
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS



**CICLO VITAL Y PESCA DEL PULPO *Octopus hubbsorum*
BERRY 1953 (CEPHALOPODA : OCTOPODIDAE) EN LA COSTA
DE JALISCO, MÉXICO**

por

Ernesto López Uriarte

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de

**DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(ÁREA ECOLOGÍA)**

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JALISCO

MAYO DE 2006

**Ciclo vital y pesca del pulpo *Octopus hubbsorum* Berry 1953
(Cephalopoda: Octopodidae) en la costa de Jalisco, México**

Por

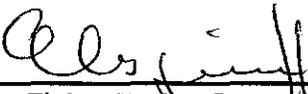
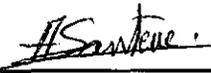
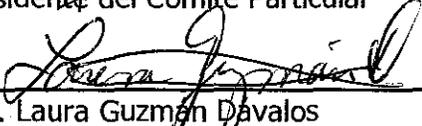
Ernesto López Uriarte

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(ÁREA DE ECOLOGÍA)

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
MAYO DE 2006

Aprobada por:

 Dra. Elaine Espino Barr Asesora del Comité Particular	<u>11 mayo 06</u> Fecha
 Dr. José Luis Gómez Márquez Asesor del Comité Particular	<u>15 Mayo /06</u> Fecha
 Dra. Anne Santerre Lucas Sinodal del Comité Particular	<u>11 Mayo 2006</u> Fecha
 Dr. Ramón Reynoso Orozco Sinodal del Comité Particular	<u>11 mayo 2006</u> Fecha
 Dr. Eduardo Ríos Lara Presidente del Comité Particular	<u>11 mayo 2006</u> Fecha
 Dra. Laura Guzmán Davalos Presidente del Comité Académico del Posgrado	<u>16 mayo 2006</u> Fecha

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Posgrado en Ciencias Biológicas
Orientación en Ecología

Dr. Eduardo Ríos Jara
Director de Tesis
Departamento de Ecología
CUCBA-Universidad de Guadalajara

Dra. Elaine Espino Barr
Asesora Externa
Centro Regional de Investigaciones Pesqueras-INP
Manzanillo, Colima

Dr. José Luis Gómez Márquez
Asesor Externo
FES-Zaragoza-UNAM
México, D.F.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara por darme la oportunidad de seguir con mi formación académica.

A los pescadores del litoral del Pacífico mexicano y en especial a los campamentos de Careyes, Punta Pérula y Chamela en la costa de Jalisco.

A mi director de tesis, Dr. Eduardo Ríos Jara por alentar el desarrollo de este trabajo e impulsar a terminar lo que parecía imposible.

A los asesores Dra. Elaine Espino Barr y Dr. José Luis Gómez Márquez por sus acertados comentarios y sugerencias que mejoraron sustancialmente el trabajo.

A los sinodales del comité particular Dra. Anne Santerre, Dr. Ramón Reynoso y Dr. Manuel Guzmán agradezco enormemente su participación.

De manera especial agradecer Martín Pérez Peña, Eduardo Juárez Carrillo, Ildefonso Enciso Padilla, Guadalupe Robles, Mónica E. González Rodríguez, Arturo Nuño, compañeros del Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura (LEMA) del CUCBA, Universidad de Guadalajara.

Quiero externar un especial agradecimiento a los alumnos voluntarios, de servicio social y tesis del LEMA que directa o indirectamente participaron en nuestras salidas de campo y en el trabajo de laboratorio Karla Ríos, Ángeles Esquivel, Erika Plascencia, Julio Lórda, Rodrigo Beas, Claudia Silva, Ruth Ochoa, Minerva, Diana, Daniela, José Carlos Avalos, José Luis. También agradecer el apoyo económico como logístico del proyecto de investigación del programa SIMORELOS-CONACyT y de la Universidad de Guadalajara.

Al Instituto Nacional de la Pesca y Delegaciones Estatales de SAGARPA.

INDICE

	Página
ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
<i>Reproducción</i>	6
<i>Crecimiento</i>	8
<i>Alimentación</i>	11
<i>Pesca del Pulpo en México</i>	13
OBJETIVO GENERAL.....	15
ANTECEDENTES.....	16
ÁREA DE ESTUDIO.....	18
<i>Clima y vegetación terrestre</i>	19
<i>Geología</i>	20
<i>Características Oceanográficas del Pacífico central mexicano</i>	21
<i>Mareas</i>	23
<i>Temperatura superficial del Pacífico central mexicano</i>	24
<i>Productividad Primaria</i>	25
<i>Área geográfica de captura de pulpo de campamentos pesqueros</i>	26
RANGE EXTENSION FOR <i>Octopus hubbsorum</i> BERRY 1953 (MOLLUSCA: OCTOPODIDAE) IN THE MEXICAN PACIFIC.....	28
REPRODUCCIÓN.....	35
<i>Introducción</i>	35
<i>Objetivos</i>	38
<i>Materiales y Métodos</i>	39
<i>Resultados</i>	44
<i>Discusión</i>	57
RELACIONES MORFOMÉTRICAS.....	62
<i>Relación largo total-largo dorsal manto</i>	62

<i>Relación peso total-largo dorsal de manto.....</i>	64
<i>Discusión.....</i>	72
EDAD Y CRECIMIENTO.....	74
<i>Introducción.....</i>	74
<i>Objetivos:.....</i>	77
<i>Materiales y Métodos.....</i>	78
<i>Resultados.....</i>	84
<i>Discusión.....</i>	110
ALIMENTACIÓN.....	119
<i>Introducción.....</i>	119
<i>Objetivo.....</i>	121
<i>Materiales y Métodos.....</i>	121
<i>Resultados.....</i>	126
<i>Discusión.....</i>	146
PESCA.....	152
<i>Introducción.....</i>	152
<i>Objetivo.....</i>	155
<i>Materiales y Métodos.....</i>	156
<i>Resultados.....</i>	159
<i>Discusión.....</i>	174
BIBLIOGRAFIA.....	179

Índice de figuras

- Figura 1. Mapa de la línea de costa del Pacífico central mexicano (sur de Nayarit, Jalisco, Colima y norte de Michoacán), mostrando las bahías mas importantes.
- Figura 2. Batimetría del Pacífico central mexicano (tomado de De la Lanza, 1991)
- Figura 3. Patrón de corrientes superficiales que inciden en la costa del Pacífico mexicano (tomado de De la Lanza, 1991)
- Figura 4. Circulación de corrientes superficiales en el Pacífico Oriental Tropical (Cromwell y Bennett, 1969; tomado de De la Lanza, 1991)
- Figura 5. Área de captura de pulpo de tres campamentos pesqueros de la costa de Jalisco.
- Figura 6. Ajuste a la curva de talla de primera madurez en largo dorsal del manto (LDM) en hembras y machos de *Octopus hubbsorum* en la costa de Jalisco durante el periodo de estudio.
- Figura 7. Ajuste a la curva de largo total de primera madurez en hembras y machos de *Octopus hubbsorum* en la costa de Jalisco durante el periodo de estudio.
- Figura 8. Ajuste a la curva de peso de primera madurez en hembras y machos de *Octopus hubbsorum* en la costa de Jalisco durante el periodo de estudio.
- Figura 9. Variación mensual de los estadios de madurez III, IV y V en hembras. El estadio III indica hembras madurando, IV maduras y V desovando y/o desovadas.
- Figura 10. Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) e índice de condición (IGD) en machos.
- Figura 11. Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) e índice de condición (IGD) en hembras.
- Figura 12. Relación entre el peso eviscerado y el número de ovocitos en hembras maduras.
- Figura 13. Relación entre el peso del ovario y el número de ovocitos en hembras maduras.
- Figura 14. Relación del peso eviscerado y el número de espermátóforos en machos maduros.
- Figura 15. Relación entre el peso del saco espermatóférico y el número de espermátóforos en machos maduros.

- Figura 16. Relación entre el peso del testículo y el número de espermatozoides en machos maduros.
- Figura 17. Variación del número de espermatozoides promedio durante el ciclo anual. Cálido húmeda (CH), cálido-seca (CS) y templado-seca (TS). La línea vertical indica la desviación estándar (\pm).
- Figura 18. Relación entre las variables de talla largo total-largo dorsal de manto para *O. hubbsorum*.
- Figura 19. Diagrama de dispersión del peso total-largo dorsal de manto para hembras y machos.
- Figura 20. Curva de ajuste de la relación del peso total-largo dorsal de manto para ambos sexos.
- Figura 21. Curva de ajuste de la relación del peso total-largo dorsal de manto para hembras.
- Figura 22. Curva de ajuste de la relación del peso total-largo dorsal de manto para machos.
- Figura 23. Aparato mandibular de *O. hubbsorum*, la mandíbula superior se indica a la izquierda y la inferior a la derecha.
- Figura 24. Vista de la pared lateral interior de la mandíbula superior de *Octopus hubbsorum* en corte sagital, utilizada en la lectura de líneas o incrementos.
- Figura 25. Comportamiento de los valores promedio del largo dorsal del manto (LDM) en la población total para los 22 meses de muestreo (1998, 1999 y 2000) en la costa de Jalisco.
- Figura 26. Comportamiento de los valores promedio del peso total (PT) para la población total en los 22 meses de muestreo (1998, 1999 y 2000) en la costa de Jalisco.
- Figura 27. Comportamiento de los valores promedio del largo dorsal del manto (LDM) en hembras para los 22 meses de muestreo (1998, 1999 y 2000) en la costa de Jalisco.
- Figura 28. Comportamiento de los valores promedio del largo dorsal del manto (LDM) en machos para los 22 meses de muestreo (1998, 1999 y 2000) en la costa de Jalisco. Los círculos indican valores extremos.
- Figura 29. Comportamiento de los valores promedio del peso total (PT) en hembras para los 22 meses de muestreo (1998, 1999 y 2000) en la costa de Jalisco.
- Figura 30. Comportamiento de los valores promedio del peso total (PT) en machos para los 22 meses de muestreo (1998, 1999 y 2000) en la costa de Jalisco.

- Figura 31. Distribución de frecuencias de largo dorsal de manto en hembras 1999-2000.
- Figura 32. Distribución de frecuencias de largo dorsal de manto en machos 1999-2000.
- Figura 33. Curva de ajuste del modelo de crecimiento en talla según la ecuación de Gompertz para toda la población.
- Figura 34. Curva de ajuste del modelo de crecimiento en talla según la ecuación de Gompertz en hembras.
- Figura 35. Curva de ajuste del modelo de crecimiento en talla según la ecuación de Gompertz en machos.
- Figura 36. Curva de ajuste del modelo de crecimiento en peso según la ecuación de Gompertz para toda la población.
- Figura 37. Representación del crecimiento de las cohortes identificadas (de la A – l) en hembras mediante la progresión de modas. Las cohortes A1 y C1 convergen en la cohorte principal.
- Figura 38. Representación del crecimiento de las cohortes identificadas (de la J – P) en machos mediante la progresión de modas.
- Figura 39. Distribución de frecuencia de talla en longitud dorsal de manto (LDM) de los pulpos analizados en tracto digestivo por estadio de madurez en la costa de Jalisco, México. Hembras corresponde al gráfico A y B a los machos.
- Figura 39. Distribución de frecuencia de talla en longitud dorsal de manto (LDM) de hembras analizadas por estadio de madurez en la costa de Jalisco, México.
- Figura 40. Distribución de frecuencia de talla en longitud dorsal de manto (LDM) en machos analizados de por estadio de madurez en la costa de Jalisco, México.
- Figura 41. Proporción del grado de llenado según su talla e índice de repleción, en ambos sexos. Se indica en v = estómagos vacíos, cv = casi vacíos, mll = medio lleno y ll = estómago lleno.
- Figura 42. Proporción del grado de llenado según su talla e índice de repleción, en hembras (a) y machos (b). Se indica en v = estómagos vacíos, cv = casi vacíos, mll = medio lleno y ll = estómago lleno.
- Figura 43. Comportamiento del índice de vacuidad por sexos y estadio de madurez. La línea continua y círculos rellenos representa a las hembras y la línea punteada y cuadros vacíos representa los machos.

- Figura 44. Proporción de estómagos vacíos en ambos sexos en las tres condiciones océano atmósfera. La condición cálido-húmeda se indica en la cuadrícula, cálido-seca el área punteada y la condición templado seca el área vacía.
- Figura 45. Variación en la frecuencia promedio y máximos y mínimos de los tipos de presa en intervalos de 5 mm de LDM.
- Figura 46. Variación del número de presas (barras) y su promedio (circulo negro) por intervalos de 5 mm de longitud dorsal de manto (mm) en el pulpo de Hubbs's. Se indica en línea vertical la $\pm d.s.$
- Figura 47. Variaciones en la frecuencia de ocurrencia de los cinco principales tipos de presa en intervalos de 5 mm de LDM. Se indica en área clara los crustáceos, línea diagonal moluscos, enladrillado cefalópodos, peces ondulado y en líneas cortas diagonales el grupo "otros".
- Figura 48. Variaciones en el peso de los cinco principales tipos de presa en intervalos de 5 mm de LDM. Se indica en área clara los crustáceos, línea diagonal moluscos, enladrillado cefalópodos, peces ondulado y en líneas cortas diagonales el grupo "otros".
- Figura 49. Variaciones en el número de los cinco principales tipos de presa en intervalos de 5 mm de LDM. Se indica en área clara los crustáceos, línea diagonal moluscos, enladrillado cefalópodos, peces ondulado y en líneas cortas diagonales el grupo "otros".
- Figura 50. Variación estacional del índice de ocurrencia, índice de importancia en peso e índice de importancia en número para los cinco tipos de presa consumidos por hembras y machos totales de *Octopus hubbsorum* en la costa de Jalisco, durante el periodo de estudio (1999-2000). Crustáceos se indica en barra sin figura; moluscos (gasterópodo y bivalvos) en barra punteada; cefalópodos en línea horizontal; peces en línea vertical y el grupo "otros" en cuadrículado.
- Figura 51. Porcentaje de captura de pulpo para los estados del Pacífico mexicano de 1984 a 2001.
- Figura 52. Captura total (tm) y variación en el número de cooperativas con permiso (línea continua y rombos) de pesca de pulpo en la costa de Jalisco de 1981 a 2001. (Fuente: Anuarios Estadísticos de Pesca, SEPESCA 1981 A 1993 SEMARNAP 1994-2000; SAGARPA, 2001-2002).
- Figura 53. Relación volumen de captura (tm) y número de cooperativas (esfuerzo de pesca) en la serie histórica de 1981 a 2001 de pulpo en la costa de Jalisco. Se indica la línea de ajuste y los límites de confianza (las dos líneas exteriores).

Figura 54. Variación anual de la captura por unidad de esfuerzo de pulpo en las dos últimas décadas en la costa de Jalisco.

Figura 55. Variación del volumen de captura (tm) durante dos décadas (1981-2001) del recurso pulpo *O. hubbsorum* en la costa de Jalisco.

Figura 57. Volumen de captura promedio (\pm d.s.) mensual de pulpo entre 1992 y 2001 por región de pesca en la costa de Jalisco. La región sur se indica con barras y líneas horizontales y la región norte solo barras.

