

Relación entre la abundancia de peces de pico y la temperatura del agua en el Pacífico mexicano

Heriberto Santana Hernández, René Macías Zamora, Ana Luisa Vidaurri Sotelo

Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo. INP. Apdo. Postal #591. 28200 Manzanillo, Col.

SANTANA-HERNÁNDEZ, H.; R. Macías Z. y A.L. Vidaurri S. 1996. Relación entre la abundancia de peces de pico y la temperatura del agua en el Pacífico mexicano. *INP. SEMARNAP. Ciencia Pesquera No. 13.*

En este estudio se obtienen y comparan modelos de respuesta de peces de pico al gradiente de temperatura superficial. En el caso del marlin rayado *Tetrapturus audax* y el pez espada *Xiphias gladius* se obtuvo el mejor ajuste con el modelo asimétrico, generalmente utilizado al estudiar la relación entre parentela y progenie. Con el pez vela *Stiophorus platypterus* se obtuvo mejor ajuste a la curva logística, debido a que el máximo índice de abundancia coincide con la máxima temperatura registrada. Como indicador de abundancia se utilizó la captura por unidad de esfuerzo, definida como el número de individuos capturados por cada mil anzuelos. La información de captura y temperatura asociada se obtuvo de las bitácoras de pesca de la flota palangrera con bandera mexicana que operó de 1980 a 1990. Los modelos se ajustaron con la técnica de mínimos cuadrados y posteriormente se sometieron a un proceso iterativo para optimar el ajuste.

This work pretends to obtain and compare response models of the sea surface temperature and the abundance of billfishes. The best fit for striped marlin (*Tetrapturus audax*) and the swordfish (*Xiphias gladius*) was obtained to an asymmetric curve used in fisheries for stock and recruitment relationship. A good fit to the logistic curve was obtained for the sailfish (*Stiophorus platypterus*). The catch per unit of effort, defined as the number of individuals captured by every thousand hooks, was used as abundance measure. The data of catch and associated temperature were obtained from the fishing logbooks of the Mexican commercial longliner fleet, which operated from 1980 to 1990. The models were adjusted to regression line and thereafter optimized by an iterative process.

Introducción

Este estudio se refiere al pez vela (*Stiophorus platypterus*), al marlin rayado (*Tetrapturus audax*) y al pez espada (*Xiphias gladius*), denominados peces de pico o "picudos", como se conoce a un grupo de peces pelágicos que tienen la mandíbula superior más larga que la inferior, como un pico. Según De Sylva (1990), las especies epipelágicas como los picudos y atunes tienen preferencia por temperaturas bien definidas, cualidad estenotérmica considerada en la oceanografía pesquera para localizarlos y capturarlos.

Cada especie responde a diversas variables abióticas que en conjunto conforman su ambiente vital y ante el cual la respuesta conjunta se representa por un volumen multidimensional definido por los límites dentro de los cuales la especie puede existir. Según Hutchinson (1957) citado por McNaughton y Wolf (1984), este hipervolumen es lo que se conoce como nicho de la especie.

En este estudio se evaluó la relación entre la temperatura del mar y la abundancia de los peces de pico capturados por la flota palangrera mexicana del Pacífico. En particular, se comparó un

modelo usado tradicionalmente con otro asimétrico de respuesta a un gradiente ambiental.

Antecedentes

La relación unimodal entre la abundancia de las especies y el ambiente abiótico es una de las más difundidas y aceptadas en ecología (Odum, 1971; Gauch, 1972; Pielou, 1984; Jongman *et al.*, 1987). Según la Ley de Tolerancia de Shelford (Odum, *ibidem*), la máxima abundancia de una especie suele corresponder a una determinada magnitud de la variable ambiental determinante y ante magnitudes mayores o menores de la misma la abundancia debe disminuir progresivamente.

