97 Aceptado: 22-10-98

Resumen

Las capturas de *Penaeus schmitti*, en el Lago de Maracaibo, presentan marcadas fluctuaciones interanuales con características que indican una dependencia a factores ambientales, por lo cual los modelos de producción excedente convencionales no son adecuados para la evaluación de esta pesquería. Con el fin de ajustar una relación entre el medio ambiente y los modelos de producción excedente se utilizó el programa CLIMPROD, el cual puede incluir en dichos modelos una variable ambiental que se conozca influya sobre la abundancia y/o capturabilidad del stock permitiendo una interpretación bastante acertada de la historia de la pesquería. El modelo lineal de Schaefer sin la influencia del esfuerzo y con la temperatura como variable ambiental fue el que presentó el mejor ajuste, este explica el 78% de las variaciones observadas en las capturas de *P. schmitti* y es validado por otros métodos estadísticos. El programa permitió deducir que la temperatura afecta tanto la abundancia como la reproducción, desove y asentamiento larval de la especie, existiendo una relación positiva entre las capturas y la temperatura, por lo que el esfuerzo de pesca, a los niveles analizados, no influyó en las fluctuaciones de las capturas. CLIMPROD puede ser utilizado particularmente en la evaluación de stocks que colapsan sin un aumento apreciable del esfuerzo de pesca, y si la variable climática lo permite, se pueden pronosticar las capturas para un manejo más eficiente de la pesquería, como en este caso.

Palabras clave: *Penaeus schmitti*; producción excedente; CLIMPROD; temperatura.

The influence of environment on stock assessment: case of white shrimp, *Penaeus schmitti*, in Lake Maracaibo, Venezuela

Abstract

Penaeus schmitti catches in Maracaibo Lake show sharp interannual fluctuations, with features indicating some dependence to environmental factors. Hence the conventional surplus-production models seems inadequate to evaluate this fishery. The CLIMPROD program was used in order to adjust a relation between environment and surplus-production models, which can place an environmental variable known to affect abundance and/or stock

catchability into those models, achieving a very accurate interpretation of the fishery's history. Schaefer's linear model, without effort's influence and with temperature as an environmental variable, showed the better adjust. This explain 78% of observed variations in *P. schmitti* catches, and is validated by other statistical methods. The program allowed deducting that temperature affects either abundance or reproduction, spawning and larval settlement in a positive fashion, so the fishing effort did not affected the catches fluctuations as far as the analysed levels. CLIMPROD can be used particularly in the evaluation of stocks collapses unexpectedly without any appreciable increase of fishing effort, and if the weather variable allows it, catches can be predicted for a more efficient fishery management, as in this case.

Key words: *Penaeus schmitti*; surplus production; CLIMPROD; temperature.

Introducción

Los modelos de producción excedente convencionales no son apropiados para la evaluación de ciertos stocks pesqueros porque utilizan sólo una variable explicatoria, el esfuerzo de pesca, la cual explica apenas una parte de la variabilidad total de las capturas anuales. Con frecuencia la variación residual es originada por fenómenos ambientales, que afectan la abundancia y/o capturabilidad del stock de un año a otro (1). En los peneidos, el tamaño de sus poblaciones puede presentar grandes fluctuaciones en la abundancia, como lo evidencian las variaciones en el reclutamiento anual y tamaño del stock. Estas fluctuaciones ocurren estacional y anualmente, con características que indican una dependencia a factores principalmente abióticos (2-4).

El camarón blanco, *Penaeus schmitti*, es capturado artesanalmente y desembarcado entero en las playas de las costas noroccidental y nororiental del Lago de Maracaibo y en la Bahía del Tablazo, los lugares de desembarque más importantes correspondientes a las principales zonas de pesca son Curarire, Santa Rita y El Moján (Figura 1).