Índice de cuadros

- Cuadro 1. Proporción sexual mensual de *Octopus hubbsorum* de mayo a agosto 1998 y mayo 1999 a octubre 2000 en la costa de Jalisco, México
- Cuadro 2. Proporción de sexos por grupos de pesos observados en *Octopus hubbsorum* en la muestra total del periodo de estudio. Se presentan los niveles de significancia estadística (Prueba de X^2). ns= diferencia no significativa. *: diferencia significativa ($P < 0.05$)
- Cuadro 3. Regresión para el logaritmo del largo total-largo dorsal de manto considerando ambos sexos. Modelo no lineal.
- Cuadro 4. Regresión para el largo total-largo dorsal de manto considerando ambos sexos. Modelo lineal.
- Cuadro 5. Coeficiente de correlación entre los caracteres morfológicos en ambos sexos. Peso total (PT), LDM largo dorsal de manto y LT largo total.
- Cuadro 6. Análisis de covarianza para el largo total-largo dorsal de manto considerando al sexo.
- Cuadro 7. Modelos alternativos de comparación entre peso total y largo dorsal del manto de la población total (hembras y machos).
- Cuadro 8. Análisis de covarianza para peso total-largo dorsal manto considerando al sexo.
- Cuadro 9. Regresión para el peso total y el largo dorsal de manto considerando a la población total.
- Cuadro 10. Regresión para el peso total y el largo dorsal de manto considerando a las hembras.
- Cuadro 11. Regresión para el peso total y el largo dorsal de manto considerando a los machos.
- Cuadro 12. Resumen de las relaciones halladas entre las tallas (LT, LDM) y peso total (PT) global (mayo a agosto de 1998 y de mayo de 1999 a octubre de 2000) y mensual de mayo de 1999 a octubre de 2000. Se indica en n= número de observaciones, x= variable independiente, y= variable dependiente, a= ordenada al origen, b= pendiente, r^2 = coeficiente de determinación.
- Cuadro 13. Valor medio, máximo (Máx), mínimo (Mín), desviación estándar (d.s.), número de individuos (N) y moda de *Octopus hubbsorum* en la muestra total durante el periodo de mayo a agosto de 1998 y de mayo 1999 a octubre 2000 en la costa de Jalisco, México.

- Cuadro 14. Clave Talla-Edad (LDM) y Peso-Edad (PT) para la población total a partir de los incrementos en estructuras mandibulares (picos) de *O. hubbsorum*.
- Cuadro 15. Clave Talla-Edad (LDM) y Peso-Edad (PT) para hembras a partir de los incrementos en mandíbulas (picos) de *O. hubbsorum*.
- Cuadro 16. Clave Talla-Edad (LDM) y Peso-Edad (PT) para machos a partir de los incrementos en mandíbulas (picos) de *O. hubbsorum*.
- Cuadro 17. Resumen de los valores medios de peso y edad (en días) por intervalos de talla (mm) en hembras y machos de *O. hubbsorum*
- Cuadro 18. Resumen de los modelos calculados en la relación talla (LDM) y peso (PT) en la población total.
- Cuadro 19. Valores de la estimación de la función de crecimiento en talla (LDM) para la población total con el modelo de Gompertz.
- Cuadro 20. Valores de la estimación de la función de crecimiento en talla (LDM) para las hembras con el modelo de Gompertz.
- Cuadro 21. Valores de la estimación de la función de crecimiento en talla (LDM) para los machos con el modelo de Gompertz.
- Cuadro 22. Valores de la estimación de la función de crecimiento en peso para la población total con el modelo de Gompertz.
- Cuadro 23. Parámetro de crecimiento de la ecuación de Gompertz, número de lecturas realizadas (n) y clases de edad presentes (N).
- Cuadro 24. Incremento mensual o tasa instantánea de crecimiento en peso (g/mes-% g/día⁻¹) y talla (mm/mes) de *O. hubbsorum* en la población total, hembras y machos.
- Cuadro 25. Identificación de los valores modales (cm) para la población de hembras (?). Se indica en D.S. la desviación estandar y en I.S. el índice de separación.
- Cuadro 26. Identificación de los valores modales para la población de machos (?). Se indica en D.S. la desviación estandar y en I.S. el índice de separación.
- Cuadro 27. Resumen de las tasas de crecimiento calculadas para las cohortes diseñadas. TDCR (L) =Tasa diaria de crecimiento relativo en longitud. G (L) = Tasa instantánea de crecimiento relativo en longitud.
- Cuadro 28. Resumen de los valores del Índice de Repleción en las tres condiciones océano-atmósfera consideradas para la población total y por sexo.

Cuadro 29. Listado de los tipos de presa determinados en contenido estomacal de *Octopus hubbsorum* en la costa de Jalisco, México, de julio de 1999 a agosto de 2000.

Cuadro 30. Valores de índice de importancia en peso (IIP) para los cinco grupos de presa considerados. Se comparan las hembras (H) y machos (M) totales (TO); hembras y machos jóvenes (JUV) (<100 mm LDM); hembras y machos adultos (ADU) (>100 mm LDM); hembras jóvenes y adultas; machos jóvenes y adultos. Se indican los niveles de significancia estadística dentro de cada grupo de presa. ns: no significativo *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$.

Cuadro 31. Valores de índice de importancia en peso (IIP) para los cinco grupos de presa considerados. Se comparan hembras (H) y machos (M) inmaduros (INM); hembras y machos maduros (MAD); hembras inmaduras-maduras-envejecidas (INM-MADU-ENV); machos inmaduros-maduros (INM-MADU). Se indican los niveles de significancia estadística dentro de cada grupo de presa. ns: no significativo *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$.

Cuadro 32. Valores de los índices de importancia en número (IIN) para los cinco grupos de presas considerados. Se comparan hembras (H) y machos (M) totales según el grado de madurez sexual; hembras y machos adultos en talla (>100 mm LDM); hembras y machos inmaduros (INM); hembras inmaduras (INM)-maduras (MAD)-envejecidas (ENV); machos inmaduros (INM)-maduros (MAD). Se indican los niveles de significancia estadística dentro de cada grupo de presa. ns: no significativo *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$.

Cuadro 33. Número de buzos y embarcaciones (pangas) con compresor de aire registradas en once localidades de la costa de Jalisco durante el presente estudio 1999-2000.

Cuadro 34. Resumen del análisis de varianza (ANDEVA) de la regresión simple entre captura y temperatura superficial promedio para los años 1992 y 2001.

Cuadro 35. Resumen de los diferentes modelos de regresión analizados para determinar relación entre captura y la temperatura superficial promedio ($^{\circ}$ C) durante 1992 a 2001. Se indica el coeficiente de correlación y el porcentaje del coeficiente de determinación (r^2).

Cuadro 36. Días efectivos de pesca, número de viajes por mes y estimación mensual de la CPUE en tres años (1997, 1998 y 1999) de pesca de pulpo en el campamento de Careyes, Jalisco.

RESUMEN

Octopus hubbsorum Berry 1953 es reportada en 24 localidades a lo largo del litoral del Pacífico mexicano. Su distribución previamente reportada en el Golfo de California hasta Jalisco, con el presente trabajo se extiende al sur de Salina Cruz, Oaxaca. De la muestra total capturada de mayo a agosto de 1998 y de mayo de 1999 a octubre de 2000, la proporción de machos fue significativamente mayor que en hembras 1.18 : 1. La talla de primera madurez utilizando el largo dorsal del manto (LDM) se estimó en 115 mm para las hembras, mientras que en machos fue de 58 mm. Para el peso total, las hembras llegan a la primera madurez a los 758 g y, mientras que los machos con 222 g. La madurez sexual mostró variaciones durante el periodo de estudio en ambos sexos, siempre registró una proporción mínima de individuos maduros, listos para la cópula en cualquier época del año. En ambos sexos el aumento máximo de la gónada fue entre los meses de febrero a junio. El potencial reproductivo promedio en hembras de máxima madurez fue de 172,046 huevos por individuo, con un máximo de 424,546 y un mínimo de 62,470 ovocitos. El número de ovocitos por gramo de peso corporal osciló entre 32 y 186. En machos maduros fue de 65,92 espermatozoides por individuo, con un máximo de 158 y un mínimo de 2 espermatozoides. El número de espermatozoides por gramo de peso corporal osciló entre 0.003 y 0.43 espermatozoides/g. Para ambos sexos y en todos los casos la relación entre las variables corporales de peso total y talla (LDM y LT: largo total) el coeficiente de regresión "b" siempre mostró valores menores a 3, indicando un crecimiento alométrico negativo, es decir, este pulpo crece más en longitud que en peso. Las hembras fueron significativamente mayores en peso y talla. Para las hembras, las mayores tallas promedio se registraron de enero a junio de 2000, asociado a la época reproductiva. La distribución de las tallas fue multimodal de manera habitual (bimodal y trimodal), pero se puede observar una distribución unimodal en junio 1999. La clave talla-edad diseñadas a partir de las lecturas de incrementos en picos y la distribución de frecuencia de tallas permitieron estimar una edad cercana al año, nueve meses en hembras, mientras que en machos se estimó una edad de siete meses. Después de probar los modelos logístico, von Bertalanffy, exponencial y sigmoide, la evaluación del crecimiento de esta especie se ajusta mejor a un modelo sigmoide. En talla (LDM), *O. hubbsorum* mostró tasas diarias de crecimiento entre 0.40 y 0.76 mm/día⁻¹ para la población total. Se calcula que puede llegar a vivir alrededor de 15 meses. Se registró un gran elenco de especies presentes en contenidos estomacales a lo largo de un ciclo anual. Alrededor de 50 especies incluídas en siete phylums. Se alimentan principalmente de crustáceos, moluscos y peces, mientras que equinodermos, anélidos poliquetos, y quetognatos formaron parte en menor proporción. Por orden de importancia los crustáceos predominaron en ocurrencia (57 %), peso (46 %) y número (88 %). Los moluscos tuvieron una ocurrencia del 30 %, una participación en peso del 26% y por su número representaron el 8%. El canibalismo fue importante en frecuencia y peso, pero en número aportó solo el 3 %. Los peces teleosteos fueron el tercer grupo taxonómico predominante en tracto digestivo, tuvieron una ocurrencia del 8%, un 24 % por su importancia en peso y solo el 2 % por su importancia en número. Se presentó variaciones en la proporción de los tipos de presa con

respecto al sexo, talla y peso. Los crustáceos fueron preferidos en mayor proporción por los machos, mientras que los moluscos fueron preferidos por las hembras. Los octópodos, como alimento, fueron preferidos por las tallas mayores (adultos) en ambos sexos. Los peces teleósteos fueron preferidos en ambos sexos pero en diferente talla, tuvieron mayor proporción en hembras jóvenes e inmaduras y en machos estuvieron presentes en mayor proporción en individuos adultos maduros. Los crustáceos dominaron en todo momento, con valores arriba del 40% en ambos sexos. Los cuatro tipos de presa restantes tuvieron variaciones en su ocurrencia, peso y número, dependiendo del sexo y época del año. *Octopus hubbsorum* es un octópodo que esta bien representado en el Pacífico mexicano, asociado principalmente al sustrato rocoso y activo depredador del ambiente sublitoral, aunque se ha observado incursionado en el intermareal rocoso. Identificado hasta el momento, como la especie que soporta las capturas desde el centro del Golfo de California hasta el sur de Oaxaca, México. La pesca de pulpo en la costa de Jalisco como en la mayoría de los campamentos pesqueros del litoral del Pacífico mexicano es de tipo artesanal o de subsistencia y se presenta durante todo año. Sin embargo, se incrementa en abril y tienden a disminuir hacia septiembre, registrando los mayores volúmenes en mayo y junio. Con base a los registros de capturas diarias para el campamento de Careyes en tres temporadas de pesca (1997, 1998 y 1999) recuperados de los registros de los pescadores y de los compradores o intermediarios, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) indicó un promedio de 25.51 kg/viaje. Junio es el mes de los tres años que mostró el mayor CPUE.

INTRODUCCIÓN GENERAL

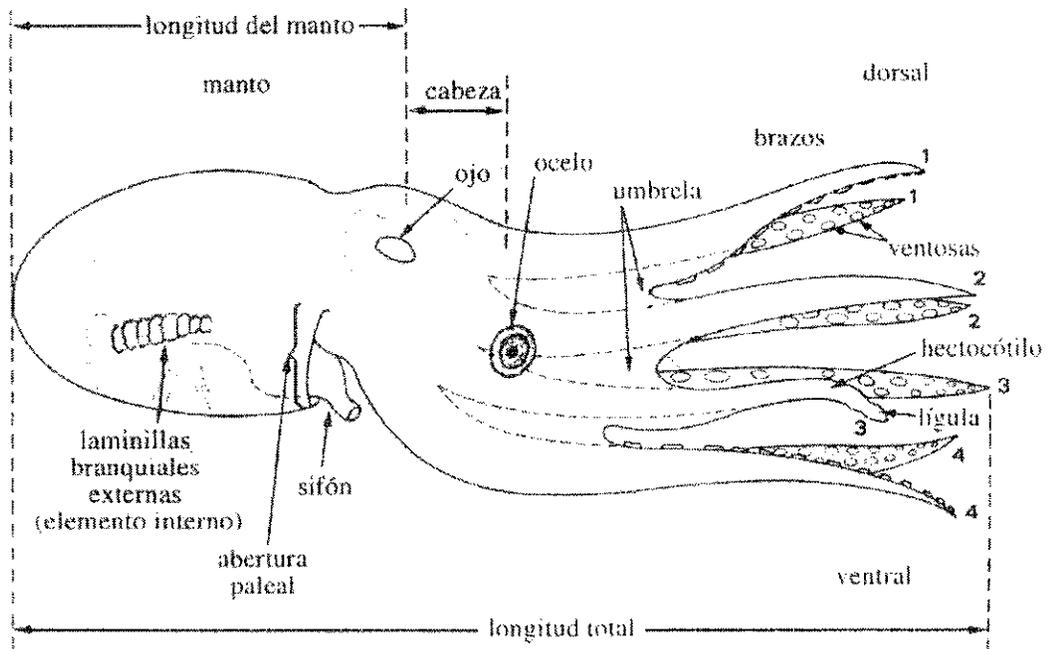
Los cefalópodos son moluscos bilateralmente simétricos que poseen una cabeza bien diferenciada con una corona circumpolar (en torno a la boca) de brazos móviles provistos de ventosas y/o garfios. La boca esta provista de unas mandíbulas quitinosas semejantes al pico de un loro y una rádula (lengua quitinosa con bandas de dientes). La concha, que en esta clase esta reducida, modificada y a veces ausente, esta rodeada por el manto, excepto en algunas formas primitivas como *Nautilus* (género endémico del Indo-Pacífico) que posee una concha externa. Son animales de cuerpo blando aunque poseen algunas estructuras esqueléticas sencillas, como el cráneo cartilaginoso y, en muchas formas, soportes del manto (plumas o sepiones). Presentan un par de ctenidios (branquias) a excepción de *Nautilus* que presenta dos pares. El sistema nervioso central esta muy desarrollado, especialmente la compleja estructura de los ojos. Poseen un sifón o embudo por el cual pueden expulsar el agua de la cavidad paleal, lo que les permite desplazarse por reacción y también eliminar productos metabólicos de desecho. La coloración es variable según el grupo y el hábitat; la piel de la mayoría de los cefalópodos contiene numerosos cromatóforos (acumulos de pigmentación) e iridiocitos (láminas reflectantes) que permiten una rápida sucesión de variados repertorios de color y diseño, lo cual es fundamental en el comportamiento de estos animales (Roper *et al.*, 1995)

El número de especies vivientes es menor de 1,000, incluidas en las subclases Nautiloidea y Coleoidea (Hanlon y Messenger, 1996). Esta última contiene al total de los Ordenes Sepioidea, Teuthoidea, Vampyromorpha y Octópoda (Voss, 1977; Clarke y Trueman, 1988). Estos grupos estan representados en todos los habitats marinos del mundo: las formas bentónicas pueden vivir sobre arrecifes coralinos, praderas de plantas marinas, fondos arenosos, fangosos rocosos; las formas pelágicas en bahías y alta mar. El intervalo de profundidades se extiende desde la superficie hasta más de 5,000 m. Pueden vivir (según la especie, el hábitat

y la estación del año) como individuos aislados (principalmente los octópodos bentónicos), en pequeños grupos de pocas decenas de individuos, o bien, en enormes cardúmenes (especies oceánicas) (Roper *et al.*, 1995).

