

## FLUCTUACIONES PERIODICAS DE LA CAPTURA DE SARDINA CRINUDA (*OPISTHONEMA* SPP.) EN EL GOLFO DE CALIFORNIA, 1972-1990

ARTURO RUIZ L.

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM  
Estación Mazatlán  
A. P. 811. Mazatlán, Sinaloa  
México

LOURDES P. LYLE F.

Centro Regional de Investigaciones Pesqueras. INP  
A. P. 1177. Mazatlán, Sinaloa  
México

### ABSTRACT

Catch and catch-by-effort data from thread herring (*Opisthonema* spp.) landings at Mazatlán (1972-90) are analyzed. The periodicity of the fluctuations of both variables was successfully estimated using periodical regression methods. The maximum residual errors were detected after El Niño events. According to our results a decline in the catch is expected. This decline could be detected as an increase in school density and a decrease in school number, and it would be a response to environmental changes. This would result in a possible increase of the catch per unit of effort whenever fishing is successful.

### RESUMEN

Se analizan las variaciones de la captura y captura por esfuerzo de la sardina crinuda (*Opisthonema* spp.) desembarcada en Mazatlán (1972-90). Aplicando métodos de regresión periódica se estimó la periodicidad de las fluctuaciones de ambas variables, obteniéndose así un elevado ajuste. El máximo error residual en los modelos generados se obtuvo en años que sucedieron a eventos cálidos de tipo "El Niño". Tomando como base los resultados se pronostica un descenso en las capturas del recurso. Esta disminución podría manifestarse con un aumento en la densidad y reducción en el número de los cardúmenes y sería una respuesta a cambios ambientales; esto daría como resultado probable elevadas capturas por unidad de esfuerzo en lances exitosos.

### INTRODUCCION

La sardina crinuda *Opisthonema* spp. en el Golfo de California es actualmente el segundo recurso más importante para la industria reductora mexicana (con la sardina Monterrey *Sardinops sagax caerulea* en primer término), desplazando a la anchoveta norteña *Engraulis mordax* cuya producción se redujo durante 1990 a menos del 1% del total de desembarcos de pelágicos menores en Baja California, principal en-

tividad productora de anchoveta en México (García et al. 1990).

La captura de sardina crinuda dentro de esta región incluye a las especies simpátricas *Opisthonema libertate*, *O. bulleri* y *O. medirrastrae*; aunque la distribución del recurso es más amplia, la captura se concentra en aguas de los estados de Sonora y Sinaloa, donde también se agrupa la flota pesquera (Anónimo 1985).

La pesquería de estas especies se ha estudiado prácticamente desde su inicio (Sokolov y Wong 1973; Páez 1976), y al aumentar su importancia dentro de la producción pesquera nacional se ha incrementado el número de trabajos de investigación relacionados con este recurso. En particular, la identificación de las tres especies que incluyen esta pesquería ha sido el objetivo principal de una serie de estudios (López 1986; Rodríguez 1987; Hedgecock et al. 1988).

Desde el punto de vista pesquero se han aplicado distintos métodos de evaluación del recurso (Cisneros et al. 1988; Lyle et al. 1989; Acal 1990). Los resultados obtenidos, en particular los derivados de modelos de producción excedente, no han tenido éxito debido a su limitado carácter predictivo, y en los últimos años se han superado las estimaciones más optimistas del rendimiento máximo sostenible, sin que se haya observado una reducción real en la captura obtenida por unidad de esfuerzo.

Esta pesquería, que se inició a principios de la década 1970-80, ha venido incrementando de forma sostenida el volumen global de captura, pasando de casi 4,000 a más de 25,000 toneladas métricas (TM), en un periodo menor de 20 años sin una correspondencia proporcional del esfuerzo nominal (Lyle et al. 1989).

Dicho aumento en la producción ha manifestado oscilaciones anuales, aparentemente cíclicas, de distinta magnitud. Fluctuaciones como las mencionadas han sido descritas para pesquerías de otras latitudes (Caddy 1979; Van Winkle et al. 1979; Astudillo y Caddy 1986; Lluch-Belda et al. 1986) habiéndose asociado a variaciones climáticas, cambios en el poder de pesca de la flota y a distintos aspectos

relacionados con el reclutamiento de las poblaciones sujetas a explotación.

