

23 /
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE
LA MORTALIDAD NATURAL DE *Octopus*
maya EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL
DE LA PENINSULA DE YUCATAN, MEXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A I

LUIS ZAMBRANO GONZALEZ



MEXICO, D. F.

OCTUBRE DE 1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCION	2
Las pesquerías	
Area de estudio	
a) Límites geográficos	
b) Clima	
c) Zona continental	
d) El Banco de Campeche	
El pulpo <i>Octopus maya</i>	
a) Biología	
b) La pesquería	
El mero <i>Epinephelus morio</i>	
a) Biología	
b) La pesquería	
Relación ecológica	
Planteamiento Teorico	
OBJETIVOS	21
MATERIAL	22
METODOS	26
El algoritmo ELEFAN	
Modelos de mortalidad	
Relacion entre <i>E. morio</i> y <i>O. maya</i>	
RESULTADOS Y DISCUSION	35
Parámetros de crecimiento de <i>O. maya</i>	
Relación de <i>E. morio</i> y <i>O. maya</i> con el tiempo	
Mortalidad total anual de <i>O. maya</i>	
Mortalidad total mensual de <i>O. maya</i>	
Mortalidad natural anual de <i>O. maya</i>	
Mortalidad natural mensual de <i>O. maya</i>	
La interdependencia entre ambas especies	
CONCLUSIONES	60
BIBLIOGRAFIA	62
AGRADECIMIENTOS	66

INTRODUCCION

Las pesquerías

Los ecosistemas en mares tropicales presentan una gran dinámica interna, la cual es constantemente modificada por el hombre, entre otras causas, por la pesca comercial. La actividad pesquera disminuye la densidad poblacional de los organismos explotados, los cuales presentan dos causas principales de mortalidad a) la mortalidad por pesca y b) la mortalidad natural, causada en su mayoría por la depredación; debido a que, si existen otros tipos de mortalidad natural como son las enfermedades o la vejez, no llegan a provocar marcados decrementos en la población puesto que se presentan en muy raras ocasiones, y más que incrementar directamente la mortalidad, intervienen aumentando el índice de depredación (Cushing 1983). Sin embargo, en organismos como algunos cefalópodos, el índice de mortalidad natural en las madres aumenta drásticamente después de la ovoposición causada por el cuidado parental, (Caddy 1990).

El conocer la biología y la dinámica poblacional de las distintas especies comerciales marinas, permite delimitar el comportamiento y densidad poblacional de los organismos, así como determinar en todo momento, la cantidad que puede ser extraída sin afectar su existencia (rendimiento máximo sostenible de una especie comercial). Esta información es básica para las autoridades que deben legislar sobre el uso del recurso; sin ésta, se corre el peligro de sobreexplotar a la población y de eliminar a la especie de una zona además de alterar el equilibrio ecológico de otras especies que pueden o no ser comerciales.

La estrategia básica que la biología pesquera aplica para este tipo de investigaciones es el estudio de la Dinámica de Poblaciones; con ella se pretende trabajar con diseños matemáticos que permitan modelar el comportamiento poblacional de

las especies y la incidencia de la explotación sobre éstas.

Debido a lo anterior, si se desea conocer la dinámica poblacional de un organismo como el pulpo *Octopus maya* (Voss y Solís 1966), con el fin de establecer el tiempo y la cantidad de biomasa que puede ser explotado de este recurso, se debe de estudiar no solo el rendimiento máximo sostenible de la población sino también los factores químicos y físicos que lo rodean. Entre los más importantes se encuentran los factores fisicoquímicos, como temperatura, pH o sedimentos disueltos en el agua; así como factores biológicos como migraciones o interacciones tanto intra como interespecificas que también afectan de diversas formas la composición de la población del pulpo (Arreguín-Sánchez 1987a).

En este contexto, si se estudia a los depredadores que afectan de manera importante al pulpo se puede obtener un acercamiento a la mortalidad natural de éste. El principal depredador de *O. maya* es una especie de la familia Serranidae, (Arreguín-Sánchez, 1987 a) *Epinephelus morio*. Este mero es muy importante para la economía pesquera del Golfo de México puesto que representa una de las especies más explotadas en esta zona por pescadores de México y Cuba. (Valdez et al 1980).

Area de estudio

a) Límites geográficos

El pulpo *O. maya* es una especie endémica de las aguas someras del Banco de Campeche (Díaz de León 1989) y de la parte norte de las costas del Caribe de la Península de Yucatán; el intervalo de distribución de esta especie se encuentra en la Península de Yucatán por el Norte y por el Oeste y abarca los estados de Campeche, Yucatán y una fracción del norte de Quintana Roo; en el Golfo de México y el mar del Caribe (Figura 1).

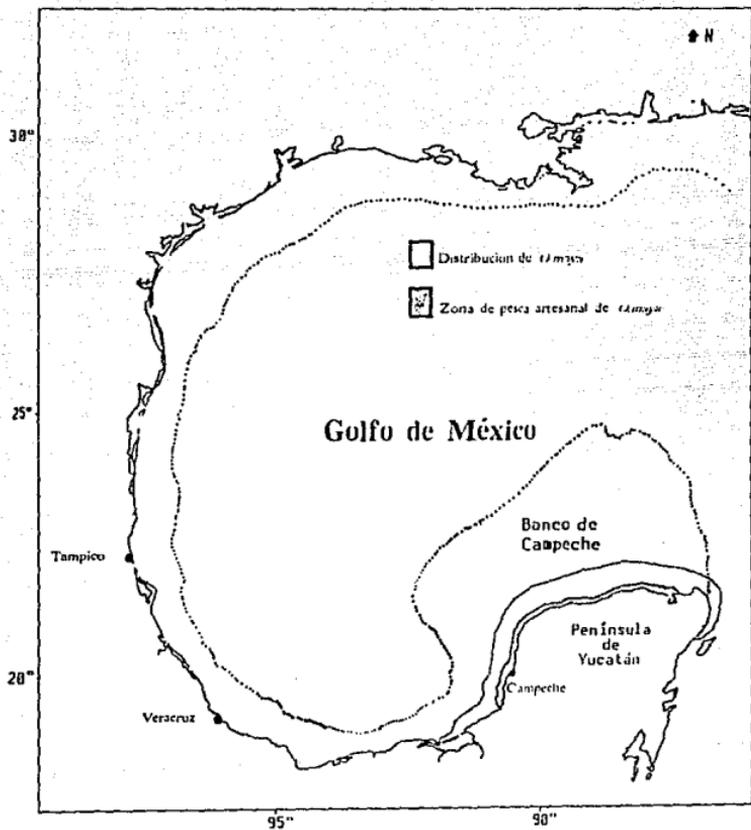


FIGURA 1. Distribución geográfica y área de pesca del pulpo *O. maya* en la Península de Yucatán.

La zona costera de esta área se encuentra entre los 91°30' y los 87° long Oeste, y los 21° y 21°30' lat Norte para las costas del Norte de Yucatán. Para las costas del Oeste de la península, abarcando los estados de Yucatán, Campeche y Tabasco, las coordenadas son: 92° y 91°30' long Oeste, y 18°30' y 21° lat Norte. Por otro lado, la zona de muestra de los organismos se llevó a cabo con datos de las pesquerías de poblaciones del norte de la Península, que va desde Celestún hasta Río Lagartos.

b) clima

El clima del Estado de Yucatán en la región del litoral del Norte se caracteriza por ser AW (caliente subhúmedo con lluvias en verano) y presenta dos variantes: AWO (precipitación menor a los 800 y 900 mm) ligada a suelos en transición, AW1 (con precipitación de 1200 mm) correspondiente a la franja oriental de la región (Anuario estadístico del Edo. de Yucatán, 1986). Con una temperatura media anual de 24.8° y los 31.02°C. (INEGI, 1980)

Esta zona es tropical, influida por climas de Azores, y la atmósfera del Norte de América. Por otra parte se encuentra influenciada por los vientos alisios que vienen del Norte, los cuales se vuelven muy frecuentes en invierno, tornándose más fuertes con descensos de temperaturas y tormentas; la gente comunmente les llama "nortes". Por otro lado existe un periodo de huracanes tropicales que van desde julio hasta noviembre siendo más comunes entre septiembre y octubre (García, 1980).

c) Zona continental

En la parte Norte de la zona costera, se encuentran brazos de mar formando una gran cantidad de manglares y pantanos (Figura 1). Los sitios más importantes son Celestún, Río Lagartos y una península en punta caracol en el extremo Noroeste de la península de Yucatán (INEGI, 1980).

En la parte Suroeste del área de estudio, se presenta la Laguna de Términos, la cual se sustenta de ríos como Palizada, El este, Chumpan y Candelaria y posee una superficie de 17154 km².

El aporte de agua dulce al mar en casi toda la península se lleva a cabo por corrientes subterráneas; el único río externo importante para la zona es el Champotón.

d) El Banco de Campeche

El Banco de Campeche presenta unos 100 000 Km²; algunos autores lo delimitan como la plataforma continental de los estados de Yucatán y Campeche; se caracteriza por ser una pendiente suave de fango y arena con algunos arrecifes coralinos en el Norte (García 1980); además presenta una profundidad media menor a los 100 m.

El Banco de Campeche se puede dividir en dos regiones dependiendo del fondo: la primera presenta un predominio de fondos coralinos y arenosos, con fondos fangosos sólo en lugares profundos, y se extiende desde el estrecho de Yucatán hasta el Norte de Cayo Triángulo Oeste; mientras que la segunda presenta fondos fangosos primordialmente y se extiende hacia el Suroeste de la península (García, 1980). En el Banco se localiza un arrecife coralino que forma un notable accidente de entre 20 y 30 metros de altura y va desde Alacranes hasta Cayo Arenas.

Las masas de agua cercanas a la costa varían en cuanto a composición, salinidad y temperatura presentando esta última un ciclo anual, siendo más cálido en verano y más frío en invierno con una diferencia en promedio de 2°C (García, 1980).

El agua del Banco de Campeche es agua rica en fosfatos y otros minerales; éstos se encuentran en mayor cantidad en el fondo, donde el oxígeno es menos abundante, mientras que en la superficie es a la inversa (García, 1980).

Las corrientes marinas más importantes presentan una tendencia de movimiento hacia el Oeste en la zona Norte y hacia el Sur en la zona Suroeste, sin tomar en cuenta mareas y viento (García, 1980).

El pulpo *Octopus maya*

Octopus maya es un molusco cefalópodo de la familia Octopidae. Presenta una distribución va desde 20 km al Sur de Punta Zacatal Campeche, hasta Puerto Morelos Quintana Roo (Solís, 1967) (Figura 1). *O. maya* es un organismo bentónico que normalmente habita a profundidades no mayores de los 50 m; sin embargo, se han registrado organismos hasta los 100 m de profundidad, puesto que prefiere la roca caliza y sedimento de arena y limo, cubierto en muchas ocasiones por diversas algas y por el pasto marino *Thalassia testudinum*. Su habitat es variado, se ha colectado en resquicios de rocas calizas o en hoyos formados en fondos arenosos (Solís, 1967). Su abundancia varía con respecto a las temporadas del año, debido a que estos organismos se acercan a las playas a aparearse y a desovar durante los meses de agosto hasta diciembre (FAO, 1989).

O. maya es muy importante para la región puesto que alcanza la segunda posición en biomasa de peso vivo de captura en la península, sólo atrás del mero *E. morio* (Arreguín-Sánchez, 1987).

La especie se describió en 1966 por Voss y Solís; antes de esto, se confundía con *O. vulgaris* que también se presenta en la región (Solís, 1967). La diagnosis de *O. maya* es: "largo, con ocelos negros a cada lado de la cabeza entre los ojos y la base de los brazos II y III. Brazos largos reducidos hacia las puntas; en los machos el tercer brazo derecho más corto, hectocotilyzado por modificación en la punta en una suave modificación de la lígula a modo de forma de cuchara enrollada en los límites". La coloración del pulpo es, en condiciones normales, café oscuro; sin embargo, cuando se irrita, cambia a café rojizo con fondo blanco; la

coloración varía dependiendo del medio circundante. También se distingue de *O. vulgaris* por presentar huevecillos más grandes (Solís, 1967; Forsythe, 1981; FAO, 1989).

a) Biología

El pulpo es un organismo solitario la mayor parte del año y se agrega sólo para aparearse. Presenta fecundación interna; el macho cuenta con el hectocolito que entra bajo la cavidad del manto de la hembra y deposita los espermatóforos en la hendidura que ésta tiene entre el tercer y cuarto brazo derecho (Giese, et. al., 1977). La hembra presenta un gran ovario que ocupa buena parte del manto cuando está desarrollado. Se piensa que ponen alrededor de 1500 a 2000 huevecillos (Solís, 1981); sin embargo, Van Heukelem (1977) afirma que una hembra puede poner hasta 5000. La hembra fija los huevecillos a modo de racimos en el techo de una cueva o cavidad después de un mes del apareamiento, y se queda a cuidarlos evitando depredación y limpiándolos de infecciones parásitas como hongos o bacterias, esto último lo lleva a cabo con el sifón o con los brazos; a partir de esta época la hembra no se alimenta (Solís, 1967).

Los huevecillos tienen un tamaño de 10 a 13mm y tienen un desarrollo embrionario de unos 30 a 40 días ya fijados en la cueva; cuando la eclosión se inicia, la madre se encuentra muy débil y torpe, con poca resistencia, muriendo al poco tiempo (Forsythe, 1981; Solís, 1967). *O. maya* no tiene estados larvarios; cuando eclosiona ya presenta la forma definitiva del adulto, quizá con diferencia en cuanto a las proporciones (Forsythe, 1981). La mayoría en este estado ya han absorbido el saco vitelino, o lo absorben inmediatamente después. Las crías nadan con facilidad, reptan por las paredes de las cuevas, o se impulsan con el sifón a lugares más seguros; es en este momento cuando adquieren coloración, pueden arrojar tinta y tienen capacidad de atrapar alimento (Solís, 1967). Se piensa que debido a que no presenta estados larvales y que tienen manera de defenderse en el momento

de eclosionar, tienen una gran tasa de supervivencia en este momento, a diferencia de otros pulpos que presentan estados larvarios (Voss, 1981). Los juveniles se encuentran desde la costa hasta los 30m de profundidad, distribuyéndose posteriormente hacia aguas con mayor profundidad una vez llegados a adultos (Solís, 1967).

El pulpo llega a ser adulto en poco tiempo debido a que su ciclo de vida es corto, cuentan con un crecimiento acelerado que es difícil de medir, puesto que los otolitos son la única estructura rígida que presentan, son muy pequeños y no han sido estudiados con detalle; por lo tanto el crecimiento sólo se puede medir con métodos indirectos o en laboratorio; ambos métodos pueden ser muy inciertos si no se toman las precauciones debidas. (Voss, 1981).

