

Population Tendencies of a Pelagic Coastal Multispecies Fishery; Responses to Changes of the Fishing Effort

Tendencias Poblacionales de una Pesquería Pelágico-costera Multiespecífica: Respuestas a Cambios en el Esfuerzo de Pesca

F. ARREGUÍN-SÁNCHEZ

Programa de Ecología, Pesquerías y Oceanografía
del Golfo de México (EPOMEX)

Universidad Autónoma de Campeche. Apartado
Postal 520, Campeche, 24030, Campeche, México
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN
Apartado Postal 73-Cordemex 97310
Mérida, Yucatán, México

ABSTRACT

Information obtained from a multispecies stock assessment study of a pelagic coastal fishery of the Southwest Gulf of Mexico was used to simulate population tendencies as responses to changes in fishing effort. Analysis was based on Lotka-Volterra equations and catch and fishing effort data for a complex of three species: Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*), King mackerel (*S. cavalla*) and the Blue runner (*Caranx crysos*). Population rate of change with the form $\ln(U_{i+1}/U_i)$ was used as a population index, also interpreted as a measurement of population growth rate. Both targeted and un-targeted fishing effort was considered. Spanish mackerel presents strong variations, growing and decreasing, depending on the amount of fishing effort, while the others always fluctuate around the same level, close to $\ln(U_{i+1}/U_i) = 0$. Behavior of *S. cavalla* and *C. crysos* suggest these populations are more stable than *S. maculatus* when the system is affected by fishing effort, which coincides with the history of the fishery.

KEY WORDS: coastal pelagic fishery; multispecies stock assessment, Gulf of Mexico.

RESUMEN

La información obtenida durante la evaluación de una pesquería de peces pelágico-costeros en el Suroeste en el Golfo de México, fué utilizada para simular las tendencias de las poblaciones a cambios en el esfuerzo de pesca. El análisis fué basado en las ecuaciones de Lotka-Volterra, utilizando como índices de densidad datos de captura por unidad de esfuerzo para las especies: La Sierra (*Scomberomorus maculatus*), el Peto (*S. cavalla*) y la Cojinuda (*Caranx crysos*). La relación $\ln(U_{i+1}/U_i)$, interpretada como la tasa de cambio poblacional, fué utilizada como indicador de los cambios en las poblaciones. En general, se simularon dos escenarios considerando el esfuerzo dirigido y no-dirigido a determinadas especies. La sierra presenta fuertes fluctuaciones dependiendo de

la intensidad de la explotación, mientras que las otras especies se mantienen oscilando en niveles cercanos a $Ln(U_{i+1}/U_i) = 0$. El comportamiento de *S. cavalla* y *C. crysos* sugiere que estas poblaciones son más estables que *S. maculatus* cuando el sistema es afectado por el esfuerzo de pesca, lo cual coincide con la historia de la pesquería.

PALABRAS CLAVE: pesquería, pelágico-costera, evaluación, recursos, multiespecíficos, Golfo de México.

INTRODUCCION

El estudio de pesquerías en ambientes tropicales involucra, con frecuencia, el estudio simultáneo de varias especies, considerándose de manera explícita las interdependencias entre ellas. En general la mayor parte de los modelos de rendimiento, aplicado a pesquerías multiespecíficas, están basados en el modelo de Lotka-Volterra y de manera particular, aquellos basados en el análisis de índices de abundancia de las poblaciones. Walter y Hogman (1971) propusieron un sistema de ecuaciones diferenciales basado en las ecuaciones de Schaefer (1954, 1957) y aplicado a varias poblaciones. Posteriormente, FAO (1978), Pope (1979) y Walter (1981), entre otros, analizan y discuten la aplicación de estos principios teóricos en casos reales de poblaciones explotadas.

En general, dos aspectos son de suma importancia en la interpretación de los modelos multiespecíficos: 1) la correcta interpretación de las interdependencias y 2) la posibilidad de evaluar las tendencias poblacionales cuando la intensidad de pesca no es constante para las poblaciones explotadas.

En el primer caso, aún cuando las interacciones biológicas (competencia/predador-presa) siguen un esquema tipo Lotka-Volterra, las de carácter tecnológico y económico suelen ser determinantes como interdependencias significativas en el sistema de ecuaciones por ejemplo, cambios en la eficiencia de las artes y equipos de pesca producidos en intervalos cortos de tiempo ó cambios en la preferencia económica de los pescadores por una especie determinada.