Los cefalópodos en general son un grupo taxonómico antiguo, más que los Cordados, y se han encontrado fósiles en el Cámbrico tardío. Sin embargo, el Orden Octópoda se diferenció de la línea básica coeloídea, hacia la mitad del período Triásico (House, 1988; Teichert, 1988).

El Orden Octópoda se caracteriza por poseer ocho brazos circumpolares y la ausencia de tentáculos; aletas subterminales (en los lados del manto), ampliamente separadas entre sí o ausentes. Se divide en dos subordenes: Cirrata, formado casi exclusivamente por formas pelágicas y bentónicas de aguas profundas, caracterizadas por la presencia de cirros a lo largo de los brazos y por la forma de remo de las aletas; y los Incirrata, que incluye formas bentónicas y epibentónicas de aguas someras o medianamente profundas, caracterizadas por la ausencia de cirros y aletas. Lo conforman siete familias de interés para la pesca, algunas especies del género *Octopus* constituyen la base de las grandes pesquerías de cefalópodos. La familia Octopidae está representada por 175 especies béntonicas incluidas en cuatro subfamilias (Octopodinae, Granelodinae, Eledoninae y Bathypolypodinae) que se diferencian por caracteres relativamente insignificantes y son fácilmente reconocibles como pulpos. En la actualidad se aceptan 21 géneros en esta gran familia, de los cuales sólo *Octopus* incluye especies de gran importancia para la pesca. La mayoría de los pulpos habita todos los océanos desde los polos al ecuador, y desde las aguas someras hasta las zonas abisales (Voss, 1977; Nesis, 1987; Roper *et al.*, 1995).



Composición esquemática de la familia Octopodidae.
(tomado de Roper *et al.*, 1995)

La posición taxonómica del pulpo en estudio dentro de los cefalópodos actuales es la siguiente (Voss, 1977):

Clase Cephalópoda Schneider, 1784

Subclase Coleoidea Bather, 1888

Orden Octopoda Leach, 1818

Suborden Incirrata Grimpe, 1916

Familia Octopodidae Orbigny, 1840

Subfamilia Octopodinae Orbigny, 1840

Género *Octopus* Lamarck, 1778

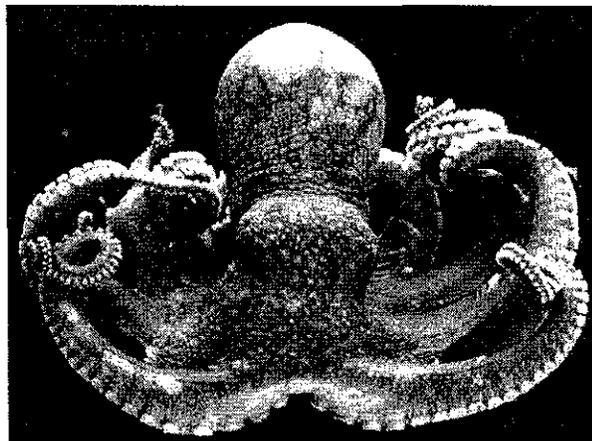
Especie *Octopus hubbsorum* Berry, 1953

Octopus hubbsorum es un octópodo de cuerpo redondeado a oval, con brazos robustos y musculosos, de 3 a 4 veces la longitud del cuerpo, el segundo par más musculoso que los demás; presenta ventosos engrandecidas en el segundo y tercer par de brazos en ambos sexos; hectocótilo diminuto, 1.5 a 2% de la longitud del tercer brazo derecho; cada hemibranchia externa con 8 a 10 laminillas branquiales;

huevos de tamaño desconocido. El color en conserva es gris oscuro y no presenta ocelos. En vivo es entre verde-café-rojizo (López-Uriarte, observación personal). La talla máxima registrada es de 9 cm de longitud del manto. El habitat y biología de esta especie es desconocida; probablemente restringido a la zona de mareas y aguas someras del sublitoral (Berry, 1953).

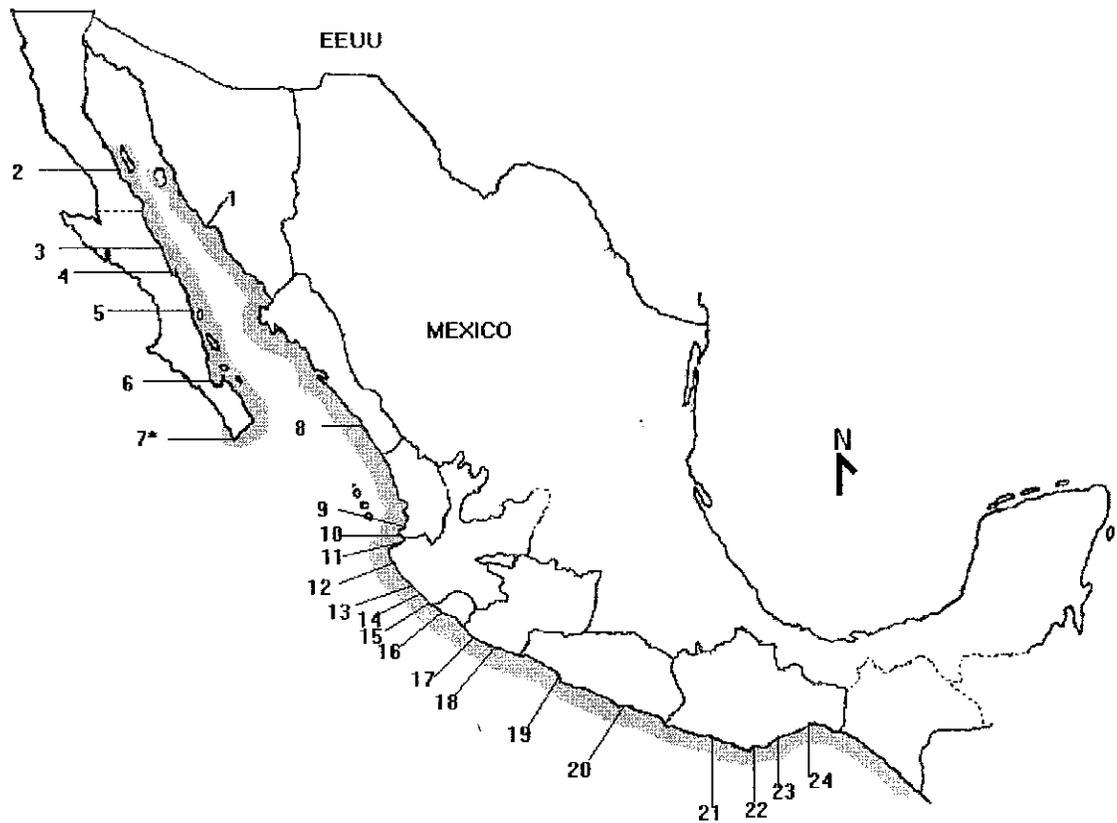


Octopus hubbsorum mimetizado al ser *Octopus hubbsorum* en manos del atrapado por el buzo en aguas someras pescador para luego huir expulsando su de Bahía Banderas, México. Foto: © tinta. Foto: © Teofilo Muñoz Fernández Teofilo Muñoz Fernández



Vista dorsal de *O. hubbsorum*. Foto: © David Jimeno

La distribución geográfica de esta especie fue ampliándose desde su identificación por Berry (1953) que la restringía solo a la parte media del Golfo de California (Roper *et al.*, 1995); Aguilar y Godínez (1997) ampliaron su rango geográfico a la costa de Jalisco y en la actualidad se determinó que su distribución es desde la parte media del Golfo de California, en Guaymas, Sonora, al menos hasta Salina Cruz, Oaxaca (López-Uriarte *et al.*, 2005).



Distribución geográfica del pulpo *Octopus hubbsorum* en el litoral mexicano. Se indica con sombreado sus límites y en número las localidades donde se identificó como la especie que soporta la captura comercial de pulpo en el Pacífico mexicano (López-Uriarte *et al.*, 2005).

1 San Carlos, 2 Bahía de los Ángeles, 3 Santa Rosalía, 4 Bahía Concepción, 5 Loreto, 6 Bahía de La Paz, 7 Cabo San Lucas, 8 Bahía de Mazatlán, 9 San Francisco, 10 Punta Mita, 11 Puerto Vallarta, 12 Tehuamixtle, 13 Punta Fécula, 14 Tenacatita, 15 Melaque, 16 Bahía Santiago, 17 El Faro, 18 Caleta de Campos, 19 Ixtapa, 20 Acapulco, 21 Puerto Escondido, 22 Puerto Ángel, 23 Huatulco y 24 Salina Cruz.

Aspectos básicos de la biología en octópodos

Reproducción

Los cefalópodos en general y los octópodos en particular son moluscos altamente evolucionados, cuya forma de reproducción es sexual siempre mediante sexos separados, en contraste con otras clases del filum. Presentan distintos grados de dimorfismo sexual, desde muy notable en octópodos pelágicos hasta poco conspicuos en organismos bentolitorales (Guerra, 1992a). Los machos se distinguen ligeramente de las hembras por presentar el tercer brazo derecho modificado o "hectocotilizado". El hectocotilo es utilizado durante el apareamiento y sus características morfológicas dependerán de la especie (Roper, *et al.*, 1995).

Los octópodos se diferencian de otros cefalópodos, por ser típicos semélparos (Mangold, 1987), con excepción hasta el momento de una sola taxa (*Octopus chierchia*), que básicamente es iteróparo (Rodaniche, 1983). Respecto a otras taxas del medio bentolitoral, los octópodos han logrado un mayor éxito reproductivo con un alto costo individual; crecen rápido, se reproducen una sola vez y mueren (Mangold, 1983a, 1987; Calow; 1987).

Los estudios sobre madurez en octópodos sugieren que las poblaciones muestran una estacionalidad en la madurez gonadal de ambos sexos (Mangold y Wirz, 1963; Guerra, 1975), pero se sugiere que al menos una parte de la población permanece en actividad reproductora durante todo el ciclo anual (Wodinsky, 1972; Mangold y Boletzky, 1973; Cortez, 1995; Cortez *et al.*, 1995a). Los machos maduran usualmente con tallas menores que las hembras (Hartwick, 1983; Hanlon, 1983). Este comportamiento reproductivo ha sido observado en varias especies de octopodos -*O. vulgaris* (Mangold, 1975), *O. cynaea*, *O. maya* (Van Heukelem, 1983; *O. mimus* (Cortez, 1995)- variando el tiempo de madurez sexual en función del control hormonal, alimentación y ambiente, principalmente por el fotoperíodo y la

temperatura (Van Heukelem, 1979; Mangold, 1987; Guerra, 1975, Cortez, 1995; Cortez *et al.*, 1995a).

El comportamiento de cortejo y apareamiento en los octopodos ha sido registrado por varios autores. En algunas especies el cortejo involucra cambio en el patron de coloración (*O. cyanea*, Van Heukelem, 1983). La cópula se realiza a distancia de la hembra, mientras que en otras especies el macho se monta sobre la hembra, como en *O. chierchiae* (Rodaniche, 1984). El proceso de fertilización en los octópodos no es inmediatamente después de que ha ocurrido la cópula, ya que el macho deposita los espermatóforos –via hectocotílo- en los oviductos distales donde son almacenados, ocurriendo la fertilización posteriormente (Mangold, 1987).

Después de haber ocurrido el desove, la hembra proporciona el cuidado de la puesta hasta que un alto porcentaje de los huevos ha eclosionado (Mangold, 1987; Van Heukelem, 1983). El número de huevos variará, dependiendo de la especie y la talla que alcanzó al ser fecundada (Mangold, 1987). Sin embargo, Mangold (1983) registra en *O. vulgaris* entre 100,000 y 500,000 y Cortez (1995) en *O. mimus* entre 96,000 y 400,000 huevos. El tamaño de huevo en octópodos bentonicos oscila entre 1.5 mm a 3.5 mm de longitud según la especie y todos son ricos en vitelo (Mangold, 1987). El desarrollo embrionario en octópodos es variable, dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales, observandose rápido a temperaturas altas (25° C) y lento a temperaturas bajas (15° C) (Mangold, 1987; Cortez, 1995). Cortez (1995) registró que en *O. mimus* el desarrollo embrionario completo es de aproximadamente seis semanas en condiciones de cultivo. El suceso de eclosión es al parecer sincrónico y en un breve lapso de tiempo. Las “paralarvas” (Young y Harman, 1989; Okutani, 1989) recién eclosionadas, muestran un breve periodo pelágico (Hochberg, 1992; Villanueva *et al.*, 1995).

Crecimiento

Una de las características que distingue a los cefalópodos del resto de los organismos marinos es su rápido crecimiento (Forsythe y Van Heukelem, 1987). El crecimiento se ve afectado de diversas formas por efecto de factores bióticos y abióticos. Entre los abióticos que mayor efecto tienen sobre el crecimiento son la temperatura y la luz; aunque se ha observado que la salinidad, oxígeno disuelto y la calidad del agua, también afectan, aunque en menor medida. Mientras que entre los bióticos que tienen efecto están la edad, talla, sexo, forma, alimento, actividad, interacciones interespecíficas e intraespecíficas y el tamaño de la población (Forsythe y Van Heukelem, 1987).

En octópodos el crecimiento se ha estimado básicamente de dos formas: con datos de campo y en condiciones de cultivo. Las experiencias de cultivo, aunque muestra algunas dudas sobre la extrapolación de sus conclusiones con respecto al medio natural, ha aportado información más detallada que los estudios de campo, en los que muchas de las variables que interactúan no son posibles de controlar, provocando que las conclusiones reflejen parcialmente la realidad natural (Forsythe y Van Heukelem, 1987).

La estimación del crecimiento bajo condiciones controladas en octópodos fue iniciada por Itami *et al.* (1963), Mangold-Wirz (1963) y Nixon (1966), quienes experimentaron con *Octopus vulgaris*. Itami *et al.* (1963) estimaron una tasa diaria de crecimiento relativo en peso (TSCR^P) de 10.6% en pulpos juveniles, mientras que Mangold y Boletzky (1973) determinaron entre 4.9% y 6% en juveniles y de 100 g a 1000 g entre 1.14% y 5.08% en adultos. Cortez *et al.* (1999) determino que la tasa instantánea de crecimiento en peso "G (P)" de *O. mimus* en individuos mantenidos en cultivo con peso total entre 40 y 500 g, fue de 5.5% en promedio, mientras que en pulpos inferiores a 250 g de peso, fue menor y descendió progresivamente hasta el 1.0%. Otras especies que han sido estudiadas en condiciones de cultivo no solo para la determinación del crecimiento sino también en relación con la reproducción y

alimentación son: *O. joubini* (Forsythe y Hanlon, 1980; Forsythe, 1984), *O. digueti* (De Rusha *et al.*, 1987), *O. tetricus* (Joll, 1989), *O. bimaculoides* (Forsythe y Hanlon, 1988), *O. vulgaris* (Villanueva, 1994), *Eledone cirrhosa* (Houlihan *et al.*, 1998).