O. maya es un consumidor secundario, su alimentación es básicamente de invertebrados, principalmente crustáceos y algunos caracoles como *Strombus gigas*; sin embargo, se han encontrado escamas de peces en análisis de contenido estomacal (Solís, 1967). Su dieta alimenticia lo hace un excelente eslabón en la cadena trófica entre los consumidores de detritus y de producción primaria, como los decápodos y algunos moluscos, y los carnívoros como algunos lutjánidos y serránidos (Amaratunga 1983). En el Banco de Campeche, entre los depredadores más importantes de *O. maya*, se encuentra el mero *Epinephelus morio* con aproximadamente la mitad de la biomasa depredada; los lutjánidos, que presentan el segundo lugar de depredación; y por último, algunos tiburones. (Arreguín-Sánchez, et.al. en prensa).

No se ha encontrado evidencia de algun parásito en el tracto digestivo del pulpo adulto, aunque se sabe que los hongos atacan a los huevecillos (Solís, 1967).

El intervalo de temperatura para la vida normal de *O. maya* es de 20 a 28°C. Fuentes et.al., (1965) establece una temperatura óptima para estos organismos de 27°C. Se plantea, además, un fototropismo negativo.

Este organismo es fácil de cultivar, puesto que no presenta estado larval, además de que es muy útil en investigaciones tanto biofísicas como fisiológicas, por sus largos axones y por su capacidad de aprendizaje (Hulet, 1981). Es por esto que tiene cierta demanda en laboratorios.

b) La pesquería

La pesquería de *O.maya* se lleva a cabo desde 1949, cuando se capturaron 50 toneladas de pulpo en el puerto de Campeche (Solís y Chávez, 1986). En 1970 los pescadores incursionaron pescando hacia el Estado de Yucatán debido a que en Campeche decayó la producción de pulpo, lo que marcó el establecimiento de la pesca de pulpo en Yucatán, se capturaron 304 toneladas (Arreguín-Sánchez, 1987 b). A partir de este momento, la pesquería de pulpo se ha ido incrementando hasta llegar a ser en 1987 la segunda en producción en el Estado de Yucatán con un 28% de la captura total del estado (Secretaría de Pesca, 1988).

La pesquería del pulpo se regula por veda desde el primero de enero hasta el 30 de septiembre, la pesca se inicia el primero de agosto, cuando se incorpora toda la flota artesanal; ésta se encuentra compuesta por lanchas de 18 a 24 pies de eslora con motor fuera de borda o vela, éstas funcionan como nodrizas de uno o dos "Alijos" que son pangas de 11 pies de eslora. La pesca se lleva a cabo cerca de la costa, donde se encuentran los juveniles (Seijo y Chapelle, 1988). A fines de agosto principios de septiembre se incorpora la flota mayor, que consta de barcos de 40 pies de largo actuando en aguas más profundas (hasta los 100m aproximadamente); en este tipo de pesca además de capturar *O.maya* también se obtiene a *O.vulgaris* que habita zonas más profundas; el inicio de las actividades de la flota mayor fué en 1982 (Arreguín-Sánchez, 1987 b).

El método de pesca se denomina garateo y consiste en tirar líneas o cordeles con carnadas que atraen a los pulpos; éstos atrapan la

carnada y son capturados. La carnada consiste en jaibas o cangrejos. Las cuerdas están atadas a unas pértigas o jimbas de bambú que se encuentran instaladas a proa y popa de las lanchas y de los alijos. Los alijos emplean jimbas de 2 a 3 metros con 6 a 8 líneas; las lanchas utilizan jimbas de 4 a 5 metros con 16 a 25 líneas (Solís y Chávez, 1986).

El mero *Epinephelus morio*

El mero *Epinephelus morio* es el más común de los grandes serránidos en el Golfo de México (Moe 1969). Esta especie fue considerada en 1974 como el serránido de mayor importancia para la explotación pesquera en el Golfo de México (Valdés et al 1980). Su distribución en el Océano Atlántico abarca desde las costas de Massachusetts, E.E.U.U. por el norte, hasta Río de Janeiro, Brasil por el sur; sin embargo, el lugar donde existe una mayor abundancia es en el Golfo de México, en Florida y el Banco de Campeche, encontrándose también de manera regular en las costas de Venezuela (Moe 1969). El mero se encuentra con mayor frecuencia en los fondos coralinos del Golfo de México y en esta zona presenta una migración limitada, su distribución dentro del Banco de Campeche varía dependiendo de la época del año (García, et. al., 1980).

a) Biología

Moe (1969) describe a *E. morio* como una especie de moderado tamaño, hermafrodita protógina, con grandes ojos, escamas pequeñas, cuerpo robusto, con un nostrilo posterior igual o un poco más grande que el anterior. Presenta además manchas negras alrededor de los ojos, llegando en ocasiones al preorbital y al suborbital. Presenta una coloración altamente variable, que va del rojizo al café en la parte superior, mientras que en la inferior es más clara. En algunas ocasiones presenta bandas transversales

dependiendo de su actividad y del medio donde están. Su fórmula radial es Dorsal E11 R16-17, Anal R9-10, Pectoral R16-18. Espinas Branquiales 23-28.

Los huevos del mero no presentan apéndices, están rodeados por una capa aceitosa y su tamaño es de 1mm; posteriormente presenta un estado larvario que dura aproximadamente de 30 a 40 días (Moe, 1969). Se ha visto que Las larvas no presentan un fototropismo marcado, debido a que se han capturado biomasas muy parecidas de larvas tanto en la noche como en el día, pero sí presentan una preferencia marcada cuando la termoclina se encuentra a más de 50m de profundidad (Frias, 1982). Del estado larvario se pasa a los juveniles que en esos momentos son menores a los 200 mm de longitud total (Moe 1969) En su estado adulto el mero presenta según Smith y Young (1966) 10 etapas de estados gonadales: 1) hembra inmadura, 2) hembra madura en reposo, 3) hembra madura activa, 4) hembra desovada, 5) etapa transitoria 6) macho inmaduro, 7) macho maduro inactivo, 8) macho maduro antes de fecundar, 9) macho fecundando y 10) macho postfecundación (Moe, 1969). La época de mayor desove en las costas de Florida es en primavera-verano (Frias 1982), mientras que en el Banco de Campeche es en invierno, encontrándose la primera madurez en octubre; en esta zona hay una época de intensos desoves durante los meses de enero y febrero descendiendo drásticamente para el mes de abril (Mexicano-Cintra, 1990).

E.morio se encuentra preferentemente en zonas arrecifales (García et.al., 1980), en profundidades que varían de 3 a 120 metros aproximadamente. Observaciones en buceo indican que el mero frecuentemente ocupa cuevas y huecos formados por la rugosidad de los arrecifes (Moe, 1969) o suelos arenosos compactos. La abundancia del mero varía dependiendo de las estaciones anuales, que a su vez se encuentran relacionadas con movimientos de masas de agua tales como los afloramientos de aguas frías y profundas; estos últimos afectan especialmente al mero debido a que provocan una fuerte dispersión (Valdés et.al., 1980). *E.morio* se desarrolla en el arrecife hasta aproximadamente los 5 años de edad, (52 cm de

longitud total aproximadamente) que corresponden a la madurez sexual del organismo (Moe 1969; Mexicano-Cintra, 1990). Esto se ve apoyado por los resultados obtenidos por Valdés et.al., (1980) y Arreguín-Sánchez et.al., (1990) en donde encuentran una estratificación de las tallas y grupos de edad según la profundidad. Mientras las tallas pequeñas (35-45cm Lt) de edades de 4-5 años de edad se mantienen en profundidades de 20 a 35m; tallas mayores (65-75cm Lt) prefieren mayores profundidades.

El mero es de poca migración; sin embargo, la población que está en el Banco de Campeche presenta un desplazamiento dependiendo de la época del año (García et.al., 1980; Parrish, 1989). Durante los meses de verano y otoño la migración se dirige de Este a Oeste, mientras que en invierno-primavera la migración va en sentido contrario (Valdés et. al., 1980; Moreno et.al., 1991). El mero tiende a alejarse de las aguas de baja temperatura procedentes de corrientes marinas o de afloramientos de masas de agua fría de zonas profundas; éstas migraciones estacionales se corresponden con un patrón de comportamiento reproductivo posiblemente relacionado con la temperatura (Arreguín-Sánchez et.al., 1991).

Este mero es carnívoro oportunista no especializado; su dieta, en biomasa, se compone principalmente de peces; también son importantes grupos como cefalópodos y crustáceos (cangrejos y camarones) (Moe, 1969 y Parrish, 1989). Sin embargo, Valdés, (1980) reporta que la proporción de alimento de *E.morio* es de Crustáceos 60%, Peces 20%, y Moluscos 9%. En estados juveniles el mero tiende a comer más invertebrados, pero se piensa que conforme va aumentando la talla va tendiendo a aumentar el consumo de peces.

Pocos grupos de mero comen en profundidades mayores a los 100 metros y por lo general lo pueden hacer en todo momento; observaciones realizadas por Longle y Hilebrand (1941) demuestran que *E.morio* presenta la misma actividad a durante las 24 horas del día (Parrish 1989).

Desde 1929 hasta 1981 se han realizado pocos estudios específicos

para determinar el contenido estomacal y sólo en cuatro se encontraron cefalópodos y de éstos en dos se determinaron como octopus (Parrish, 1989). Otro estudio de contenido estomacal realizado por Rodríguez, (1990) en el cual se capturaron meros en la zona Nororiental del Banco de Campeche durante todo el año; se revisaron 235 individuos y solo 96 contenían alimento, de éstos sólo uno tenía un pico de pulpo. Es necesario hacer notar que ningún estudio de contenido estomacal se realizó de manera expresa para observar su relación con *O.maya*, por lo que muchos de estos muestreos no coinciden en espacio con el habitat del pulpo, ni en tiempo con la agregación de reproducción de *O.maya*. La alimentación del mero varía conforme va aumentando la edad, presentando preferencias alimenticias de moluscos en estado juvenil y de peces en estados adulto (Parrish, 1989; Rodríguez, 1990).

Existen algunos parásitos encontrados en *E.morio*, también llamado Cherna americana, como céstodos y nemátodos. Un estudio realizado por Fajer et.al., (1979) encuentra que el parasitismo en la Cherna americana aumentó de 1975 a 1977, y existe un incremento significativo en el parasitismo de la población de machos con respecto a las hembras; esto probablemente debido a que los primeros son de mayor edad, por lo que tienen mayor tiempo de exposición.

b) La pesquería

En el Banco de Campeche se pesca aproximadamente el 75% de mero pescado en el Golfo de México (Blanco et al 1980). La flota de barcos que se encargan de la pesca de esta especie son: el barco merero, barco arrastrero por popa, barco huachinanguero, bote de construcción y alijo o chalana. Las artes de pesca empleadas son comunmente cordeles, anzuelos y redes en los barcos de arrastre con luz de malla de 7cm (Doi, et.al., 1981).

La pesca de mero en México está compuesta por organismos que van de

1 a 3 años de edad, y que se encuentran en zonas más superficiales (Moe, 1969). La captura de esta especie varía dependiendo de las diferentes épocas del año: en otoño se pesca en la parte occidental del banco, en invierno hay un ligero movimiento hacia el centro y norte del mismo, y a finales de invierno llega hasta la región más oriental y en aguas más profundas; para verano regresa a la zona occidental (García et.al., 1980).

Doi et.al., (1981) calculó que la mortalidad total para el lote explotado es de $Z = 0.48$, mientras que la mortalidad natural es de $M = 0.33$, el mismo autor indica que para las etapas de huevo a juvenil, la mortalidad fué estimada en $Z = 13.6$, también concluye que para ese año el rendimiento máximo sostenible fué menor al 50% por lo que no existe la sobreexplotación del recurso. Sin embargo, en la actualidad se han suscitado diferencias entre los investigadores con respecto a si realmente se encuentra subexplotado o si ya se ha rebasado el máximo rendimiento sostenible de la población que se encuentra en el Banco de Campeche.

Relación ecológica

Las relaciones de depredador-presa entre organismos presentan muchas variantes, las cuales hay que tomar en cuenta, si no se quiere caer en explicaciones simplistas y erróneas, como son la especificidad de la alimentación del depredador, la capacidad de reproducción de ambas especies, la competencia tanto intra como interespecífica, la abundancia del depredador con respecto a la presa, factores ambientales, entre otras causas.

Por lo general, las relaciones entre una población de hábitos alimenticios multiespecíficos y su presa se presentan como un tipo de respuesta funcional entre ambas especies y no tienden a ser demasiado estrechas, al grado de afectar de manera

densoddependiente a cualquiera de las dos especies. Lo anterior se debe a que el depredador depende totalmente de la presa para sobrevivir. Puesto que si baja la densidad poblacional de la presa el depredador tiene otras especies para alimentarse, lo mismo pasa si aumenta la población del depredador; si baja la densidad del depredador, la población de la presa puede mantenerse en niveles constantes, debido a otros depredadores o a competencia. Sin embargo, esto no quiere decir que al aumentar la abundancia del depredador no aumenten los índices de mortalidad de la presa.

Por otra parte el pulpo puede convertirse en plaga, algunos estudios en las costas del sur de Francia se han encontrado que algunas especies de pulpos se pueden convertir en plagas afectando el ecosistema y la economía de los pescadores, si la población de sus depredadores disminuye por la pesca comercial. Esto provoca que el pulpo consuma más cangrejos, camarones y langostas que son también base para la economía de los pescadores (Wells, 1978).

En estudios realizados por Arreguín-Sánchez (en prensa) se encuentra al mero *E.morio*, como principal consumidor de biomasa del pulpo en el Banco de Campeche. Otros consumidores menos importantes de *O.maya* son los lutjánidos y los tiburones, estos últimos son los menos importantes.

Existen evidencias de que puede existir una relación depredador-presa entre el pulpo *O.maya* y *E.morio*, debido a que se ha encontrado en estudios de contenido estomacal del mero (Parrish, 1989; Rodríguez, 1990) picos de las mandíbulas de *Octopus sp.*; algunos de estos estudios se han hecho con base en organismos juveniles de mero que son los que habitan las aguas someras del Banco de Campeche, mismo lugar que habita *O.maya*, por lo que es muy probable que los registros de contenido estomacal se refieran a ellos, puesto que el único pulpo semejante es *O.vulgaris* que habita aguas más profundas. Otra evidencia de que el mero se alimenta de pulpo es que la carne de *O.maya* se utiliza para carnadas en la captura de mero.