La curva de Gauss o curva normal fue popularizada por Gauch y Whittaker (1972) como un modelo simple y atractivo para describir la relación unimodal (Ter Braak y Prentice, 1988). El empleo de la curva normal implica el ajuste de un modelo teórico a un grupo de datos de abundancia de una especie obtenidos mediante muestreo en un conjunto de sitios.

Kume y Joseph (1969) encontraron que los movimientos estacionales de norte a sur y viceversa del pez vela parecían coincidir con movimientos estacionales de la isoterma de los 28°C. Macías *et al.* (1993) encontraron una correlación positiva entre la captura por unidad de esfuerzo en la pesca deportiva de pez vela y la temperatura superficial del mar, en el estado de Colima, México. En estudios realizados con telemetría acústica, Hols y Bedford (1990) observaron movimientos verticales del marlin (*Tetrapturus audax*) con desplazamientos periódicos durante el día y la noche como una respuesta a parámetros ambientales. Por otro lado, Carey (1981) y Block (1990) realizaron estudios del pez espada (*Xiphias gladius*) con los mismos métodos y encontraron que éste realiza movimientos verticales durante ciclos diarios, en los cuales se presentó cerca de la superficie durante la noche y regresó a aguas profundas de hasta 600 m durante el día. Durante estos movimientos verticales en forma de "U", el pez espada siguió un patrón de acuerdo con la intensidad de iluminación.

De acuerdo con los reportes de la National Oceanographic and Atmospheric Agency (NOAA, 1980-1990) las temperaturas superficiales en el Pacífico mexicano variaron entre 15 y 31 °C, distribuidas en isotermas ascendentes de norte a sur. Estas a su vez presentaron movimientos latitudinales coincidentes con los cambios de estación durante cada ciclo anual.

Material y métodos

Como indicador de abundancia se utilizó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), definida como número de organismos capturados por cada 1000 anzuelos. La información relativa a los resultados de pesca y temperatura asociada se obtuvo de las bitácoras de pesca de 23 barcos palangreros con bandera mexicana que operaron de 1980 a 1990, período durante el cual realizaron 7344 lances en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico Mexicano (ZEEPM) y áreas adyacentes. Esta información fue captada a través del Departamento de Administración de Pesquerías de la Delegación Federal de Pesca en el Estado de Colima, la cual proporcionó las bitácoras de los barcos con base en el Puerto de Manzanillo, Colima. Y a través del Comité Técnico Consultivo de la Pesquería de Picudos y Especies Afines, el cual captó una base de datos de las operaciones de toda la flota palangrera con bandera mexicana.

Las bitácoras contienen información referente a: fecha, posición del inicio y final del lance, número de anzuelos calados, número y peso de las especies capturadas, temperatura superficial y otros datos ambientales como estado del mar, vientos, nubosidad y temperatura del aire.

Para su análisis, las 23 unidades de pesca se agruparon en cuatro grupos en función de sus nombres seriados ("Alianza", "Copemapro", "Tiburón" y "otros"), dado que la coincidencia entre ellos generalmente implica estrategias operativas similares. Por medio de técnicas estadísticas como el análisis de varianza (ANDEVA) y mínimas diferencias significativas (MDS) se identificaron los grupos de embarcaciones que representaron de mejor manera la relación entre el éxito de

pesca de cada una de las especies en particular y la temperatura superficial. Se desecharon los registros en los que no se reportó la temperatura superficial y las temperaturas en las que no realizaron al menos cinco lances de pesca.

Se estimó el indicador de abundancia (CPUE) para cada especie en cada uno de los grupos, con intervalos de temperatura de un grado centígrado y se realizó un diagrama de dispersión para identificar el tipo de relación existente entre estos parámetros.

Los datos de abundancia de marlin y pez espada se ajustaron mediante dos tipos de curvas; la normal y una curva asimétrica como la que se utiliza en biología pesquera para representar relaciones entre parentela y progenie (Ricker, 1954, citado por Sparre *et al.*, 1989). En el caso del pez vela se observó que el índice de abundancia aumentaba en relación directa con la temperatura, lo cual sugirió la utilización de la curva logística para describir esta relación.