Los estudios de campo ofrecen invaluable información sobre el crecimiento poblacional de cefalópodos en ambientes naturales y son esenciales en la evaluación del potencial pesquero, su manejo y aprovechamiento (Forsythe y Van Heukelem, 1987). En estos estudios, gran cantidad de individuos son medidos en cada periodo de muestreo, produciendo una estimación razonable de la población en un tiempo determinado. El método comúnmente utilizado con datos de campo es el análisis de progresión modal mediante la distribución de frecuencia de tallas (Hixon, 1980; Lange, 1980; Summer, 1987). El crecimiento de cohortes distintas puede ser seguido dentro de la población a través del tiempo (meses, años) y estimar sus tasas de crecimiento. Entre los inconvenientes del método, el más importante es desconocer la edad de los animales, ya que el crecimiento varía con la edad del individuo. En muchas especies los desoves ocurren en un largo periodo (algunas veces de 6 meses o más) y las colectas pueden contener individuos de edades variables que tuvieron crecimiento en diferentes condiciones de temperatura y muy probablemente condiciones de alimentación distintas (Forsythe y Van Heukelem, 1987).

La determinación de crecimiento individual en octópodos en condiciones naturales se ha realizado básicamente a partir del análisis de la distribución de frecuencia de tallas (Guerra, 1977, 1979b; Hatanaka, 1979; Pereiro y Bravo de Laguna, 1979; Hernández-López, 2000; todos en *Octopus vulgaris*). Este método está basado en la progresión mensual de las diferentes modas presentes en las frecuencias de tallas, obtenidas de muestras representativas de poblaciones naturales y permite seguir el crecimiento de los animales de una misma cohorte, a pesar de no conocer la edad real de cada uno de los individuos que la componen. Caddy (1991) señala que para que este método genere resultados confiables es necesario el cumplimiento de una serie de requisitos. Estos son entre otros, la

existencia de selectividad por tallas o edades en el arte de pesca empleado; la inexistencia de migraciones; la existencia de tasas de crecimiento similares entre los individuos de la población, al menos en individuos de la misma talla; y como requisito esencial, que el muestreo se realice sobre individuos de la misma cohorte y no sobre individuos de distintas cohortes. Cortez (1995) sugiere que si los requisitos son cubiertos en su mayoría, el método es confiable. Este autor encuentra que en el caso del *O. mimus* la especie es territorialista, con escaso desplazamiento durante su ciclo de vida y un periodo de desove con máximos estacionales, además, que los grupos de talla en las muestras poblacionales estuvieron bien representadas y fueron abundantes.

Debido a la problemática para estimar el crecimiento con análisis de frecuencia de tallas, es importante buscar otras alternativas que complementen estos análisis y permitan acercarse a conclusiones más precisas respecto al crecimiento de los octópodos en condiciones naturales. Forsythe y Van Heukelem (1987), Cortez (1995) y Cortez *et al.* (1999) sugieren complementar este método con experiencias en condiciones de cultivo y ofrecer confiabilidad en la estimación del crecimiento. Varios autores recientemente han sugerido la utilización de otro método para calcular edad y permitir estimar el crecimiento en octópodos: Raya y Hernández-González (1998) y Hernández-López *et al.* (2001) sugieren utilizar las bandas o incrementos depositados en las mandíbulas del aparato bucal de estos cefalópodos. Este último autor reporta resultados sobre la confiabilidad del método y valida las estimaciones mediante el cultivo de individuos recién eclosionados.

Ahora bien, el crecimiento en los cefalópodos se ha explicado usando diferentes modelos de regresión, entre ellos los modelos lineal, asintótico, exponencial, cíclico, sigmoide y exponencial-logarítmico (Forsythe y Van Heukelem, 1987). Uno de los más controvertidos y aún utilizado ha sido el modelo asintótico, mediante la función de crecimiento de Von Bertalanffy (Guerra, 1979a; Gücu y Salma, 1991; Arreguín-Sánchez, 1992; Hernández-López, 2000).

Forsythe y Van Heukelem (1987), con base a experiencias de laboratorio, proponen que el crecimiento de los cefalópodos presenta en general dos fases: la primera exponencial y relativamente larga, y una segunda logarítmica, durante la cual la tasa de crecimiento disminuye paulatinamente. La duración de ambas fases dependerá de especie y las condiciones del medio. Sin embargo, Jackson y Chonot (1992) sugieren que para los cefalópodos el crecimiento puede ser lineal o exponencial, pero siempre uniforme a lo largo de todo el ciclo de vida del animal.

Alimentación

Los octópodos son considerados habitualmente depredadores oportunistas, situados en los niveles superiores de las redes tróficas (Summers, 1983). Todos los estadios de los cefalópodos son depredadores activos alimentándose principalmente de crustáceos, moluscos y peces; mientras que los ofiuroideos, poliquetos, quetognatos y sinóforos son parte de la dieta de algunas especies. La proporción de estos principales tipos de alimento dependerá de la especie, edad y sexo (Nixon, 1987).

La dieta de los cefalópodos se ha evaluado de varias formas: a) contenido estomacal (Guerra, 1978; Smale y Buchan, 1981; Sánchez y Obarti, 1991; Hernández-López, 2000), b) observaciones directas (Ambrose, 1982; Mather, 1991), c) estudios en laboratorio (Nixon, 1966, 1979; Nixon *et al.*, 1980; Boyle y Knobloch, 1981; Cortez, 1995; Cortez *et al.*, 1995b), y 4) en cuevas en el caso de octópodos someros (Hartwick *et al.*, 1981). El análisis de contenido estomacal es el que mayor información aporta. El tipo de material que se encuentra en estómago puede ser: escamas, huesos, otolitos y globulos oculares de peces, partes de esqueletos, branquias laminares y huevos de crustaceos, estiletes y globulos oculares de cefalópodos y setas de poliquetos (Nixon, 1987). Estas son estructuras duras que permanecen en tracto digestivo y permiten su identificación; sin embargo, otras presas pueden ser subestimadas por la falta de partes duras o contener muy pocas de estas estructuras.

En el análisis de contenido estomacal es necesario considerar las variaciones del proceso de digestión, el cual determina el grado de conservación de la presa para ser identificada. Boucaud-Camou y Boucher-Rodoni (1983) encontraron que la tasa de digestión difiere ampliamente en octópodos (aproximadamente 16 horas a 14° C) y otros cefalópodos (Sepias: 20 horas a 15° C; Loligo: 4-6 horas a 18° C; y Ommastrefidos: 3-4 horas). Existe poca información sobre los intervalos de alimentación; en *O. vulgaris* existen algunas evidencias sobre el control en la ingesta de alimento, después de una cantidad grande de alimento se reduce el grado de ataques sobre crustáceos en un periodo de 24 horas (Young, 1964).

La alimentación y los procesos digestivos cambian durante el ciclo de vida en los cefalópodos. Su cantidad y calidad varía en relación con el eventual modo de vida pelágico o bentónico. Los artículos o tipos de presa son ciertamente diferentes durante el crecimiento o al menos en su talla. Las migraciones anuales también correlacionan con los cambios en la dieta. Sin embargo, la presa consumida de algunas especies presentes, puede ser simplemente el reflejo de su abundancia según la época del año y/o los diferentes ambientes (Boucher-Rodoni *et al.*, 1987).

Lo anterior sugiere que los octópodos son oportunistas al consumir la presa disponible en el ambiente y en la estación del año en que se encuentren. *Octopus bimaculoides* vive en la zona intermareal donde se alimenta de gasterópodos (*Collisella* sp., *Notoacmea* sp., *Haliotis cracherodii.*, *Olivella biplicata*, *Tegula funebris* y *T. gallina*) bivalvos (*Protothaca staminea*) y el cangrejo ermitaño (*Pagurus* sp.). En ambiente lodoso depreda sobre los bivalvos (*Chione undetella*, *Mytilus edulis*, *Leptopecten monotimerus*, *Argopecten aequisulcatus*) y ocasionalmente sobre pequeños peces (*Hypsoblennius gilberto* y *H. gentiles*) y aun en peces venenosos como el escorpión (*Scorpaena guttata*). En aguas del sublitoral, los gasterópodos (*Haliotis rufescens*, *H. fulgens*, *H. corrugata*, *Kelleta kelletia*, *Astrea undosa*, *Norrisia norrisi*) y el cangrejo ermitaño (*Paguristes ulreyi*) son consumidas (Hochberg y Fields, 1980). *Octopus bimaculatus*, se alimenta de especies representativas y propias del sublitoral de la costa de California, representados por

especies de gasterópodos, bivalvos (almenjas) y crustáceos (cangrejos hermitaños) y el elenco de presas en su dieta cambia según el ambiente (somero o profundo) y época del año (Ambrose, 1984). Otros octópodos presentan este mismo comportamiento alimenticio como en el caso de *O. vulgaris* en aguas de la costa del Mar Mediterraneo (Ambrose y Nelson, 1983), por lo que se espera que *O. hubbsorum* siga este mismo comportamiento en el Pacífico central mexicano.

Pesca del Pulpo en México.

Entre las principales especies de la producción pesquera a nivel nacional, el recurso pulpo se ubica en los primeros diez lugares por sus volúmenes de captura en los últimos años. Aporta entre 30,000 y 16,000 toneladas anuales, que representa el 1.43% de la pesca total nacional (SEMARNAP, 1999; SAGARPA, 2004). En el Golfo de México y el Caribe mexicano los pulpos *Octopus maya* y *O. vulgaris* soportan las capturas desde hace más de cuatro décadas (Solís y Chávez, 1986).

La pesca de pulpo en el litoral del Pacífico mexicano es reciente. Reportándose como un recurso de consumo directo y de continuo crecimiento en su explotación en el litoral de algunos estados del país (García-Cubas, *et al.*, 1987; Ruiz-Durá, 1990). El volumen total de captura en el Pacífico mexicano es de alrededor de 1,000 toneladas, muy por abajo de los volúmenes que se reportan para el Golfo de México (SAGARPA, 2001). Las diferencias de captura entre litorales es de varios ordenes de magnitud, sin aun ser estudiado este aspecto. Las diferencias posiblemente están relacionadas con el mayor desarrollo de la pesquería en la costa de Yucatán y Campeche, la cual inicio desde la década de los 40`s del siglo pasado, además de que el arte de pesca utilizado es muy distinto (Solís y Chávez, 1986). En esta región los métodos utilizados en la captura son el "gareteo" o "campechaneo" y la trampa o nasa (Solís, 1967). Mientras que en el Pacífico mexicano se captura con "gancho" o "fisga" con buceo a apnea y semiautónomo (Leyva *et al.*, 1987; Roper *et al.*, 1995; Aguilar-Chávez, 1995; Raymundo, 1995; Rodríguez-Mata, 1996). Se ha

reportado que este último arte de pesca presenta bajos rendimientos para el litoral de Quintana Roo (Solís y Chávez, 1986).

Entre las especies de octópodos comerciales reportados por Roper *et al.* (1995) en el Pacífico mexicano encontramos a: *Octopus alecto* Berry 1953, *O. bimaculatus* Verril 1883, *O. chierchiae* Jatta 1889, *O. digueti* Perrier y Rochebrune 1894, *O. pencillifer* Berry 1953, *O. rubescens* Berry 1953, *O. veligero* Berry 1953 y *O. hubbsorum* Berry 1953. La distribución geográfica de la mayoría de ellas es dudosa o incompleta. *O. alecto*, *O. chierchiae* *O. pencillifer* se distribuyen desde el Golfo de California hasta Perú; *O. bimaculatus* se distribuye desde Santa Barbara en la costa de California hasta Punta Eugenia en Baja California y en todo el Golfo de California; *O. digueti* se restringe al Golfo de California; *O. rubescens* se distribuye desde la costa del Golfo de Alaska a la parte baja del Golfo de California, en la costa de Baja California Sur; *O. veligero* se reporta principalmente para la costa de Baja California Sur en el Pacífico; *O. hubbsorum* se restringe a la parte media y boca del Golfo de California en la costa de Baja California Sur y Sonora. Recientemente el rango de distribución geográfica de esta especie se amplió a Salina Cruz, Oaxaca (López-Uriarte *et al.*, 2005).

En el estudio biológico pesquero de especies de importancia potencial o actualmente capturados, es necesaria tener su correcta identidad y así poder realizar evaluaciones de su dinámica poblacional. Debido a la importancia económica creciente que tiene la pesca del pulpo en los estados del Pacífico mexicano es fundamental conocer cuales son las especies actualmente aprovechadas.

OBJETIVO GENERAL

El propósito del presente trabajo es determinar la distribución geográfica en el Pacífico mexicano del pulpo *Octopus hubbsorum* Berry 1953, conocer algunos aspectos sobre la reproducción, el crecimiento, la alimentación y la dinámica pesquera en la costa de Jalisco, México.

ANTECEDENTES

Voss (1973) reporta una pesquería irregular de calamar y pulpo para la región IX-Pacífico central del Este, que abarca desde Baja California, México hasta Ecuador, con un volumen de captura que oscila las 500 toneladas. Ambos recursos son capturados y aprovechados localmente. La captura de calamar proviene de los arrastres camaroneros y el pulpo se captura con varios métodos tradicionales.

Los octópodos estudiados en el Pacífico mexicano se restringe a sólo cuatro especies *Octopus bimaculatus* Verrill, 1883, *O. digueti* Perrier and Rochebrune, 1894, *O. veligero* Berry, 1953 y *O. hubbsorum* Berry, 1953. Las tres primeras restringen su distribución geográfica al norte del Golfo de California (Roper *et al.*, 1995). *Octopus bimaculatus* es la especie que cuenta con mayor información de su biología y ecología en la costa oeste de Estados Unidos de Norte América, y se distribuye de California y la península de Baja California; y se desconoce su límite sureño (Pickford y McConnaughey, 1949; MacManus, 1972; Ambrose, 1981, 82a, 82b, 83, 84, 86, 88; Muller, 1991).

Existe dos trabajos realizados de *O. veligero* en la costa de Sinaloa: Leyva-Villarreal *et al.* (1987) determinan las épocas reproductivas de esta especie y González, *et al.* (1990) estudian la utilización de diferentes artes de pesca y métodos de su captura.

Rodriguez-Mata (1996), estudia la estructura de poblaciones del complejo *O. bimaculatus-O. bimaculoides* en Bahía de Zihuatanejo, Guerrero.

El conocimiento básico de los aspectos biológicos, ecológicos y pesqueros de *Octopus hubbsorum* son aún incipientes. Berry (1953) lo identifica someramente y se sugiere que es un octópodo que habita la parte rocosa de la zona de entre mareas e infralitoral (Roper *et al.*, 1995). Los estudios sobre esta especie, a pesar de la importancia económica que muestran los octópodos en el Pacífico mexicano son aun escasos.

Aguilar-Chávez (1995) con la asesoría del Dr. Hochberg¹ determinó a *Octopus hubbsorum* como la especie de pulpo capturada por pescadores de la costa sur de Jalisco.

Raymundo-Huizar (1995) realizó un estudio sobre la abundancia relativa y la preferencias alimenticias de *O. hubbsorum* en Bahía de Cuestecomates, Jalisco, encontrando diferencias de abundancias entre sexos y registra un mayor porcentaje de aparición de ocho especies de bivalvos y dos especies de gasterópodos. Reporta la presencia de canibalismo sobre juveniles de pulpo.

Aguilar-Chávez y Godínez-Domínguez (1997) amplían la distribución geográfica de *O. hubbsorum* de Bahía San Carlos en el Golfo de California hasta la costa sur de Jalisco.

La escasa información que presenta *O. hubbsorum* dificulta seguir estrategias adecuadas para su manejo, aprovechamiento y conservación. Por lo que el presente trabajo se propuso estudiar algunos de los aspectos más importantes de su reproducción, crecimiento, alimentación y pesca en condiciones naturales. Esto permitió sentar las bases del conocimiento biológico y ecológico de este importante recurso pesquero

¹ F.G. Hochberg, Curador del Departamento de Zoología de Invertebrados del Museo de Historia Natural de Santa Barbara, California, USA.