La evolución histórica de las capturas de *P. schmitti* en el Lago de Maracaibo presenta marcadas fluctuaciones interanuales, con un fuerte descenso de la misma y la talla promedio de reclutamiento en el período 1971-1982. Durante este período, la producción de camarones descendió de 1.243

toneladas a 25 toneladas y la talla promedio de reclutamiento a la pesquería disminuyó de 13 cm de longitud total en 1971 a 11 cm en 1984 (5, 6, Figura 2), llevando a la conclusión que el recurso se encontraba en estado de sobreexplotación y que se necesitaba la aplicación de una veda para la recuperación del stock (6). Sin embargo, sin haber medida de regulación alguna para esta pesquería y sin registrarse un cambio significativo en el esfuerzo de pesca, las capturas y la talla promedio de reclutamiento volvieron a aumentar de manera relevante, de 25 toneladas en 1982 se llegó a 5.500 toneladas en 1993, cifra ésta nunca alcanzada en toda la historia de la pesquería, aumentando también la talla promedio de 11 cm a 13,3 cm. (6, 7, Figura 2). Esto sugiere la hipótesis que la pesquería artesanal influye poco sobre la abundancia del recurso en el Lago de Maracaibo, y que las variaciones de las capturas de *P. schmitti* se deben a fluctuaciones en la dinámica poblacional de la especie causadas por factores ambientales y no por el esfuerzo de pesca ejercido.

Con el fin de ajustar una relación entre el medio ambiente y los modelos de producción excedente convencionales, para el análisis de la pesquería del camarón blanco en el Lago de Maracaibo, se utilizó el programa CLIMPROD (8). CLIMPROD es un sistema-experto experimental que proporciona una descripción estadística y gráfica de los datos e incluye una variable ambiental para mejorar la exactitud de los modelos de producción. Esta variable aparece en las fórmulas a

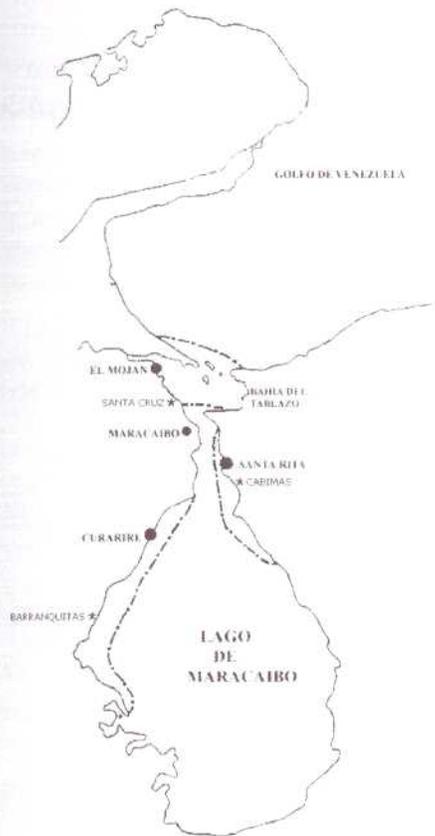


Figura 1. Areas de pesca y principales puertos de desembarque de *P. schmitti* en el Lago de Maracaibo.

nivel de la abundancia, de la capturabilidad o de ambas, permitiendo una interpretación bastante acertada de la historia de la pesquería, particularmente en el caso de stocks que colapsan inesperadamente sin ningún aumento apreciable del esfuerzo de pesca (1).

Materiales y Métodos

Para la utilización del programa CLIM-PROD se requiere de series de datos anuales sobre captura y esfuerzo de la pesquería de un stock en particular, y de series de datos anuales (o estacionales) sobre una variable ambiental que se sabe influye en la abundancia o capturabilidad de este stock.

El software provee del fundamento matemático de los modelos de producción, basados en la ecuación logística, en términos de la tasa relativa de incremento del stock:

$$dB/dt * 1/B = (k(B_{\infty}-B))/B_{\infty} = k * (1-(B/B_{\infty}))$$

donde:

B = biomasa instantánea del stock

B ∞ = biomasa máxima limitada por el ambiente o capacidad de carga

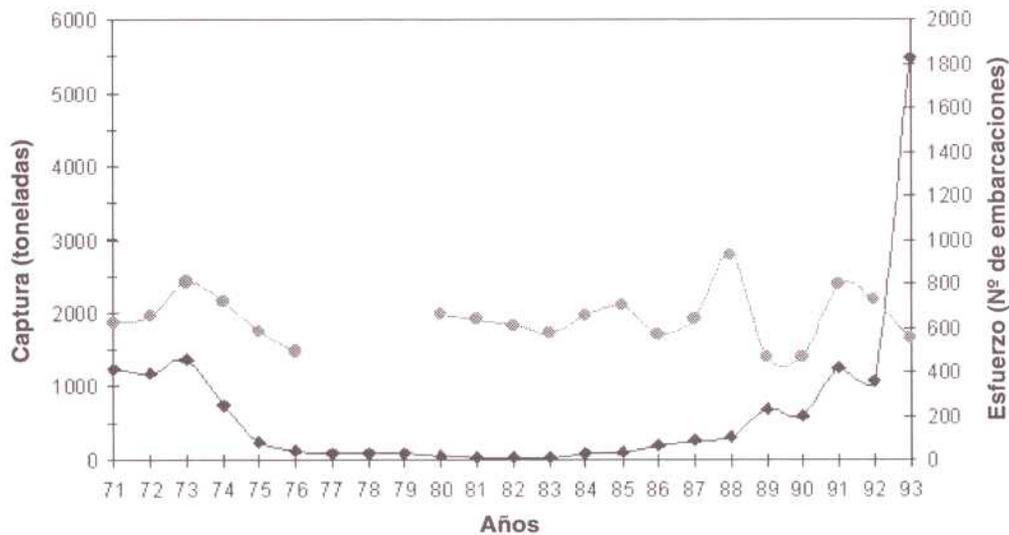


Figura 2. Capturas de *P. schmitti* y esfuerzo de pesca en el Lago de Maracaibo.

k = constante de la tasa de incremento de la población

t = tiempo, convencionalmente en años

En esta ecuación la tasa absoluta de incremento del stock explotado se puede expresar como una función de la capacidad de carga, la tasa de mortalidad por pesca y un factor ambiental, luego permite seleccionar el modelo de producción apropiado, usando una rutina de regresiones no lineales, test paramétricos y no paramétricos presentando las tablas y gráficos de los resultados. Estos resultados pueden explicar como el ambiente y el esfuerzo gobiernan los rendimientos de la pesquería durante el período de estudio (8).

CLIMPROD también requiere de al menos 12 años de observaciones y puede ser usado para seleccionar entre los tres modelos de producción excedente: lineal de Schaefer (9), exponencial de Fox (10) y generalizado de Pella y Tomlinson (11), sin la influencia pesquera ($E=0$) o sin la influencia ambiental ($V=0$). El programa utiliza pruebas estadísticas de robustez (validación) de los modelos, la evaluación del ajuste está basado principalmente en una estimación jack-knife de los parámetros y del coeficiente de determinación (r^2), también toma en cuenta el análisis de los residuales y las características del set de datos (8).

En este estudio, para seleccionar un modelo de producción con la influencia del esfuerzo y la variable ambiental se utilizó una serie de datos anuales de captura, esfuerzo y temperatura ambiental o atmosférica, cubriendo un total de 10 años (1980-1984 y 1989-1993), ya que lamentablemente faltan cuatro años de información sobre temperatura lo que no permite abarcar un período mayor y continuo. Para seleccionar un modelo de producción con la influencia pesquera y sin la influencia ambiental se utilizó una serie de datos de captura y esfuerzo para un total de 14 años (1980-1993). Para seleccionar un modelo de producción sin la influencia pesquera se utilizó una se-

Tabla 1
Capturas de camarones, esfuerzo y temperatura ambiental en el Lago de Maracaibo

Años	Captura (ton)	Esfuerzo (N° emb)	Temp. (°C)
71	1243	620	
72	1190	655	
73	1366	808	
74	755	718	
75	243	583	
76	126	494	
77	80		27,96
78	84		27,74
79	82		27,93
80	59	664	27,53
81	27	638	27,55
82	25	614	26,84
83	28	572	27,66
84	82	656	27,19
85	98	700	
86	195	571	
87	264	642	
88	317	930	
89	686	468	28,26
90	591	464	28,20
91	1261	795	28,21
92	1076	725	28,47
93	5482	557	28,45

rie de datos de captura y temperatura ambiental para un total de 13 años (1977-1984 y 1989-1993, Tabla 1).

