

# Dinámica de la flota atunera mexicana del Océano Pacífico Oriental

## Mexican tuna fleet dynamics of the Eastern Pacific Ocean

Rafael Solana-Sansores<sup>1</sup>, Irma Dicante<sup>2</sup> y Lourdes P. Arredondo-Uribe<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Km. 103 Carr. Tijuana-Ensenada, Ensenada, Baja California, 22860. México

<sup>2</sup>Biotecnología, Ingeniería, Innovación y Gestión (BIIG-Consultores) Calle "C" s/n. San Antonio de las Minas, Ensenada, Baja California, 22750. México

<sup>3</sup>Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y de Protección de Delfines, FIDEMAR Km. 106 Carr. Tijuana-Ensenada, Ensenada, Baja California, 22860. México  
e- mail: solana\_sansores@yahoo.com.mx

---

Solana-Sansores, R., I. Dicante y L. P. Arredondo-Uribe. 2009. Dinámica de la flota atunera mexicana del Océano Pacífico Oriental. *Hidrobiológica* 19(3): 225-232.

### RESUMEN

Se analiza la dinámica de la flota atunera mexicana del Pacífico Oriental y su relación con señales medioambientales utilizadas en las estrategias de pesca. La información proviene de una muestra sistemática con arranque aleatorio de 176 cruceros de pesca registrados por el programa mexicano de observadores, entre 1992 y 2005. En cada viaje la información se genera secuencialmente en lapsos de tiempo fijos, permitiendo suponer que los registros son un proceso estocástico discreto y puede analizarse como una Cadena de Markov. Los registros se agrupan en: (1) desplazamientos espaciales del barco; (2) observación de señales y (3) maniobras de pesca. En el análisis se reconocen dos tácticas de pesca: una sistemática y otra aleatoria. La primera inicia con una búsqueda de señales (aves o mamíferos marinos), seguido de un lance de pesca sobre cardúmenes asociados a delfines o sobre cardúmenes no asociados. Alternativamente, las tácticas aleatorias no involucran una búsqueda y llevan, con menor probabilidad, a un lance sobre atunes no asociados. Ambas tácticas de pesca son influenciados por factores ambientales, ecológicos, sociales, y económicos. De este modo se observan diferentes estrategias durante un ciclo anual o de mayor duración, que están relacionadas con políticas regionales de manejo pesquero derivadas del Acuerdo del Programa Internacional de Conservación de Delfines. Se concluye que la dinámica de la flota atunera mexicana es un factor que deberá analizarse sistemáticamente en la estimación del Esfuerzo de Pesca para obtener mejores evaluaciones de los rendimientos de esta pesquería.

**Palabras clave:** Atún aleta amarilla, estrategias de pesca, tácticas de pesca, esfuerzo pesquero, cadenas de Markov.

### ABSTRACT

It analyzes the fishing dynamics of the Mexican tuna fleet of the Eastern Tropical Pacific (ETP) and its relation with environmental signs which are used for fishing. The information comes from a systematic sample with a random start of 176 fishing cruisers, registered by the observer's Mexican program (1992 to 2005). In each trip the information is generated in sequential way, allowing to suppose that this events are discreet random process and analyze as a Markov Chains. The events group in: (1) ship movement (2) sign observe and (3) fishing maneuver. The results recognize two main fishery tactics: one systematic and other random. The first one starts with a signal search (birds or marine mammals), and then a hunt and finally, a fishing throw over shoal associate with dolphins. Alternatively, the random

tactics do not involve a search and have a minor probability of a throw over not associated tuna. Both fishery tactics are influenced by environmental, ecological, social, and economic factors. Different strategies were observed during an annual cycle or larger duration that is related with regional politics of fishery management derived in the ETP of the International Program of Dolphin Conservation Agreement. It was concluded that the Mexican tuna fleet dynamics of the ETP (tactics and strategies) affect the measurement of the fishery effort and the success of the trip, therefore it is necessary to evaluate its effect.

**Key words:** Yellow fin tuna, fishery strategies, fishery tactics, fishery effort, Markov chain.

## INTRODUCCIÓN

La dinámica y el comportamiento espacial de una embarcación pesquera en una región, determinan el éxito de un viaje; esto ocurre especialmente cuando el espacio de recorrido es amplio. Esta dinámica de la flota, a su vez esta condicionada por diversos factores como las características ambientales o abundancia del recurso (Gaertner & Dreyfus-León, 2004; Hoyle & Maunder, 2005; Maunder & Aires-da-Silva, 2009; Bensch *et al.*, 2003); elementos económicos (Oostenburgge *et al.*, 2001); la dinámica social (Salas & Gaertner, 2004); o la propia experiencia del capitán (Guillis, 2003; Marchal *et al.*, 2006), entre otros. Estos factores determinan la dinámica de un barco y, finalmente, el esfuerzo pesquero y el éxito de un viaje. Por ello, todos estos factores han sido señalados elementos importantes que deberán considerarse en el manejo de las pesquerías oceánicas como en el caso del atún, ya que finalmente afectan la mortalidad por pesca (Hilborn, 1985; Parkinson *et al.*, 2004; Branch *et al.*, 2006).