Planteamiento Teorico

En términos matemáticos, el decremento en el número de individuos de una población, en este caso *O. maya*, en un intervalo de tiempo

$$\Delta t = \{(t+1)-(t)\} \quad (1)$$

en donde t es tiempo, es expresado en una tasa instantánea de mortalidad (Z) sin tomar en cuenta migraciones (Rikther, 1975). De donde se propone que, para una cohorte de una población:

$$N_{t+1} = N_t * e^{-Z\Delta t} \quad (2)$$

tomando a N_t como el número de individuos al tiempo t . De aquí se puede dividir a la mortalidad total (Z) en:

$$Z = M + F \quad (3)$$

siendo M la tasa instantánea de mortalidad natural y F la tasa instantánea de mortalidad por pesca.

En consecuencia la mortalidad por depredación (M_p) puede incluirse en M de la forma siguiente:

$$M = M_o + M_p \quad (4)$$

donde M_o es el índice de mortalidad natural debido a otras causas que no son la depredación. Si M_p es directamente proporcional a la abundancia del depredador, entonces se puede tener:

$$M = M_o + \beta * P \quad (5)$$

donde P es una variable que indica la abundancia del depredador y β el coeficiente de proporcionalidad o interdependencia entre la presa y el depredador.

Sustituyendo (3) y (5) en (2) se obtiene la expresión general del modelo propuesto:

$$N_{t+1} = N_t * e^{-(M_0 + (\beta * P) + F) \Delta t} \quad (6)$$

Considerando a la ecuación (2) para obtener, al cabo de un intervalo de tiempo Δt , el número de individuos de una población, se puede tomar a la expresión $(M_0 + \{\beta * P\} + F)$ como la tasa de decremento total; suponiendo que no exista ningún tipo de flujo migratorio en la población.

Si se calcula la mortalidad natural de *O. maya*, y se relaciona con las abundancias del mero obtenidas como captura por unidad de esfuerzo, se puede estimar una relación directamente proporcional entre la abundancia del depredador y el índice de mortalidad natural de la presa. Esto sería de una ayuda para calcular mortalidades naturales del pulpo en ocasiones posteriores, así como explicaciones a su dinámica poblacional.

Si la hipótesis anterior es acertada, puede existir una regulación, -al menos parcial- de la población de la presa por el depredador. Por lo que el aumento o disminución del número de *E. morio* afectaría la población en número del pulpo,

Por otro lado, existen diferentes respuestas funcionales en las relaciones depredación-presa entre dos especies: teniendo al primer caso como una relación directamente proporcional entre la densidad del depredador y el índice de mortalidad de la presa; tomando sólo en cuenta que a mayor densidad de depredadores existe un mayor número de encuentros entre depredador y presa, y por lo tanto un aumento en la mortalidad.

En un segundo caso, la relación entre especies se puede presentar a manera de una curva, considerando una saturación del sistema a un aumento fuerte de depredadores, esto es, la relación presenta una curva que se va acostando al aumentar los depredadores en grandes cantidades; lo que podría explicarse de manera que al aumentar en un gran número la densidad poblacional del depredador, el incremento en la mortalidad del depredado va ir disminuyendo paulatinamente hasta llegar a ser constante, implicando con esto, que la relación entre ambas especies no sólo se basa en encuentros entre ambas especies, sino también, considera que el comportamiento y los hábitos alimenticios de ambas especies varían dependiendo de si la densidad poblacional del depredador es extremadamente grande.

Finalmente, la tercera relación se puede explicar de manera sigmoideal; a poca cantidad de depredadores el incremento en la mortalidad de la presa es baja, pero a cierta abundancia del depredador la mortalidad de la presa aumenta drásticamente, para luego inclinarse otra vez a grandes cantidades de abundancia del depredador; en éste caso se toman en cuenta, que el comportamiento de ambas especies, como el número de encuentros entre ambas especies con resultados en interacción, varía dependiendo de la abundancia del depredador tanto en pequeñas como en grandes cantidades.

La hipótesis propuesta pretende evaluar las distintas relaciones en términos del efecto de la abundancia de la población del mero y su significancia estadística.

Hasta la fecha, el rendimiento máximo sostenible es el que permite definir, en algunos casos, parte de las políticas a seguir en cuanto a técnicas del manejo del recurso; i.e. intensidad de la explotación de la especie. Sin embargo, se ha visto que no sólo es necesario saber qué tanto le afecta a una población la pesca que se impone, sino también es importante conocer su dinámica como componente de un ecosistema.

El entendimiento de las tasas de decremento poblacional -por pesca o natural- permitiría entender claramente cuál es el efecto de la explotación pesquera, y en consecuencia, normar de mejor manera el manejo del recurso.

Es por esto que analizar las relaciones interespecíficas entre dos especies de gran interés comercial como son *O.maya* y *E.morio* se vuelve un tema relevante. Además, no sólo son el sustento directo de gran parte de la economía pesquera de la región sino que también afectan a otras especies comerciales como son los cangrejos, y otros crustáceos que, siendo el alimento de ambas especies del estudio, también son sujetos a la pesca.

OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es evaluar el papel que desempeña la abundancia del mero *E.morio* como depredador, en la mortalidad natural de *O.maya*.

Para llevar a cabo este objetivo, se deben de alcanzar las siguientes metas:

Estimar los parámetros de crecimiento de *O.maya* asociados al modelo de von Bertalanffy,

Obtener la mortalidad tanto natural como total de la misma especie por diferentes métodos estándar.

Evaluar si existe una relación y de que tipo entre la variación temporal de las abundancias de *O.maya* y *E.morio*, a través del tiempo.

Evaluar la relación entre la abundancia de *E.morio* y la mortalidad natural de *O.maya* y definirla a través de un modelo matemático.

MATERIAL

El material disponible para la elaboración de la tesis consistió en información obtenida de diversas fuentes, y aquí dividida en cuatro grupos:

a) Muestras representativas de la estructura por longitudes de capturas de *O. maya*, en los meses de agosto a diciembre, durante los años de 1983 a 1989; estas muestras consistieron en datos de longitud del manto para obtener las frecuencias de tallas. Datos facilitados por la Sección de Pesquerías del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida (CINVESTAV-IPN, Mérida), de (Figura 2).

b) Datos estadísticos de capturas comerciales de *O. maya*, durante los años de 1983 a 1988 en los meses anteriormente mencionados; estos datos se obtuvieron de con ayuda del Centro Regional de Investigación Pesquera de Yucaltepen (CRIP Yucaltepén) (Figura 3).

c) Datos de mortalidad por pesca del pulpo *O. maya* obtenidos de Arreguín-Sánchez, et al., (1991) (CINVESTAV-Mérida), con base en estudios de análisis de población virtual (Figura 4).

d) Finalmente, datos de abundancias de captura de *E. morio* durante los años de 1983 a 1988, así como las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) para esos mismos años, proporcionados por el CRIP-Yucaltepen.

Además se contó con el programa ELEFAN (Gaschutz et al., 1980) para el procesamiento de datos relativos al crecimiento individual del pulpo.

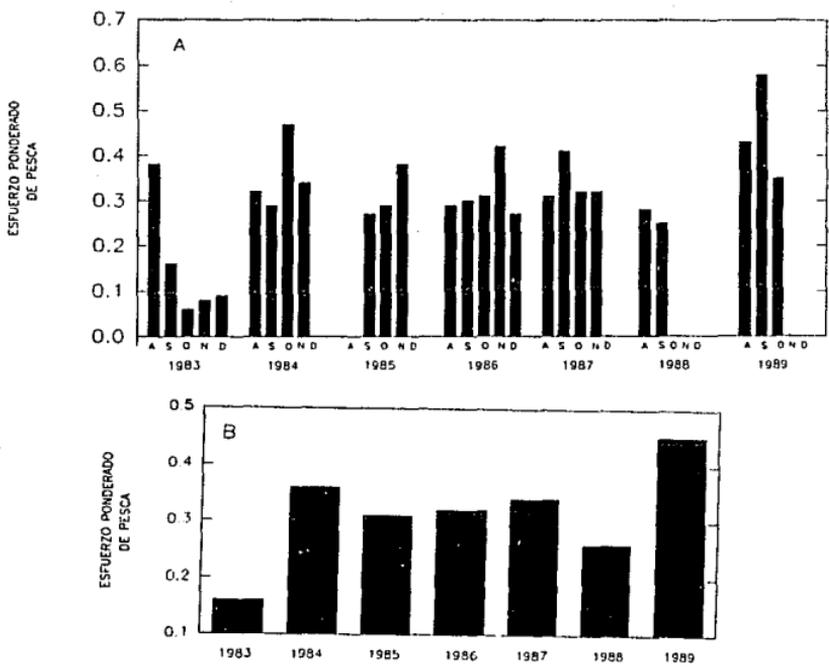


Figura 2. Frecuencias de talla del pulpo *O. maya* a lo largo de los meses muestreados, durante el año de 1986 en la Península de Yucatán.

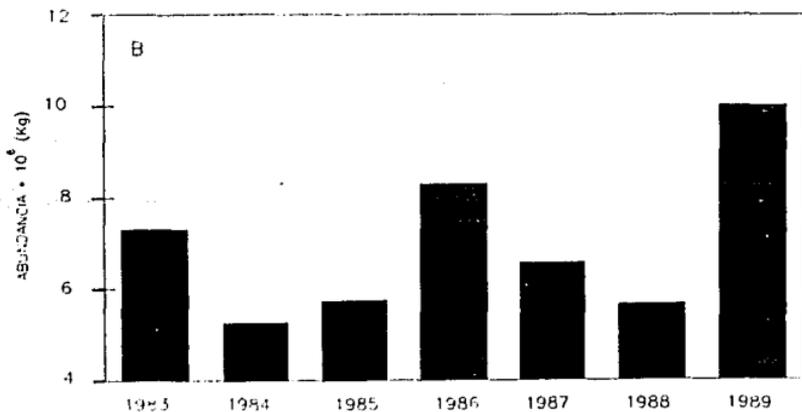
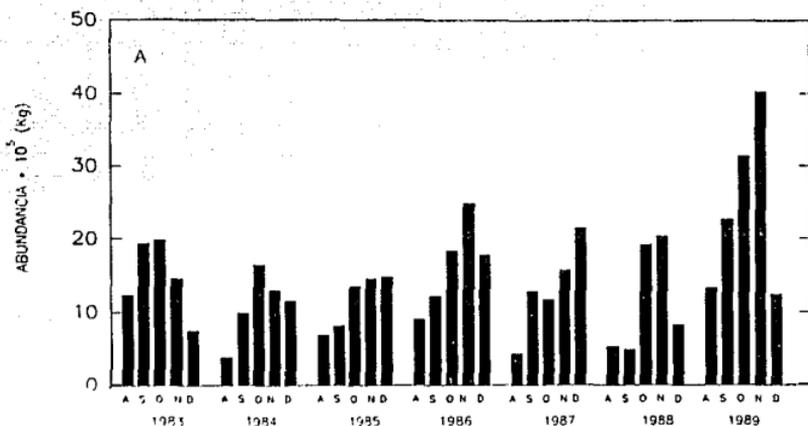


FIGURA 3. Abundancia en Kg de *O. mya* durante la temporada de pesca en los años de 1983 a 1989. El cuadro A presenta las abundancias mensuales, B las abundancias anuales (fuente: Proyecto del pulpo del Golfo de México CRIP-Yucaltepen, IPN).

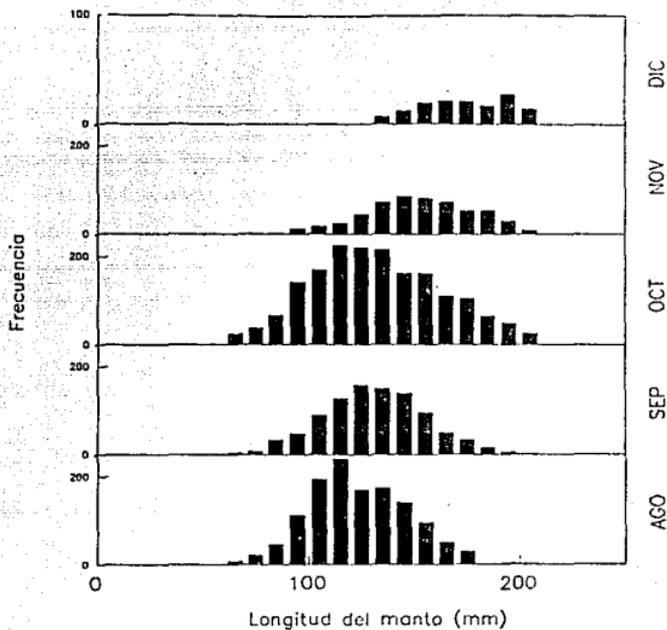


FIGURA 4. Esfuerzo de Pesca ponderado mensual de *O. maya* durante los años de 1983 a 1989, en la Península de Yucatán. El cuadro A presenta a las abundancias mensuales y B las anuales (Arreguín-Sánchez, 1991).

METODO

El algoritmo ELEFAN

(para la estimación del crecimiento individual)

Los octópodos son un grupo de organismos que carecen de estructuras rígidas medibles como las escamas, con las que se pueda hacer una medición directa del crecimiento; por otro lado, los otolitos que éstos presentan están muy poco estudiados en esta especie. Por esta circunstancia, es necesario utilizar métodos indirectos para obtener esta tasa de crecimiento. Los modelos de crecimiento son de gran ayuda en estos casos, debido a que son una herramienta matemática que se basan en diferentes supuestos que ayudan a aproximar ese mucho a la realidad, si estos supuestos van de acuerdo con la especie en estudio.

Casi todos los modelos que se utilizan para obtener la mortalidad total (Z) y natural (M) necesitan de parámetros como son la tasa de crecimiento individual, la longitud máxima promedio que alcanza la especie (longitud infinito, L_{∞}) y el tiempo de primera maduración (Pauly, 1980).

Arreguín-Sánchez et.al. (1992), proponen que uno de los modelos más confiables para obtener la tasa de crecimiento en especial de *O. maya* es el ELEFAN (Gaschütz et.al., 1980), el cual sugiere que el organismo crece de acuerdo con el modelo propuesto por von Bertalanffy (1938).

$$L(t) = L_{\infty} * (1 - \exp^{-K*(t-t_0)}) \quad (7)$$

en donde $L(t)$ es la longitud media a la edad t , L_{∞} es la longitud máxima promedio que alcanza la especie, K es la tasa instantánea de crecimiento del organismo y t_0 es la edad hipotética para la cual la longitud $L = 0$.

El algoritmo ELEFAN permite obtener tanto K como L_{∞} , mediante seguimiento de frecuencias de tallas de una especie muestreada, a lo largo del tiempo.