La unidad de esfuerzo de pesca utilizada fue el número de embarcaciones camaroneras, dado que estas se dedican sólo a la captura de la especie objetivo. Los datos de esfuerzo anual para los períodos 1971-1976 y 1980-1993, se obtuvo de Cadima *et al.* (5) y de los registros de la Inspectoría de Pesca de la Región Zuliana (IPRZ), estableciendo que

el número de embarcaciones camaroneras es aproximadamente el 30% del total de las embarcaciones permisadas, según Cadima *et al.* (5), y Sres. Raúl Morillo (comunicación personal, 1995), Inspector de Pesca con 10 años de servicio en la IPRZ, y Leyda Sánchez (comunicación personal, 1995), Secretaria de Estadísticas Pesqueras con 25 años de servicio en la IPRZ (Tabla 1).

Las capturas anuales de *P. schmitti* desde el año 1971 hasta 1993 fueron tomadas de Cadima *et al.* (5) y de las planillas originales facilitadas por la IPRZ y el Servicio Autónomo de los Recursos Pesqueros y Acuícolas (SARPA), ambos pertenecientes al Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela (Tabla 1). Es necesario destacar que más del 90% de las capturas artesanales del camarón blanco se realiza en las zonas de pesca señaladas y es desembarcado en los puertos de Curarire, Santa Rita y El Moján (Figura 1).

La temperatura fue la variable ambiental introducida dentro de los modelos globales de producción por ser ésta la que más afecta la abundancia y/o la capturabilidad de los camarones peneidos (12, 13, 14).

Los datos anuales de la temperatura ambiental media (máxima+mínima/2) en °C fueron obtenidos en la Sección de Procesamiento de Datos, Departamento de Hidrología y Meteorología, División de Información Ambiental del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR), Región Zulia.

Se utilizó una media ponderada de la temperatura ambiental anual, obtenida de las medias anuales de cada área de pesca del camarón blanco, ya que no existen diferencias significativas entre ellas, según el análisis de varianza realizado previamente ($F_{0,05}$). Las estaciones meteorológicas utilizadas para la obtención de los datos sobre temperatura fueron Barranquitas, Cabimas y Santa Cruz, las mismas están ubicadas cerca de la costa (a 0 m.s.n.m) y dentro de cada área de pesca (Figura 1). Se empleó la

temperatura ambiental porque los datos de temperatura del agua son esporádicos.

Resultados y Discusión

El análisis de las capturas, del esfuerzo de pesca y la temperatura ambiental utilizando el programa CLIMPROD, indica que el modelo lineal de Schaefer (9) sin la influencia pesquera (Esfuerzo=0) fue el que presentó el mejor ajuste. La ecuación que describe la influencia ambiental sobre la abundancia del stock es la siguiente:

$$CPUE = a + b \cdot V$$

en donde:

CPUE= captura por unidad de esfuerzo

V = variable ambiental (temperatura ambiental)

Este modelo explica el 78% de las variaciones observadas en las capturas de camarones y es validado con el método jack-knife, el cual da como resultado un coeficiente de determinación de 71% (Tabla 2). La validación jack-knife indica que todos los parámetros son significativos a un nivel del 5% ($p=0,05$).

Los modelos exponencial de Fox (10) y generalizado de Pella y Tomlinson (11) sólo con la variable ambiental incluida ($E=0$) también dan buenos ajustes, estos presentan coeficientes de determinación de 81 y 78% respectivamente, pero el primero no es validado por el método jack-knife y el segundo da un valor de 60% para dicho método.

En los casos en que se introduce la influencia pesquera en los modelos (E), cualquiera de ellos, estos dan ajustes muy bajos, con coeficientes de determinación menores de 40%, por lo que en ningún caso son validados (Tabla 2).