En el segundo caso, el sistema de ecuaciones permite simular el impacto producido por la forma de orientar el esfuerzo de pesca, esto es, la intensidad de pesca puede no estar dirigida a una especie en particular, siendo distribuida aleatoriamente, o bien, estar dirigida de manera preferencial, sobre alguna(s) de la(s) especie(s) explotada(s).

En el caso particular de la presente contribución, se analizará el impacto del esfuerzo de pesca sobre las poblaciones de tres de las principales especies de peces pelágicos de la región costera suroccidental del Golfo de México: la Sierra: (*Scomberomorus maculatus*), el Peto (*S. cavalla*) y la Cojinuda (*Caranx crysos* (formerly *fuscus*)).

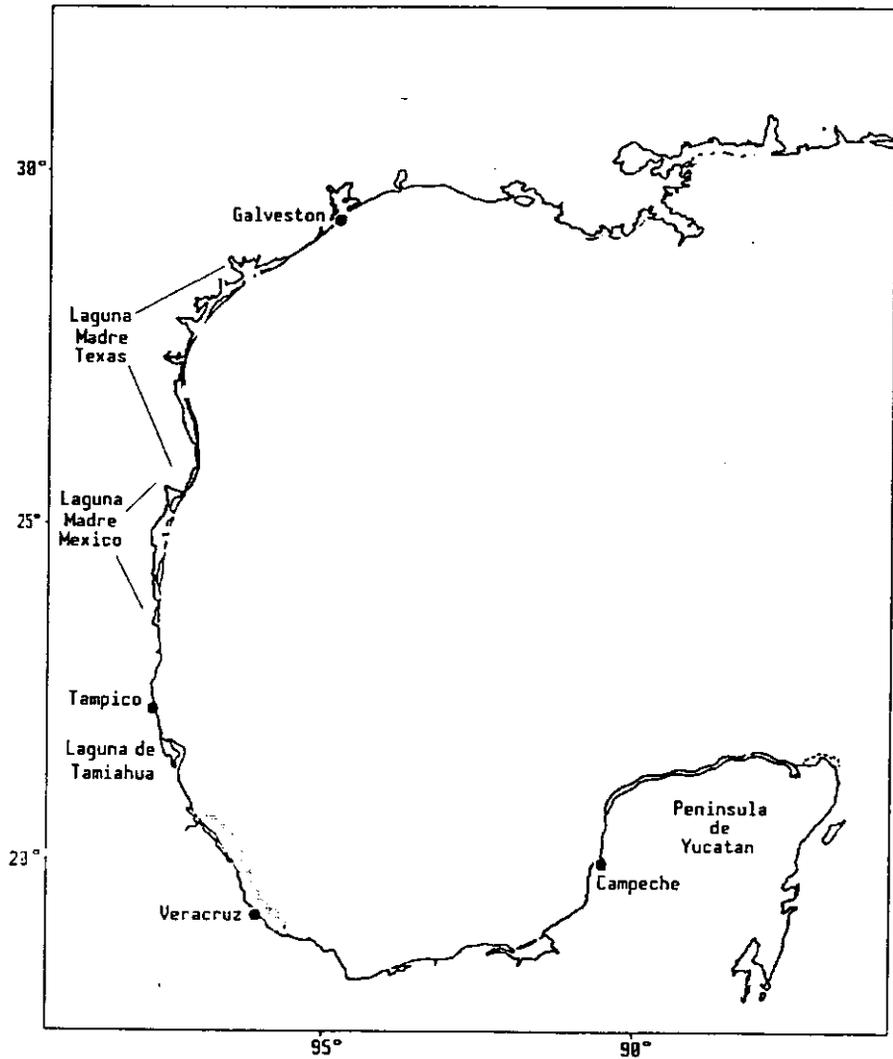


Figura 1. Localización de la región costera suroccidental del Golfo de México (área sombreada) donde se desarrolla la pesquería de peces pelágicos.

METODOS

La pesquería multiespecífica de peces pelágico-costeros en la costa occidental del Golfo de México (Fig. 1), ha sido estudiada por Arreguín-Sánchez *et al.* (1992). Se trata de una pesquería artesanal estacional que se desarrolla durante la primavera y el otoño, siguiendo los patrones migratorios de las especies.