En la dinámica de pesca desarrollada por la flota atunera mexicana en el Océano Pacífico Oriental (OPO), es posible observar que un barco adopta diversas maniobras secuenciadas antes de realizar un lance de pesca, lo que finalmente conlleva a una captura con buenos o malos resultados. Por ejemplo, antes de iniciar un lance de pesca la embarcación pudo haber pasado por estados de navegación, búsqueda, persecución, etc., que hace variar la cantidad de energía invertida por el barco antes de realizar un lance pesquero, lo que se traduce como esfuerzo de pesca. Los eventos en secuencia determinan una Táctica y el conjunto de las mismas una Estrategia de Pesca. Las tácticas y las estrategias variarán de acuerdo con las condiciones prevalentes, tanto de índole ambiental como de otro tipo. Analizar este comportamiento permitirá contar con mejores elementos para evaluar el Esfuerzo de Pesca y definir mejores indicadores de rendimiento en la pesquería del atún.

La principal flota atunera mexicana del Pacífico Oriental captura el atún con el uso de la denominada red de cerco, en la superficie del mar. De acuerdo con las características del cardumen, las maniobras de pesca de atún utilizando esta arte de pesca son las siguientes: 1) lances sobre cardúmenes asociados con delfines; 2) Lances con cardúmenes no asociados y

3) Lances sobre Objetos flotantes. Históricamente, la principal maniobra que utiliza la flota pesquera mexicana es la primera, aunque también se registra un número importante de lances sobre cardúmenes no asociados. El comportamiento del capitán y del barco en cada uno de ellos es diferente. Por ejemplo, en lances sobre cardúmenes asociados con delfines la búsqueda de cardúmenes de atún involucra, la búsqueda y encuentro de manadas de delfines; el proceso de aproximación y persecución del cardumen/manada; el encierro del cardumen de atún y, por último, la liberación de los delfines del cerco. Los otros tipos de lances no involucran las maniobras descritas aquí. Para mayores detalles de los lances, refiérase a Cole (1980; citado en Solana-Sansores *et al.*, 1996).

En el presente trabajo se hace un análisis de la dinámica y los cambios en las tácticas y estrategias que ha realizado la flota mexicana de pesca de atún con cerco en el OPO para la captura del atún y se evalúan los efectos en los indicadores del esfuerzo de pesca y la mortalidad por pesca durante el periodo de 1992 a 2005.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Fuentes de Información.** De la Base de Datos del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines, PNAAPD (Compeán-Jiménez, 1993), se tomó una muestra sistemática con arranque aleatorio (Cochran, 1980, p. 257) de 176 cruceros de pesca realizados entre 1992 y 2005 por la flota mexicana de superficie de atún. Todos los viajes analizados corresponden a los realizados por buques cerqueros mayores a 400 Tm de acarreo con características, equipos y técnicas de captura similares, incluyendo su autonomía (número de días que potencialmente una embarcación puede estar navegando sin visitar un puerto). De cada crucero de pesca, se analizó la variable que contiene la descripción detallada de todos los eventos (estados) que ocurrieron durante el viaje, desde la salida del barco hasta la llegada a puerto de descarga. Esta variable es de tipo cualitativa y nominal, registrándose todos los estados que presenta el barco: 1) Movimiento (navegar, deriva, búsqueda y persecución), 2) Encuentro de señales (mamíferos marinos, aves, objetos flotantes, brisas u otras perturbaciones en la superficie del mar) y 3) Operaciones de Captura (lances de pesca sobre

cardúmenes asociados a mamíferos marinos, a objetos flotantes o sobre cardúmenes no asociados). La información se registra cada dos horas aproximadamente, dependiendo del tipo de observación y estado, dando así cuenta de todos los movimientos, acontecimientos o señales que se realizaron u observaron durante el viaje de pesca respectivo. De ese modo, la variable se considera como un Espacio Muestral en tiempo discreto que abarca los diferentes estados del crucero de pesca.

**Análisis de las Tácticas de Pesca.** El estudio considera que cada crucero de pesca es un experimento aleatorio generado por una cadena de estados (espacio muestral) a la cual se le asocia una probabilidad condicional a cada uno de ellos. De esta forma, es posible suponer que la sucesión de estados en el crucero de pesca corresponde a un proceso aleatorio en tiempo discreto, por lo que cada uno se puede suponer como un estado  $E_i$  del sistema estocástico, viaje de pesca. De esta forma, para un intervalo de tiempo  $(t, t+1)$ , el estado futuro depende del actual, tal que la probabilidad de que se observe  $E_{t+1}$  es una probabilidad condicionada del estado en  $t$  [ $\Pr(E_{t+1}/E_t)$ ]. A esta secuencia de estados se le considera una Cadena de Markov de primer orden (Singh, 2003).