Por otra parte, el ELEFAN también permite optimizar los valores de crecimiento, introduciendo parámetros para los cambios en la pendiente de las curvas de crecimiento, correspondientes a las oscilaciones que ésta presenta, como son: punto de invierno (WP) y la estacionalidad (C). Estos dos valores reflejan las variaciones en el crecimiento individual del organismo -decremento o incremento en la velocidad de crecimiento individual- debido a causas externas como escases de alimentación o baja de temperatura en determinadas épocas del año; con esto se pretende reducir cualquier tipo de interferencia que distorsione el comportamiento real a estas curvas de crecimiento. Esto es muy importante, debido a que *O. maya* presenta una variación en el intervalo de crecimiento dependiendo de su época de eclosión, esto es, tanto C como WP van a ser más o menos intensas en un organismo dependiendo de la época de desove (Arreguin-Sánchez, en prensa).

Longitud óptima

La longitud óptima (L_{opt}), se considera como la talla en la cual el organismo presenta la mayor velocidad de crecimiento; después de ésta, la velocidad de crecimiento comienza a disminuir. Este parámetro se obtiene en base a la ecuación 10, encontrando la $L(t)$ con mayor velocidad de crecimiento, esto es, encontrando la mayor $\Delta L(t)$ de las obtenidas por la ecuación. Este parámetro se encuentra estrechamente relacionado con la supervivencia de los organismos en estudio; debido a que si la supervivencia decrece (ya sea por un aumento en la pesca, por una disminución del alimento o un aumento en la depredación sobre los organismos) L_{opt} también decrece.

Modelos de mortalidad

La obtención de la mortalidad total del pulpo para los diferentes meses de la temporada de pesca se puede llevar a cabo por medio de las curvas de captura.

Otra estimación puede obtenerse con el modelo de Beverton y Holt (1956), por medio del cual se puede encontrar la mortalidad total de *O. maya* cada mes, representado por la relación:

$$Z = \frac{K * (L_{\infty} - L)}{L - L''} \quad (8)$$

L_{∞} y K son parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, L es la longitud media del organismo y L'' es la longitud más pequeña de los individuos totalmente representados en los datos de frecuencia de longitudes (longitud de primera captura), tomando en cuenta para la obtención de este parámetro, la longitud de la muestra en la cual existe la mayor abundancia de organismos, en una distribución de longitudes.

De acuerdo con Cushing (1983), la mortalidad total de una población explotada, en términos de captura, se divide en:

$$Z = M + F = M + (qf) \quad (9)$$

donde M es la tasa instantánea de mortalidad natural, F es la tasa instantánea de mortalidad por pesca, q es el coeficiente de capturabilidad específico para la especie y técnica de captura, y f es el esfuerzo de pesca realizado con la técnica.

Debido a que se carecen de datos de esfuerzo de pesca de *O. maya* es necesario encontrar una aproximación de éstos por medio del análisis de población virtual; además de utilizar métodos indirectos para obtener la mortalidad natural del organismo. Los

modelos de estimación de mortalidad natural que se utilizaron fueron los siguientes:

El método de Pauly (1980), se presenta como una expresión factorial, que supone contribuciones conjuntas de L_{∞} ó W_{∞} , K, y la temperatura del medio donde se encuentra la especie; para la obtención del índice de mortalidad natural.

$$\log M = -0.0066 - (0.279 * \log L_{\infty}) + (0.6543 * \log K) + (0.4631 * \log T) \quad (10)$$

6

$$\log M = -0.2107 - (0.08241 * \log W_{\infty}) + (0.6757 * \log K) + (0.4687 * \log T) \quad (11)$$

la ecuación 10 se basa en datos de crecimiento en longitud, mientras que la 11 en datos de crecimiento en peso de los organismos. M es mortalidad natural, L_{∞} en cm y K parámetros del modelo de von Bertalanffy, W_{∞} es el equivalente en peso en gramos de L_{∞} y T es la temperatura promedio en grados Celcius del medio en donde vive el organismo.

Otra forma de estimar las mortalidades naturales de los organismos por métodos indirectos es el modelo de Rikther y Efanov (1976), basados en una relación análoga en datos de composición de longitudes y utilizando como base las ecuaciones de Beverton y Holt (1956) para un crecimiento isométrico.

$$L_{opt} = \frac{3 * L_{\infty}}{3 + (M/K)} \quad (12)$$

despejando a M de 12 se obtiene:

$$M = K * \left\{ \frac{3 * L_{\infty}}{L_{opt}} - 3 \right\} \quad (13)$$

L_{opt} es longitud óptima, la cual está definida como la talla del organismo a la cual se lleva el mayor incremento en biomasa.

Csirke y Caddy (1983) presentan un modelo para obtener mortalidades naturales realizando una regresión múltiple entre la mortalidad total del organismo y su captura:

$$M = \frac{-b_1 + \sqrt{b_1^2 - 4ab_2}}{2b_2} \quad (14)$$

siendo (a) la constante de la regresión múltiple, b_1 y b_2 son los coeficientes de las variables independientes en la regresión. Este modelo es un ajuste de polinómios de segundo orden en Z, tomando como variable dependiente a la captura.

Finalmente el modelo de edad de primera madurez Rikther y Efanov (1962, Pauly 1984), el cual se basa en la relación que existe entre el tiempo, T_m , y el cociente de L_m/L_{∞} donde L_m es la longitud de primera madurez. Estos autores sugieren la estimación de M a través de la ecuación empírica:

$$M = \frac{1.521}{(T_{m50})^{0.720}} (-0.155) \quad (15)$$

T_{m50} es la edad de la primera madurez (esto es, la edad a la

cual el 50% de la población es sexualmente madura).

Un porcedimiento análogo de obtención de mortalidad puede darse a partir de una estimación de Z y de mortalidad por pesca (F). Estos datos se pueden obtener de manera mensual depejando en (3).

$$M = Z - F.$$

(16)

Debido a los parámetros que se utilizan para cada modelo, las ecuaciones 10, 11, 13 y 16 se pueden utilizar para la obtención de la mortalidad natural del pulpo, involucrando una temporalidad anual variable. Por otro lado, las ecuaciones 14 y 15 sólo pueden arrojar mortalidades naturales con una temporalidad anual constante, esto es, éstas no varían con los años sino que es un solo valor para todos los años.

En el caso del pulpo *O.maya* es necesaria la obtención de los distintos modelos de mortalidad para un mejor entendimiento de la especie; sin embargo, los modelos 10, 11, 13 y 16 son los que se puede utilizar para obtener una relación entre el mero y el pulpo, por otra parte los modelos de Pualy, no necesariamente son tan confiables puesto que se involucran agentes externos a la relación depredación-presa. Para las relaciones mensuales entre *O.maya* y *E.morio* se utilizó la ecuación 16 mientras que para las relaciones anuales se utilizaron los índices obtenidos de la ecuación 13.

Relacion entre *E. morio* y *O. maya*

Si se considera una relación directamente proporcional para entender la relación depredación-presa entre las especies en estudio, se puede tomar a (4) y sustituir en los parámetros de *E.morio* y *O.maya*.

$$M = M_0 + \mu \quad (17)$$

donde μ es considerada como la tasa de mortalidad de *O.maya* debido a la depredación de *E.morio* y M_0 es la mortalidad natural del pulpo por otras causas; de acuerdo con esto, μ es directamente proporcional a la abundancia de la población del mero, esto es:

$$\mu = \beta * P \quad (18)$$

donde β es la constante de interdependencia entre el mero y el pulpo y P es la abundancia de la población del mero. Finalmente, si relacionamos μ en 1, encontramos una optimización en la mortalidad natural del pulpo *O.maya*, dependiendo de la abundancia de su principal depredador *E.morio*.

$$Z = (M_0 + \beta * P) + F \quad (19)$$

Sin embargo, la relación no necesariamente tiene que ser lineal; la relación se puede presentar como una curva o ser sigmoideal; por lo que, para explicar μ , se puede tomar la ecuación de Michaelis-Menten, que representa una gráfica de hipérbola rectangular (Morris 1987); si bien esta ecuación es utilizada en experimentos de respuesta enzimática, presenta los parámetros requeridos para la relación buscada debido a que, a poca abundancia del depredador la ecuación se presenta de manera lineal, mientras que, conforme va aumentando ésta la relación se se va presentando como una asíntota. Se puede representar la siguiente ecuación:

$$\mu = \frac{M_{\max} * P}{K_m + P} \quad (20)$$

en donde M_{\max} es la mortalidad natural máxima del pulpo, a la cual puede estar sujeto cuando la abundancia del mero sea la máxima, y K_m que en este caso indica la abundancia de mero a la cual el incremento de la mortalidad natural del pulpo es el mayor y a partir de la cual el incremento de la mortalidad natural de *O. maya* disminuye.

Para obtener la relación entre ambas especies, si ésta es sigmoideal, se puede agregar a la ecuación 20 un exponente en ambas P . El exponente debe de ser mayor que 1 e indica el grado en el que la curva se eleva en la primera fase.

La abundancia de las especies es uno de los factores que se ven afectados o regulados por las relaciones de depredación-presa. Por lo que relacionar las abundancias de *O. maya* y de *E. morio* a través del tiempo, durante la temporada de pesca del pulpo, puede dar algún tipo de patrón que indique si el efecto sobre la población del pulpo se manifiesta simultáneamente en el tiempo ó si ocurre algún retraso en este sentido.

Un análisis de correlación cruzada ayuda, en principio, a observar el retraso de tiempo en la que dos variables están desfasadas, en este caso las abundancias de pulpo y de mero. De ésta forma, para una relación lineal, la ecuación (5) puede ser expresada como:

$$M(t) = M_0(t) + \beta * P(t-1) \quad (21)$$

ó, en el caso de que la relación en ambas especies fuera del tipo de una asíntota:

$$M = M_0 + \frac{M_{\max} * P(t-1)}{K_m + P(t-1)} \quad (22)$$

siendo (t) la magnitud del retraso en el tiempo. De esta manera podemos encontrar una relación específica entre un depredador y la mortalidad natural de su presa.

RESULTADOS Y DISCUSION

Parámetros de crecimiento de *O. maya*

Los valores de K se encontraron entre 0.95 y 1.4 presentando oscilaciones bianuales, presentando los picos en los años nones; por su parte, la variación en la L_{∞} fué entre 210mm y 245mm, en la longitud del manto, presentando una tendencia decreciente al paso de los años; y se obtuvo el peso en infinito (W_{∞}) en base a la relación de longitud-peso que presentan Solís y Chávez (1983), en donde $a = 2.31$ y $b = 0.003$; encontrando una variación entre los 2292 g y los 3375 g de W_{∞} . En cuanto a C y al punto de invierno; los años en donde se observó una mayor influencia del medio para el crecimiento de la especie se dieron en 1985, y un poco menos marcada en 1987; mientras que los puntos de invierno se registraron principalmente a finales de primavera y mediados de verano (tabla 1).

TABLA 1

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Lmax	205	225	205	205	205	185	175
L_{∞}	233	245	230	232	230	215	210
W_{∞}	2975	3375	2880	2943	2880	2432	2292
K	1.3	1.2	1.3	0.95	1.4	1	1.3
C	0.6	0.5	0.9	0.1	0.6	0.4	0.2
WP	0.5	0.5	0.8	0.4	0.7	0.6	0.4

Lmax=Longitud máxima, L_{∞} =Longitud Individual, Infinito, C=Intensidad, W_{∞} =Peso del punto de invierno, WP=Punto de invierno.

La diferencia existente en los valores de crecimiento (K) con los valores de L_{∞} y Lmax en los distintos años, se pueden explicar debido a que *O. maya* presenta diferencias en crecimiento asociados a factores ambientales (i.e temperatura) que afectan directamente a la tasa de crecimiento del organismo (Forshyte, 1987). Por otro lado, algo que también afecta a la tasa de crecimiento de estos pulpos, es la temporalidad y duración de la época de desove, esto se ve reflejado en la intensidad de los puntos de invierno en los

distintos años. Arreguín-Sánchez et.al. (1991), sugieren que *O.maya* presenta dos picos grandes de desove: el primero a principios de la primavera lejos de las costas; y el segundo a principios o mediados de otoño, éste cercano a las costas durante la temporada de pesca. En este sentido si el recluta es tardío los organismos llegan al invierno más jóvenes y son más susceptibles a los cambios de temperatura, mientras que si la ovoposición es en épocas más tempranas, los organismos llegan al invierno en su etapa adulta y los efectos de temperatura posiblemente dejan de manifestarse sobre el crecimiento (Arreguín-Sánchez, 1992). Considerando esto, se plantea que la ovoposición en el año de 1985 fué más tardía, cercana al invierno, para los organismos muestreados que para el año siguiente, en donde C es mucho menor y prácticamente no existió una distorsión en la curva de crecimiento (tabla 1).

Se calculó también la Longitud óptima de *O.maya* la cual según fué definida por la ecuación (10), para los años de 1983 a 1989, en los cuales existe una tendencia decreciente a lo largo de los años (figura 5, Tabla 2). La tendencia al decremento se debe a que la pesca está reduciendo la esperanza de vida de la especie.

TABLA 2 Longitud óptima del pulpo *O.maya*

AÑO	Lopt
1983	136.36
1984	148.91
1985	133.06
1986	134.70
1987	128.59
1988	128.72
1989	122.89

Lopt=Longitud óptima

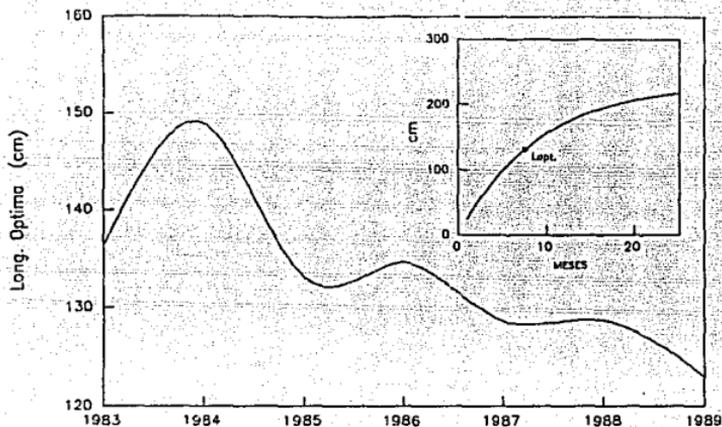


FIGURA 5. Valuares anuales de Longitud optima de *O.maya* en la Peninsula de Yucatan. En el recuadro se puede ver el incremento de la talla del pulpo en todos los años.

Relación de *E.morio* y *O.maya* con el tiempo

Las tendencias de las abundancias de pulpo presentan un fuerte declive en los meses de agosto y diciembre mientras que presentan un pico en los meses de octubre y noviembre; en cuanto a mero, la abundancia decrece finales de año, y existen algunos picos en agosto y septiembre. También se pudo observar una similitud en el comportamiento de ambas abundancias con un desfase en el tiempo (figura 6).