Área de estudio

La costa de Jalisco se localiza en las coordenadas geográficas $20^{\circ} 40' N$ $105^{\circ} 19' O$ y $19^{\circ} 10' N$ - $105^{\circ} 46' O$ (Figura 1). Se caracteriza por presentar gran diversidad de ambientes costeros: playas rocosas y arenosas extensas, estructuras arrecifales, esteros, lagunas costeras y palmares entre otros. Presenta una plataforma continental escarpada y estrecha con fondos rocosos cuyos flancos descienden abruptamente con sedimentos terrígenos cercanos a la costa (Pacheco-Sandoval, 1991).

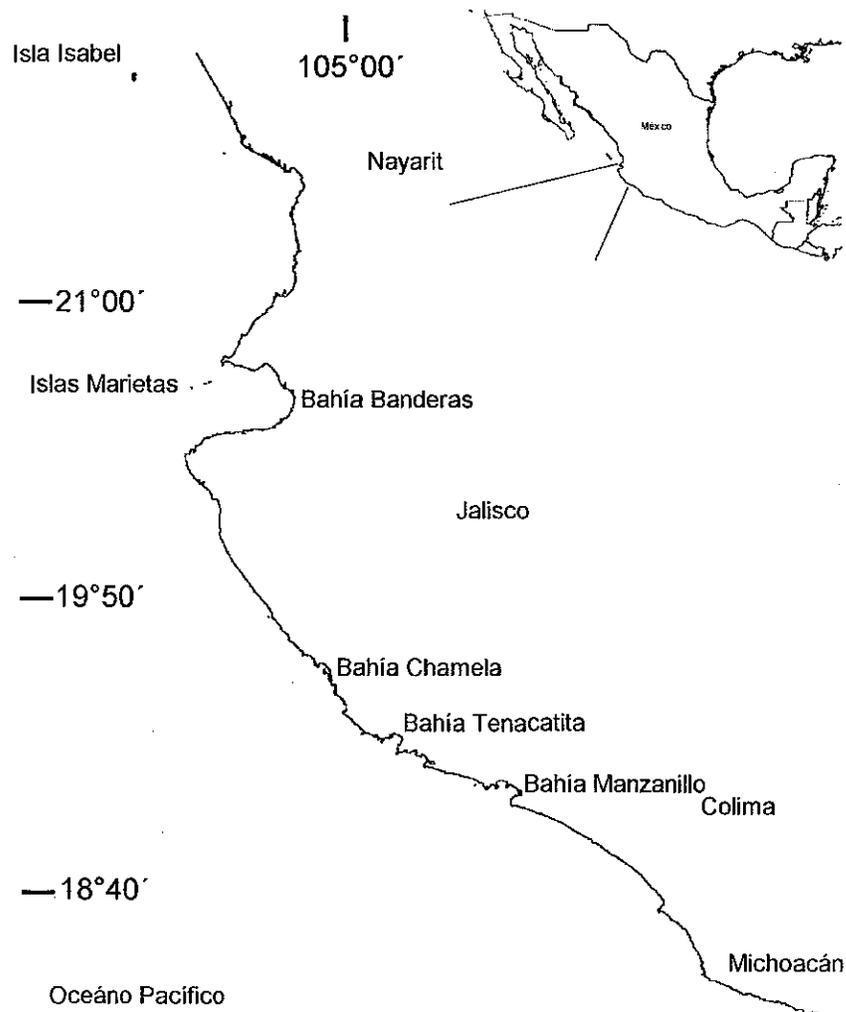


Figura 1. Línea de costa del Pacífico central mexicano (sur de Nayarit, Jalisco, Colima y norte de Michoacán), mostrando las bahías más importantes.

La costa Jalisco presenta 342 km de litoral y 3 772 km² de plataforma continental, la que presenta un sistema hidrológico de gran importancia (Ruíz-Durán, 1985). Lankford (1977) reporta a Agua Dulce como la única laguna costera y un número importante de esteros (Maito, Boquita, Ermitaño, Chorro, Loya, Majahuas, Paraman y Rodeo). Los principales ríos que desembocan en el Pacífico son, de norte a sur: Ameca, Pitillal, Cuate, Tecomala, Tomatlan, San Nicolas, Cuitzmala y Purificación.

Clima y vegetación terrestre

Esta región presenta características típicamente tropicales, predominando el clima calido subhúmedo tipo Aw según Köppen modificado por García (1973) en toda la zona costera. La temperatura promedio anual del aire es de 25° C con una oscilación de 10° C. La máxima se presenta en los meses de mayo, junio, julio y agosto, con temperaturas que oscilan entre los 29° y 30° C y las mínimas se presentan en los meses de enero y febrero. La precipitación media anual oscila entre los 800 y 1500 mm., presentándose las máximas ocurrencias de lluvia en los meses de junio a septiembre, mientras que las mínimas ocurren en los meses de febrero a abril (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981; Rodríguez de la Cruz, 1988). En la región costera de Jalisco la visión del paisaje cambia según la época del año, por el tipo de vegetación. Se encuentran la época de lluvias (junio a principios de octubre), vegetación verde sin flores; y durante la época de secas (noviembre a mayo), el aspecto es gris por ausencia de follaje, aunque es la época en que se lleva a cabo la floración de las diferentes especies que allí se presentan (Pérez, 1982).

Los vientos predominantes son de dirección suroeste. En el día su dirección es del oeste hacia el este y en la noche sopla del este, con velocidades de 5 a 10 km/h y durante la época de ciclones los vientos predominantes corren del sur (Salazar-Nuño, 1992).

Geología

Al Pacífico se le ha considerado como el océano más antiguo, un vestigio de la *Panthalassa* (todo agua), el océano contemporáneo de la Pangea, hace aproximadamente 200 millones de años (Wegener, 1986; citado por de la Lanza Espino, 1991). En el Cretácico la configuración fue notablemente diferente a la actual. En donde se sugiere la existencia de cuatro placas (Kula, Farallón, Phoenix y Pacífica), cinco dorsales oceánicas y dos uniones triples dorsal-dorsal-dorsal. La evolución del Pacífico entre el Cretácico Medio (110 millones de años) y el presente ha traído como consecuencia una disminución de la superficie del océano. Las fronteras de las placas han variado; hay placas desaparecidas (Kula y Phoenix) y otra que se ha escindido como la de Farallón que se ha subdividido en Rivera, Cocos, y Nazca (Hallam, 1979).

Existen varios trabajos sobre el origen y evolución del Pacífico Tropical Mexicano, Freedland y Dietz (1971), proponen que a finales del Triásico las Placas Sudamericana y Norteamericana se separaron, migrando esta última hacia el NO en un giro de 10° a la vez un pequeño bloque de tierra (Yucatán-Nicaragua) migro hacia el SO aproximándose a la región del Istmo de Tehuantepec. Hacia el Jurásico Medio (150 millones de años) la Placa Norteamericana se separo por completo del resto y los bloques Yucatán y Nicaragua se unieron a ella tomado desde entonces, su posición actual y delineándose la zona del Pacífico Tropical Mexicano.

Topográficamente esta zona abarca desde Cabo Corrientes hasta la frontera con Guatemala y la plataforma continental, considerada como la superficie que se extiende desde la línea de costa hasta la isóbata de 200 m, hacia el sur del paralelo 22° alcanza hasta 70 km de anchura; al sur tiene una amplitud de 10 a 15 km, con una pendiente menor de 1° a 30'. Estos rasgos son mas o menos constantes a lo largo de todo el margen continental, aunque se producen ampliaciones de algunos km en bahías como la de Manzanillo, Colima, Petacalco y Punta Maldonado en Oaxaca, donde alcanza los 21 km. El talud continental se encuentra mas o menos

uniforme en amplitud (25 a 50 km) y profundidades (2500 a 3000 m), presenta laderas escarpadas en especial frente a las costas de Michoacán y Oaxaca (Figura 2) (Pacheco-Sandoval, 1991).

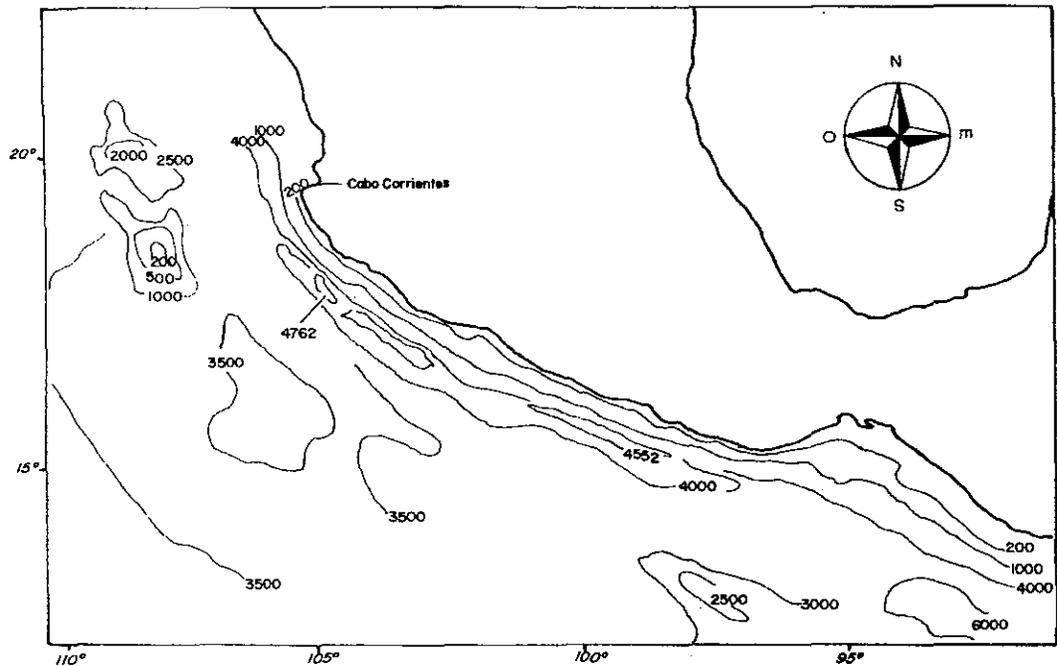


Figura 2. Batimetría del Pacífico central mexicano (tomado de De la Lanza, 1991)

Características Oceanográficas del Pacífico central mexicano

El patrón de corrientes y circulación que tiene efecto en el área de estudio es el definido por Wirky (1965) para el Océano Pacífico oriental. La costa occidental tropical de México está dominada por las corrientes superficiales: Corriente de California, Contra-corriente Norecuatorial y Corriente Costanera de Costa Rica (Figura 3).

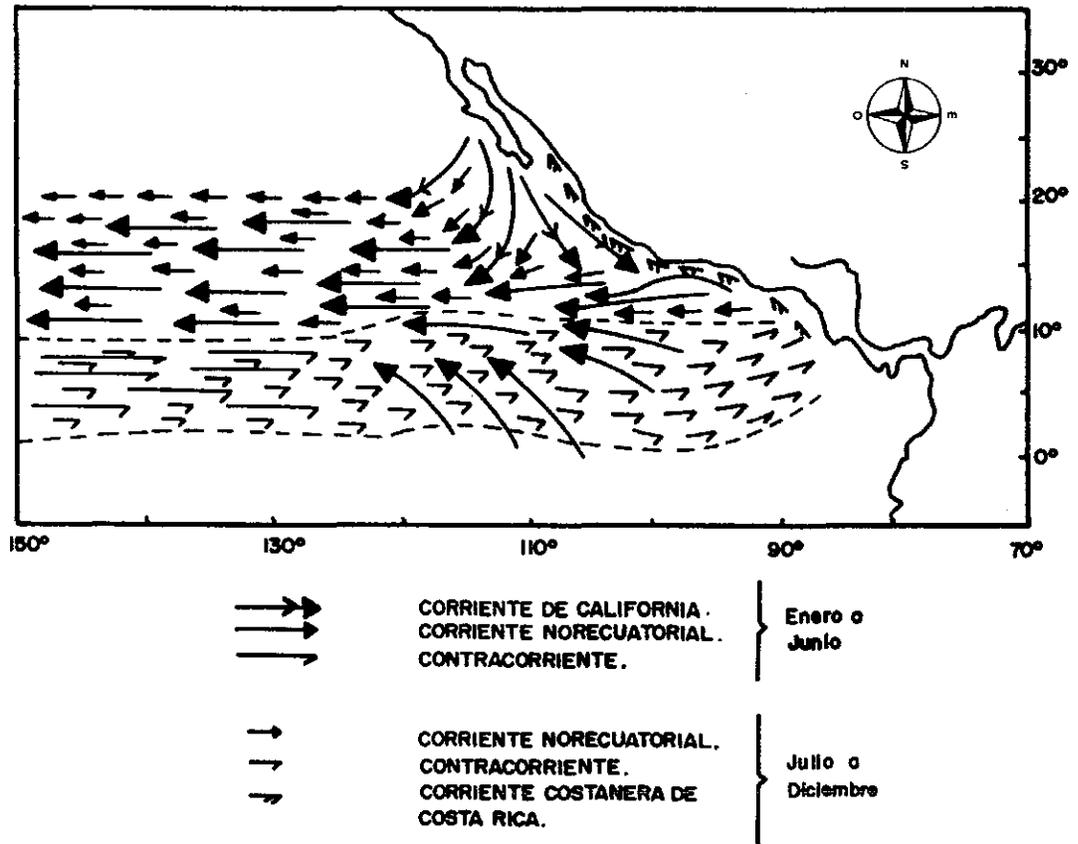


Figura 3. Patrón de corrientes superficiales que inciden en la costa del Pacífico mexicano (tomado de De la Lanza, 1991)

Las corrientes superficiales que se presentan en el Océano Pacífico Oriental Tropical son variables, en términos generales responden al sistema de vientos principales, distinguiéndose tres pautas típicas de circulación (Figura 4). La primera de ellas se desarrolla entre los meses de febrero y abril, donde la Corriente de California fluye de norte a sur de manera un tanto divergente, llegando a los 15° de latitud; este periodo se caracteriza por sus agua mas frías. La segunda se distingue entre los meses de mayo a julio, cuando la Corriente de California es aún fuerte, dando lugar a una convergencia intertropical hacia los 10° de latitud norte y donde ésta converge con la Contra-corriente Norecuatorial sin dominancia de alguna de ellas. La tercera pauta, se presenta entre los meses de agosto a diciembre cuando la Contracorriente Norecuatorial fluye alrededor del domo de Costa Rica y penetra entre

los 10° y 20° de latitud norte, entre la costa de Chiapas y Jalisco, se caracteriza por tener agua mas cálidas.