El cálculo de los parámetros de cada una de las curvas se efectuó mediante la técnica de mínimos cuadrados y posteriormente se optimaron con una técnica iterativa incluida en la hoja electrónica de cálculo EXCEL, mediante la reducción al mínimo de la suma de cuadrados residual (diferencias entre valores observados y calculados elevadas al cuadrado). El marlin rayado y el pez espada se ajustaron al modelo de la curva normal según la relación:

$$N = \frac{b}{\sqrt{2\pi}a} e^{-\frac{(T-c)^2}{2a^2}}$$

Y al modelo asimétrico de acuerdo con la relación:

$$N = a(T - c)e^{bT}$$

En el caso del pez vela, el indicador de abundancia en función de la temperatura superficial se ajustó mediante la curva logística:

$$N = \frac{c}{1 + e^{a + bT}}$$

Donde:

N = indicador de abundancia CPUE

T = temperatura en grados centígrados, en la cual se efectuaron los lances de pesca

a, b, c = parámetros de ajuste de la curva

Las curvas se evaluaron mediante el coeficiente de determinación r², que es la razón entre la suma de cuadrados explicada por el modelo con respecto a la suma de cuadrados total (Daniel, 1991).

Resultados

Del total del esfuerzo ejercido (6'738,695 anzuelos), el 49% (3'369,173 anzuelos) correspondió al grupo de barcos Tiburón el 34.48% (2'323,500 anzuelos), al grupo Copemapro y el restante 15.52% (1'046,022 anzuelos) a los grupos Alianza y Otros.

Mediante el análisis de varianza realizado entre los indicadores de abundancia y la temperatura superficial en la ope-

ración de cada uno de los grupos de embarcaciones, se observó que la mayor razón de varianza correspondió al grupo Tiburón. El análisis de mínimas diferencias significativas arrojó que los indicadores de abundancia para este grupo fueron significativamente diferentes incluso para valores de temperaturas contiguas; por ejemplo, la CPUE obtenida con una temperatura de 28°C es diferente de la CPUE obtenida con temperaturas de 27 y 29°C.

Con base en los resultados obtenidos y comentarios de algunos tripulantes sobre la práctica de varios barcos de no reportar las capturas de especies de bajo valor comercial, como el pez vela, se eligieron los datos de la flota Tiburón como los más adecuados para el ajuste de los modelos de respuesta al gradiente de temperatura.

Los indicadores de abundancia del pez espada mostraron una tendencia ascendente a partir de 20°C y una cúspide entre los 21°C y 22°C, que descendió sensiblemente conforme la temperatura superficial aumentó. En este caso el comportamiento de la abundancia también tuvo mejor ajuste con el modelo no simétrico (Fig. 1).

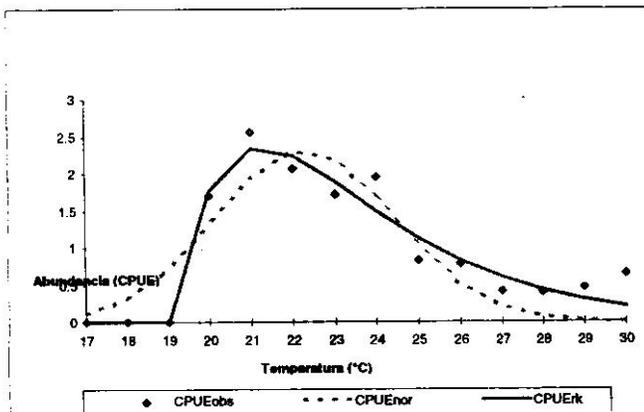


Fig. 1. Abundancia del pez espada en función de la temperatura superficial, en aguas del estado de Colima, México.

En el caso del marlin rayado la tendencia fue ascendente a partir de la temperatura de 20 °C con una cúspide a 22 °C y una tendencia a disminuir suavemente conforme aumentó la temperatura superficial. Estos datos se ajustaron mejor al modelo no simétrico que a la curva normal (Fig. 2).