En el presente trabajo se analizan las fluctuaciones observadas en la captura de la sardina crinuda a fin de determinar la posible existencia de periodicidad y validar, dentro de las limitaciones que impone la información disponible, su aplicación en métodos de evaluación del recurso.

## MÉTODOS

Las especies del género *Opisthonema* tienen diferente distribución espacio-temporal en el Pacífico, por lo que la composición específica de la captura varía a lo largo de la temporada; el máximo aporte proviene de la especie *O. libertate*. Debido a este grado de mezcla, a la sobreposición de caracteres merísticos que dificultan su inmediata identificación específica (Rodríguez 1987; Hedgcock et al. 1988) y por falta de datos sobre las proporciones relativas obtenidas en las distintas temporadas, se agruparon las tres especies en una categoría única.

En este trabajo se utilizó únicamente la información procedente de los desembarcos de la flota sinaloense cuyos límites de operación coincidían originalmente con los del estado, dividido en cuatro zonas administrativas, habiéndose agregado en años recientes una quinta zona que amplía el área de pesca hasta Puerto Vallarta, Jalisco (figura 1).

Los datos de captura (TM) y esfuerzo (días de viaje) corresponden a las temporadas de pesca (Oct.–Sep.) de 1972–73 a 1989–90, habiéndose obtenido de los archivos del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP), de la Delegación de Pesca y de las empresas sardineras ubicadas en Mazatlán. Debido a la diversidad de las fuentes y a que la base de datos diarios se encuentra en una fase de depuración, los resultados se consideran preliminares.

En primer término se analizaron los datos originales de captura  $C$  y esfuerzo  $f$  por temporada. Posteriormente se efectuó una normalización del esfuerzo ( $fn$ ) en función de la capacidad de bodega. Estos valores se obtuvieron al multiplicar el esfuerzo  $f$  por un factor de corrección, que es el cociente de la media anual de la capacidad de bodega entre el promedio de la serie de datos.

Para cada serie ( $C$ ,  $f$  y  $fn$ ) se aplicó un análisis de regresión lineal con respecto al tiempo ( $t$ ), con el objeto de identificar tendencias y para determinar, en su caso, la existencia de periodicidad. Una tendencia se consideró válida cuando el análisis de la varianza ( $ANOVA_{reg}$ ) indicó un coeficiente de la regresión significativamente distinto de cero.

Las fluctuaciones en la captura y captura por unidad de esfuerzo ( $C/fn$ ) se analizaron por medio de la

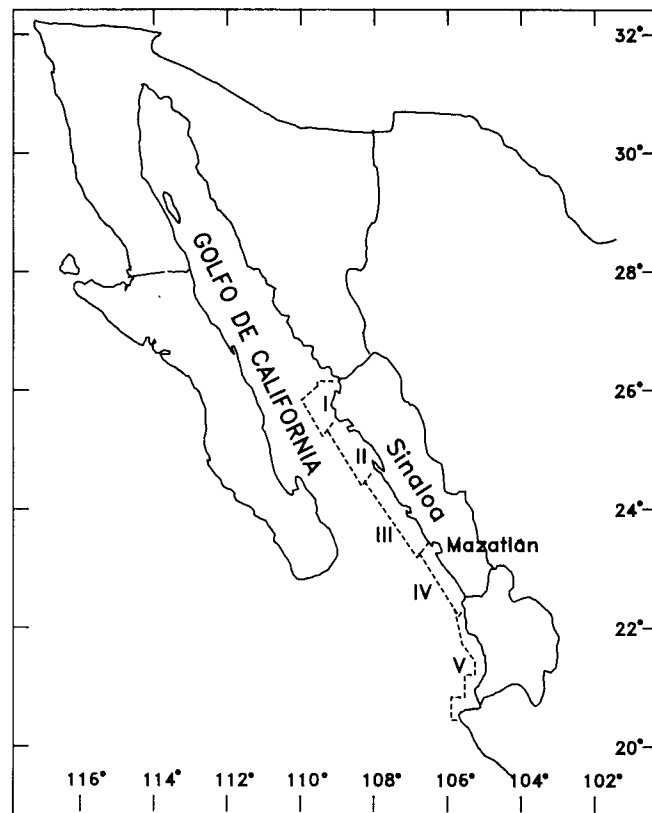


Figura 1. Área de captura de sardina crinuda *Opisthonema* spp. en el sur del Golfo de California y zonas administrativas de pesca (I–V).