Es interesante destacar que los mejores ajustes de los modelos se obtienen cuando se fijan como parámetros de entrada que el ambiente influye en la abundancia del stock y que la influencia ambiental comien-

Tabla 2
Resultados del CLIMPROD después de probar los diferentes modelos y condiciones

Modelo de Producción excedente convencional		r ²	r ² jackknife	n (años)
CPUE = a*exp(b*E)	2	32	0	24
(sólo esfuerzo)	3	31	0	24
	1	25	0	24
CPUE = a*V+b*E	1	39	0	10*
(esfuerzo + ambiente)	2	37	0	10*
	3	36	0	10*
CPUE# = a+b*V	1	78	71	13
(sólo ambiente)	3	78	60	13
	2	81	0	13

CPUE = captura por unidad de esfuerzo
E = esfuerzo de pesca
V = variable ambiental (temperatura)
* = estabilidad del modelo incierta

1 = Schaefer, lineal
2 = Fox, exponencial
3 = Pella y Tomlinson, generalizado
= sólo captura porque E = 0

za entre la edad cero y el primer año de vida. De esta forma, el programa permite inferir que la temperatura afecta tanto la abundancia como la reproducción, desove y asentamiento larval de *P. schmitti* (8).

La dinámica poblacional de los camarones peneidos, como la de otros pelágicos menores, está estrechamente relacionada con la magnitud de la disponibilidad del recurso y con las condiciones ambientales (3, 15).

Los parámetros de crecimiento, mortalidad y reclutamiento de los peneidos juveniles son sensibles a la temperatura del agua (14), porque ésta puede influir en la regulación iónica y osmótica (4), consumo de oxígeno (16, 17, 18), crecimiento (14, 19, 20) y comportamiento (21).

Es así como las tasas de crecimiento de *P. merguensis* y *P. aztecus* están positivamente influenciadas por la temperatura del agua (22). Los coeficientes de mortalidad natural, mortalidad por pesca y migración también son afectados por la temperatura (23), debido principalmente a que ésta pue-

de afectar el comportamiento de los camarones, acelerando o desacelerando los procesos metabólicos relacionados con la ingestión de alimentos y el crecimiento e influyendo en la capturabilidad de los individuos haciéndolos más vulnerables a los depredadores y artes de pesca (12-14).

El reclutamiento y la contribución de una cohorte a la pesquería también dependen de las condiciones ambientales, fundamentalmente de la temperatura (24).

El desove de especies con una alta fecundidad como *P. duorarum* es disparado por el aumento de la temperatura del agua y la intensidad del desove generalmente sigue el ciclo anual de temperatura, existiendo una estrecha relación entre el desove y el reclutamiento de post-larvas y, posteriormente, de juveniles al stock pescable (25).

Las capturas de *P. schmitti* en el Lago de Maracaibo están asociadas positivamente con la temperatura, de manera que los años de máximas capturas coinciden con años que tienen una temperatura ambiental promedio mayor (Figura 3).