En el caso del pez vela el comportamiento de los indicadores de abundancia respecto de la temperatura superficial se aumentaron conforme la temperatura aumentó. Este comportamiento fue aproximado con la curva logística. (Fig. 3).

De acuerdo con el coeficiente de determinación, se encontró que en el caso del pez espada la curva normal explica el 97.6%, mientras que la curva asimétrica explicó el 99.1%. En cuanto al marlin la curva normal explicó el 66.0% y el modelo asimétrico

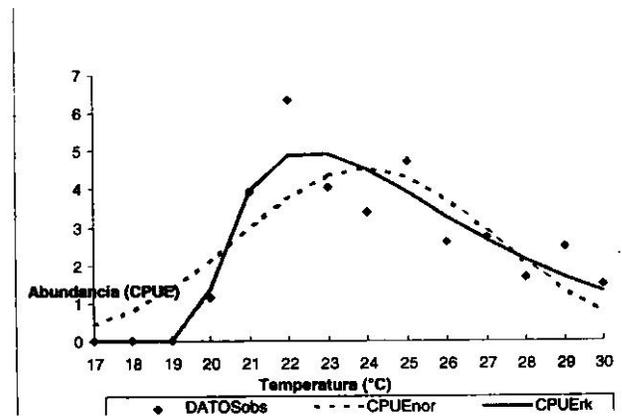


Fig. 2. Abundancia del marlin en función de la temperatura superficial, en aguas del estado de Colima, México.

explicó el 92.7%. En relación con el pez vela, la curva logística explicó el 98.9%.

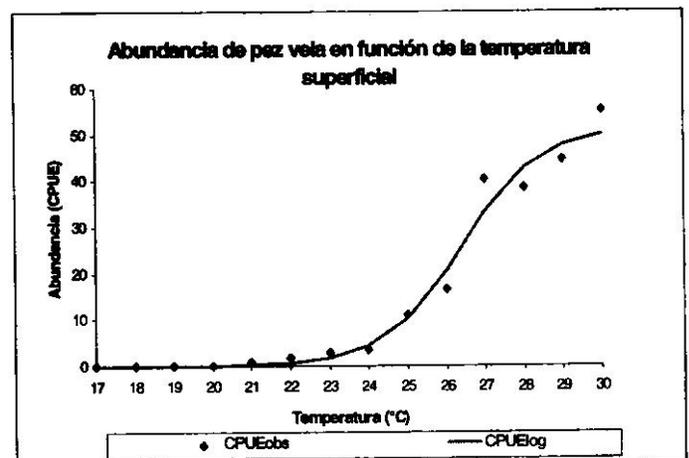


Fig. 3. Abundancia del pez vela en función de la temperatura superficial, en aguas del estado de Colima, México.

Discusión

Posiblemente la baja razón de varianza entre los indicadores de abundancia y la temperatura en los grupos Copemapro, Alianza y Otros esté relacionada con la práctica de desechar especies de bajo valor comercial.

La temperatura superficial del mar se utiliza a menudo como indicador de la abundancia de especies pelágicas como los picudos y atunes; sin embargo, el mecanismo que provoca esta relación no es suficientemente claro. Se sabe que la presencia de estos organismos fluctúa entre la superficie y profundidades superiores a los 300 m; no obstante lo cual, el análisis realizado sobre la relación de los indicadores de abundancia y la temperatura superficial indica una estrecha relación entre estos factores. Por otro lado, la distribución temporal de las isotermas más altas (31°C) en la ZEEPM, de acuerdo con Nakamura (1985), determina los movimientos latitudinales del pez vela

hacia áreas a las que el marlin y el pez espada no se desplazan. Para el caso de las áreas de mayores índices de captura de pez espada y marlin ocurre el caso inverso, en el que las capturas de pez vela disminuyen sensiblemente.