*Thread herring* (*Opisthonema* spp.) capture areas in the southern Gulf of California, and administrative fishery zones (I–V).

regresión periódica (Batschelet 1981; Ruiz 1989), eliminando la tendencia al incluir elementos de la regresión lineal (Caddy 1979), de acuerdo al modelo siguiente:

$$C_t = \hat{C}_t - a\hat{C}_t \text{Sin}(2\pi(t + \phi)/T)$$

donde  $C_t$  es la captura estimada;  $\hat{C}_t$  es el valor obtenido para el mismo período por medio de la regresión lineal;  $a$  es un coeficiente que permite expresar el incremento en la amplitud de las oscilaciones y que equivale a la razón entre los valores anuales y el valor medio de la serie de capturas;  $t$  es el tiempo (año–1900);  $\phi$  es una función de la fase de máxima amplitud  $t_0$ ; y  $T$  es el período en años.

Un procedimiento similar se siguió al analizar la serie de capturas por unidad de esfuerzo ( $C/fn$ ). Los valores de los parámetros fueron ajustados por métodos iterativos empleando el algoritmo de Marquardt (Draper y Smith 1981) hasta obtener la suma de los cuadrados mínima (MSC).

**RESULTADOS**

Durante el periodo estudiado se observó un aumento constante en la captura anual desembarcada con el tiempo  $t$ , aunque se manifestaron fluctuaciones de distinta magnitud con respecto al valor de  $C$ , estimado por la regresión lineal. El coeficiente de dicha regresión indica un incremento anual de aproximadamente 770 TM/año, existiendo un alto nivel de colinearidad entre las variables consideradas ( $r = 0.74$ ). Este coeficiente resultó significativamente distinto de cero ( $ANOVA_{reg}, P = 95\%$ ), por lo que se consideró como una verdadera tendencia de la captura. El valor negativo de la ordenada al origen resultó de la aplicación del dato (año-1900) para la variable  $t$  en la regresión lineal (figura 2).

El esfuerzo bruto ( $f$ ) presentó asimismo variaciones durante el mismo período, aunque no siguió ninguna tendencia aparente con respecto al tiempo (figura 3a). Una vez que el esfuerzo fue normalizado en función de la capacidad de bodega ( $fn$ ), la tendencia que mostró esta variable fue similar a la que se presentó en la captura (figura 3b), estando altamente correlacionadas ambas variables ( $r = 0.87$ ).

Esta colinearidad entre  $C$  y  $fn$  implica constancia en la  $C/f$ , pudiendo ser ésta una de las principales razones por la que los intentos para explicar la dinámica de la población de la sardina crinuda en función de modelos de producción (Molina et al. 1984; Zamudio 1986; De Anda y Lyle 1987) han resultado poco efectivos, ya que una de las premisas básicas de estos modelos (Schaefer 1954; Fox 1970), la proporcionalidad inversa entre  $C/f$  y  $f$ , no se cumple. Esta situación es característica de algunas poblaciones de pelágicos en los que aparentemente el coeficiente de capturabilidad  $q$  no es constante, sino que es una

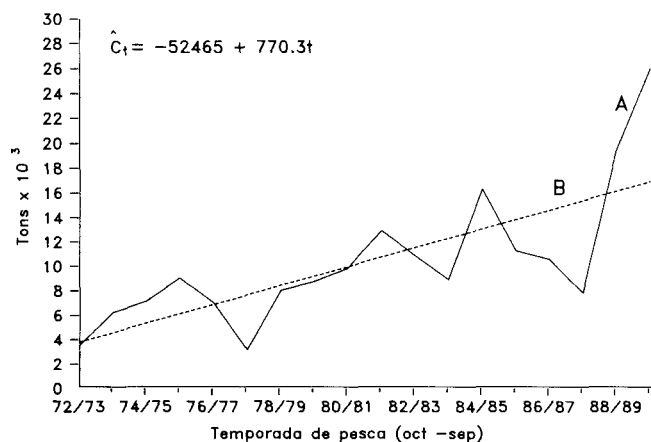


Figura 2. Desembarcos de sardina crinuda (*Opisthonema* spp.) en Mazatlán. A = Volumen de captura por temporada de pesca; B = ajuste lineal de la captura con respecto al tiempo.  
 Thread herring (*Opisthonema* spp.) landings at Mazatlán. Line A = capture per fishing season; line B = linear fit of capture with respect to time.