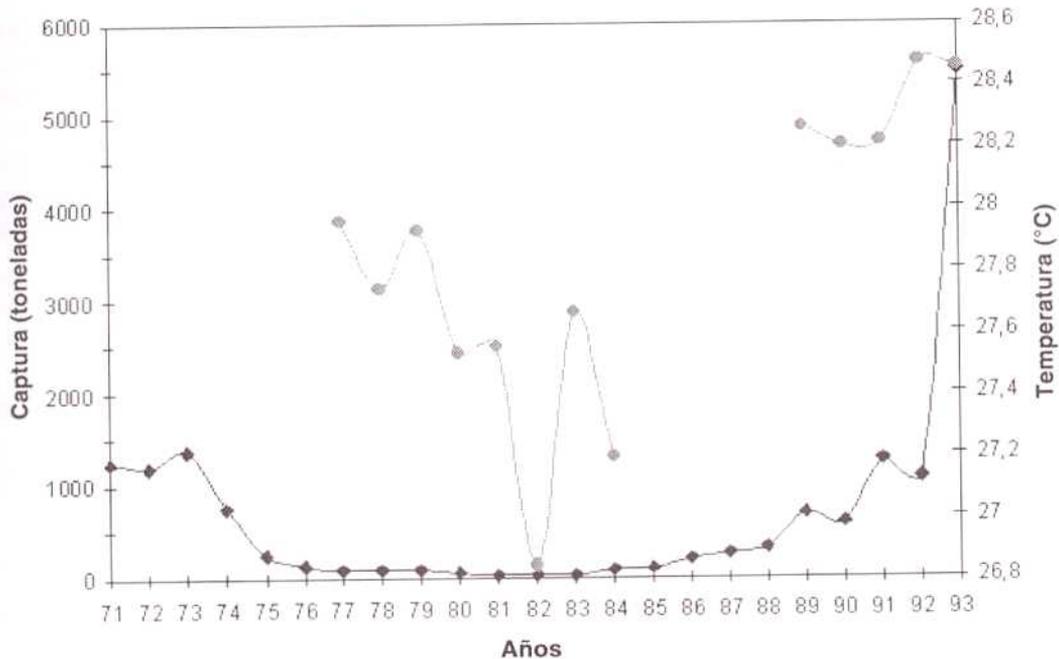


Figura 3. Capturas de *P. schmitti* y temperatura ambiental en el Lago de Maracaibo.

Los mismos resultados han sido obtenidos para especies taxonómicamente cercanas a *P. schmitti* (12, 13, 18, 25-27). Williams (4) concluyó que las capturas comerciales de *P. setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*, en el sudeste de los Estados Unidos, fluctúan estacional y anualmente, con características que indican una dependencia a un ambiente cálido, así, existe una relación de años cálidos con buenas capturas y años fríos con malas capturas.

Caddy (28) observó un efecto potencial de los parámetros ambientales, en tres estados de la historia de vida de los crustáceos: en el desove, en el asentamiento larval, y en los periodos inmediatamente antes, durante y después de las mudas. Los resultados obtenidos en este estudio son congruentes al señalar que la temperatura ambiental afecta positivamente el desove, asentamiento larval y la abundancia de *P. schmitti*, tomando en cuenta esto y el hecho que esta especie tiene un lapso de vida muy breve, menor de dos años, reclutándose a la pesquería 4 meses después del desove, una medida de ma-

nejo u ordenación flexible, basada en el control de las capturas dependiendo de los parámetros ambientales recolectados meses antes sería justificable (23, 29, 30).

Como la temperatura ambiental explica el 78% de las variaciones observadas en las capturas, a un nivel de confianza significativo ($p=0,05$), por una parte, se acepta la hipótesis planteada en el presente estudio, y por otra parte, se puede sugerir un modelo predictivo de las capturas de *P. schmitti* basados en la temperatura ambiental del Lago de Maracaibo (24, 27).

De esta manera, si se pronostica una temporada crítica de bajas capturas, se podría promover actividades pesqueras hacia otros recursos y/o evitar un aumento del esfuerzo pesquero sobre *P. schmitti*, tratando de disminuir las consecuencias negativas (30). Esta medida sería similar a la utilizada en Louisiana y Florida, EE.UU., para *P. duorarum* (29), y en Australia para *Metapenaeus macleayi* (30).

Conclusiones

En áreas tropicales donde los factores ambientales constituyen la influencia predominante sobre la producción de especies de vida corta, los modelos de producción con una variable ambiental incluida son una excelente opción para explicar como el ambiente y el esfuerzo gobiernan los rendimientos de una pesquería, como es el caso de los camarones peneidos, entre ellos el camarón blanco, *P. schmitti*.

La aplicación del CLIMPROD permitió ajustar un modelo de producción de acuerdo a las características del stock bajo estudio y concluir que las fluctuaciones en las capturas de *P. schmitti*, en el Lago de Maracaibo, se deben a variaciones en la abundancia, la cual a su vez es afectada por parámetros ambientales, principalmente la temperatura, y no por el esfuerzo de pesca ejercido, a los niveles analizados.

A pesar de la imprecisión que rodea las predicciones de capturas, se propone pronosticar en términos de tendencias los rendimientos de la pesquería del camarón blanco con el objetivo de no sólo preservar el recurso sino también de optimizar la producción de excedentes dada por condiciones ambientales favorables.