Las capturas se realizan con diferentes artes de pesca: chinchorros playeros, redes agalleras, palangre y almadrabas, sin embargo, para fines de evaluación de rendimiento, la información utilizada en las estimaciones, consiste de datos de captura (en toneladas) y esfuerzo estandarizado, (número de chinchorros playeros), que es el arte más frecuente, para el período 1955 a 1979 (Watanabe, 1980).

El estudio inicial de evaluación multiespecífica efectuado por Arreguín-Sánchez *et al.* (1992) utiliza un sistema de ecuaciones diferenciales de la forma:

$$(1/P) \cdot (dP_i / dt) = r_i - b_{ii} P_i - b_{ij} P_j - b_{ik} P_k - q_i f \quad (1)$$

donde

- P = índice de abundancia de la población
- i, j, k = índices de especies
- r = tasa intrínseca de crecimiento poblacional
- q = coeficiente de capturabilidad
- b = coeficientes de interacción entre especies

Para la solución del sistema de ecuaciones se infiere:

1) que los procesos migratorios son de carácter cíclico estacional, por lo tanto, las variaciones interanuales son independientes de estos eventos.

2) que el esfuerzo de pesca no está orientado hacia una especie en particular.

3) que la captura por unidad de esfuerzo (U), es un índice adecuado estimar abundancia poblacional en períodos anuales.

De los modelos analizados por Arreguín-Sánchez *et al.*, (1992) se seleccionó aquel sistema de ecuaciones que permite evaluar el impacto de las interdependencias sobre la tasa de cambio de poblacional $\{ \ln (U_{i,t+1} / U_{i,t}) \}$, dado por la expresión:

$$\ln \{ U_{i,t+1} / U_{i,t} \} = r_i - b_{ii} P_i - b_{ij} P_j - b_{ik} P_k - q_i f_i \quad (2)$$

donde las constantes tienen el mismo significado que en la ecuación (1), y si $\ln \{ U_{i,t+1} / U_{i,t} \} = 0$, indica que la población permanece estable en el período de

Tabla 1. Coeficientes de interacción estimados mediante la ecuación (2) para Sierra, *S. maculatus*; Peto, *S. cavalla* y Cojinuda, *C. fusus*, en las costas de Veracruz ($\alpha=0.05$). (Tomado de Arreguín-Sánchez *et al.*, 1992).

ESPECIE	r	Sierra	Peto	Cojinuda	q
Sierra	2.51	-0.0095	-0.0464	0.0881	-0.0441
Peto	2.99	-0.0060	-0.0844	0.0781	-0.0439
Cojinuda	0.58	-0.0020	-	-	-0.0134

tiempo ($t, t+1$); si $\ln \{U_{i,t+1} / U_{i,t}\} > 0$ indicará que la población decrece o aumenta dependiendo del signo aritmético (negativo ó positivo, respectivamente).

Los resultados de los coeficientes de interacción estadísticamente significativos, obtenidos de la ecuación (2) para las tres especies (Tabla 1), fueron tomados para analizar la tendencia de las poblaciones ante cambios simulados en el esfuerzo de pesca. La interpretación de los coeficientes sugieren competencia entre Sierra y Peto y una relación predador-presa entre Cojinuda y Sierra. Otras posibles interacciones no fueron claramente definidas.

El procedimiento desarrollado fué el siguiente:

a) La abundancia inicial de las poblaciones fué similar, a fin de que las tendencias resultantes fueran directamente comparables.

b) Se produjeron cambios graduales en el esfuerzo de pesca entre 0 y 60 chinchorros playeros. El límite máximo de esfuerzo fué definido como ligeramente mayor a dos veces el nivel de esfuerzo óptimo estimado por Arreguín-Sánchez *et al.* (1992) de 22.6 chinchorros, y que corresponde en un nivel cercano, al esfuerzo aplicado durante la última década del período considerado.

c) Considerar, en las simulaciones iniciales, que el esfuerzo de pesca no es constante.

d) Considerar, en las simulaciones, esfuerzo dirigido.