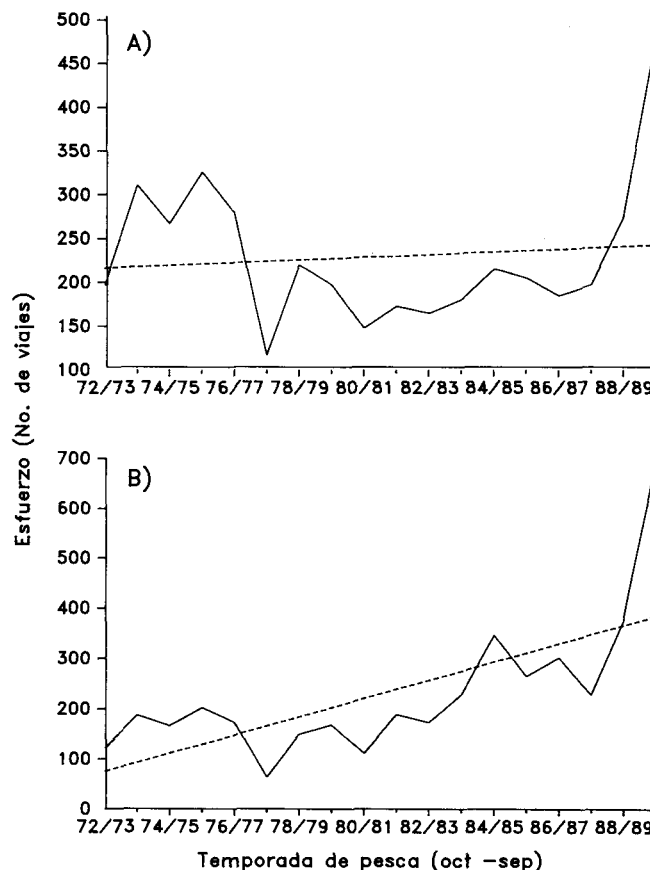


Figura 3. Serie temporal de esfuerzo pesquero aplicado a la pesquería de *Opisthonema* spp. en el sur del Golfo de California. A, Esfuerzo bruto  $f$ ; B, esfuerzo normalizado  $fn$ . (—) datos por temporada de pesca; (---) ajuste lineal.  
*Opisthonema* spp. fishery effort time series in the southern Gulf of California. A, Gross effort  $f$ ; B, normalized effort  $fn$ . (—) data per fishing season; (---) linear fit.

función dependiente de la biomasa de estas poblaciones altamente gregarias (MacCall 1976, 1979; Radovich 1976).

Considerando los citados métodos de evaluación del stock, Molina et al. (1984), Zamudio (1986) y De Anda y Lyle (1987) han llegado a la conclusión de que la pesquería entraría en riesgo de extinción al rebasarse la captura máxima sostenible, estimada en aproximadamente 15,000 toneladas anuales. Con la aplicación de otros métodos de evaluación, a partir de huevos y larvas (Acal 1990) se ha estimado un rendimiento potencial de aproximadamente 19,000 TM, con un volumen de biomasa de la población adulta cercano a las 77,000 TM.

En los dos últimos años se ha superado ampliamente el rendimiento máximo estimado por los métodos de producción excedente y si bien se observó una reducción de la  $C/f$  para la temporada 1989-90 con respecto a la anterior, en general ésta se ha mantenido estable desde 1983 a la fecha. Si se considera a esta variable como un índice de la abundancia del

stock, no existirían evidencias reales para asumir una situación de riesgo en la pesquería.

Esta relativa estabilidad de la  $C/f$  puede relacionarse con deficiencias en el registro del esfuerzo más que con cambios en el tamaño de la población, ya que sólo se cuenta con los datos de viajes con captura, lo que implica un sesgo de la información. Una mayor confiabilidad de los resultados de la aplicación de los métodos de evaluación antes citados requeriría de la cantidad real de lances del arte de pesca, y del número total de viajes con y sin captura de sardina crinuda.