La similitud en el comportamiento de las abundancias, puede ser provocada por la interacción entre ambas especies a través del tiempo, como alguna relación depredación-presa; aunque en éstas interacciones intervienen muchos factores externos (Colvinaux, 1990), puede ser que una de las especies regule el comportamiento

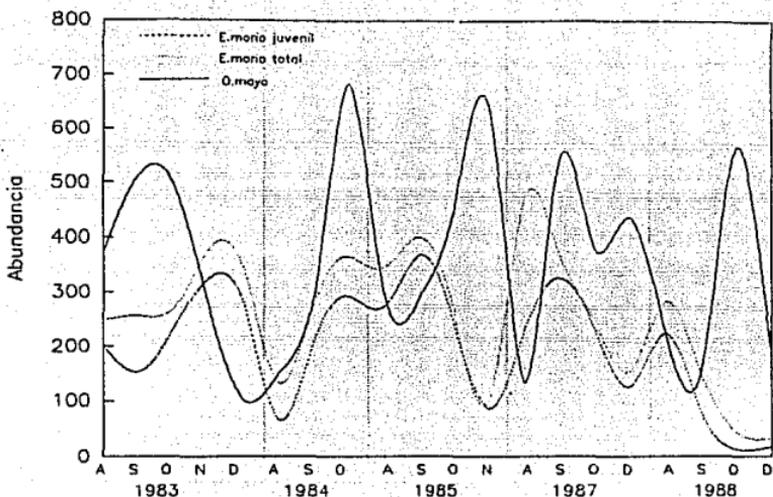


FIGURA 6. Abundancia en número de individuos en E. morio y O. maya a través del tiempo. Las divisiones verticales indican que existen meses entre los datos muestreados. La abundancia de O. maya está dividida entre 5 000. Las curvas están suavizadas con el programa sigma plot.

poblacional de la otra, o que las dos especies sean reguladas por igual por algún otro factor como temperatura o la disponibilidad de alimentos.

Siguiendo el segundo planteamiento del párrafo anterior, el la variación de la abundancia del mero (figura 6) se explicaría entendiendo que la temporada de desove se presenta en los meses de febrero y marzo (Arreguín-Sánchez, en prensa), lo que podría generar máximos de reclutamiento en algunos meses y provocar

mayores abundancias de juveniles en la época de agregación del pulpo. El existe un descenso de la temperatura a finales de año; esto provoca una dispersión en el mero (García et.al., 1980), que dificulta la pesca. La variación de la abundancia estacional de abundancias en juveniles y total de la población de mero es parecido; esto se explica porque la pesca de la flota ribereña en la Península de Yucatán por lo general, es básicamente hacia los juveniles, por lo cual los adultos son poco abundantes.

La oscilación de las abundancias de pulpo, se atribuyen a que sólo se pesca en cierta época del año, por lo que es probable que para diciembre la población se encuentre desgastada, y se recupera para el año siguiente. Por otro lado, uno de los máximos de reproducción y ovoposición de *O.maya* es en otoño durante los meses de Agosto a Octubre, (Arreguín-Sánchez et.al., 1991), por lo que para esas fechas las hembras entran en su madriguera y ya no comen, por lo que es prácticamente imposible pescarlas con el arte de pesca utilizado, y si se toma en cuenta una relación de 1:1 en machos y hembras, se reduce a la mitad la posibilidad de pesca.

Si se considera que puede existir una relación entre ambas especies en la abundancia con respecto al tiempo, esto es, si *E.morio* tiene una fuerte incidencia sobre *O.maya*; tal que influyen en su tasa de crecimiento y en el decremento poblacional, lo que puede formar oscilaciones del tipo del modelo de Lotka-Volterra a lo largo del tiempo (figura 6), la tasa de crecimiento y decremento de ambas especies se puede tomar como resultado del número de encuentros efectivos, como resultado de la capacidad de las especies de devorar o de ser devorado (Colinvaux, 1980).

La prueba de correlación cruzada, teniendo como variables a las abundancias de ambos organismos a través del tiempo, sugiere que la máxima relación entre la abundancia de ambas especies desfasada en uno y cuatro meses. Es probable que el valor del cuarto mes sea ocasionado por diferentes causas, como la mortalidad por cuidado parental de las hembras (Caddy, 1990), o la duración de la temporada de pesca; por lo que se tomó como el reflejo de la

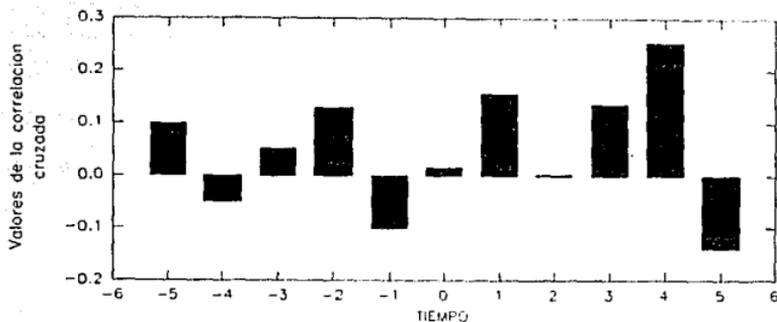


FIGURA 7. Valores obtenidos en base a la correlación cruzada a partir de los datos de las abundancias de *E.morio* y *O.maya* contra en tiempo.

relación entre las abundancias tanto de mero como de pulpo con un mes de diferencia, esto es, el efecto de la abundancia del mero en un mes (t) se manifiesta en la abundancia del pulpo al mes siguiente ($t+1$) (figura 7). Lo que puede indicar que la tasa de incremento de *E.morio* influye o es influenciada un mes antes de que se vea reflejada en la tasa de incremento y decremento del pulpo.

Lo anterior se ve reforzado con los resultados obtenidos con las relaciones de la M anual del pulpo contra la abundancia del mero, en donde en algunos casos, la relación significativa es más grande si se desfazan los datos.

Mortalidad total anual de *O.maya*

Se obtuvo con ELEFAN, en base a curvas de captura, la variación interanual de la mortalidad total de *O.maya* organismo, tanto por longitud media, en base al modelo de Beverton y Holt (Zlm), como

por curva de captura (Zcc) (Tabla 3), en donde hubo una variación muy alta a nivel anual para ambos cálculos, ya que por un lado en Zlm y Zcc en 1983 fué la más baja, con 3.775 y 4.07, y en 1989 se presentan los valores más altos con 7.46 y 8.67, respectivamente (figura 8); sin embargo, al comparar el comportamiento de los índices anuales de mortalidad total de ambos modelos, se puede observar que representan tendencias similares.

TABLA 3 Índices de mortalidad total de *O.maya*

AÑO	Zml	Zcc
1983	3.77	4.07
1984	5.98	5.77
1985	6.14	6.57
1986	5.15	5.77
1987	7.06	7.69
1988	4.28	5.17
1989	7.46	8.67

Zml=índice obtenido en base a la longitud media, Zcc=índice obtenido en base a curvas de captura.

La diferencia entre las tasas de mortalidad total anual son consecuencia de los cambios en el medio y mas al esfuerzo pesquero a la que se vieron sometidos estos organismos en los distintos años. El hecho de que la tasa de mortalidad anual estimada varíe muy poco en los dos métodos aplicados y de que presenten las mismas tendencias en los diferentes años, sugiere que ambos métodos son confiables para determinar su tasa de mortalidad, sin embargo, se debe de elegir aquél que represente mejor las características de la población sujeta al estudio. Existen dos decrementos en las tasas de mortalidad total; sin embargo, presentan una tendencia a aumentar conforme van pasando los años, esto podría complementar lo anteriormente expuesto, en cuanto a la disminución de la longitud óptima en el tiempo (figura 5), y la existencia de una explotación pesquera sobre *O.maya* creciente en los últimos años.

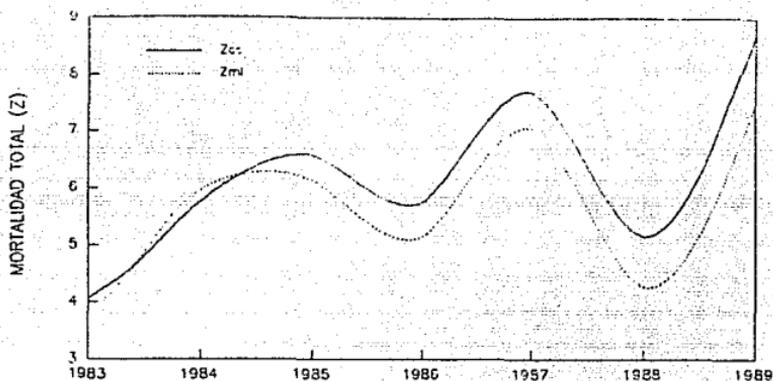


FIGURA 8. Índices anuales de Z de *O.maya* en la Península de Yucatán. Z_{cc} = curva de captura, Z_{ml} = índice obtenido de la longitud media de Beverton y Holt. Ambos índices del programa ELEFAN.

En base a los índices de mortalidad total anual de *O.maya* se realizaron diferentes relaciones multivariadas, en donde se tomaron como variable dependiente la mortalidad del pulpo y en las independientes al esfuerzo de pesca sobre el pulpo y la abundancia de *E.morio*. En las relaciones, se consideraron diferentes características: considerando que la relación funcional es desconocida, se obtuvo el logaritmo natural (\ln) de los datos que se relacionaron y utilizaron las diferentes combinaciones; así mismo, se separaron en dos grupos las abundancias de *E.morio* juveniles y con el total de la población, debido a que de acuerdo con Arreguín-Sánchez et al. (1987), (1992), existe una segregación por tamaños en la población del mero al menos en lo que corresponde a los peces jóvenes y adultos, distribuyéndose los primeros en aguas cercanas a la costa, (aproximadamente 12 brazas, que es donde se encuentran los pulpos en su época de reproducción) y los adultos se encuentran en mayor proporción en profundidades

de 40 brazas.

En el caso de las regresiones múltiples con datos anuales en donde se aplicaron dos distintas formas de obtención de Z y de F (tabla 4a), en donde se relacionaron los valores promedios mensuales por año tanto de la mortalidad total ($Z/12$), como del esfuerzo de pesca (fp); y en la tabla 4b en donde se utilizaron los valores de los índices promedio mensuales de la mortalidad total ponderados por la cantidad de meses muestreados (Ztn), contra la suma de los esfuerzos de pesca ponderados para esos meses (ft). En ambas tablas, que en cuatro casos los índices de correlación alcanzaron una significancia estadística para un valor de confiabilidad de 95% por su parte, se encontró que la prueba de t para la relación en general, con un 95% de confiabilidad, fué significativa en casi todos los casos; mientras que para la prueba de F , ninguna logró alcanzar una significancia estadística, y sólo en pocos casos se acercaron, sin embargo, para un grado de confiabilidad del 90% en esta prueba, algunos casos sí lograron alcanzar la significancia estadística.

Con base a los valores de las pruebas estadísticas, en donde en casi todos los casos, se puede encontrar un alto porcentaje de relación entre las variables, además de que se superaron en casi todos los casos los valores críticos en la prueba de t , se puede entender que sí existe una relación entre los índices de mortalidad total y el esfuerzo de pesca con la abundancia de *E.morio*.

En un análisis estadístico para las variables particulares de esfuerzo de pesca (f) y abundancia de mero, se puede observar que en pocos casos f presenta una relación significativa. En este sentido, se infiere que el esfuerzo de pesca es más importante en la mortalidad total del pulpo que la abundancia de su depredador natural, puesto que el primero alcanza, en algunos casos, a superar los valores críticos de la prueba de t ; mientras que la abundancia del mero en ningún caso llegó a superar por sí sola los valores críticos.

TABLA 4a

Regresiones Múltiples de datos anuales de Z media mensual abundancia del mero y Mortalidad por pesca ponderada.

ECUACIONES		PRUEBAS ESTADISTICAS				
	d. s.	r	t	tUm	tF	
A						
$Z=0.10+(1.04P)+(0.0003F)$	0.82	0.86	5.82	1.95	0.72	
$Z=-1.11+(0.0002P(t+1))(1.19F)$	0.04	0.6	12.3	0.63	4.37	
$Z=-1.52+\ln(0.23P)+(1.21F)$	0.04	0.6	11.9	0.54	4.33	
$Z=-0.23+\ln(0.08P(t+1))(1.05F)$	0.08	0.86	5.80	0.71	1.97	
$\ln Z=-1.58+(0.0006P)+(2.36F)$	0.15	0.89	6.99	0.75	2.41	
$\ln Z=-1.96+(0.0003P(t+1))(2.63F)$	0.07	0.84	13.5	2.49	5.04	
$\ln Z=-2.17+\ln(0.14P)+(2.38F)$	0.15	0.89	2.79	0.69	2.41	
$\ln Z=-4.53+\ln(0.43P(t+1))(2.68F)$	0.09	0.97	5.36	2.41	4.96	
B						
$Z=0.07+(0.0005P)+(0.878F)$	0.06	0.91	7.81	1.42	4.95	
$Z=-0.02+(0.0001P(t+1))(1.15F)$	0.07	0.92	8.17	1.52	2.95	
$Z=-0.50+\ln(0.12P)+(0.93F)$	0.07	0.89	6.90	4.13	1.92	
$Z=-0.56+\ln(0.11P(t+1))(1.16F)$	0.12	0.91	7.63	1.36	2.80	
$\ln Z=-1.63+(0.001P)+(2.07F)$	0.12	0.93	8.80	1.33	2.42	
$\ln Z=-1.72+(0.0002P(t+1))(2.56F)$	0.08	0.93	9.34	1.48	3.50	
$\ln Z=-2.63+\ln(0.22P)+(2.19F)$	0.14	0.91	3.38	1.03	2.35	
$\ln Z=-2.67+\ln(0.19P(t+1))(2.57F)$	0.13	0.93	3.52	1.27	3.27	

TABLA 4b

Regresiones múltiples anuales para Z mensual ponderada por el número de meses, abundancia de mero y mortalidad por pesca

ECUACIONES		PRUEBAS ESTADISTICAS				
	d. s.	r	t	tUm	tF	
A						
$Z=0.16+(0.001P)+(1.27F)$	0.41	0.88	6.45	0.46	2.24	
$Z=-0.66+(0.001P(t+1))(1.24F)$	0.22	0.96	12.8	2.30	4.17	
$Z=-1.38+\ln(0.35P)+(1.18F)$	0.39	0.89	6.76	0.62	2.01	
$Z=-7.19+\ln(1.09P(t+1))(1.25F)$	0.22	0.97	13.2	2.38	4.32	
$\ln Z=-0.33+(0.002P)+(1.05F)$	0.45	0.59	2.54	0.83	0.35	
$\ln Z=-0.71+(0.0007P(t+1))(1.73F)$	0.37	0.74	3.38	1.37	0.74	
$\ln Z=-2.16+\ln(0.35P)+(0.71F)$	0.22	0.92	3.31	1.12	1.13	
$\ln Z=-5.59+\ln(0.74P(t+1))(0.81F)$	0.22	0.92	6.15	2.83	4.86	
B						
$Z=-0.02+(0.002P)+(0.99F)$	0.34	0.92	8.02	1.07	1.76	
$Z=-0.12+(0.001P(t+1))(1.20F)$	0.29	0.94	9.66	1.53	3.04	
$Z=-3.33+\ln(0.72P)+(0.93F)$	0.33	0.92	8.22	1.13	1.59	
$Z=-3.31+\ln(0.58P(t+1))(1.14F)$	0.28	0.94	10.1	1.63	2.93	
$\ln Z=-0.53+(0.003P)+(0.31F)$	0.33	0.80	4.70	1.72	1.01	
$\ln Z=-1.11+(0.001P(t+1))(1.6F)$	0.39	0.71	3.50	1.24	0.77	
$\ln Z=-3.32+\ln(0.57P)+(0.55F)$	0.19	0.94	4.02	1.61	1.67	
$\ln Z=-3.24+\ln(0.45P(t+1))(0.72F)$	0.13	0.97	5.99	2.74	4.01	

P=Abundancia de mero, F=Esfuerzo de pesca ponderado, d.s.=Desviación estándar, r=prueba de correlación t prueba de t de student, tUm=prueba de t aplicada a la variable de la abundancia del mero, tF=prueba de t aplicada a la variable de la mortalidad del esfuerzo de pesca. A=Relaciones con abundancia de mero juvenil, B=Relaciones con abundancia de mero total.