En todos los casos, las simulaciones se efectuaron hasta que el sistema alcanza estabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Esfuerzo No-Dirigido

Las tendencias observadas en los cambios poblacionales al producir cambios graduales en la intensidad de pesca (Fig. 2), sugieren que las poblaciones de *S. cavalla* y *C. caryos* se mantienen algo más estables mientras que, las variaciones en *S. maculatus* son más intensas. En este caso, a niveles bajos de esfuerzo de pesca (Fig. 2A), la tendencia de la población es ascendente, como correspondería a una pesquería en desarrollo, alcanzando una

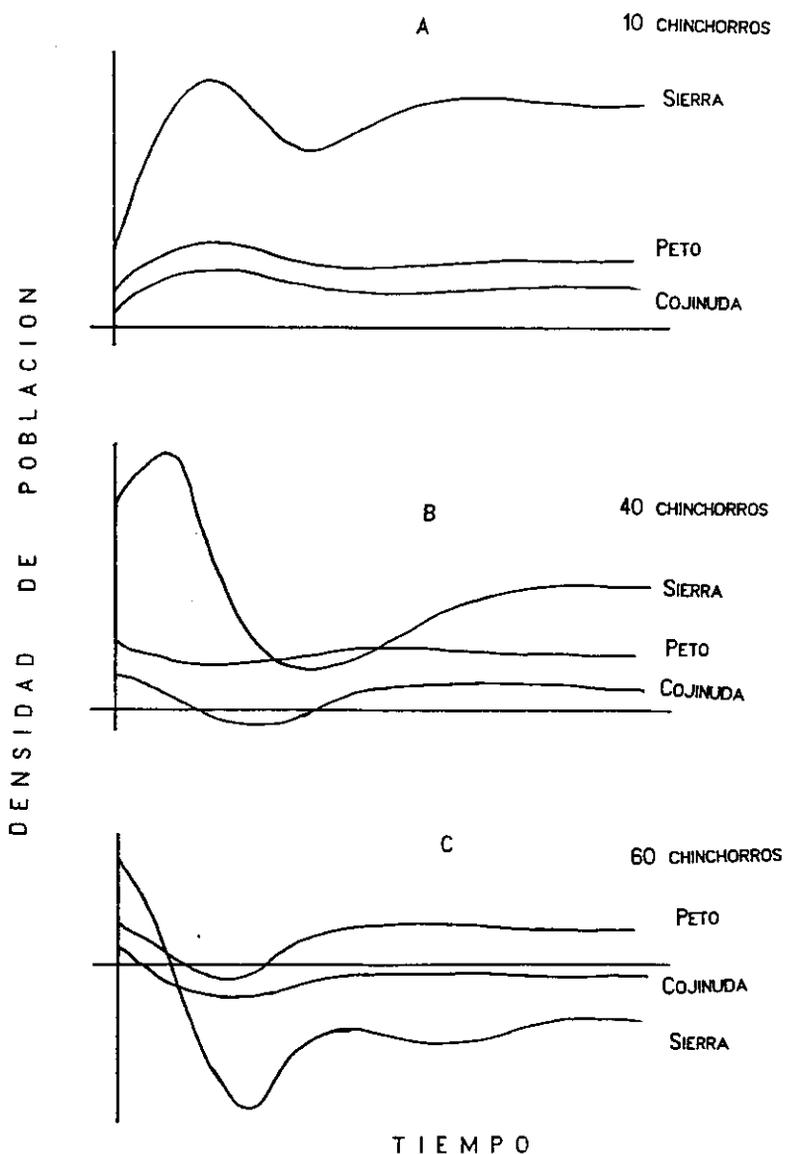


Figura 2. Tendencias simuladas de las poblaciones explotadas de Sierra, Peto y Cojinuda bajo diferentes niveles de esfuerzo pesquero no dirigido. (A) 10 chinchorros; (B) 40 chinchorros; (C) 60 chinchorros.