Asimismo, la captura no se realiza de una forma completamente aleatoria sobre una población homogéneamente distribuida, sino que la operación se efectúa cuando existe una alta probabilidad de éxito.

De igual manera, si se contase con una evaluación correcta del esfuerzo, podría estimarse su efecto sobre la amplitud de las oscilaciones de las capturas anuales, ya que niveles elevados de esfuerzo pueden actuar como agentes desestabilizadores del crecimiento de la población, propiciando la tendencia observada en las fluctuaciones (Caddy 1979).

Con objeto de disminuir el error asociado con dichas oscilaciones al aplicar el modelo de regresión periódica, se adecuó la función considerando la amplitud de las fluctuaciones anuales. Con un modelo simple de estas características, en él que únicamente se incluye una componente armónica, se estimaron ciclos de captura con periodo  $T$  de aproximadamente ocho años (7.6) cuya fase de máxima amplitud  $t_0$  se situó cercana a los cuatro años (3.81). Por medio de este ajuste se obtuvo un valor del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del 74% y una MSC de  $1.36E + 08$ .

Un mejor ajuste de las observaciones se obtuvo con el modelo  $C_t = \hat{C}_t - a\hat{C}_t \text{Sin}(2\pi(t + \phi_1)/T_1) + b\hat{C}_t \text{Cos}(2\pi(t + \phi_2)/T_2)$ , que incluye dos componentes armónicas y por medio del cual se determinaron dos ciclos superpuestos, con periodos aproximados de ocho (7.6) y cinco (4.9) años. Las  $t_0$  correspondientes alcanzaron valores de 5.9 y 2.8 años, respectivamente, mientras que la mínima suma del error cuadrado se redujo a  $5.18E + 07$ , con un coeficiente  $R^2 = 90.0\%$ .

El máximo error en el ajuste se presentó en aquellas temporadas que siguieron a los años con anomalías térmicas observadas en la región (McLain 1983), por lo que cabría esperarse que integrando el componente ambiental al modelo se obtendría un mejor ajuste, a la vez que daría un carácter más predictivo al modelo.

Basándose en los resultados obtenidos al aplicar ambos modelos de regresión periódica a los datos de

captura de sardina crinuda, la producción pesquera entraría en una fase de descenso a partir de la temporada 1990-91. De seguir la tendencia señalada se obtendría la producción más baja en las temporadas 1992-93 y 1993-94, con aproximadamente 11,000 TM para el modelo de regresión con dos componentes armónicas y 14,000 para el de una, similares a los que se obtuvieron entre las temporadas 1984-85 a 1986-87 (figura 4).

Este resultado no ha sido corroborado en la práctica dado que la información disponible para las últimas temporadas, a partir de 1989-90, incluye numerosas fuentes de error que están siendo analizadas.

Otros estudios en los que se han determinado ciclos de periodicidad similar a los que se observan para sardina crinuda han sido señalados para sistemas pesqueros del Atlántico (Caddy 1979; Van Winkle et al. 1979) y del Mediterráneo (Astudillo y Caddy 1986); estos resultados también están limitados, en cuanto a su validez estadística, por el tamaño de las series de datos.

Por lo que respecta a la variable  $C/f$  se observó asimismo un comportamiento cíclico, que en este caso se ajustó a un período único de 13.3 años con  $t_0$  situada en 4.9 años. En función de este modelo que incluye un parámetro de ajuste del sesgo (Batschelet 1981), la  $C/f$  estaría en una fase ascendente (figura 5). Al igual que con la captura, para esta variable existe alguna asociación con las anomalías térmicas ya señaladas, disminuyendo el rendimiento, con respecto a los valores esperados, al año siguiente de presentarse los eventos cálidos.