Mortalidad total mensual de *O. maya*

Las tasas de mortalidad total mensual del pulpo, presentaron diferencias muy altas, que van desde 9.4 hasta 2.6 en el caso de Zml, mientras que para Zcc el índice más alto es de 9.71 para septiembre del 87 y el más bajo es de 1.69 para el mes de diciembre de 1983 (tabla 5). Se puede apreciar una fuerte diferencia en los índices.

Las especies como *O. maya* presentan una longevidad relativamente corta, muestran una alta variabilidad en su abundancia poblacional, como en este caso los índices de mortalidad total mensual, debido a que se suman los efectos de la diferente intensidad de pesca, comportamiento y estacionalidad del ambiente entre otras cosas. Principalmente en este caso, la mortalidad por pesca es el factor que explica en gran medida las variaciones en la abundancia del pulpo.

En las regresiones múltiples realizadas (tabla 6), se puede observar que en todos los casos existe una significancia estadística para las pruebas de correlación de t en general, y de t aplicado a la variable f . Por otro lado, para la abundancia de mero no se obtuvieron valores estadísticamente significativos. Estas relaciones demuestran que existe una relación entre el esfuerzo de pesca, la abundancia del mero y la mortalidad total de *O. maya*, debido a que en todos los casos se superan los valores críticos de la prueba de F , de t y de correlación.

En los casos particulares para f y la abundancia de mero, se encuentra que la mayor cantidad de variación de la abundancia de pulpo es explicada por el esfuerzo de pesca, que está directamente relacionado con la mortalidad por pesca, de manera que la función que explica el efecto de la depredación del mero podría quedar enmascarada tanto por factor pesca como por variaciones poblacionales de agregación para reproducción, cuidado parental, variaciones estacionales entre los más importantes. Por lo que si *E. morio* afecta directamente la población de *O. maya*, esto será

TABLA 5 Indices de mortalidad de *O. maya*.

AÑO	MES	Zml	Zcc	F	M(Z-F)
1983	AGO	5.26	6.99	4.62	2.36
	SEP	5.69	6.84	2.00	4.84
	OCT	3.45	3.42	0.79	2.63
	NOV	3.71	3.98	1.07	2.91
	DIC	2.66	1.69	1.15	0.54
1984	SEP	6.56	6.12	3.52	2.60
	OCT	8.35	9.29	5.75	3.55
	NOV	7.85	7.37	4.09	3.28
1985	SEP	5.47	6.38	3.32	3.06
	OCT	5.98	5.49	3.56	1.93
	NOV	7.01	7.72	4.62	3.09
1986	AGO	4.13	4.14	3.55	0.59
	SEP	5.33	4.54	3.70	0.83
	OCT	5.27	5.10	3.79	1.31
	NOV	5.36	5.60	5.10	0.50
	DIC	4.23	5.11	3.34	1.77
1987	AGO	6.40	6.55	3.75	2.79
	SEP	9.50	9.71	4.98	4.72
	OCT	7.86	9.33	3.96	5.37
	NOV	7.00	7.61	3.92	3.68
1988	AGO	4.45	5.60	3.42	4.19
	SEP	4.31	4.01	3.00	1.01

Zcc=obtenido a la curva de captura, Zml=obtenida en base a la longitud média. FeE) esfuerzo ponderado, obtenido de Arrequín-Sánchez (en prensa); M de la resta de Zcc-F (ambas Z fueron obtenidas del ELEFAN).

TABLA 6

Regresiones múltiples mensuales Z, mortalidad por pesca ponderada y abundancia de mero

ECUACIONES		PRUEBAS ESTADISTICAS				
	d. s.	r	t	tUm	tF	
A						
$Z=0.18+(0.001P)+(1.27F)$	0.10	0.86	5.75	0.09	5.67	
$Z=-0.11+(0.001P(t+1))(1.32F)$	0.09	0.85	5.66	0.92	6.27	
$Z=-1.87+\ln(0.004P)+(0.25F)$	0.11	0.84	5.29	0.06	5.18	
$Z=0.63+\ln(0.05P(t+1))(0.26F)$	0.10	0.85	5.51	1.83	5.99	
$\ln Z=-1.44+(0.001P)+(2.95F)$	0.28	0.82	5.01	0.46	4.87	
$\ln Z=-1.59+(0.0001P(t+1))+(3.07F)$	0.26	0.82	4.90	0.15	5.48	
$\ln Z=-0.36+\ln(0.04P)+(0.61F)$	0.27	0.82	5.12	0.24	4.95	
$\ln Z=-0.62+\ln(0.05P(t+1))+(0.26F)$	0.10	0.84	5.51	2.86	5.99	
B						
$Z=0.19+(0.0003P)+(1.27F)$	0.86	0.86	5.75	0.17	5.68	
$Z=0.11+(0.0001P(t+1))(1.31F)$	0.85	0.85	5.67	0.97	6.23	
$Z=0.91+\ln(0.003P)+(0.25F)$	0.84	0.84	5.29	0.50	5.17	
$Z=0.53+\ln(0.06P(t+1))(0.26F)$	0.84	0.84	5.36	1.62	5.85	
$\ln Z=-1.46+(0.001P)+(2.96F)$	0.82	0.82	4.98	0.33	4.89	
$\ln Z=-1.59+(0.001P(t+1))+(3.1F)$	0.82	0.82	4.90	1.47	5.47	
$\ln Z=0.36+\ln(0.04P)+(0.61F)$	0.27	0.82	5.12	0.22	4.97	
$\ln Z=0.53+\ln(0.07P(t+1))+(0.26F)$	0.10	0.84	5.63	1.63	5.85	

Z=Índice de mortalidad total, P=Abundancia de mero, F=Esfuerzo de pesca ponderado, d.s.=Desviación estándar, r=prueba de correlación de t aplicada a la variable de la abundancia del mero, tF=prueba de t aplicada a la variable de la mortalidad del esfuerzo de pesca. A=Relaciones con abundancia de mero juvenil, B=Relaciones con abundancia de mero total.

mayormente en los índices de mortalidad natural del pulpo. Con base a esto último, se realizaron también relaciones entre ambos factores.

Mortalidad natural anual de O.maya

Se obtuvieron también valores estimados de la mortalidad natural por distintos métodos (tabla 7). Las diferencias entre los índices de las mortalidades entre los distintos modelos, no fueron muy grandes, en los modelos 1 a 4 se aplicó la prueba de ji-cuadrada para observar la afinidad entre los valores de los distintos modelos, encontrándose que no existe diferencia significativa. Con

el método de Caddy, si existe una gran diferencia en el índice obtenido con respecto a los otros métodos.

TABLA 7

AÑO	1	2	3	4	5	6
1983	2.81	2.35	2.25	2.14	2.35	8.04
1984	2.42	2.41	2.08	1.44		
1985	2.84	2.37	2.21	2.74		
1986	2.06	1.72	1.82	1.87		
1987	3.31	2.78	2.34	3.54		
1988	2.01	1.67	1.97	1.96		
1989	2.81	2.35	2.29	3.16		

1) Con base al modelo de Rikther y Efanov (1976), 2) modelo de Kutty y Quasim (1978), 3) modelo de Pauly (1980), 4) en base a la resta de Zcc anual menos el esfuerzo de pesca, 5) Rikther y Efanov (1976) tomando en cuenta la edad de primera madurez a los 5 meses y 6) Csirke y Caddy (1983). Los últimos dos modelos presentan índices globales, esto es, no presentan un valor para cada año. Se alcanza a observar una similitud en casi todos los índices excepto en el sexto.

Tomando en cuenta tanto las bases de cada modelo como las necesidades del presente trabajo, se optó por utilizar para las relaciones de ambas especies los resultados del modelo de Rikther y Efanov (1976). De los resultados obtenidos de los índices de mortalidad natural, se puede observar que no existe mucha variación entre las diferentes tasas de mortalidad natural de cada modelo; en cuanto a la comparación entre cada año, existe una diferencia del 30% entre algunos años, sin embargo, la variación no es tan grande como las diferencias que se encuentran en los índices de mortalidad total. De esto se desprende, -apoyando lo anterior- que a nivel anual el principal índice de variación de la población del pulpo es la mortalidad por pesca que se encuentra condicionada al esfuerzo de pesca (tabla 6).

En cuanto a las regresiones, para los datos de mero juvenil, se puede observar que sólo se alcanza una correlación

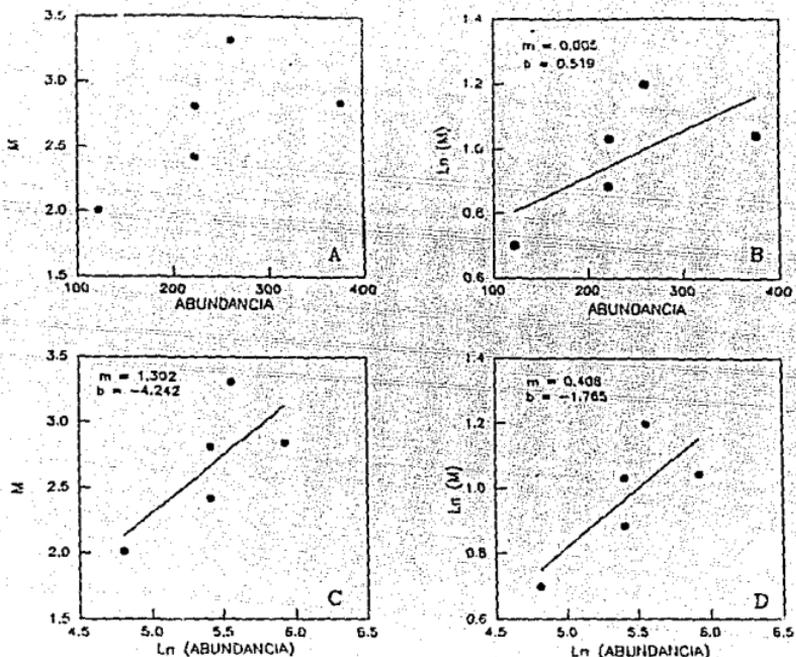


FIGURA 9. Relación de la abundancia del mero juvenil, contra la mortalidad anual del pulpo, obtenidas por el modelo 1. (tabla B). Las relaciones con significancia estadística fueron B, C y D.

estadísticamente significativa para las tres pruebas con confiabilidad del 95%, con las abundancias incluyendo desfase en tiempo (ecuaciones 23, 24 y 25); los tipos de relaciones se muestran en la figura 9. La relación que presentó un índice mayor de significancia estadística en las pruebas de correlación y de t y que logró superar el valor crítico en la prueba de F para un grado de confiabilidad del 97.5% fué la ecuación 25 (tabla B).

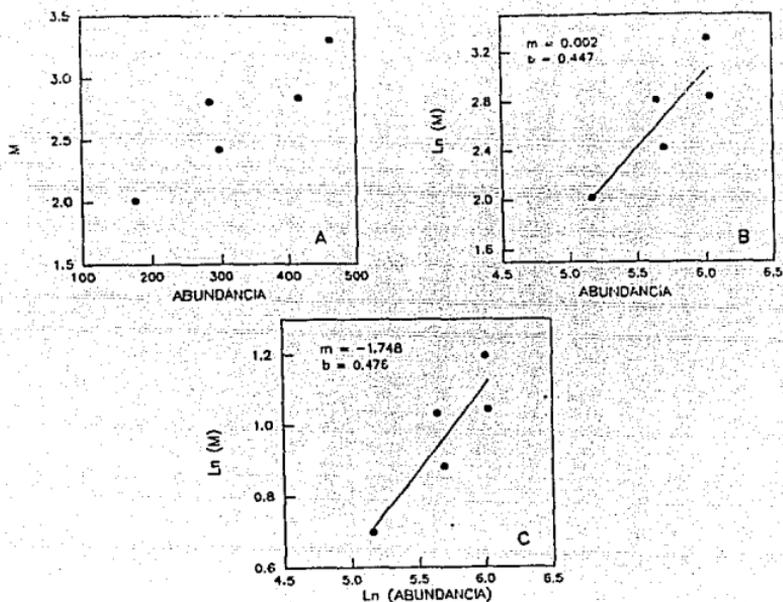


FIGURA 10. Relación de abundancia total del mero y mortalidad anual del pulpo obtenidas por el modelo 1 (Tabla 8). Solo B y C presentan significancia estadística.

En los datos de las abundancias de mero total se puede observar que la correlaciones significativas en las tres pruebas con una confiabilidad del 95%, se dan sólo en datos sin retraso en el tiempo (ecuaciones 26 y 27, figura 10). Esto se puede considerar importante para las discusiones posteriores.