El resultado final del análisis de una Cadena de Markov se denomina Matriz de Transición y aquí es obtenida de manera individual para cada crucero de pesca. Esta es una matriz cuadrada que contienen todos los valores de probabilidad condicional de los diferentes estados del sistema estocástico, [ $\Pr(E_{ij})$ ], a los que se les denomina probabilidades de transición; si  $i = j$ , el sistema (crucero de pesca) permanece en el estado  $E_i$ . La Matriz de Transición constituye la base del análisis de la Cadena de Markov.

La estimación de la Matriz de Transición de una Cadena de Markov para cada crucero de pesca involucra los siguientes supuestos:

- 1) La suma de las probabilidades de transición de un renglón es igual a uno;
- 2) Todas las probabilidades de transición son mayores o iguales a cero;
- 3) Todos los eventos son recurrentes positivos ( $\mu_i < \infty$ ), lo cual indica que no existen eventos absorbentes y,
- 4) Las probabilidades de transición son estacionarias, es decir, no cambian con el tiempo.

Combinando las matrices de transición de todos los cruceros de pesca se obtuvo una Matriz de Transición promedio, la cual permitió analizar las posibles Tácticas que realiza un barco en un viaje de pesca en la pesquería mexicana del atún en el Océano Pacífico Oriental. Cada táctica representa una trayectoria "markoviana" de pasar de un estado  $E_i$  a otro  $E_j$ , en cada

intervalo de tiempo  $(t, t+1)$ , hasta realizar un lance de pesca, que significa un éxito en la Cadena de Markov.

**Modelación de las Estrategias de Pesca.** Una estrategia de pesca se refiere a un conjunto de tácticas realizadas por una flota pesquera en un período de tiempo (Marchal, *et al.* 2006). Estas están condicionadas por las decisiones tomadas por los capitanes en cada viaje y dependen también de factores externos al propio sistema. Entre estos últimos destacan, las condiciones medioambientales, de las poblaciones de peces, las económicas y también las de orden administrativo o político.

Para evaluar cuales son los factores que afectan las decisiones o el comportamiento de un barco en un viaje, se realizó una modelación de las principales tácticas observadas en los diferentes cruceros de pesca. Se partió de la base de que la probabilidad de que un barco en un estado  $E_i$  cambia a  $E_j$  en el lapso de tiempo  $(t, t+1)$ , [ $\Pr(E_{j,t+1}/E_{i,t})$ ], esta en función de variables externas como: la condición biológica del recurso, las características medioambientales o de tipo social (por ejemplo, la presencia de una cierta política regional asociadas con la temporada del año). La función puede quedar expresada de la siguiente manera:

(1)

$$\Pr(E_j/E_i) \sim f(\text{Año, Trimestre, Factores espaciales, Otros factores})$$

Para modelar (1) se utilizó el algoritmo de modelación lineal denominado Regresión de Árbol (Venables & Ripley, 1992, p. 329). El modelo se basó en el supuesto de que la probabilidad de transición varía de manera lineal con los diferentes factores más un componente de error aleatorio. Los resultados del modelo permiten obtener grupos que minimizan la suma de los valores cuadráticos de los residuales de las probabilidades condicionales, suponiendo que el  $i$ -ésimo residual tiene una distribución *Gausiana* (normal), con media cero y varianza uno. Esto es,

(2)

$$e_{ij} = \min \sum \left( y_{ij} - \bar{y}_j \right)^2$$

Donde,  $y_{ij}$  es la probabilidad condicional del  $i$ -ésimo viaje agrupado en el  $j$ -ésimo grupo obtenido en la regresión de árbol y  $\bar{y}_j$ , es el valor promedio estimado de la probabilidad condicional del grupo  $j$ -ésimo obtenido desde el modelo.

El número total de grupos formados se determinó al evaluar la disminución porcentual de los valores de la suma de los residuales al cuadrado, utilizando dos criterios: el índice  $C_p$  de Mallow y por Validación Cruzada (Venables & Ripley, 1994, p. 343).

### RESULTADOS

**Tácticas de pesca de la flota mexicana.** En la tabla 1 se muestra los valores promedio de las probabilidades independientes observadas en los 176 cruceros de pesca, lo que constituye el Vector de Estados. Obsérvese que de los estados que conforman el movimiento del barco, la probabilidad de búsqueda fue la más significativa, con un valor de 0.41. Por su parte, en el grupo de las señales, la mayormente registrada fue la de observación de delfines con 0.11. En cuanto a los eventos de maniobra de pesca, los lances de pesca sobre cardúmenes asociados con delfines son los que registraron una mayor probabilidad con 0.04. La suma de los valores de probabilidad de todos los eventos registrados es igual a uno. Es necesario aclarar, sin embargo, que el análisis de las probabilidades de la tabla 1 se relacionan directamente con la secuencia con la que se anotaron los eventos, más que con lapsos temporales medidos en una unidad de tiempo (por ejemplo, horas).