Referencias Bibliográficas

1. FREON P., YAÑEZ E. *Invest Mar* 23:25-47, 1995.
2. CADDY J. F. *Kuwait Bull Mar Sci* (9):43-61, 1987.
3. GARCIA S., LE RESTE L. *FAO Doc Tec Pesca* 203:180, 1986.
4. WILLIAMS A. *FAO Fisheries Report* 57: 643-656, 1969.
5. CADIMA E., EWALD J. J., MONTESINOS H., DIAZ W., NOVOA D., RACCA E., GODOY G. La pesquería de camarones en el occidente de Venezuela (Informe Técnico N° 52), MAC-PNUD-FAO, Caracas (Venezuela), pp 49, 1972.
6. CEDEÑO I. Evaluación del recurso camarón en la Cuenca del Lago de Maracaibo (Informe Anual), FONAIAP, Maracaibo (Venezuela), pp. 8, 1986.
7. ANDRADE G. Evaluación del recurso camarón en la Cuenca del Lago de Maracaibo (Informe Anual), FONAIAP, Maracaibo (Venezuela), pp 23, 1993.
8. FREON P., MULLON C., PICHON G. CLIMPROD: *FAO Computerized Information Series (Fisheries)* No. 5, pp 76, 1993.
9. SCHAEFER M. *Bull IATTC/Bol CIAT* 1(2):27-56, 1954.
10. FOX W. W. *Trans Amer Fish Soc* 99(1):80-92, 1970.
11. PELLA J.J., TOMLINSON P.K. *Bull IATTC/Bol* 13(13):419-496, 1969.
12. ALDRICH D.V., WOOD C.E., BAXTER K.N. *Bull Mar Sci* 18(1):61-71, 1968.
13. HAYWOOD M.D.E., STAPLES D.J. *Mar Biol* 116:407-416, 1993.
14. O'BRIEN C.J. *J Exp Mar Biol Ecol* 183:133-145, 1994.
15. PALACIOS J.A., RODRIGUEZ J.A., ANGULO R. Algunos aspectos biológicos pesqueros para la ordenación de las pesquerías del camarón blanco (*Penaeus stylirostris*) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Acta del Simposio: *Investigaciones Acuícolas (Acuicultura y Pesca) en Centroamérica*. San José (Costa Rica), pp. 119-126, 1993.
16. BISHOP J.M., GOSSELINK J.G., STONE J.H. *Fish Bull* 78:741-757, 1980.
17. DALL W. *J Exp Mar Biol Ecol* 54:55-64, 1981.
18. KUTTY M.N., MURUGAPOOPATHY G., KRISHNAN T.S. *Mar Biol* 11:125-131, 1971.
19. STAPLES D.J., HEALES D.S. *J Exp Mar Biol Ecol* (154):251-274, 1991.
20. ZEIN-ELDIN Z.P., GRIFFITH G.W. *FAO Fisheries Report* 57:1015-1026, 1968.
21. HILL B.J. Effect of temperature on the duration of emergence, speed of movement

- and catchability of the prawn *Penaeus esculentus*. **Second Australian National Prawn Seminar**. Cleveland (Australia), pp 77-83, 1986.
22. HERKE W.H., WENGERT M.W., LAGORY M.E. **Northeast Gulf Science** 9(1):9-28, 1987.
 23. LAM C.F., WHITAKER J.D., LEE F.S. **North America Journal of Fisheries Management** 9:12-22, 1989.
 24. ANDERSON P.J. **Fish Bull** 89:541-553, 1991.
 25. ALLEN D.M., HUDSON J.H., COSTELLO T.J. **Bull Mar Sci** 30(1):21-33, 1980.
 26. ISAAC V.J., DIAS NETO J., DAMASCENO F.G. **Col Meio Amb Ser Est Pesca** (1):1-191, 1992.
 27. STAPLES D.J., DALL W., VANCE D.J. Catch prediction of the banana prawn, *Penaeus merguensis*, in the south-eastern Gul of Carpentaria. In: **Penaeid shrimps: their biology and management**. Edited by J. A. Gulland and B. J. Rothschild, Fishing News Books, Farnham, Surrey (England), pp 259-267, 1984.
 28. CADDY J.F., SHARP G.D. **FAO Doc Tec Pesca** 283:155, 1988.
 29. FORD T., ST. AMANT L.S. Management guidelines for predicting brown shrimp, *Penaeus aztecus*, production in Louisiana. **Gulf Carib Fish Inst 23rd Annu Sess** Nov 1970, pp 149-161, 1971.
 30. RUELLO N.V. **Mar Biol** 23(3):221-228, 1973.