Para todas las relaciones que se involucraron dentro de las abundancias con retraso en el tiempo en la abundancia de juveniles, así como en las relaciones sin retraso en el tiempo en

TABLA 8

Regresiones lineales de mortalidad natural contra la abundancia del mero

ECUACIONES		PRUEBAS ESTADISTICAS			
A		d. s.	r	t	F
	$M = 1.84 + (0.003P)$	0.43	0.65	1.47	2.16
	$M = -2.15 + \text{Ln}(0.89P)$	0.38	0.74	1.83	3.54
	$M = 1.53 + (0.001P(t+1))$	0.28	0.88	3.15	9.92
24	$M = -4.24 + \text{Ln}(1.03P(t+1))$	0.25	0.90	3.58	12.8
	$\text{LnM} = -0.63 + (0.001P)$	0.16	0.68	1.62	2.61
	$\text{LnM} = -0.99 + \text{Ln}(0.36P)$	0.14	0.77	2.12	4.49
23	$\text{LnM} = 0.52 + (0.001P(t+1))$	0.10	0.89	3.48	12.1
25	$\text{LnM} = -1.76 + \text{Ln}(0.41P(t+1))$	0.84	0.92	4.16	17.3
B					
	$M = 1.34 + (0.004P)$	0.28	0.87	3.06	9.37
	$M = -4.22 + \text{Ln}(1.21P)$	0.27	0.88	3.16	10.0
	$M = 1.68 + (0.001P(t+1))$	0.37	0.76	2.02	1.09
	$M = -3.11 + \text{Ln}(0.84P(t+1))$	0.34	0.80	2.29	5.23
26	$\text{LnM} = 0.45 + (0.001P)$	0.10	0.88	3.25	10.6
27	$\text{LnM} = -1.75 + \text{Ln}(0.48P)$	0.91	0.90	3.52	12.4
	$\text{LnM} = 0.56 + (0.001P(t+1))$	0.13	0.80	2.29	5.49
	$\text{LnM} = -1.38 + \text{Ln}(0.34P(t+1))$	0.12	0.82	2.71	7.31

M=Índice de mortalidad natural, P=Abundancia de mero, d. s.=Desviación estándar, r=prueba de correlación t=prueba de t de student, A=Relaciones con abundancia de mero juvenil, B=Relaciones con abundancia de mero total.

la abundancia de los totales de mero, se obtuvieron coeficientes de correlación significativos; esta situación fué casi idéntica cuando se realizó la prueba de F; finalmente, para la prueba de t sólo fueron significativos los arriba mencionados (tabla 8).

La significancia de la prueba de t es superada en la abundancia de mero juvenil sólo en relaciones desfasadas en el tiempo; para el total el valor crítico es superado sólo en relaciones no desfasadas. La influencia de la abundancia de *E.morio* en la población del pulpo se presenta de dos maneras: por un lado el mero juvenil afecta con un mes de retraso a la abundancia del pulpo; por otro, la abundancia total de mero afecta sin atraso a la abundancia del pulpo. Lo primero se puede explicar debido a que la mayor de abundancia del mero y prácticamente la base de la correlación cruzada es la abundancia de *E.morio* juvenil. Esto

podría indicar que el mero juvenil es, al menos en la temporada de pesca, el que mayormente influye en la dinámica poblacional del pulpo, lo cual se explica, también, porque el mero juvenil habita en las zonas cercanas a la costa, y *O.maya* concurre a estas zonas en las épocas de pesca. En el segundo caso, la influencia de la abundancia total de *E.morio* sobre *O.maya* se ve reflejado en la figura 10, lo cual se puede relaciona con las agregaciones de los meros adultos comienzan a agregarse para la reproducción justo a la mitad de la temporada en la que los pulpos también se agregan, lo que podría enmascarar, en términos de abundancia relativa del depredador, el efecto de desfaseamiento que se presenta en los juveniles.

A partir de la significancia en las regresiones, se encuentra que la relación entre el mero y el pulpo no es lineal. Por otra parte, las relaciones depredador-presa no solo son directamente proporcionales, sino que, existen otro tipo de relaciones; entre las cuales se encuentra la saciación del depredador. Se tomaron en cuenta otros modelos matemáticos complementarios para entender la relación entre el pulpo y el mero (ecuación 20). Con ésta ecuación, se optimizó el modelo sumando, al cociente de depredación el valor de M_0 que estadísticamente más se adecuaba a los datos (figuras 9b y 10b). Por otro lado, se estimaron los valores de $M_{\text{máx}}$ y K_m , realizando un ajuste de curva utilizando la ecuación 20 para la curva que se acercara más a los datos obtenidos, obteniéndose a $M_{\text{máx}}$ como la asíntota de la ecuación, y K_m el valor de la abundancia del mero en el que el incremento de M es el máximo.

Con base a lo anterior, se pudieron encontrar las ecuaciones que explican las relaciones, tanto de la abundancia de mero juvenil como de mero total, con la mortalidad natural del pulpo. Para la relación del mero juvenil contra la mortalidad natural del pulpo:

$$M = 1.17 + \frac{4.07 * P(t-1)}{700.8 + P(t-1)}$$

(28)

mientras que para el caso del mero total:

$$M = 1.0 + \frac{4.3 * P}{272 + P}$$

(29)

ambas ecuaciones presentaron un significancia estadística para un 95% de confiabilidad y se pueden observar en la figura 11. De este modelo se desprende que por un lado, la mortalidad por otras causas se encuentra alrededor del 1.1; por otro lado, el índice de máxima mortalidad natural para el pulpo -esto es, con la abundancia máxima de mero y siendo constante la mortalidad por otras causas- se encuentran entre 4.07 y 4.3. Esto nos indica que la mortalidad del pulpo no puede crecer más allá de estos valores, si las otras relaciones se mantienen constantes.

La comparación entre los valores obtenidos en base a la presente hipótesis (ecuaciones 28 y 29), y el modelo de Rikther y Efanov, se pueden observar en la tabla 9. En donde se puede ver que la diferencia estadística entre ambos grupos de datos no es significativa.

Es importante considerar el valor de la mortalidad natural por otras causas, puesto que nos indica que el mero sí es un factor significativo en los niveles de mortalidad natural del pulpo; debido a que, en algunas ocasiones, causa más de la mitad de la mortalidad natural del pulpo (los índices anuales de mortalidad natural varían de entre 2.01 y 3.31, tabla 7). Por otra parte, el índice de mortalidad natural máxima (valor cercano al 4.9 en ambos modelos), nos dice que la mortalidad natural del pulpo no puede incrementarse más allá de éste valor si se mantiene constante la mortalidad por otras causas, esto es, si los índices por

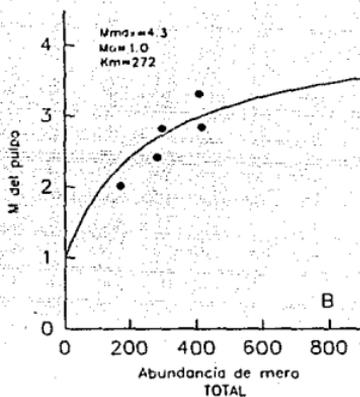
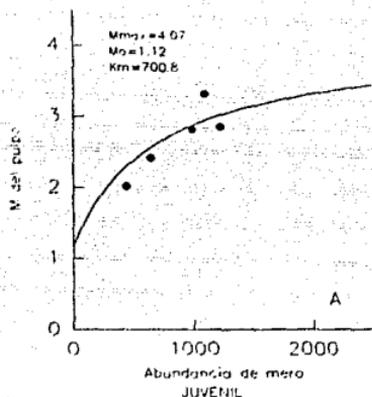


FIGURA 11. Ajuste de curva con la ecuación 22, utilizando como variable independiente la abundancia de E.morio juvenil con retraso de tiempo (A) y E.morio total (B), contra índice anual de mortalidad natural de O.moya (N). Ambas relaciones presentan significancia estadística.

depredación de otros organismos o la mortalidad por el cuidado parental no aumentan. Además hay que considerar que la mortalidad natural por causa del mero no es más grande de 2.8, y que este valor es el máximo al cual el mero con grandes abundancias afecta a la población del pulpo.

En base al mismo modelo, pero con un exponente en las abundancias se intentó ver si la relación entre ambas especies podía ser de tipo sigmoide; sin embargo, el exponente encontrado en ambos modelos, es muy cercano a 1; lo que indica que la curva no es una sigmoide.

Para explicar la curva que se presenta en la relación de ambas especies (figura 11), se puede pensar que en un principio la relación es directamente proporcional, puesto que sólo depende de

TABLA 9

AÑO	M	MJest	MAest
1983	2.81	2.81	2.66
1984	2.42	2.49	2.62
1985	2.84	2.96	2.93
1987	3.31	2.88	2.92
1988	2.01	2.23	2.23

M=índice de mortalidad en base al modelo de Rikther y Efanov (1976), MJest=índices obtenidos con la ecuación 35 (tomando en cuenta la abundancia de *E.morio* juvenil), MAest=obtenidos de la ecuación 36 (tomando en cuenta la abundancia de *E.morio* adulto). En la prueba de ji-cuadrada para los valores estimados se encontró que no hay diferencia significativa entre las variables.

la cantidad de encuentros entre el mero y el pulpo; al aumentar la cantidad de depredadores, aumenta el número de encuentros entre las dos especies. Al llegar a cierta abundancia el mero (Km), el incremento en la mortalidad natural del pulpo aminora, quizá porque la población de la presa disminuye en base a los encuentros; ésto ocasiona que el número de encuentros entre ambas especies sea menos frecuente y con ello el índice de mortalidad natural se reduzca. Además, *E.morio* es un depredador facultativo, y si se va reduciendo la cantidad del *O.maya* puede ser más fácil conseguir otro tipo de presas, como cangrejos o peces que encontrar y perseguir los cada vez menos pulpos.

Mortalidad natural mensual de *O.maya*

Utilizando los datos ponderados de F a nivel mensual, y datos mensuales de Zml se obtuvieron los índices de mortalidad natural del pulpo, en base a la ecuación (16), (tabla 5). Aquí se puede observar que existen variaciones en los índices de mortalidad natural, desde 0.59 en agosto de 1986, hasta el más alto que fue 4.84 durante septiembre de 1983.

Existen diferencias significativas en algunos índices mensuales de mortalidad natural del pulpo; valores que van desde 4.83 en septiembre de 1983 hasta 0.54 para diciembre del mismo año (tabla 3), hacen pensar que las variaciones mensuales del pulpo en cuanto a mortalidad natural es muy grande, esto puede deberse a una marcada estacionalidad a lo largo del año, puesto que en algunos meses aumenta drásticamente la mortalidad de la madre por cuidado parental, mientras que en otros meses comienza la agregación para la reproducción y el reclutamiento, influenciados ambos por procesos por la variabilidad del ambiente.

Con base en los índices de mortalidad natural mensual, obtenidos a partir de la ecuación (19), se realizaron regresiones lineales entre éstos y la abundancia mensual de mero. En éstos, sólo se realizó la prueba de correlación y en ninguna relación fué significativa en las pruebas estadísticas (tabla 10). Destacando que los índices de correlación no son significativos puesto que la relación con el índice más alto apenas llega a explicar el 8% de la variabilidad en M.

El hecho de no haber encontrado alguna relación significativa cuando las relaciones se hicieron a nivel mensual con la mortalidad natural del pulpo (tabla 10), indican que es probable que existan sesgos debido a las limitaciones de los métodos para estimar el índice de mortalidad que distorsionan el reflejo de la relación entre ambas especies; esto también puede confirmar lo explicado en el párrafo anterior, dándole un peso fuerte en los índices de mortalidad de *O. maya* a nivel mensual, a causas como la estacionalidad a la que se ven sometidos los pulpos y los factores que se atribuyen a ésta, como son las temporadas de agregación para la reproducción, el cuidado parental de las madres ó los cambios de temperatura.

TABLA 10

Regresiones mensuales lineales de mortalidad natural contra la abundancia del mero

ECUACIONES		PRUEBAS ESTADISTICAS	
A		d. s.	r
M	= 0.27 + (0.000001P)	0.11	0.001
M	= -0.36 + (0.020P)	0.11	0.001
M	= 0.21 + (0.0002P(t+1))	0.10	0.002
M	= -2.56 + Ln(0.189P(t+1))	0.54	0.004
LnM	= -1.29 + (0.000001P)	0.55	0.002
LnM	= -0.58 + Ln(0.0.2P)	0.55	0.004
LnM	= -1.69 + (0.0005P(t+1))	0.56	0.001
LnM	= 0.03 + Ln(0.43P(t+1))	0.10	0.02
B			
M	= -0.06 + (0.84P)	0.55	0.001
M	= -0.78 + Ln(-1.3P)	0.55	0.022
M	= 0.191 + (0.0002P(t+1))	0.10	0.098
M	= -0.04 + Ln(0.053P(t+1))	0.09	0.103
LnM	= 0.43 + (-0.102P)	0.10	0.009
LnM	= 0.34 + Ln(0.164P)	0.10	0.009
LnM	= -1.69 + (0.0006P(t+1))	0.56	0.022
LnM	= -2.77 + Ln(0.23P(t+1))	0.55	0.067

M=índice de mortalidad natural, P=Abundancia de mero, d. s.=Desviación estándar, r=prueba de correlación, A=Relaciones con abundancia de mero total, B=Relaciones con abundancia de mero

La interdependencia entre ambas especies

Las relaciones entre la abundancia de mero, y las mortalidades del pulpo en los diferentes niveles, da la pauta para entender la dinámica de la mortalidad y abundancia del pulpo *O.maya* y su relación con la abundancia de *E.morio*. Por un lado, en las relaciones de mortalidad total del pulpo, no se puede observar con claridad una relación directa entre el depredador y su presa puesto que existe la sombra del esfuerzo de pesca, que es el principal causante de la variación poblacional de *O.maya*. En segundo término, tenemos que la relación de mortalidad natural de *O.maya* a nivel mensual con el depredador, también se encuentra enmascarada, puesto que las variaciones estacionales afectan de manera primordial la abundancia del pulpo; por lo que sería importante para este caso, si se quiere encontrar la relación a

este nivel entre ambas especies, encontrar las variables ambientales que afectan la abundancia de la presa. Finalmente, se puede observar una relación entre ambas especies cuando se realizan las regresiones con la mortalidad natural del pulpo a nivel anual; en este caso, no existe un enmascaramiento de las variaciones estacionales, por lo que se puede observar mejor una relación sin tantas sombras entre el depredador y su presa.

Hay que tomar en cuenta, que los datos que se tienen están sesgados a una sola época del año, por lo que hay que tomar los resultados con precaución. Se puede observar que la principal causa de mortalidad el pulpo *O.maya* durante los meses de agosto a diciembre es la pesca, por lo que la principal variante de biomasa del pulpo es ésta misma, este es un factor importante cuando se observan los resultados de la relación interespecifica entre un predador *E.morio* y su presa *O.maya*. También es necesario advertir, que, *E.morio* es un depredador facultativo, por lo que es posible que no le afecte de manera significativa las diferencias de abundancias del pulpo (Arreguín-Sánchez, 1992); sin embargo, el depredador más importante del pulpo es el mero, por lo que es muy posible que al pulpo si le afecte la abundancia de este depredador.