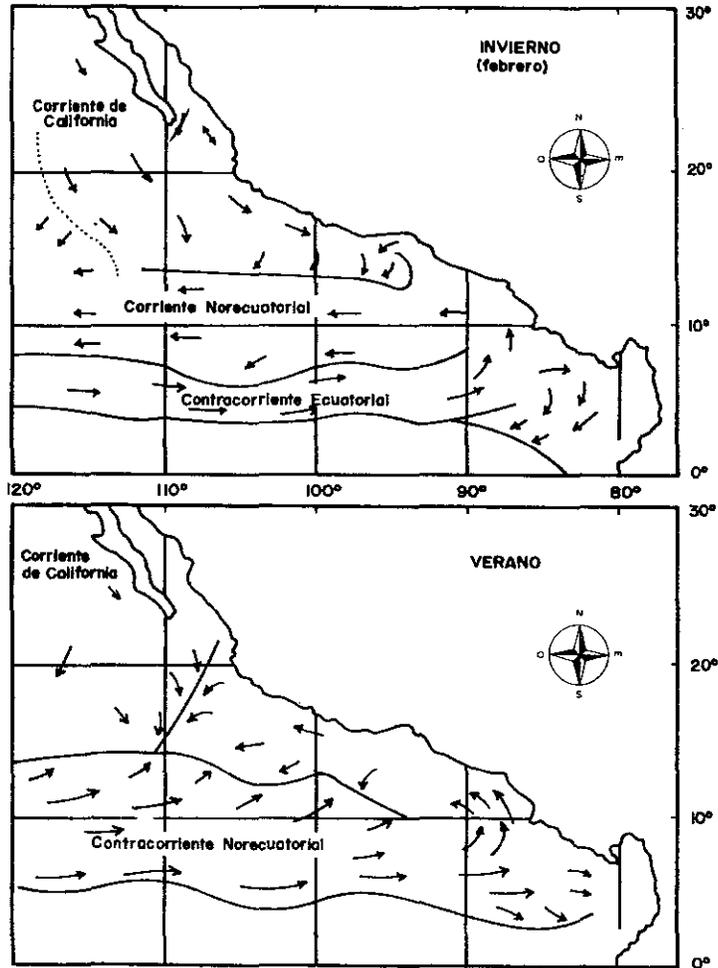


Figura 4. Circulación de corrientes superficiales en el Pacífico Oriental Tropical (Cromwell y Bennett, 1969; tomado de De la Lanza, 1991)

Mareas

El régimen de mareas en las costas del Pacífico tropical mexicano son de tipo mixto semidiurno (Calendario de Mareas, 1986), con dos pleamares y dos bajamares, y variación media anual de 0.78 m. La pleamar máxima registrada por Salinas y Bourillón (1988) en Bahía de Banderas fue de 1.065 m.s.n.m. y la bajamar

mínima de 1.007 m.s.n.m. Las mareas vivas se presentan de octubre a febrero y ocurren del medio día al atardecer.

El movimiento total de la marea se propaga desde Cabo Corrientes hacia el sur. La amplitud de marea disminuye en Lázaro Cárdenas, Michoacán, lugar en el que se registran las amplitudes mas pequeñas de la costa del Pacífico tropical mexicano (Pacheco, 1991).

Temperatura superficial del Pacífico central mexicano

La estructura térmica del agua del Pacífico Este tropical se caracteriza por una capa de mezcla donde la temperatura es casi constante, una termoclina con un cambio térmico muy fuerte y una capa subsuperficial donde la temperatura decrece pero con intervalos menores que en la termoclina. La variación anual de la temperatura superficial cercana a Cabo Corrientes es mayor de los 5° C (alrededor de los 10-12 ° C, al sur de Cabo Corrientes; observación personal), mientras que en el Golfo de Tehuantepec oscila entre 3° y 4° C (Pacheco-Sandoval, 1991).

En estudios recientes sobre el plancton marino en la costa de Jalisco y Colima, realizados entre agosto 2001 y julio 2002 por Silva-Segundo (2003) y Briceño-Avena (2004), reportan los valores y las variaciones de temperatura superficial, precipitación pluvial, salinidad y oxígeno disuelto. La temperatura mínima superficial se registró en noviembre (24.1° C) y la máxima en julio (30.6° C). En la capa de entre 15 y 20 metros de profundidad la temperatura mas baja se registro en noviembre (19° C) y la más alta de marzo a mayo (22 ° C). Por lo que respecta a la precipitación pluvial, donde el periodo de lluvias se extiende de junio a septiembre, con valores máximos en agosto (170.8 mm) y mínimos en octubre (8.9 mm). La salinidad en columna de agua de la superficie a los 20 m de profundidad en oscilo entre los 34.3 y los 31.5 ups, con máximos para la época cálida (septiembre) y mínima para la condición templada o fría (abril). Durante el ciclo anual los valores de

oxígeno disuelto oscilan entre los 10 y 4 mg/l; valores no limitantes para la presencia de la mayoría de los organismos marinos.

Productividad Primaria

De acuerdo al análisis satelital de valores de clorofila "a" de la costa de Jalisco, la concentración de plancton se encuentra entre las más altas del Pacífico mexicano (Zuria *et al.*, 1995; Aguirre, 2003). Esto es debido a la presencia de numerosos afluentes fluviales y sistemas lagunar-estuarinos que aportan nutrimentos hacia áreas de baja profundidad (< 50 m), a los vientos favorables (del noroeste) y al efecto topográfico de salientes o puntas rocosas, que causan la separación de los flujos superficiales y la consecuente divergencia que ocasiona flujos verticales ascendentes. La presencia de altas concentraciones de clorofila "a" en la costa de Jalisco ha sido observada en los meses de marzo, abril y primera quincena de mayo, mediante imágenes de satélite por Martínez-Zatarain (comunicación personal). Este mismo autor (1998) sugiere que por la cercanía de la línea de costa propicia una interacción con el relieve topográfico que determina procesos de acoplamiento e influye en la distribución de zonas con determinado tipo de circulación tridimensional. Al tener una orientación Noroeste-Sureste la costa tiene una mayor ocurrencia de vientos predominantes en primavera (marzo), los cuales ocasionan movimientos ascendentes que alcanzan su máximo en esta porción de la costa de Jalisco. La fisiografía particular de la zona y la poca profundidad, favorecen la circulación de la columna de agua y también el proceso de surgencia local, cuando la dirección y velocidad del viento es aun intensa.

La productividad primaria del área de estudio ha sido poco estudiada. Blanco y Hernández (2004) reportan variaciones importantes de la clorofila integrada para la región durante un ciclo anual (agosto 2001-julio 2002). Estos autores encuentran valores altos de concentración promedio de clorofila para noviembre 41.5 (± 8.8) mg/m³ y en marzo con 132.7 (± 34.3) mg/m³. Este comportamiento estacional del

fitoplancton en Bahía de Chamela, Jalisco, ya ha sido reportado por Otero-Duarte (1981) durante 1980 y por León-Álvarez (1983) para el periodo 1981-1982.

Diferentes autores sugieren que el comportamiento de la biomasa del zooplancton en el Pacífico central mexicano es estacional, incrementando su concentración hacia los meses de enero a mayo donde se registran las temperaturas templadas o frías en la costa de Jalisco (Figueroa-Montaño, 1992; Franco-Gordo, 2001; Briseño-Avena, 2004). Los picos de zooplancton se presentan desfasados al pico de fitoplancton, después de un máximo de clorofila "a" viene un máximo de biomasa zoopláctónica.

El comportamiento de las variables ambientales y biológicas del Pacífico central mexicano, y en particular en la costa de Jalisco, nos permitió sugerir pautas estacionales del ambiente marino. El ciclo anual los dividimos en tres condiciones océano-atmósfera, de febrero a mayo consideramos una condición templado-seco (aguas frías y sin lluvias), de junio a septiembre se observan condiciones cálido-húmeda (agua cálida y presencia de lluvias) y por último de octubre a enero se presenta una condición cálida-seca (aún agua cálida y sin lluvias o escasas).

Área geográfica de captura de pulpo de campamentos pesqueros.

El área de influencia de los tres campamentos pesqueros considerados en el presente estudio que se dedican a la captura de pulpo se indica en la figura 5. Punta Soledad es la localidad norte de la zona de captura y un poco al sur de Punta Farallón se considera como el límite del área de influencia. Todas las localidades de captura muestran características similares, sustrato rocoso, acantilados con varias inclinaciones, zonas de pedregueras y, en general de alta exposición al oleaje y marejadas.

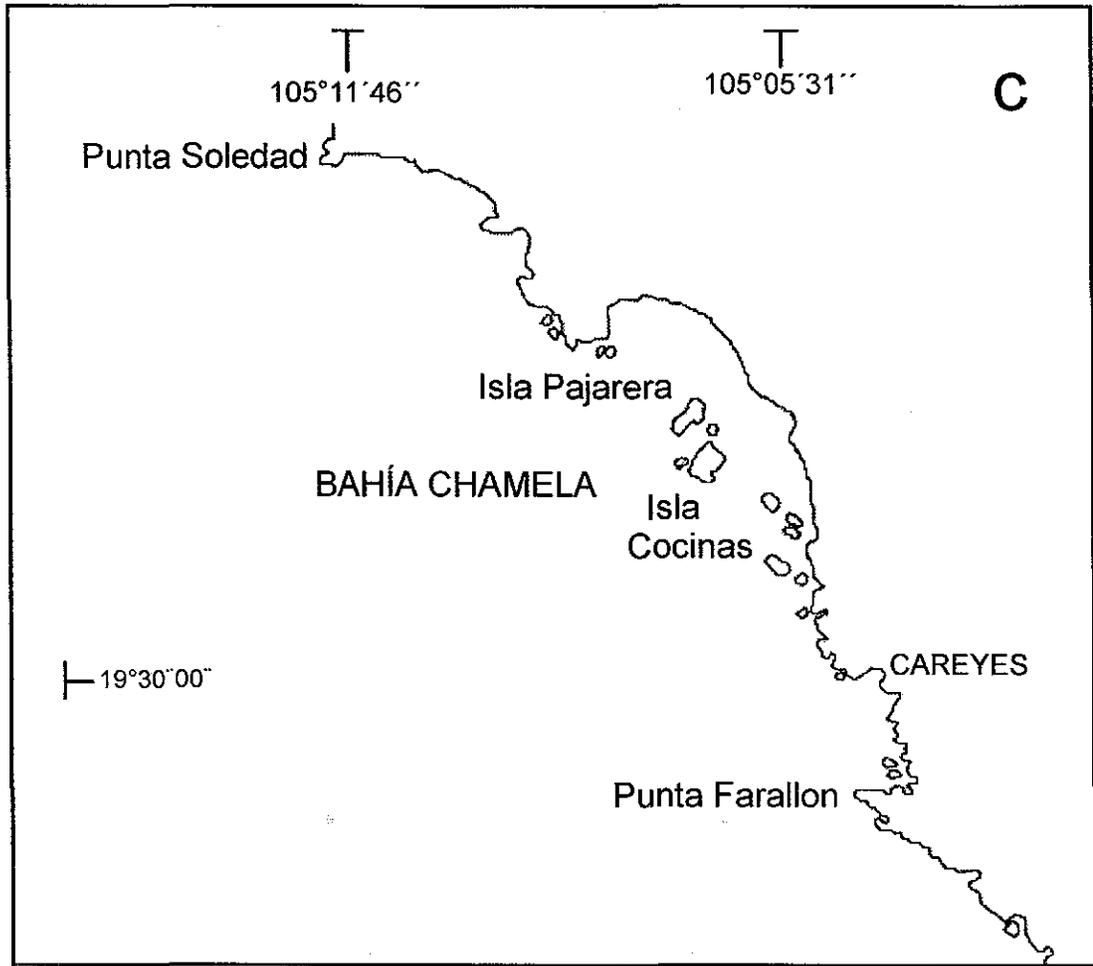


Figura 5. Área de captura de pulpo de tres campamentos pesqueros de la costa de Jalisco.

RANGE EXTENSION FOR *Octopus hubbsorum* BERRY 1953 (MOLLUSCA:OCTOPODIDAE) IN THE
MEXICAN PACIFIC

ABSTRACT

Hubbs' octopus *Octopus hubbsorum* is reported at 24 localities along the Pacific coast of Mexico. The distribution of the species, previously recorded in the Gulf of California (28°55'N, 113°32'W) and in Melaque (southern coast of Jalisco) (19°12'N, 105°40'W) is extended south to Salina Cruz, Oaxaca (16°10'N, 95°14'W). Specimens were captured in the intertidal and subtidal zones to depths of 30 m. This is the principal target species in the octopus fisheries of this vast region.

INTRODUCTION

Fisheries of octopus are very important in the Mexican Pacific, yet surveys on octopus species are scarce and non-continuous. Reports from SEMARNAP [Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca], the Mexican government agency in charge of the administration of the fisheries activities in the country for this region, do not indicate what octopus species are being captured and they are simply indicated as "octopus". These reports can not be used to determine the range of distribution of octopus species in Mexico.

Nine octopus species are reported to live along the Pacific coast of Mexico (Keen, 1971; Hochberg, 1980; Kerstitch, 1989; Roper et al., 1995). In the artisan fisheries, *Octopus hubbsorum* Berry 1953 is the target species of the Jalisco coast (Aguilar-Chávez, 1995; Ríos-Jara et al., 2001). The geographic distribution of this species is uncertain. It has been reported from the east and west coast of the Gulf of California (Hochberg, 1980; Roper et al., 1995) including San Carlos, Sonora (27°57' N, 111°04' W) (Berry, 1953); Cabo San Lucas, Baja California Sur (23°11' N, 106°25' W) and Revillagigedo Islands, Colima (Gotshall, 1987) and in Melaque, southern coast of Jalisco (19°12' N, 104°40' W) (Aguilar and Godínez, 1997). The presence of this species in other localities along the vast area of more than 700 km between Cabo San Lucas and Melaque has not been documented. The absence of reports may simply indicate the lack of studies on octopus populations from Mexican Pacific and not reflect a

restricted distribution range for this species. This paper reports the presence of *O. hubbsorum* at 24 localities along the Mexican Pacific coast, and extends the species range to Salina Cruz, Oaxaca (16°10' N 95°14' W).

MATERIALS AND METHODS

Specimens were captured at about 0-30 m deep with a long hand hook and kept in a collecting bag during diving activities. The collections were made by local artisan fishermen at 21 localities along the Pacific coast of Mexico (April, 2000 to February 2001). Localities were visited at least once. In each locality, all fresh octopus were reviewed and identified to species using the taxonomic keys of Nesis (1982), Hochberg (1980), Roper et al. (1995) and the original species description of Berry (1953). Octopus were compared with voucher specimens from the invertebrates collection at the Centro de Estudios de la Costa, Universidad de Guadalajara in Melaque, Jalisco. Specimens from this collection were positively identified as *Octopus hubbsorum* by F. G. Hochberg in 1995. Each specimen was sexed and at least one male and one female were preserved and kept fixed as vouchers for a reference collection at the Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura, Universidad de Guadalajara in Guadalajara, Jalisco.

Fishermen were interviewed to determine what species of *Octopus* they commonly captured both at present and during past years. Coordinates of each fishing locality were recorded using a global positioning system (GPS).

RESULTS AND DISCUSSION

The presence of *Octopus hubbsorum* was verified from 21 new localities along the Pacific coast of Mexico. The species' range is extended from the southern coast of Jalisco (19°12' N, 104°40'W) along more than 1200 km of coastline south to Salina Cruz, Oaxaca (16°10'N, 95°14'W) (Table 1). The northern record of distribution of the species is extended to Bahía Los Angeles, Baja California. We also confirm the presence of the species in three localities (San Carlos, Cabo San Lucas and Melaque) previously reported by Berry (1953), Gotshall (1987) and Aguilar and Godinez (1997).

Almost all octopuses collected by fishermen were *Octopus hubbsorum*, this species is reported as the most abundant throughout the year. This octopus is typically found in rocky substrates, hiding in crevices during the day although it is uncommon in the intertidal zone. The only other species captured on rare occasions by fishermen from Santa Rosalia, in the upper Gulf of California was Verrill's two-spotted octopus *O. bimaculatus* Verrill, 1883. This species is easily distinguished by fishermen because of its ocelli.

Information provided by fishermen indicate that *Octopus hubbsorum* has been captured in the artisan fishery activities during the past 20 years throughout the Mexican Pacific coast. This is the most important species comprising almost all the catch in all localities visited. Individual weight may vary from 150 g to more than 3000 g. Diving is the most common fishing method used in the artisanal octopus fishery in the Mexican Pacific. This fishing method is used in the Azores Islands (Gonçalves, 1990) and the coast of Chile (Guerra and Fernández, 1990; Cortez 1995). There have been some unsuccessful experiences on the use of traps to capture octopuses in some localities of Sinaloa, Jalisco, Guerrero and Oaxaca (González-Rendón et al., 1990; personal communication from fishermen) but diving and the use of hand hooks have proved to be a much more efficient method for this fishery.