En la tabla 2, se presenta la matriz de transición promedio de los 176 cruceros de pesca de la muestra utilizada. Esta se obtuvo al calcular la media aritmética de cada una de las

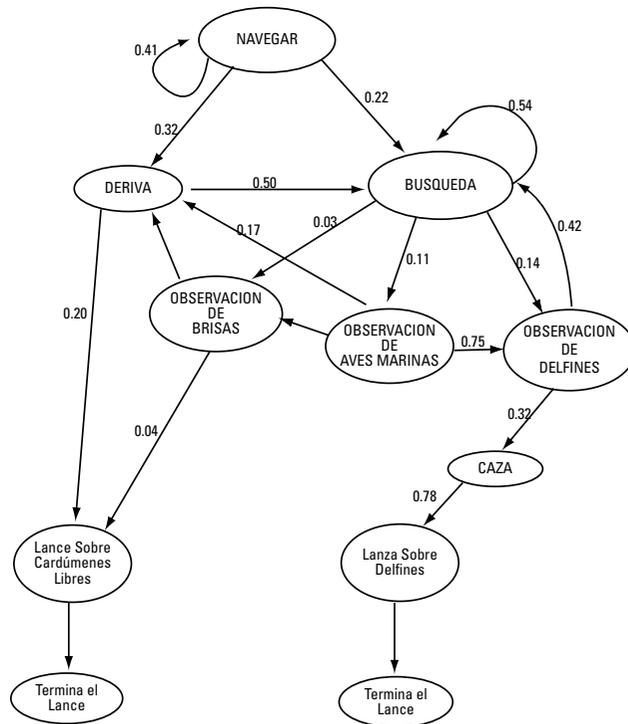


Figura 1. Secuencias de Eventos (estados de un viaje de pesca) que conducen a un lance de pesca (tácticas en un viaje de pesca).

Tabla 1. Vector de probabilidades de Estados en un crucero de pesca de atún en el Pacífico Oriental

Estado, Ei	Prob(Ei)
Nav	0.10
Der	0.07
Bus	0.41
Caz	0.05
Ave	0.05
Del	0.11
Fad	< 0.01
Obs	< 0.01
Ots	< 0.01
Lde	0.04
Lcl	0.03
Lof	< 0.01
Ter	0.07
Otros Eventos	0.06

Nav = Navegar; Der = Derivar; Bus = Búsqueda; Caz = Cazar; Ave = Observación de aves marinas; Del = Observación de Mamíferos Marinos; Fad = Observación de Objetos Flotantes; Obs = Observación de brisas; Ots = Observación de otras señales (chapoteos y otros); Lde = Lances sobre cardúmenes asociados con delfines; Lcl = Lances sobre cardúmenes no asociados; Lof = Lances sobre cardúmenes asociados con objetos flotantes; Ter = Termina lance de pesca; Otros eventos = salidas y llegadas al puertos (éstos eventos no son considerados dentro en los cálculos de la matriz de transición ya que no son relevantes para el análisis de la pesca)

probabilidades condicionales de todos los cruceros de pesca de la muestra, por lo que se supone que representa un crucero promedio de la flota atunera mexicana durante el periodo estudiado. Cada celda representa el valor de probabilidad condicional promedio de pasar de un estado i a un estado j. Se puede observar que la suma de todas las probabilidades condicionales del i-ésimo renglón es aproximadamente uno (con diferencias mínimas que se deben al redondeo en las cifras de cada crucero de pesca). Tomando un renglón i-ésimo es posible entonces obtener los diferentes valores de probabilidad de transición. Por ejemplo, el renglón tres en esa tabla, representa las probabilidades condicionales de pasar a un estado j en el tiempo futuro (t+1), dado que el barco se encuentra en estado de búsqueda en el tiempo actual, (t). De esta forma la probabilidad de que el barco permanezca en estado de búsqueda es de 0.5. Asimismo, la probabilidad de que observe una manada de delfines o aves marinas es de 0.1.

En la Fig. 1 se presenta la gráfica que representa las diferentes tácticas utilizadas en un crucero de pesca. Las trayectorias fueron obtenidas al analizar los eventos más relevantes y sus probabilidades condicionales de la Matriz de Transición presentada en la tabla 2. En general se pueden observar dos tipos de tácticas: la primera aplicando un esfuerzo pesquero sistemático y la segunda realizando un lance de pesca aleatorio. La diferen-

Tabla 2. Matriz de Probabilidades de Transición de los diferentes estados de un crucero de pesca de atún en el Pacífico Oriental