Este efecto es más evidente para la temporada 1982-83, cuando las condiciones provocadas por El

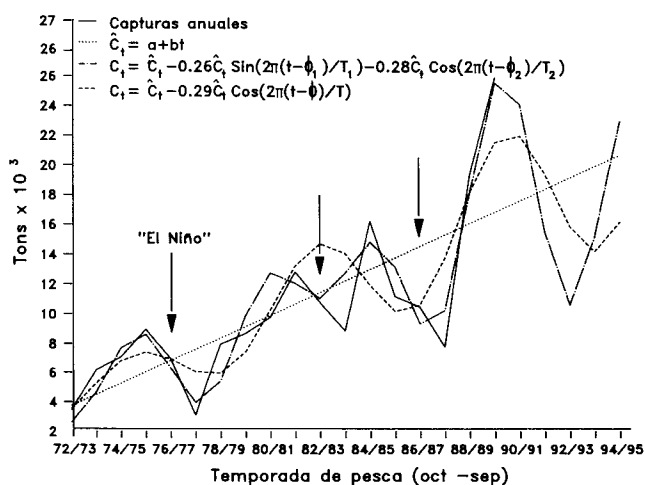


Figura 4. Desembarcos de sardina crinuda en Mazatlán y ajustes con modelos de regresión lineal y periódica.  
 Thread herring landings at Mazatlán, and linear and periodic fits.

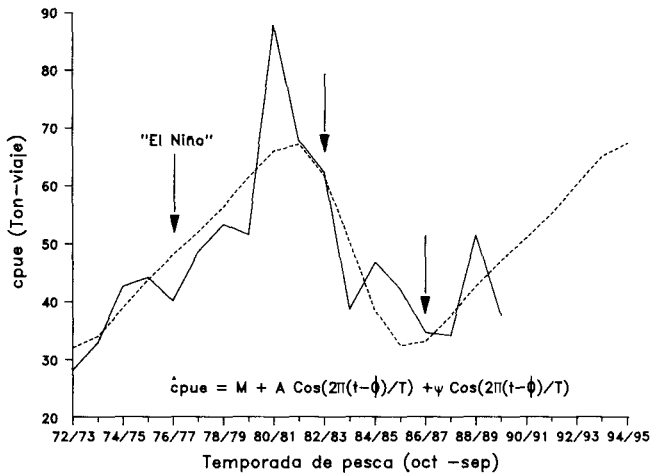


Figura 5. Captura por esfuerzo normalizado para la sardina crinuda (*Opisthonema* spp.) desembarcada en Mazatlán. (—) datos por temporada de pesca; (---) ajuste periódico con sesgo positivo.

Normalized catch-by-effort for thread herring (*Opisthonema* spp.) landed at Mazatlán. (—) data per fishing season; (---) periodic fit with positive bias.

Niño fueron extremas, elevándose la temperatura de forma anómala desde la superficie hasta aproximadamente 200 m de profundidad. Para las otras temporadas el efecto causado por este fenómeno fue más débil (McLain 1983; Cole and McLain 1989).

Las condiciones oceanográficas tendrían su efecto más acusado sobre la estructura del cardumen al limitar la producción de alimento. La variabilidad de estas condiciones influiría en las predicciones generadas por los modelos de regresión periódica; las predicciones serían más probables al aumentar la estabilidad de las fluctuaciones ambientales.

El pronóstico de aumento en la  $C/f$ , considerando a esta variable como un índice de abundancia, conduciría a la idea de incremento en la biomasa; sin embargo, esta situación es incompatible con los resultados señalados para la captura (reducción del volumen global) a menos que se consideren las dos situaciones siguientes:

1. La biomasa de la población de sardina crinuda se incrementa pero la accesibilidad al recurso se modifica reduciendo la posibilidad de captura.
2. Solamente se manifiestan cambios a nivel de la estructura de los cardúmenes, incrementando su tamaño pero disminuyendo en número.

La primera hipótesis es poco probable teniendo en cuenta la autonomía de la flota y los actuales sistemas de detección del recurso. La segunda hipótesis implica una disminución efectiva del stock, con cardúmenes densos pero escasos; esto resultaría en elevadas capturas por esfuerzo en los lances exitosos, aunque la disponibilidad de los mismos resultaría reducida, generando una baja producción; ésta sería, por lo tanto, la hipótesis más viable.

La asociación entre una reducción de la biomasa de especies pelágicas y un incremento en la capturabilidad ha sido discutida por MacCall (1976), Radovich (1976) y Csirke (1989) entre otros, quienes plantean similares características de explotación en stocks que han llegado al abatimiento total de la producción pesquera.