Seven octopus species have been reported to occur in the shallow waters in the Mexican Pacific: *Octopus bimaculatus*, *O. chierchia* Jatta 1889, *O. digueti* Pierrier & Rochebrune 1894, *O. alecto* Berry 1953, *O. fitchi* Berry 1953, *O. hubbsorum* and *O. penicillifer* Berry 1954. Two others are found in waters below 30 m, namely *O. rubescens* Berry 1953 and *O. veligero* Berry 1953 (Hochberg, 1980; Roper et al., 1995). In the Gulf of California *O. hubbsorum* mixes with populations of *O. bimaculatus* and the less common eastern Pacific red octopus *O. rubescens*. In all 24 localities along the Mexican Pacific, *O. hubbsorum* was the most common species captured by fishermen.

Previous records report the presence of *O. hubbsorum* in the Gulf of California and the Revillagigedo Islands (Berry, 1953; Hochberg, 1980; Gotshall, 1987; Roper et al., 1995) and along the coast of Jalisco (Aguilar and Godínez, 1997). We confirm the presence of the species at 24 localities indicating that the distribution of *O. hubbsorum* is continuous along more than 2500 km of mainland coast from San Carlos, Sonora to Salina Cruz, Oaxaca and approximately 700 km of coastline in the Baja California peninsula from Bahía de Los Angeles to Cabo San Lucas. The species is probably

distributed to the south (Central America) beyond the extensive sandy beaches and coastal lagoons of Chiapas where *O. hubbsorum* was not found in this study.

Many biogeographic aspects of *Octopus hubbsorum* are uncertain, as in other octopuses species from the eastern tropical Pacific (Boone, 1928; Contreras, 1917; Nesis, 1975; Voight, 1998). There is a lack of information on the biology, ecology and taxonomy of the Mexican Pacific cephalopods and, in some cases, there have been misidentifications (Voss, 1973; Garcia-Cubas et al., 1987; Leyva-Villareal, et al., 1987; Mejía-Sarmiento, et al., 1987; González-Rendón et al., 1990; Rodríguez-Mata, 1996). In some of these publications the name *O. veligero* was mistakenly used in reference to *O. hubbsorum* although the former species is restricted to deeper waters. A detailed taxonomic revision of the Mexican cephalopod fauna is needed.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the fishermen from all localities visited during this study. We thank Elaine Espino Barr from Manzanillo, Colima and Omar López Fuentes from Santa Rosalía, B.C.S. for providing information and specimens. Thanks also to M. Hacker for reviewing the manuscript. Comments and suggestions by three anonymous reviewers are also acknowledged.

LITERATURE CITED

- Aguilar-Chávez, S. 1995. Estudio Biológico-Pesquero del pulpo *Octopus* sp. (Cephalopoda: Octopodidae) en la costa sur de estado de Jalisco. Tesis profesional. Licenciado en Biología. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México. 60 pp.
- Aguilar, S. C. y E. Godínez-Domínguez. 1997. Presencia del pulpo *Octopus hubbsorum* (Cephalopoda: Octopoda) en el Pacífico central mexicano. Rev. Biol. Trop. 45 (3): 678.
- Berry, S. S. 1953. Preliminary diagnoses of six west American species of *Octopus*. Leaflets in Malacol. 1: 51-58.
- Boone, L. 1928. Mollusks from the Gulf of California and the Perlas Islands. Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection, 2(5): 1-17.
- Contreras, F. 1917. Contribución al estudio de los Cefalópodos Mexicanos. Boletín Oficial de la Secretaría de Agricultura y Fomento. 9:123-124.
- Cortez, T. 1995. Biología y ecología del pulpo común *Octopus mimus* Gould, 1852 (Mollusca: Cephalopoda) en aguas litorales del norte de Chile. Ph.D. Thesis, Universidad de Vigo, Spain. 293 pp.
- García-Cubas, A., Z.C. Castillo-Rodríguez, A. Alvarez-Herrera y R. Muñoz-Chaguín. 1987. Moluscos comestibles en las costas de México. Reunión Nacional de malacología y Conquiliología (Proceedings). Universidad Autónoma de Nuevo León y Sociedad Mexicana de Malacología, A.C. Nuevo León, México.
- Gonçalves, J. M. A. 1993. *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 (pulpo común): sinopse da biologia e exploração. Ph. D. thesis, Universidade dos Açores, Horta, Açores. Portugal. 470 pp.
- González-Rendón, R., B. Mejía-Sarmiento, F. Lizarraga-Castañeda y S. Lizarraga-Ortiz. 1990. Artes y métodos de captura para el pulpo en la Bahía de Mazatlán, México. Memoria. Licenciado en Biología Pesquera. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa, México. 51 pp.
- Guerra, A. y M.T. Fernandez. 1990. Pesquería del pulpo en Chile. *Industrias Pesqueras*. 1508: 9-10.
- Hochberg, F. G. 1980. Class Cephalopoda. Pp. 201-204. In Brusca. Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona Press: Tucson. 513 pp.
- Keen, M.A. 1971. Sea Shells of Tropical Western America. 2nd. Ed. Stanford Univ. Press. Stanford. 1064 pp.
- Kerstitch, A. 1989. Sea of Cortez Marine Invertebrates: A Guide for the Pacific coast, Mexico to Ecuador. Sea Challengers: Monterey. California. 113 pp.

- Leyva-Villarreal, M. M., S. A. Osuna Marroquín, A. L. Ley-Montoya, F. Cervantes-Galaviz y J. A. Quiñónez-Cruz. 1987. Contribución al conocimiento biológico del pulpo *Octopus* sp. En la Bahía de Mazatlán, Sinaloa. Memorias de Servicio Social. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 79 pp.
- Mejia-Sarmiento, B., M.M. Leyva-Villarreal, S.A. Osuna-Marroquin y A.L. Leyva-Montoya. 1987. Contribución al Conocimiento biológico del pulpo *Octopus veligero* (Berry, 1953) en Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. In: Resúmenes. VII Congreso Nacional de Oceanografía. 27-31 de Julio 1987. Ensenada, Baja California, México. 162 pp. [abstract]
- Nesis, K. N. 1987. Cephalopods of the world. Squid, Cuttlefishes, Octopuses, and Allies. Neptune City, New Jersey USA. Tropical Fish Hobbyist Publications.
- Rodríguez-Mata, F. 1966. Aspectos biológicos y pesqueros del complejo *Octopus bimaculatus* Verrill, 1883 y *O. bimaculoides* Pickford and McConnaughey, 1949 (pulpos) de la Bahía Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis Profesional. Fac. Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. México. 64 pp.
- Ríos-Jara, E., M. Pérez-Peña, E. Juárez-Carrillo y E. López Uriarte. 2001. Recursos Pesqueros de la Costa de Jalisco. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. 159 pp.
- Roper, C. F. E., M. J. Sweeney and F. G. Hochberg. 1995. Cephalopods. pp. 235-253 in W. Fisher, F. Krupp, C. Sommer, K. E. Carpenter and V. H. Niem, eds. Guia FAO para la identificación de especies para los fines de pesca Pacífico Centro-Oriental. Vol. I Plantas e Invertebrados, Roma, Italia. 646 pp.
- Voight, J. 1998. An overview of shallow water octopus biogeography. Smithsonian Contributions to Zoology., 586(2) : 549-559.
- Voss, G. 1973. Cephalopod resources of the world. FAO Fishery Circ., 149: 75 p.

Table 1. *Octopus hubbsorum*: Records of the species presence in the Gulf of California and along the Pacific coast of Mexico. Coordinates were recorded using a global positioning system (GPS).

Locality	Latitude N	Longitude W	Reference
Baja California			
1 Bahía de Los Angeles	[28°58']	[113°29']	Present study
Baja California Sur			
2 Santa Rosalía	[27°20']	[112°16']	Present study
3 Bahía Concepción	[26°39']	[111°48']	Present study
4 Loreto	[26°01']	[111°21']	Present study
5 Bahía La Paz	[24°09']	[110°18']	Present study
6 Cabo San Lucas	[23°11']	[106°25']	Gotshall, 1987
Sonora			
7 San Carlos	[27°57']	[111°04']	Berry 1953
Sinaloa			
8 Bahía Mazatlán	[23°12']	[106°25']	Present study
Nayarit			
9 San Francisco	[20°46']	[105°27']	Present study
10 Punta Mita	[20°44']	[105°23']	Present study
Jalisco			
11 Puerto Vallarta	[20°24']	[105°40']	Present study
12 Tehuamixtle	[20°05']	[105°32']	Present study
13 Punta Pérula	[19°34']	[105°08']	Present study
14 Tenacatita	[19°18']	[104°48']	Present study
15 Melaque	[19°12']	[104°40']	Aguiar&Godínez, 1997
Colima			
16 Bahía Santiago	[19°06']	[104°23']	Present study
Michoacan			
17 El Faro	[18°21']	[103°31']	Present study
18 Caleta de Campos	[18°01']	[103°21']	Present study
Guerrero			
19 Ixtapa	[17°37']	[101°31']	Present study
20 Acapulco	[16°51']	[99°53']	Present study
Oaxaca			
21 Puerto Escondido	[15°51']	[97°03']	Present study
22 Puerto Angel	[15°39']	[96°31']	Present study
23 Huatulco	[15°45']	[96°07']	Present study
24 Salina Cruz	[16°10']	[95°14']	Present study

Reproducción

Introducción

En el ciclo vital de cualquier organismo, la reproducción es sin duda el proceso que asegura la continuidad de la especie en el tiempo. En cefalópodos en general, excluyendo al género *Nautilus*, son animales de crecimiento rápido, cuya forma de reproducirse es sexual, siempre por sexos separados, se reproducen generalmente hacia el término de sus vidas sin regeneración gonadal y mueren (Mangold *et al.*, 1993). Procesos hormonales de la glándula óptica participan en los controles de crecimiento, reproducción y muerte, cuya velocidad y duración dependen de factores intrínsecos de la especie y de diversos factores ambientales luz, temperatura, oferta de alimento (Mangold, 1987, 1989; Guerra, 1993).

El crecimiento somático y crecimiento de la gónada, aunque son fenómenos independientes en el ciclo vital de los organismos están relacionados, ya que la reproducción produce un costo sobre la condición del organismo y la condición puede determinar la ocurrencia y la intensidad de los eventos reproductivos (Silby y Calow, 1986).

Los estudios sobre madurez en octópodos sugieren que las poblaciones muestran una estacionalidad en la madurez de su gónada en ambos sexos (Mangold y Wirz, 1963; Guerra, 1975); sin embargo, que al menos una parte de la población permanece en actividad reproductora a lo largo del ciclo anual (Wodinsky, 1972; Mangold y Boletzky, 1973; Cortez, 1995). Usualmente los machos maduran a menor talla que las hembras (Hartwick, 1983; Hanlon, 1983). Este comportamiento ha sido observado en varias especies de octópodos: *O. vulgaris* (Mangold, 1975), *O. cynaea*, *O. maya* (Van Heukelem, 1983) y *O. mimus* (Cortez, 1995). Entre los factores que afectan el momento de la madurez sexual se encuentran las condiciones ambientales, alimentación, control hormonal y principalmente foto-periodo y la

temperatura (Van Heukelem, 1979; Mangold, 1987; Guerra, 1975, Cortez, 1995; Cortez *et al.*, 1995).

El proceso de fertilización en los octópodos no es inmediatamente después de que ha ocurrido la cópula, ya que el macho deposita los espermátóforos –via hectocotilo- en los oviductos distales y, ahí son almacenados, ocurriendo la fertilización posteriormente (Mangold, 1987).

El proceso de cuidado parental que realizan la hembras se lleva a cabo en madrigueras de grietas y cuevas rocosas, donde depositan los huevos en forma de racimos de uvas o guirnaldas adheridos a la parte superior de su guarida. Después de haber ocurrido el desove, la hembra proporciona el cuidado de la puesta hasta que un alto porcentaje de los huevos a eclosionado (Mangold, 1983; Van Heukelem, 1983). El número de huevos variará, dependiendo de la especie y la talla que alcanzó al ser fecundada (Mangold, 1983), sin embargo, Mangold (1983) registra en *O. vulgaris* entre los 100,000 y 500,000 y Cortez (1995) en *O. mimus* entre 96,000 y 400,000 huevos por hembra. El tamaño del huevo en octópodos bentónicos oscila entre 1.5 mm a 3.5 mm en longitud y todos son ricos en vitelo. El desarrollo embrionario en este grupo de octópodos es variable, dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales, registrando un rápido desarrollo a temperaturas altas (25° C) y lento desarrollo a temperaturas bajas (15° C) (Mangold, 1983; Cortez, 1995). El desarrollo embrionario completo en en *O. mimus* en condiciones de cultivo fue de aproximadamente seis semanas (Cortez, 1995). Al parecer el suceso de la eclosión es sincrónico y en un breve lapso de tiempo. Las “paralarvas” (ya que no se presenta un proceso de metamorfosis; Young y Harman, 1989; Okutani, 1989) eclosionadas, muestran un breve periodo pelágico de una cuantas semanas (Hochberg, 1992; Villanueva *et al.*, 1995).

Los octópodos se diferencian de otros ordenes en los cefalópodos, por ser típicos semélparos, con excepción, hasta el momento de una sola especie *Octopus chierchia*, que básicamente es iteróparo (Rodaniche, 1983; Mangold, 1987). En ese

sentido, los octópodos respecto a otras especies del ambiente bentónico, han seleccionado el éxito reproductivo con un alto costo individual: crecen rápido, se reproducen una sola vez y mueren (Mangold, 1983, 1987; Calow; 1987).

En la evaluación de recursos pesqueros el desarrollo del aparato reproductor es de vital interés, ya que permite conocer la proporción de sexos, la talla y peso de primera madurez, la época de desove, el potencial reproductivo (fecundidad potencial) de la especie y la época de reproducción, que dan elementos sólidos para un manejo adecuado de la ordenación pesquera.

Objetivo general

Describir aspectos de la biología reproductiva de una población de *Octopus hubbsorum* de la costa de Jalisco.

Objetivos particulares:

- a) Determinar la proporción de sexos, la relación talla y peso vs sexo, y su variación estacional.
- b) Estimar la talla y peso de primera madurez gonadal de machos y hembras.
- c) Evaluar el estadio de madurez mediante el índice gonadosomático, y
- d) Conocer si las variaciones del peso corporal (condición) tiene un balance con la madurez.
- e) Estimar el potencial reproductivo (fecundidad potencial) en ambos sexos.

Materiales y Métodos

Proporción de sexos

La proporción sexual se estimó mensualmente para toda la población (hembras y machos) muestreada durante el periodo de estudio, comprendido de mayo a agosto de 1998 y de mayo de 1999 a octubre 2000 (22 meses). La proporción de sexos fue comparada en función del peso mediante una X^2 (Sokal y Rohlf, 1981)

El estado de madurez gonadal de los individuos censados mensualmente se asignó con base a criterios morfológicos del método de Guerra (1975) y modificaciones de Cortez (1995):

Hembra:

Estadio 0 (Virginal): Ovario muy reducido, de color blanco; los ovocitos poco se distinguen: glándulas oviductales apenas diferenciables de los oviductos; oviductos transparentes.