Los resultados de los estudios realizados por varios de los autores citados (Holts y Bedford, 1990; Carey, 1990; y Block, 1990) podrían explicar el mecanismo por el cual la temperatura superficial influye en la distribución geográfica de especies que habitan aguas subsuperficiales.

Según Gauch y Whittaker (1972, *op.cit.*), la curva de Gauss o curva normal es un modelo simple y atractivo para describir la relación entre la abundancia de las especies y el ambiente abiótico. Sin embargo, en este estudio, en cuanto al comportamiento del pez vela, marlin y pez espada, la relación de los indicadores de abundancia y temperatura superficial sí tuvieron un comportamiento unimodal, pero se ajustaron mejor a curvas no simétricas diferentes a las mencionadas por ellos.

Conclusiones

1. A partir del análisis del esfuerzo pesquero aplicado por la totalidad de la flota palangrera; las gráficas que presentan los indicadores del éxito de pesca en función de la temperatura superficial y los resultados del ANDEVA y MDS de los barcos Copemapro y Tiburón, se concluye que éste último es el más representativo en cuanto a capturas y áreas de operación.
2. Los resultados indican que para las especies de pico la relación entre abundancia y temperatura superficial coincide con la relación unimodal concebida por Gauch y Whittaker (1972, *ibídem*). Sin embargo, no presenta el comportamiento simétrico de la curva normal.

Referencias bibliográficas

- BLOCK A., BARBARA. 1990. Physiology and ecology of brain and eye heaters in billfishes. In Richard H. Struod (ed.). Planning the future of billfishes. *Proceedings of the Second International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988 Part. 2: Contributed Papers.* 123-136.
- DANIEL, W.W. 1991. Bioestadística. 3a. Ed. *Limusa. México.* 667 p.
- DE SYLVA P., DONALD. 1990. Distributional changes in billfishes (Istiophoridae) and sea surface temperatures. a possible early warning system to monitor global greenhouse climate warming. In Richard H. Struod (ed.). Planning the future of billfishes. *Proceedings of the Second International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988 Part. 2: Contributed Papers.* 137-143.
- GAUCH, H.G. and R.H. wittaker. 1972. Coenocline simulation. *Ecology.* 53: 446-451.
- HOLTS D. and D. Bedford. 1990. Activity patterns of striped marlin in the Southern California bight. 1990. In Richard H. Struod (ed.). Planning the future of billfishes. *Proceedings of the Second International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988 Part. 2: Contributed Papers.* 81-94.
- JONGMAN, R.H., C.J.F. Ter Braak y O.F.R. van Tongeren. 1987. Data analysis in community and landscape ecology. *Pudoc, Wageningen.* 299 p.
- KUME, S. and Joseph. 1969. La pesca japonesa con palangre de atunes y peces espada en el Océano Pacífico Oriental, 1971-1980. *Inter. Amer. Trop. Tuna Comm, Bull (1):* 123-159.
- MACÍAS-ZAMORA, R., N.A.Venegas-Galindo, A.L. Vidaurri-Sotelo. 1993. La pesca deportiva del pez vela y su relación con la pesca comercial. *Inv. Mar. CICIMAR. Mex. Vol.8(2):* 87-93.
- MC. NAUGHTON, S.J. y L.L. Wolf. 1984. Ecología general. *Omega, Barcelona.* 713 p.
- NOAA, 1981-1989. U.S. Department of Commerce. *Oceanographic Monthly Summary 1981-1989. Smolarsky P. (de).*
- ODUM, E.P. 1971. Fundamentals of ecology. 3a. Ed. *Saunders. Philadelphia.*
- PIELOU, E.C. 1984. The interpretation of principal component analysis in applied research. *Sankhya A.* 26:329-358.
- SPARRE, P.; E. Ursin, S.C. Venema. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1, Manual. *FAO Fisheries Technical Paper. No. 306.1 Rome, FAO 1989.* 337 p.
- TER BRAAK, C.J.F. y I.C. Prentice. 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research* 18: 271-317.