Arreguín-Sánchez (en prensa), sugiere que existen dos épocas del año en las cuales el pulpo se reproduce, por las cuales existen dos subgeneraciones de *O.maya*; la primera, producto de un periodo de reproducción en los meses de febrero-marzo, se agrega para reproducirse a finales de año, y la segunda, que es producto de la primera generación que llega a su estado adulto a principios de año. Es en base a la primera subgeneración a la que está avocado este estudio, puesto que es la subgeneración que está sujeta a la explotación pesquera; sin embargo, es necesario realizar más estudios a lo largo de todo el año, puesto que del éxito de reproducción de la segunda subgeneración depende el tamaño poblacional de la población explotada.

Con los datos obtenidos hasta el momento, el modelo propuesto pretende explicar que la relación entre las especies, no es

necesariamente lineal; la relación que mejor describe esta interdependencia es una curva, que refleja que mientras existan bajas cantidades de mero, la mortalidad del pulpo presenta una relación casi directamente proporcional con su depredador; sin embargo, al aumentar en grandes cantidades la abundancia de mero, el incremento de la mortalidad natural de *O. maya* decrece.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

CONCLUSIONES

Los resultados de las diferentes tablas, así como el conocimiento de la biología de ambas especies nos llevan a las siguientes conclusiones:

1. El índice de mortalidad natural del pulpo *O. maya* varió a lo de 1983 a 1989, entre 2.01 y 3.31 según el modelo de Rikther y Efanov, por lo que se aprecia una variación significativa, mientras que, como los índices de mortalidad total en donde la diferencia varía de 4.072 a 8.668 en los índices obtenidos por curvas de captura.

2. La diferencia entre los índices de mortalidad natural de los diferentes modelos no es muy grande a excepción del modelo de Caddy, lo que hace suponer que no debe de existir una diferencia importante en los modelos en este caso en específico.

3. La causa principal de variación de la abundancia de la población del pulpo *O. maya* se debe a la explotación pesquera que se hace en la Península de Yucatán durante los meses de agosto a diciembre. Este índice es el que influye de manera primordial en la dinámica de la población del pulpo.

4. Para entender la relación existente entre *O. maya* y *E. morio* en un contexto de presa-depredador en periodos interanuales, se necesita desligar los factores que afectan a la variación de la población del primero; como son el esfuerzo de pesca, y las variaciones estacionales.

5. La relación entre la abundancia del mero *E. morio* y los índices de mortalidad natural de *O. maya*, se presenta de manera no lineal. En donde, a bajas densidades poblacionales del mero la relación es directamente proporcional, mientras que para grandes densidades poblacionales de *E. morio* el incremento en los índices de

mortalidad natural de *O.maya* disminuye como consecuencia de la reducción en la disponibilidad de la presa.

6. El índice de la mortalidad natural anual de *O.maya* por otras causas distintas a la depredación del mero, se encuentra en un valor aproximado al 1.6, según el modelo propuesto.

7. La abundancia de *E.morio* juvenil con retraso de tiempo, afecta a la mortalidad natural de *O.maya*.; mientras que esta última presenta una relación estadísticamente significativa con la abundancia total de mero sin desfaseamiento en el tiempo.

8. La relación entre ambos presenta un punto máximo de mortalidad natural del pulpo, la cual no aumentará más con las abundancias máximas de mero, siempre y cuando las mortalidades por otras causas se mantengan constantes.

BIBLIOGRAFIA

- Amaratunga T. (1983) The Role of Cephalopods in the Marine Ecosystem. In Caddy J. F. Advances in Assessment of World Cephalopod Resources. FAO. Fish Tech. Pap. (231):379-415p.
- Arreguín-Sánchez F. (1987a) (ms) Tiempos de recuperación de la pesquería del pulpo (*Octopus maya*). Presentado en el I Simposum Cuba-Mar de ciencias Marinas. 11-14 Jun 1987 8p.
- Arreguín-Sánchez F. (1987b) Manual de técnicas para la evaluación de recursos pesqueros. Doc. Int. CINESTAV Unidad Mérida.
- Arreguín-Sánchez F. (1992) Growth and Seasonal Recruitment of the *Octopus maya* From the Campeche Bank, Caught by the Artisanal Fleet. Naga, Philippines (en prensa).
- Arreguín-Sánchez F., M. Solís, J. Sánchez, E. Valero y M.A. González (1992) Age and Growth Study of the *Octopus maya* from the Continental Shelf of Yucatan, México. (en prensa).
- Blanco W., R. Valdés y A. Pérez (1980) Evaluación de la pesquería de la Cherna Americana (*Epinephelus morio*) Perciformes Serranidae en el Banco de Campeche. Rev. Cub Inv. Pesq. 5(1):38-45.
- Caddy J.F. y G.D. Sharp (1986) An Ecological Framework From Marine Fishery Investigations. FAO, Roma.
- Caddy J.F. (1983) The Cephalopods: Factors Relevant to Their Population Dynamics and to the Assessment and Management of Stocks. In Caddy J. F. Advances in Assessment of World Cephalopod Resources. FAO. Fish Tech. Pap. (231):416-452p.
- Caddy J.F. (1990) Modelling Natural Mortality with Age Inshort Lived Invertebrate Populations FAO Rome.
- Colinvaux P. (1980) Introducción a la ecología. Ed. Limusa México 679p.
- Coshran W.G. (1971) Métodos estadísticos comparados. Ed. Continental, México.
- Crowe E., F. Davis y M. Maxfield. (1960) Statics Manual. Dover Publication. N.Y.
- Cushing D.H. (1983) Key Papers on Fish Populations. IRL Press, Great Britain.
- Cushing D.H. (1983) Ecología marina y pesquerías. Ed. Acrib, España
- Daniel W.W. (1984) Bioestadística. Ed Limusa, México.
- Díaz de León C.A. (1989) Modelo de optimización no lineal con criterios múltiples aplicado al manejo y control de una pesquería

tropical: el caso del pulpo (*Octopus maya*) de la Plataforma Continental de Yucatan. Tesis de Maestría CINVESTAV Unidad Mérida.

Díaz de León (1988) Análisis de la pesquería de pulpo *Octopus maya* del Banco de Campeche. Inf. Int CINVESTAV Unidad Mérida, México.

Doi T., D.Mendizabal y M.Contreras (1981) análisis preliminar de la población de mero (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche Ciencia Pesquera Ins. Nal. Pesca. Depto Pesca México. 1 (1):1-15.

FAO Species Catalogue (1989) Vol 3 Cephalopods of the World N 125. FAO Rome.

Fajér E., R. Valdes y M.Barrera (1979) Algunos parásitos encontrados en la Cherna Americana. Rev. Cub. Inv. Pesq.4(4) 43-55.

Forsythe J. (1981) Principales consideraciones en el cultivo de pulpos en laboratorio. In Simposio sobre Investigaciones de Pulpos y Calamares, Secretaría de Pesca Crip Yucaltepen Ed. 1987 25-46p.

Forsythe J.W. y W.F.Van Heukelem (1987) Growth. In: P.R. Boyle (ed.). Cephalopod Life Cycles. 2: 135-156.

Frias Ma. (1982) Distribución larvaria de la Cherna Americana *Epinephelus morio* (Valencianes, 1928) (Pisces: Serranidae) en el Golfo de México. Rev. Cub. Inv. Pesq. 7(4):26-39.

García C. y Ma. E. de León (1980) Característica pesqueras del Banco de Campeche. Rev. Cub. Inv. Pesq. 5(2) 17-20.

García C. (1980) Caracterización general del Banco de Campeche. Rev. Cub. Inv. Pesq. 5 (2) 1-10

Gaschütz, G., D. Pauly y N.David. (1980) A Verstaile BASIC Program for Fitting Weight and Seasonally Oscillating Length-growing Data. ICES CM 1980/D:6 Statics Cttee. 23 p.

Giese A.C. y J.S.Pearse (1977) Reproduction of Marine Invertebrates. Vol IV Academic Press Inc. N.Y. USA

Gilpin M.E. (1975) Predator-Prey Communities. Princeton University Press. USA

Gulland J.G. (1978) Fish Populations Dynamics. Jon Wiley and Sons India.

Gulland J.G. (1974) The Management of Marine Fisheries. Ed Bristol LTD Great Britain.

Hulet W.H. (1981) Algunos aspectos del uso de cefalópodos en las investigaciones médicas. Presentado en el simposio sobre investigaciones de pulpos y calamares, Secretaría de Pesca. Crip Yucaltepen Ed. en 1987. 8-24p.

- INEGI (1986) Anuario Estadístico del Estado de Yucatán Tomo I.
- INEGI (1991) Anuario Estadístico del Estado de Campeche INEGI y Gob. Edo de Campeche.
- INEGI (1980) Carta Climatológica de La Península de Yucatán.
- INEGI (1983) Carta batimétrica de la Coord. Nal. de Servicio de Estadística y Geografía.
- Jensen A.L. (1990) Limerization with Ordinary Least-Squares Estimation, and Nonlinear Estimation of Mortality Using the Catch Equation. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 46:175-177.
- Koosis D.J. (1980) Elementos de inferencia estadística. Ed. LIMUSA México.
- Langi S. (1990) The Applicability of ELEFAN for Use in Analysis in Three Species of Deepwater Snappers in Tonga (*Etelis coruscans*, *Pristipomides flavipinnis* and *P.filamentosus*) Fam Lutjanidae. *Fishbyte* 7(1):21-25.
- Lipinski M. y M.Roeleveld (1990) Minor Extension of the Von Bertalanffy Growth Theory. *Fisheries Research* 7:367-371.
- Longley, W.H. y S.F.Hildebrand (1941) Systematic Catalogue of the Fishes of Tortugas, Florida, with Observations on Color, Habits and Local Distribution. Carnegie Inst. Wash. Publ 535. Pap. Tortugas Lab. 34 pp.1-331.
- Maldonado M.T. (1990) Datos Preliminares sobre la reproducción del mero *E. morio* (Pisces Serranidae) del Banco de Campeche México. Informe Interno de Especialidad del CINVESTAV.
- Moe.M.A. (1969) Biology of the red grouper *Epinephelus morio* (Valenciennes) from the eastern Gulf of Mexico. Fla. Dep. Nat. Res. Prof. Pap. Ser. 10:95p.
- Morris J. (1987) Fisicoquímica para biólogos Ed. Reverté. Barcelona.
- Parrish J.D. (1989) The Trophic Biology of Snappers and Groupers In: Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management (J.J. Pelovina and S.Balston, Eds), Westview Press; Boulder, Colorado. pp.405-463
- Pauly D. (1983) Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Roma.
- Pauly D. (1984) Fish Populations Dynamics in Tropical Waters A Manual for Use with Programmable Calculator. ICLARM, Manila Filipinas 325 pp.
- Pitcher T.J, yP.J. Hart (1982) Fisheries Ecology. AVI Publishing Co. Great Britain.
- Ricker W.E. (1975) Computation and Interpretation of Biological

Statics of Fish Population. Dept. of Enviornment Fisheries and Marine Service Bulletin. Ottawa Canada 191p.

Rodriguez C.L. (1990) Hábitos alimenticios de juveniles de mero *Epinephelus morio* del Banco de Campeche. Inf. Int. CINVESTAV unidad Merida.

Seijo J.C. and D.E.Chapelle (1988) (ms). Bioeconomic Simulation of Tropical Fisheries. Draft. 20p.

Solis R.M.J. (1967) Aspectos biológicos del pulpo *Octopus maya* Voss y Solis. Publi. Nal. Inv. Biol. Pesq. M xico 18:1-90.

Solis R.M.J. y E.A.Chávez (1986) Evaluacion y régimen óptimo de pesca del pulpo en la península de Yucatán. Anales del Inst. Cien. Mar y Limn. UNAM. 13(3):1-18.

Solis R. M. (1981) Situacion actual de las investigaciones del pulpo y calamar en el Golfo de Mexico. Presentado en el Simposio sobre investigaciones de pulpos y calamares, Secretaría de Pesca. Crip Yucaltepen Ed. en 1987 57-60p.

Sparre P., E.Ursin and S. Venema (1989) Introduction to Tropical Fish Stock Assessment Part.1 Manual. FAO Rome.337p.

Sparre P. (1990) Can We use Traditional Length-Based Fish Stock Assessment When Growth Is Seasonal? Marine Resources Division FAO Rome Italy pags 29-32.

Spiegel M. (1961) Theory and Problems of Statistics. Schaum Ed. Mc.Graw-Hill USA.

Steele J.H. (1977) Fisheries Mathematics. Academic Press. Great Britain.

Tait (1981) Elements of Marine Ec"logy. Boston, USA

Tiroba G. (1990) Preliminary Account of the Populations Dynamics of *Stolephorus Devisi* (Engraulidae) at Munda Baitgroun, Solomon Islands. Fishbyte 8(3):26-27.

Valdes E. y G.Padron (1980) Pesquerías de palangre en el Banco de Campeche Rev. Cub. de Inv. Pesq. 5:(2) 38-49.

Voss G. y M.Solis (1966) *Octopus maya*, a new species from the bay of Campeche, México. Bul. Mars. Sci. Vol 16(3): 615-625.

Voss G. (1981) Porblemas de la pesca de los Cefalopodos. Presentado en el Simposio sobre Investigaciones de Pulpos y Calamares, Secretaría de Pesca. Crip Yucaltepen Ed 1987, 47-55p.

Wells M.J. (1978) *Octopus*. ed.Chapman and Hall London 417p.

AGRADECIMIENTOS

Al M. en C. Francisco Arreguín-Sánchez por su apoyo y dirección durante el desarrollo del trabajo de tesis.

A la Sección de Pesquerías del CINVESTAV Mérida, IPN por todas las facilidades prestadas.

Al Programa EPOMEX Campeche, por permitirme hacer uso de sus instalaciones.

Al M. en C. Alberto Sánchez Martínez, Dr. Carlos García Moreyra, M. en C. Juan Madrid Vera y Mat. Alberto Aldama Garisoain, miembros del jurado, por su discusión y comentarios del trabajo escrito de tesis.

A los Tiburcios por la colecta de los datos utilizados en esta tesis.

A la Lic. Ana Estela Lozano, hospedaje durante mi estancia en Mérida, Yuc.

A Javier Solís y Julio Sánchez por su apoyo y consejos.

A Pedro Miramontes por la discusión de los modelos matemáticos utilizados en este trabajo.

A la Familia Zambrano González, y en especial a mis padres, por el apoyo tanto económico como moral que siempre me han brindado.

A mis amigos de Mérida, particularmente a Elizabeth, Lalo, Eloy, Claudia y Rosa, por echarme siempre una mano.

A mis cuates en la capital, en especial a Oscar, Eduardo, León, Marco, Diego, Cynthia y Mónica, por apoyarme siempre que los necesito.