Estado	Nav	Der	Bus	Caz	Ave	Del	Fad	Obs	Ots	Lde	Lcl	Laf	Ter	Total
Nav	0.4	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	≅1.0
Der	0.1	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	≅1.0
Bus	0.1	0.1	0.5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	≅1.0
Caz	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	≅1.0
Ave	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	≅1.0
Del	0.1	0.1	0.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	≅1.0
Fad	0.0	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	≅1.0
Obs	0.0	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	≅1.0
Ots	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	≅1.0
Lde	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	≅1.0
Lcl	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	≅1.0
Lof	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	≅1.0
Ter	0.1	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	≅1.0

cia entre ellas es que en la primera se puede distinguir claramente un patrón secuencial que lleva finalmente a un lance de pesca; esto es, una sucesión encadenada de búsqueda, seguida de una observación de una señal, una persecución (caza) y finalmente un lance de pesca. En contraste en la segunda, no se sigue un patrón definido y más bien su dinámica está gobernada por factores aleatorios. En las tácticas del esfuerzo pesquero sistemático se reconocieron siete patrones diferentes. Cuatro de ellos, terminaron en un lance sobre cardúmenes asociados con manadas de delfines; las tres restantes, finalizaron en un lance sobre cardúmenes no asociados. Por su parte, se observa una sola trayectoria aleatoria, donde se termina en un lance sobre un cardumen libre (no asociado), después de estados de navegar y deriva.

**Estrategias de Pesca.** En la Fig. 2 se presentan diferentes histogramas que representan los valores de distribución de frecuencias de las probabilidades condicionales de las cinco transiciones de estado encontradas en todos los cruceros de pesca. Los dos primeros se refieren a la probabilidad de transición de búsqueda hacia la: observación de aves marinas (2.1) y observación de delfines (2.2), respectivamente. En 2.3 se presenta la probabilidad de observar delfines dado que se observaron aves marinas. Por último 2.4 se refiere a iniciar una caza dado que se observaron mamíferos marinos y 2.5 la de realizar un lance de pesca sobre cardúmenes asociados con delfines dada una caza. Obsérvese que en todas las figuras se muestra una amplia variabilidad, por lo que es necesario contar con algún modelo que permita explicar la incertidumbre en la estimación de las probabilidades condicionales. Se aprecia también que en ningún caso

la distribución muestral se aproxima a una distribución *Gausiana*, por lo que se realizó una transformación del arcoseno de la raíz las probabilidades condicionales (Sokal & Rohlf, 1979, p. 425).

Como ejemplo de la modelación de las probabilidades de transición se evalúa la eficiencia de un lance de pesca sobre cardúmenes asociados con delfines, después de una caza. El modelo final propuesto para este caso fue el siguiente:

$$\text{ArcSen}\left(\sqrt{\text{Pr}(\text{lanmam} / \text{caza})}\right) = \text{Año} + \text{Trimestre} + \text{Tipo de Crucero} + \text{Días en el mar} + \text{Pesquería} + \text{APICD}$$

En la Fig. 3 se presentan los resultados derivados del modelo final propuesto sobre la eficiencia de poder realizar un lance de pesca sobre cardúmenes asociados con delfines, dada una acción previa de persecución (caza). El modelo explica el 54% de la variabilidad total de las probabilidades condicionales, siendo las principales variables que explican ésta: el año, trimestre, tipo de crucero (0, 1) y la duración del mismo. El tipo de crucero puede ser: crucero con la mayoría de lances sobre cardúmenes asociados con delfines (1) y cruceros con la mayoría de lances de pesca de otro tipo (0). Primeramente, se observó que los cruceros de pesca fueron agrupados por el modelo, en viajes realizados durante los años (2003 y 2005) y también en otro grupo de viajes realizados entre (1992 a 1998 y en el 2004). En el primero coinciden los años donde se cuenta ya con la presencia en la región de un marco regulador de las actividades pesqueras y de conservación de los delfines, el Acuerdo Internacional para la Protección y Conservación de Delfines (APICD); siendo