Estos autores, particularmente Radovich (1976), señalan que para pesquerías en donde se emplean redes de cerco no es notable la reducción en la  $C/f$ , aún cuando la población decline. Esto se debe a la dificultad que existe para evaluar el esfuerzo en las etapas de máxima abundancia, a la distribución contagiosa del recurso, al conocimiento de las zonas de pesca por parte de los pescadores y a la comunicación que existe entre la flota; estos últimos factores reducen la incertidumbre del proceso de pesca en las etapas de disminución del stock.

Por lo anterior no puede asumirse un carácter predictivo para los modelos aquí propuestos debido a que el carácter cíclico que se observa en las capturas de sardina crinuda puede estar determinado por dos factores principales sujetos a alteración.

En primer término, la aparente periodicidad en la producción del recurso está siendo alterada por la magnitud del esfuerzo pesquero. Esta variable modifica la amplitud de las oscilaciones tal como sucede en las dos últimas temporadas en estudio, donde el incremento del esfuerzo introdujo la máxima diferencia con respecto a la tendencia seguida por esta variable.

En segundo lugar, aunque las condiciones oceanográficas han seguido un patrón de fluctuaciones más o menos regulares durante el periodo estudiado, también tienen un carácter altamente incierto de difícil introducción en modelos de evaluación pesquera. Estas condiciones influyen directamente sobre la abundancia del recurso incidiendo sobre la producción de alimento y otros procesos biológicos.

En suma, aunque se carece del carácter predictivo que se asume para otros modelos de evaluación pesquera, dadas las limitantes impuestas por el tamaño de las series temporales, se considera que el uso de regresiones periódicas es adecuado para describir la evolución de la pesquería de la sardina crinuda en el Golfo de California.

Asimismo los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten señalar el riesgo en que se encuentra el recurso, ya que si bien la biomasa adulta de sardina crinuda se valora en aproximadamente 80,000 TM (Acal 1990) esta estimación es puntual y no permite realizar un seguimiento temporal. Situaciones similares a las que aquí se discuten han sido observadas en pesquerías que se han colapsado.