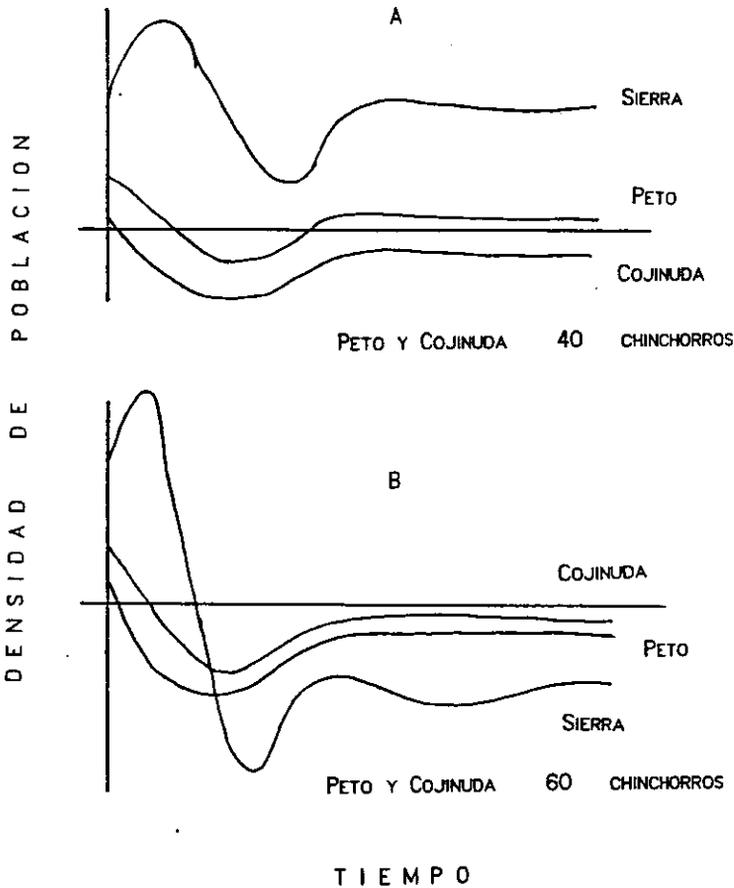


Figura 3. Tendencias simuladas de las poblaciones explotadas de Sierra, Peto y Cojinuda bajo diferentes niveles de esfuerzo pesquero dirigido. (A) 22.6 chinchorros para Sierra y 40 chinchorros para Peto y Cojinuda; (B) 22.6 chinchorros para Sierra y 60 chinchorros para Peto y Cojinuda.

estabilización, mientras que al aumentar el esfuerzo (60 chinchorros), la población decrece a oscila en niveles inferiores al inicial (Fig. 2C), esto es interpretable como consecuencia de la sobrepesca.

Esfuerzo Dirigido

Dado el alto número de combinaciones posibles al intentar variaciones en el esfuerzo de pesca dirigido, y a el comportamiento de las poblaciones observado con esfuerzo no-dirigido, se analizaron tres escenarios:

a) esfuerzo constante para *S. maculatus* y variable para *S. cavalla* y *C. crysos*

b) esfuerzo constante para *S. cavalla* y variable para *S. maculatus* y *C. crysos*

c) esfuerzo constante para *C. crysos* y variable para *S. maculatus* y *S. cavalla*.

Para todos los casos, el nivel de esfuerzo constante correspondió a 22.6 chinchorros playeros (esfuerzo óptimo estimado para la pesquería multiespecífica), mientras que el esfuerzo variable para las otras especies fué gradual, con incrementos de diez chinchorros.

Esfuerzo constante para S. maculatus y variable para S. cavalla y C. crysos

Para variaciones entre 10 y 30 chinchorros, las tendencias se muestran similares a la Fig. 2A, y esto es interpretable como que las poblaciones responden de la misma manera hasta niveles de esfuerzo cercanos o poco mayores al de esfuerzo óptimo. Cuando se incrementa el esfuerzo a 40 chinchorros (Fig. 3A) y 60 chinchorros (Fig. 3B), se observan nuevamente grandes fluctuaciones en el caso de *S. maculatus*, que son más drásticas a mayor intensidad de pesca. En este último caso, las tres poblaciones decrecen por debajo del nivel inicial, aunque para *S. cavalla* y *C. crysos* los cambios son menos intensos y tienden rápidamente a una estabilidad.

Esfuerzo constante para S. cavalla y variable para S. maculatus y C. crysos

Como en el caso anterior, a niveles bajos de intensidad de pesca (10 y 20 chinchorros), las tendencias son similares a las observadas en la Fig. 2A sin embargo, con 30 chinchorros playeros, las tres poblaciones tienden a mantenerse constantes (Fig. 4A). Para la simulación con 40 chinchorros, se observan fluctuaciones intensas para *S. maculatus* mientras que las otras dos especies tienden a mantenerse en el mismo nivel (Fig. 4B). En el caso de la simulación con 60 chinchorros, la población de *S. maculatus* fluctúa decreciendo fuertemente y estabilizándose en niveles inferiores al inicial. Las otras dos especies se mantienen oscilando en niveles cercanos al inicial (Fig. 4C).

Esfuerzo constante para C. crysos y variable para S. maculatus y S. cavalla

En este caso, las simulaciones efectuadas para niveles entre 10 y 40 chinchorros muestran tendencias similares a la Fig. 2A, mientras que para 60 chinchorros las poblaciones fluctúan pero manteniéndose en niveles cercanos al inicial (Fig. 5).