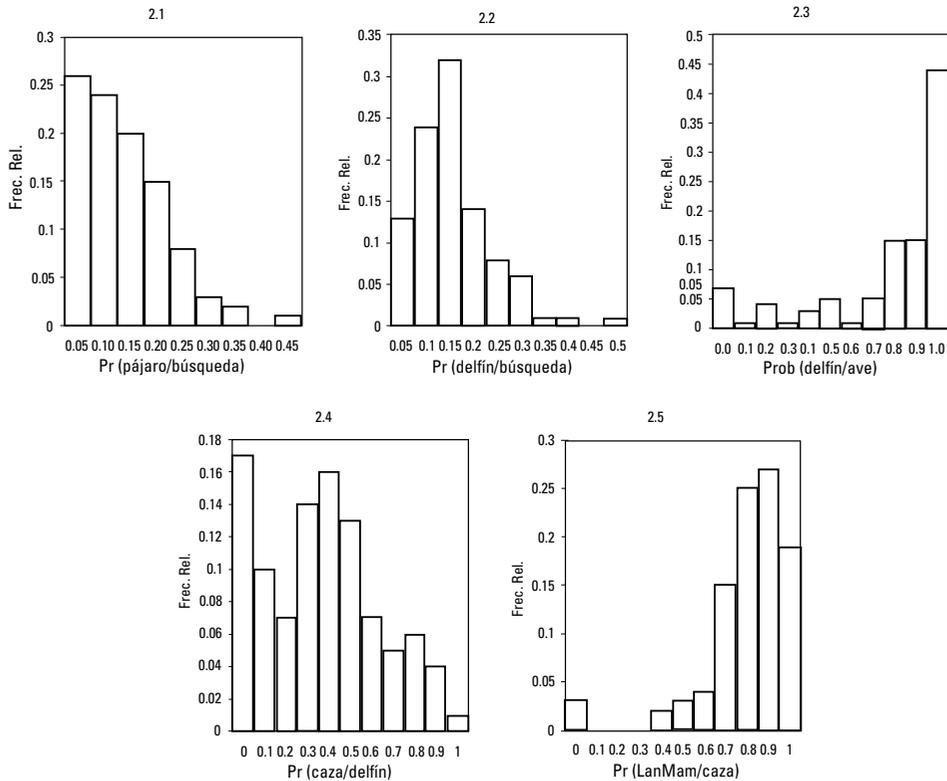


Figura 2. Variabilidad de las Probabilidades de Transición (probabilidades condicionales) de los principales eventos (estados) en las tácticas de pesca: 2.1. Observación de Aves Marinas dado una Búsqueda; 2.2. Observación de Mamíferos Marinos dado una Búsqueda; 2.3. Observación de Mamíferos Marinos dado una Observación de Aves Marinas; 2.4. Una caza dado una Observación de Mamíferos Marinos y 2.5. Realizar un Lance de Pesca sobre Cardúmenes Asociados con Mamíferos Marinos dado una Caza.

por esto denominado como grupo APICD. En este grupo todos los cruceros de pesca realizaron más del 60% de sus lances anuales de pesca sobre cardúmenes asociados a mamíferos marinos. Por su parte, en el otro grupo revelado por el modelo, se concentraron los años donde no se contaba con este acuerdo o no se estaba implementando debidamente por diferencias de criterios de pesca entre diferentes países que pescan en el OPO (año de 2004) y por ello se le denominó como grupo no-APICD. En este último grupo un número considerable de cruceros de pesca realizó un porcentaje menor al 60% de lances sobre cardúmenes asociados con delfines.

Además de lo anterior, se obtuvieron otros modelos que evalúan la eficiencia de la trayectoria o secuencia de realizar un lance de pesca sobre cardúmenes libres dado una deriva y la eficiencia de observar una señal dada una búsqueda. Sin embargo, estos modelos no alcanzaron un porcentaje importante de explicación de la variabilidad, por lo que aquí no se presentan.

## DISCUSIÓN

En la dinámica de la flota mexicana que pesca atún en el Océano Pacífico Oriental es posible reconocer dos grupos principales de tácticas de pesca, derivadas de la secuencia de decisio-

nes tomadas en el mar por los capitanes del barco. El primero se denominó sistemático e involucra movimientos específicos secuenciados del barco; el otro grupo, se identificó como aleatorio y corresponde a la utilización de prácticas no secuenciales que finalmente llevan a tomar la decisión de un lance de pesca por un encuentro casual. En el primer grupo destaca la experiencia del capitán en el encuentro de los bancos de peces, la interpretación y especialmente el uso que le da a las señales ambientales. Por su parte, en la táctica aleatoria, los factores que dominan conllevan más riesgo y posiblemente son al final del viaje económicamente más costosos. De acuerdo con las clasificaciones de comportamiento de las flotas, estos dos patrones pudieran clasificarse también como dos tipos de estrategias: 1) cartesianos y móviles (grupo sistemático) y 2) estocásticos y estacionarios (grupo aleatorio), según lo explican Hilborn (1985), Smith & Makelvey (1986) y Allen & McGlade (1986).

En las estrategias sistemáticas que llevan a un lance de pesca sobre cardúmenes asociados con delfines, la persecución (Caza) es un evento de significativa importancia, donde además se consume bastante energía. En este caso es necesario distinguir también que no siempre concurre el éxito, medido éste como un lance de pesca posterior a la caza. De los resultados obtenidos en este trabajo se deriva que en promedio, más del 20% de las cazas

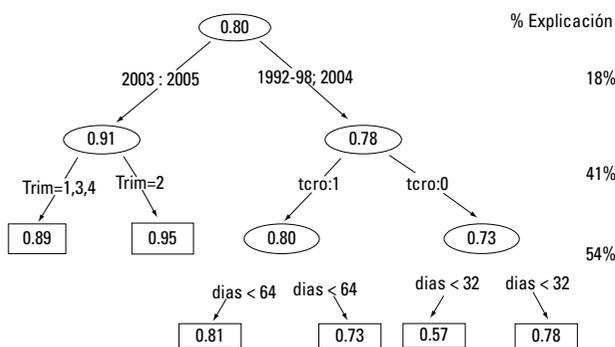


Figura 3. Modelo de Regresión de árbol de Eficiencia de una Caza para finalizar en un Lance sobre un banco de peces asociados con Mamíferos Marinos.