## LITERATURA CITADA

- Acal, D. 1990. Biomasa y rendimiento potencial de la sardina crinuda (*Opisthonema* spp.) en las costas de Sinaloa y Nayarit. *Ciencias Marinas* 16(4):61-73.
- Anónimo. 1985. Diagnóstico sobre el estado actual del recurso sardina en el Golfo de California. Inst. Nal. de Pesca. SePesca. México. 92 pp.
- Astudillo, A. y J. F. Caddy. 1986. Periodicidad de los desembarcos de merluza (*Merluccius merluccius*) y salmanote (*Mullus* sp.) en la isla de Mallorca. *Int. Symp. Long Term Changes Mar. Fish Pop.* Vigo. pp. 221-234.
- Batschelet, E. 1981. *Circular statistics in biology*. Londres: Academic Press, 371 pp.
- Caddy, J. F. 1979. Long-term trends and evidence for production cycles in the bay of Fundy scallop fishery. *Rapp. P.-V. Reun. CIEM* 175: 97-108.
- Cisneros M. M. A., J. A. De Anda M., J. Estrada G., F. Paez B. y A. Quiroz S., 1988. Pesquerías de sardina del Golfo de California y costas de Sinaloa. (Informe 1986/87 y diagnóstico). *Bol. Inf. SePesca*, INP. CRIP-Guaymas, Sonora, 65 pp.
- Cole, D. A. and D. R. McLain. 1989. Interannual variability of temperature in the upper layer of the north Pacific eastern boundary region, 1971-1987. *U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Mem. NMFS SWFC-125*. 19 pp.
- Csirke, J. 1989. Changes in the catchability coefficient in the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*) fishery. *In The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions*. D. Pauly et al., eds. ICLARM Conference Proceedings 18. Callao, Perú. IMARPE-GTZ-ICLARM, pp. 207-219.
- De Anda, M. J. A. y L. Lyle F. 1987. Evaluación del recurso sardina crinuda (*Opisthonema* spp.) de las costas de Sinaloa, Nayarit y Jalisco. *Inf. Tec. CRIP-Mazatlán, INP. SePesca, México*. 5 pp.
- Draper, N. R. y H. Smith. 1981. *Applied regression analysis*. New York: John Wiley and Sons, 709 pp.
- Fox, W. W., Jr. 1970. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. *Trans. Am. Fish. Soc.* 99:80-88.
- García, F. W., A. Cota V., A. Barrera M., J. Sánchez R. y J. Luna F. 1990. *Bol. Inf.* 20. Inst. Nal. Pesca. CRIP-Ensenada. 9 pp.
- Hedgecock, D., K. Nelson and L. G. Lopez-Lemus. 1988. Biochemical genetic and morphological divergence among three species of thread herring (*Opisthonema*) in northwest Mexico. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 29:110-121.
- López, L. L. G. 1986. Genetic relationships of the different morphotypes the clupeid fish *Opisthonema* spp. in the west coast of Baja California and the Gulf of California. *CalCOFI abstracts, annual conference* 1986.
- Lyle, F. L. P., D. Corro E., D. Acal, E. y M. A. Valdéz O. 1989. Análisis de las capturas y estructura poblacional de la sardina crinuda en el litoral de Sinaloa, Nayarit y Jalisco. Enero-Marzo, 1989. *Bol. 5. Prog. Nacional de Sardina. Subprog. Sinaloa y Nayarit. INP. CRIP-Mazatlán*.
- Lluch-Belda, D., F. J. Magallón y R. Schwartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: possible causes. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 27:136-140.
- MacCall, A. D. 1976. Density dependence of catchability coefficient the California Pacific sardine *Sardinops sagax caerulea*, purse seine fishery. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 18:136-148.
- . 1979. Population estimates for the waning years of the Pacific sardine fishery. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 20:72-82.
- McLain, D. R. 1983. Coastal ocean warming in the northeast Pacific, 1976-83. *In The influence of ocean conditions on the production of salmonids in the north Pacific*, W. Pearcy, ed. Oregon State University. Sea Grant College program. ORESU-W-83-001:61-86.
- Molina, D. H., F. Paez B., F. J. Magallón B., F. A. Castro y A. C. Castro. 1984. Análisis biológico pesquero de la pesquería de sardina en el puerto de Guaymas, Sonora. *SePesca. INP. (Doc. interno)*.
- Páez, B. F. 1976. Desarrollo gonadal, madurez, desove y fecundidad de sardina crinuda, *Opisthonema libertate* (Günther), de la zona de Mazatlán, basadas en el análisis histológico de la gónada. *Mem. Primer Simposium Nacional de Recursos Pesqueros Masivos de México. SIC/Subsecretaria de Pesca. INP*, pp. 207-264.
- Radovich, J. 1976. Catch-per-unit-of-effort: fact, fiction, and dogma. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 18:31-33.
- Rodríguez, D. G. 1987. Caracterización bioecológica de las tres especies de sardina crinuda (*Opisthonema libertate*, *O. medirrastrae* y *O. bulleri*) del Pacífico mexicano. Tesis maestría, Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, 139 pp.
- Ruiz, L. A. 1989. Descripción de la pesca y análisis de la variabilidad temporal de las capturas en la bahía els Alfacs (Delta del Ebro). Agosto de 1982 a julio de 1984. Tesis doc. Univ. Barcelona, 335 pp.
- Schaefer, M. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull. I-ATTC/Bol. CIAT* 1:27-56.
- Sokolov, V. A., y M. Wong R. 1973. Investigaciones sobre los peces pelágicos del Golfo de California (sardina, crinuda y anchoveta) en 1971. *Inf. Cient.* 2. INP/SI:2, México, 41 pp.
- Van Winkle, W., B. L. Kirk y B. W. Rust. 1979. Periodicities in Atlantic coast striped bass (*Morone saxatilis*) commercial fisheries data. *J. Fish. Res. Board Can.* 36:54-62.
- Zamudio, A. J. L. 1986. Contribución al conocimiento de la biología pesquera de la sardina crinuda (*Opisthonema libertate*, Günther, 1868) en la región de Guaymas, Sonora. México. Tesis prof. ENEP-Iztacala, UNAM, 64 pp.