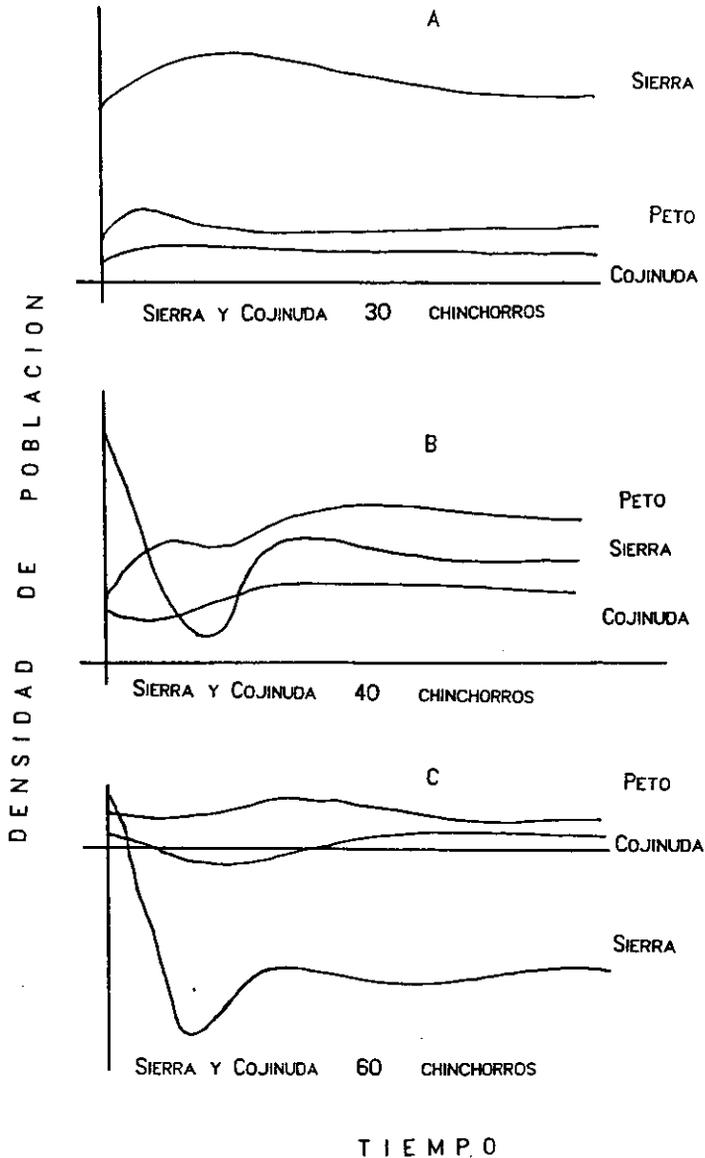


Figura 4. Tendencias simuladas de las poblaciones explotadas de Sierra, Peto y Cojinuda bajo diferentes niveles de esfuerzo pesquero dirigido. (A) 22.6 chinchorros para Peto y 30 chinchorros para Sierra y Cojinuda; (B) 22.6 chinchorros para Peto y 40 chinchorros para Sierra y Cojinuda; (C) 22.6 chinchorros para Peto y 60 chinchorros para Sierra y Cojinuda.

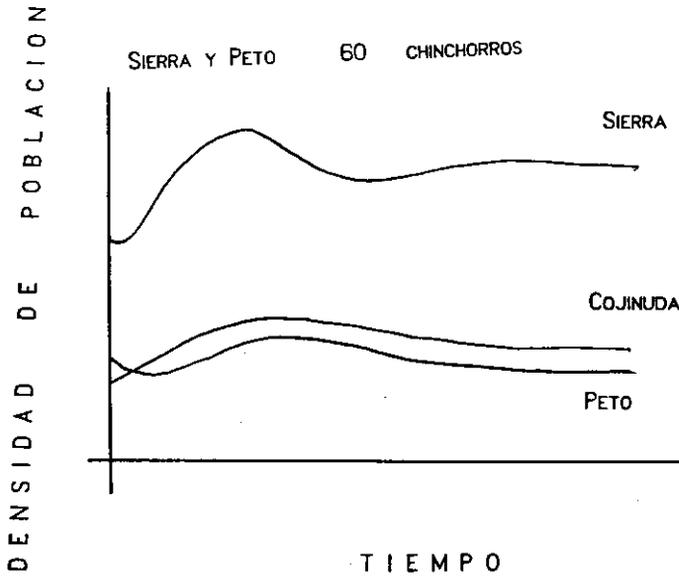


Figura 5. Tendencias simuladas de las poblaciones explotadas de Sierra, Peto y Cojinuda bajo diferentes niveles de esfuerzo pesquero dirigido. 22.6 chinchorros para Cojinuda y 60 chinchorros para Sierra y Peto.