analizadas terminaron en un lance de pesca. El finalizar con un lance de pesca puede depender de la habilidad y la experiencia del capitán para evaluar la situación en cuanto a la velocidad con que se desplaza el cardumen y la especie o la población de delfines a la cual está asociado o bien, a las características ambientales prevalecientes (Sund *et al.*, 1981; Fiedler & Reilly, 1994). Por ejemplo, en presencia de corrientes circulares existe el riesgo de producir embolsamientos en la red de cerco, que pueden causar un incremento en el riesgo de mortalidad incidental de delfines en el lance de pesca, por lo que es altamente probable que un capitán experimentado desista en la maniobra de pesca bajo esas condiciones. En el caso de los cardúmenes no asociados, un capitán de pesca podrá o no realizar un lance, dependiendo de la actividad del cardumen. Por ejemplo, si los peces nadan a gran velocidad la probabilidad de sufrir un accidente se incrementa, por lo que se decidirá no realizar el lance de pesca. Esto es mencionado por Oostenbrugge *et al.* (2001), quienes comentan que la decisión de llevar a cabo una maniobra de pesca en barcos cerqueros pequeños depende básicamente de minimizar, entre otras cosas, los riesgos físicos, más que de maximizar las ganancias como lo indica el supuesto clásico de la Bioeconomía. Así, el conocimiento del capitán para diagnosticar el comportamiento de la manada de delfines (que se muestre tranquila, inquieta, nadando vigorosamente, entre otras), del cardumen y de los factores ambientales prevalentes, pueden llevar a la decisión de terminar la caza con la conclusión de no realizar finalmente el lance de pesca y por tanto no obtener una captura aunque se ha invertido un gran Esfuerzo de Pesca. Es importante comentar que en el presente trabajo se consideró una sola categoría de embarcaciones, sin diferenciarlas de acuerdo con su tamaño y autonomía. Esto fue debido a que este efecto es intrínseco en el factor “Pesquería” del modelo de regresión de árbol, el cual fue construido de acuerdo con la definición de las pesquerías de atún en el OPO, definidas por Maunder y Aires-da-Silva (2009), donde se toma en cuenta el factor espacial. Esto permitió disminuir la complejidad del modelo explicativo, apelando al principio de parsimonia.

Según la terminología de Marchal *et al.* (2006), los patrones de comportamiento de un barco o toda una flota pesquera, evaluados en un año o un lapso de tiempo mayor, se le denomina Estrategia. Así, para el caso de la flota atunera mexicana, primeramente se observó que durante el periodo analizado existen al menos dos grupos de años. Un primer grupo antes del Acuerdo Internacional de Delfines (grupo No-APICD) y otro, con presencia y vigencia del acuerdo. En estos se observó que el éxito de pesca, medido éste como la realización de un lance después de una búsqueda, o después de una caza, fue diferente. En el grupo de años APICD, el éxito de la estrategia de pesca fue mayor al del grupo No-APICD, con casi 13 unidades porcentuales. Igualmente, en la agrupación de viajes por año, con excepción del 2004, se muestra una fuerte asociación a los cambios de estrategias por la política regional establecida para el manejo de esta pesquería en el OPO, ya que desde 1999, entró en vigor el APICD, cuyos objetivos principales vigentes entre otros son, la reducción de mortalidad incidental de delfines, la definición de una tasa de mortalidad incidental de delfines por barco y hacer sustentable la pesquería del atún en esa región. Para ello, definió y estableció reglas claras acerca de la mortalidad incidental asociada con la pesca del delfín para cada temporada; por lo que con los límites establecidos previamente, se le brindó certidumbre a los capitanes y tripulaciones y por lo tanto, se condicionó su comportamiento. Así los capitanes con gran experiencia en la pesca de atún asociado con delfines, mostraron confianza en los lances sobre delfines a lo largo del año y establecieron estrategias óptimas para el manejo de la cuota asignada de mortalidad incidental de delfines. El condicionamiento de este tipo de comportamientos en los pescadores, derivados de mandatos existentes en las políticas del manejo pesquero en diversas regiones o bien en políticas nacionales o cuando se adoptan esquemas de co-manejo en pesquerías artesanales, ha sido bien documentados por varios autores como Milon (1986) y St. Martin (2001). De esta forma se observa claramente que la política adoptada por el APICD ha sido una exitosa herramienta en el planteamiento y desarrollo de las estrategias de pesca de la flota atunera mexicana por varios años.

Existen sin duda otros factores que deberán ser analizados en el futuro, para entender con mayor precisión el efecto del comportamiento de los capitanes, las tripulaciones y la flota pesquera, en la medición del esfuerzo pesquero en esta pesquería. Sin embargo a esto, las variables aquí analizadas dan un elemento para evaluar con mayor precisión el esfuerzo pesquero de la flota atunera mexicana.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los revisores del manuscrito que sin duda hicieron que este trabajo mejorara; de manera especial, a Guillermo Comepán Jiménez, Daniel Gaertner y tres reviso-

res anónimos. Asimismo, agradecemos al Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines y al FIDEMAR, por permitir el acceso a su base de datos.

## REFERENCIAS

- ALLEN, P. M. & J. M. MCGLADE. 1986. Dynamics of discovery and exploitation: the case of the Scotian Shelf groundfish fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 43: 1187-1200.
- BENSCH, A., F. CAROCCI & F. CORSI. 2003. The use of GIS to analyse the spatial distribution of fishing effort in coastal fishery (poster). *First COPEMED Forum on Fisheries in the Western Mediterranean*. Madrid, España, p. 5.
- BRANCH, T. A., R. HILBORN, A. C. HAYNIE, G. FAY, L. FLYNN, J. GRIFFITHS, K. N. MARSHALL, J. K. RANDALL, J. M. SCHEUERELL, E. J. WARD, & M. YOUNG. 2006. Fleet dynamics and fishermen behavior: lessons for fisheries managers. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63: 1647-1668.
- COCHRAN, W. G. 1980. *Técnicas de Muestreo*. Compañía Editorial Continental, S. A., CECSA, México. 513 p.
- COMPEÁN-JIMÉNEZ, G. 1993. Aprovechamiento del atún y protección de delfines. in: S.I. Salazar-Vallejo & N.E. González (Eds). *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO-CIQRO, México, pp. 129-138.
- FIEDLER, C. P. & S. REILLY. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the Eastern Tropical Pacific. II: Effects on abundances estimated from tuna vessel sightings. *Fishery Bulletin* 92 (1): 451-463.
- GAERTNER D. & M. DREYFUS-LEÓN. 2004. Analysis of non-linear Relationships between catch per unit effort and abundance in a tuna purse-seine fishery simulated with artificial neural networks. *ICES Journal of Marine Science* 61:812-820.
- GULLIS, D. M. 2003. Ideal free distribution in fleet dynamics: a behavioral perspective on vessel movement in fisheries analysis. *Canadian Journal of Zoology* 81: 177-187.
- HILBORN, R. 1985. Fleet dynamics and individual variation: why some people catch more fish than others. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42: 2-13.
- HOYLE, S. D. & M. N. MAUNDER. 2005. Status of yellow fin tuna in the Eastern Pacific Ocean in 2004 and outlook for 2005. *SAR6-YFT-SPN, IATTC*. 102 p.
- MARCHAL, P., B. ANDERSON, D. BROMLEY, A. IRIONDO, S. MAHÉHAS, F. QUIRILJNS, B. RACKHAM, M. SANTURTÚN, N. TIEN & C. ULRICH. 2006. Improving the definition of fishing effort for important European fleets by accounting for the skipper effect. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63: 510-533.
- MAUNDER, M. N. & A. AIRES-DA-SILVA. 2009. *Status of yellowfin in the Eastern Pacific Ocean in 2007 and outlook for the future*. SAR9-YFT-SPN, IATTC. 94 p.
- MILON, J. W. 1986. Public preferences for marine fisheries enhancement: an experimental analysis of alternative public choice methods. *Policy Studies Review* 6 (2): 382-388.
- OOSTENBURGGE, J. A. E. VAN, W. L. VAN DENSEN & A. M. MACHELS. 2001. Risk aversion in allocating fishing effort in a highly uncertain coastal fishery for pelagic fish, Moluccas, Indonesia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 1683-1691.
- PARKINSON, E. A., J. R. POST & S. P. COX. 2004. Linking the dynamics of harvest effort to recruitment dynamics in a multistock, spatially structured fishery. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61: 1658-1670.
- SALAS, S. & D. GAERTNER. 2004. The behavioral dynamics of fishers: management implications. *Fish and Fisheries* 5: 153-167.
- SINGH, G. B. 2003. Statistical Modeling of DNA Sequences and Patterns. In: S. A. Krawetz & D. D. Womble (Eds.). *Introduction to Bioinformatics: A theoretical and practical*. Womble Humana Press, pp. 357 - 374.
- SMITH, C. L. & R. MCKELVEY. 1986. Specialist and generalist roles for coping with variability. *North American Journal of Fisheries Management* 6: 88-99.
- ST MARTIN, K. 2001. Making space for community resource management in fisheries. *Annals of Association American Geographic* 91 (1): 122-142.
- SUND, P. N., M. BLACKVORAL & F. WILLIAMS. 1981. Tuna and their environment in the Pacific Ocean: A review. *Oceanographic and Marine Biology Annals Review* 19: 443-512.
- SOKAL, R. & F. J. ROHLF. 1979. *Biometría: principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. Blume Editores, España. 832 p.
- SOLANA-SANSORES, R. & I. MÉNDEZ GÓMEZ-HUMARÁN. 1996. Patrones espaciales de cardúmenes poliespecíficos en la pesca del atún en el Océano Pacífico Oriental. *Hidrobiológica* 6 (1-2): 77-85.
- VENABLES, W. N. & B. D. RIPLEY. 1994. *Modern Applied Statistics with S-plus*. Springer - Verlag, USA. 462 p.

Recibido: 5 de marzo de 2009.

Aceptado: 26 de noviembre de 2009.