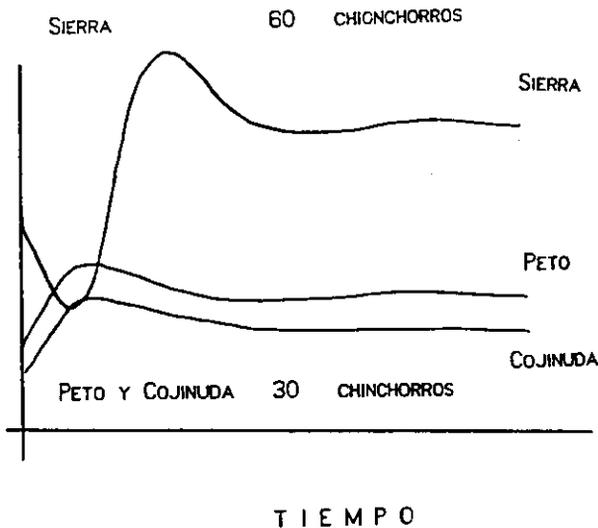


Figura 6. Tendencias simuladas de las poblaciones explotadas de Sierra, Peto y Cojinuda bajo diferentes niveles de esfuerzo pesquero dirigido. 60 chinchorros para Sierra y 30 chinchorros para Peto y Cojinuda.

Por último, dado que en la práctica existe cierta preferencia económica, por parte de los pescadores, hacia *S. maculatus*, se simularon las tendencias considerando un esfuerzo de 60 chinchorros en esta especie y de 30 chinchorros a *S. cavalla* y *C. crysos*. Las tendencias muestran nuevamente fuertes oscilaciones en *S. maculatus* y considerablemente menores para las otras especies (Fig. 6).

CONCLUSIONES

En general, para niveles de esfuerzo pequeños, hasta el correspondiente al de esfuerzo óptimo, las fluctuaciones poblacionales tienden a ser similares, independientemente de si el esfuerzo es o no dirigido. Para niveles altos de esfuerzo pesquero, las fluctuaciones poblacionales son más intensas, especialmente para la sierra, *S. maculatus*, especie que dentro del sistema considerado, es mucho más sensible que el peto, *S. cavalla* o la cojinuda, *C. crysos*. En este sentido, *C. crysos* muestra poco efecto a cambios en el esfuerzo de pesca.

REFERENCIAS

- Arreguín-Sánchez, F., E.A. Chávez, and J.A. Menchaca. 1992. A multispecies stock assessment of a pelagic coastal fishery of the south-west Gulf of Mexico. *Aquaculture and Fisheries Management*. **23**: 103-112.
- FAO. 1978. Some scientific problems of multispecies fisheries. Rep. expert consultation on management of multispecies fisheries. Rome, 20-23 September 1977. *FAO Fisheries Technical Paper* **181**:42 p.
- Pope, J. 1979. Stock assessment in multispecies fisheries with special reference to the trawl fishery of the Gulf of Thailand. South China Sea Fish. Development Coordination Programme., SCS/DEV/79. 106 p.
- Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the commercial marine fisheries. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission*. **1**:25-56.
- Schaefer, M.B. 1957. A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tunna Commission*. **2**: 245-285.
- Walter, G. G. 1981. Surplus models of fisheries management. Pages 151-180 In: D.G. Chapman and F. Gallucci eds. *Quantitative Population Dynamics*. International Cooperation Publishing House, Fairland, Maryland.
- Walter, G.G. and W. Hogman. 1971. Mathematical models for estimating changes in fish populations with applications on Green Bay. *Proc. 14th Conference. Great Lakes research*, p. 170-184.

Watanabe, N.Y. 1980. Contribución al conocimiento de la biología pesquera de la cojinuda, *Caranx fusus* (Geoffroy-St Hilaire). Tesis profesional. Instituto de Estudios Superiores de Ciencias marinas. Veracruz, Mexico.