Estadio I (inmaduro) Ovario pequeño y blanco, de aspecto homogéneo. Glándulas oviductales perfectamente diferenciables, pequeñas y blancas, sin dibujos en la superficie externa

Estadio II (en maduración): Ovario de volumen mediano, turgente, de color marfil y de aspecto granuloso fino. Glándulas oviductales blancas, sin anillos conspicuos en superficie externa

Estadio III (maduro): Ovario tamaño grande, turgente, de color marfil y aspecto granuloso grueso. Glándula oviductal con dos anillos en la parte proximal de su superficie externa, siendo el de diámetro mayor más conspicuo; la zona distal de la superficie externa de color blanco.

Estadio IV (madurez máxima) Ovario muy desarrollado, de gran volumen, de color marfil y de aspecto granuloso muy grueso por la presencia de los ovocitos de gran desarrollo en su interior. Glándula oviductal de máximo desarrollo. Con dos anillos conspicuos en la zona proximal de su superficie externa; uno de diámetro menor de color crema y otro de diámetro mayor de color café claro; zona distal sin anillos. Oviductos proximales de lumen amplio y con un gran desarrollo en el sector adyacente al ovario que en la cercanía de la glándula oviductal. Estadio previo al desove

Estadio V (desovando, en desove recién comenzado o desove avanzado) Ovario grande, flácido, de color marfil, con ovocitos en los oviductos proximales en hembras en desove recién comenzado, hasta hembras en una mala condición fisiológica generalizada y con un gran deterioro del órgano reproductor cuando el desove está ya avanzado, entonces el color del ovario varía del castaño ladrillo a castaño oscuro. Glándula oviductal decreciendo de tamaño a medida que avanza el desove, y cuya coloración varía del crema oscuro al castaño oscuro, según el grado de degeneración del ovario.

Macho

Estadio I (inmaduro): Se puede presentar desde testículo pequeño indiferenciable del saco espermatofórico o bolsa de Needham (virginal), a testículo relativamente grande, turgente, con granulación muy fina y distinguibles de las glándulas accesorias, pero siempre de color blanco grisáceo. Divertículo con lumen estrecho, sin espermátforo tanto en este conducto como en el órgano terminal. Masa de espermátforos indiferenciables en la bola de Needham.

Estadio II (maduro): Testículo granuloso, turgente, de color blanco-crema, distinguible de las glándulas accesorias. Espermátforos diferenciados presentes en el saco espermatofórico. Pueden presentar espermátforos en el divertículo y en el órgano terminal. Divertículo estrecho.

Estadio III (evacuando o evacuados): Testículo flácido, claramente separable de sus glándulas accesorias. Divertículo con lumen amplio y laxo. Con espermátóforos presentes tanto en el divertículo como en el órgano terminal.

Talla ($L_{(t50)}$) y peso de primera madurez ($L_{(p50)}$)

La estimación de la talla y peso de primera madurez del pulpo se calculó con la longitud dorsal del manto (LDM) y el peso eviscerado (Pev) de individuos en estadios III y IV de madurez para las hembras y para los machos en estadios II. La relación entre la longitud y la madurez fue establecida usando la transformación logarítmica de la ecuación:

$$P_x = \frac{1}{1 + e^{ax + b}}$$

(Gunderson *et al.*, 1980) para dar:

$$\ln \frac{(1-P_x)}{P_x} = ax + b,$$

donde P_x = es la proporción madura a la talla x ; a ordenada al origen y b la pendiente.

para graficar x contra: $\ln \frac{1 - P_x}{P_x}$

se uso una regresión lineal de las variables P transformadas contra la talla y/o peso. La madurez al 50% es entonces calculada por el ajuste de los valores de a y b , y sustituyendo $P_x = 0.50$ para cada valor de x .

Estado de madurez y su variación temporal

El estadio de madurez de la población de ambos sexos en el tiempo fue estimado el índice gonadosomático (IGS). Para este estudio se emplearon 434 individuos, 256 hembras y 178 machos; en tres estadios de madurez, hembras en maduración, maduros, posdesove y para los machos individuos maduros. Este índice para machos y hembras fue establecido de la siguiente manera:

Machos: $IGSm = (\text{peso del testículo} / \text{peso eviscerado}) \times 100$

Hembras: $IGSh = (\text{peso del ovario} / \text{peso eviscerado}) \times 100$

El estadio de madurez se complemento con la estimación de la proporción del peso ganado de ambos sexos buscando variaciones en el tiempo debidas al efecto de la madurez sexual. Este índice de condición se a empleado por Castro *et al.* (1992), Castro y Lee (1994) y Cortez *et al.* (1995). Para este índice se utilizo el peso de la glándula digestiva y peso eviscerado, la formula es de la siguiente forma:

$IGD = (\text{peso glándula digestiva} / \text{peso eviscerado} - \text{peso glándula digestiva}) \times 100$

Fecundidad potencial

La fecundidad se define cómo el número de huevos maduros encontrados en el ovario antes del desove (Bagenal, 1978), y representa el potencial reproductivo que tiene el pulpo en la región. Se estimo mediante el proceso de 50 ovarios que presentaron estadios de madurez IV, de la temporada de abril a agosto del 2000. Los ovarios se colocaron en una solución Gilson para la separación de huevos (Roper y Sweeney, 1983) y se extrajeron tres replicas de 0.5 gramos procedentes del sector inferior, medio y superior del ovario. La producción de huevos se estimo por el cálculo de Love y Johnson (1998):

$$= PG \times NHP / PH$$

donde: PG = peso total de la gonada

NHP = el promedio de huevos de la submuestra

PH = peso de la submuestra.

En los machos se utilizó una submuestra de 95 individuos inmaduros y maduros entre mayo 1999 y mayo 2000. En fresco, testículo y saco espermatofórico fueron separados del resto del aparato genital, pesados con una balanza digital de 200 g de capacidad con 0.01 g de sensibilidad. Los espermátóforos se extrajeron colocándolos en solución de Gilson para endurecerlos y ser contados con facilidad.

El potencial de fecundidad se determinó como el número de espermátóforos por gramo de peso corporal.

Las relaciones gravimétricas de los pesos corporales y el potencial reproductivo de los ejemplares, se examinaron usando como modelos de regresión línea.

Resultados

Proporción de sexos.

De la muestra total capturada de mayo a agosto de 1998 y de mayo de 1999 a octubre de 2000, el número de machos fue de 3222 contra 2813 hembras. En el cuadro 1 se indica la proporción de sexos mensual para las tres temporales analizadas en la costa de Jalisco. La proporción de machos fue significativamente mayor que en hembras 1.18 : 1 (prueba $X^2 = 26.76$; $p < 0.05$). De los 22 meses de muestreo, en 15 meses de ellos la proporción de sexos no fue diferente de 1 : 1 mayo-agosto 1998; mayo, julio, agosto, septiembre y noviembre de 1999; marzo-julio y octubre 2000 ($p > 0.05$). Se observó un patrón similar de la proporción de sexos entre las tres temporadas, en que las hembras fueron ligeramente más abundantes, aunque no significativamente, de mayo-junio 1998, de mayo a septiembre 1999 y julio 2000. Se presenta la tendencia de incrementar significativamente la proporción de machos después de los meses de julio y agosto.

La captura de pulpo en la costa de Jalisco es durante todo el año, sin embargo, la temporada alta inicia en mayo y disminuye para agosto y/o septiembre. El esfuerzo de pesca se incrementa sustancialmente durante este periodo de manera regular en el ciclo anual. Capturando de manera preferencial individuos de mayor peso y talla (hembras y machos adultos), disminuyendo en los siguientes meses (Capítulo Actividad de Pesca).

Entre sexos, las hembras fueron significativamente mayores en peso total que los machos (t-student = 8.89, $p < 0.01$). Para conocer el comportamiento de la proporción sexual en rangos de peso, se diseñó el cuadro 2, que muestra la proporción de sexos por intervalos de peso. Entre los intervalos de 320 y 540 g los machos presentaron mayor proporción que las hembras ($p < 0.05$); entre 640 y 1120 g de peso la proporción fue de 1 : 1; pero a partir de los 1200 g y a mayor peso, las hembras fueron significativamente más abundantes que los machos ($p < 0.05$).

Cuadro 1. Proporción sexual mensual de *Octopus hubbsorum* de mayo a agosto 1998 y mayo 1999 a octubre 2000 en la costa de Jalisco, México. Se presentan los niveles de significancia estadística (Prueba de X^2). ns= diferencia no significativa. *: diferencia significativa ($p < 0.05$)

Mes	No. individuos	% M	% H	n macho	n hembras	X^2	M / H
May-98	320	46.87	53.13	156	165	ns	0.94 / 1
Jun-98	285	49.12	50.18	142	143	ns	0.99 / 1
Jul-98	312	50.96	49.04	159	153	ns	1.03 / 1
Ago-98	271	51.66	48.34	140	133	ns	1.0 / 1
Total	1188	50.17	49.83	597	594	ns	1 / 1.008
May-99	50	38.00	62.00	19	31	ns	0.61 / 1
Jun-99	47	25.53	74.47	12	35	*	0.34 / 1
Jul-99	428	50.23	49.77	215	213	ns	0.99 / 1
Ago-99	310	48.08	51.92	148	162	ns	0.92 / 1
Sep-99	430	48.37	51.63	208	222	ns	0.93 / 1
Oct-99	345	64.35	35.65	222	123	*	1.80 / 1
Nov-99	194	54.87	45.13	107	87	ns	1.21 / 1
Dic-99	401	59.35	40.65	238	163	*	1.46 / 1
Ene-00	190	58.42	41.58	111	79	*	1.40 / 1
Feb-00	175	59.43	40.57	104	71	*	1.45 / 1
Mar-00	285	53.47	46.53	153	132	ns	1.15 / 1
Abr-00	385	51.69	48.31	199	186	ns	1.07 / 1
May-00	171	54.97	45.03	94	77	ns	1.22 / 1
Jun-00	239	53.14	46.86	127	112	ns	1.13 / 1
Jul-00	257	45.14	54.86	116	141	ns	0.82 / 1
Ago-00	355	58.87	41.12	209	146	*	1.43 / 1
Sep-00	377	60.47	39.52	228	149	*	1.53 / 1
Oct-00	205	56.09	43.90	115	90	ns	1.27 / 1
TOTAL	4844	54.18	45.81	2625	2219	*	1.18 / 1

Cuadro 2. Proporción de sexos por grupos de pesos observados en *Octopus hubbsorum* en la muestra total del periodo de estudio. Se presentan los niveles de significancia estadística (Prueba de X^2). ns= diferencia no significativa. *: diferencia significativa ($p < 0.05$)

Clases de Pesos (g)	N	No Machos	No Hembras	Proporción Sexual (M/H)	Prueba X^2
320	605	376	229	1.64 : 1	*
400	683	426	257	1.66 : 1	*
480	619	342	277	1.23 : 1	*
560	549	309	240	1.29 : 1	*
640	424	234	190	1.23 : 1	ns
720	324	161	163	0.99 : 1	ns
800	231	103	128	0.80 : 1	ns
880	208	105	103	1.02 : 1	ns
960	155	76	79	0.96 : 1	ns
1040	120	57	63	0.90 : 1	ns
1120	90	44	46	0.96 : 1	ns
1200	82	32	50	0.64 : 1	*
1280	70	26	44	0.59 : 1	*
1360	48	19	29	0.66 : 1	*
1440	34	16	18	0.89 : 1	*
1520	24	10	14	0.71 : 1	*

Tallas y peso de primera madurez.

Las tallas y pesos fueron mayores en hembras que en machos, por lo que esto se vio reflejado en la madurez de ambas poblaciones. La talla de primera madurez o $L_{(t50)}$ utilizando el largo dorsal del manto (LDM) se estimó en 115 mm para las hembras, mientras que en machos fue 58 mm (Figura 6).

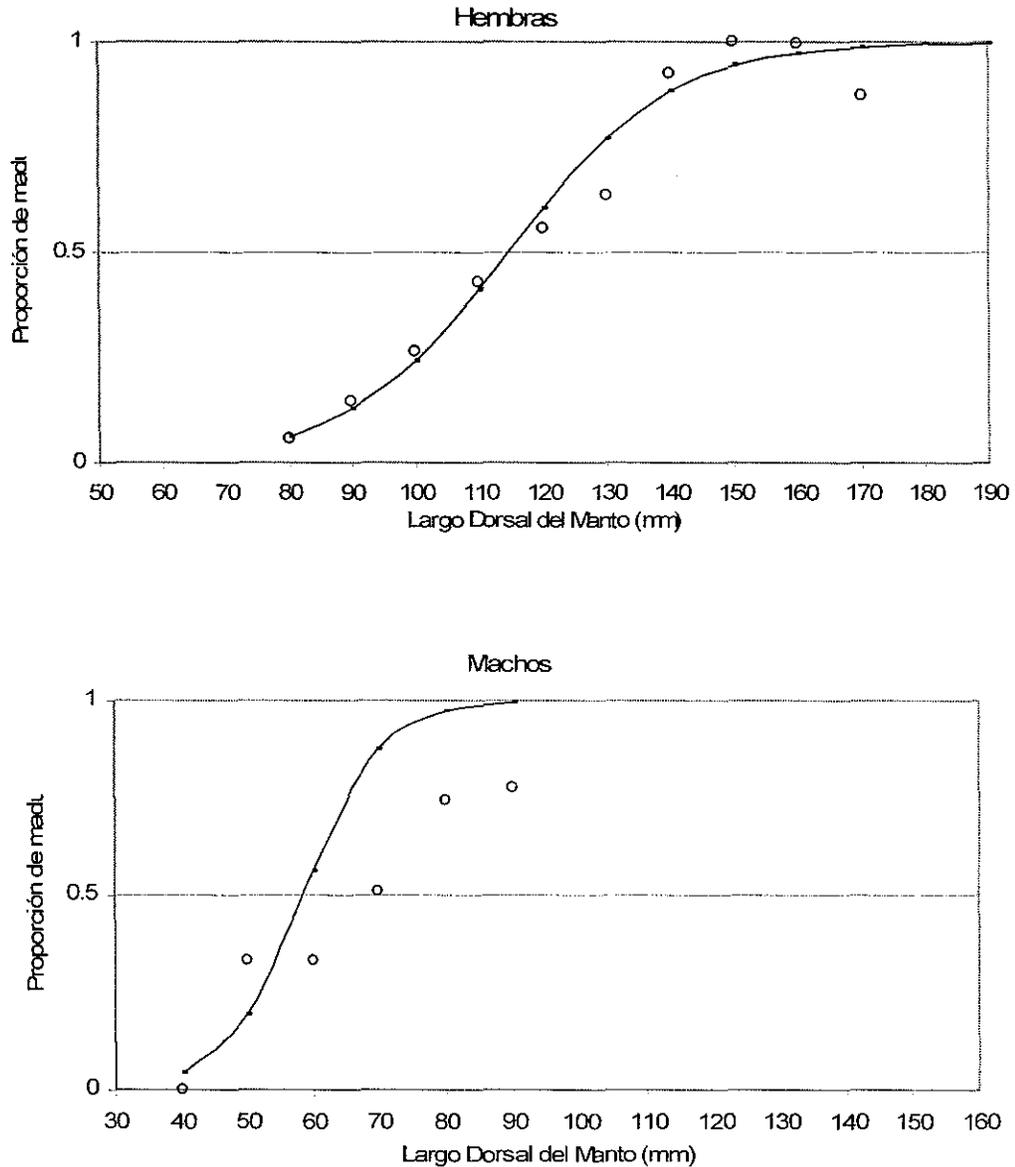


Figura 6. Ajuste a la curva de talla de primera madurez en largo dorsal del manto (LDM) en hembras y machos de *Octopus hubbsorum* en la costa de Jalisco durante el periodo de estudio.

En el caso del largo total (LT), el $L_{(t50)}$ para las hembras se estimó en 509 mm, mientras que los machos la talla oscilo los 300 mm en machos (Figura 7).

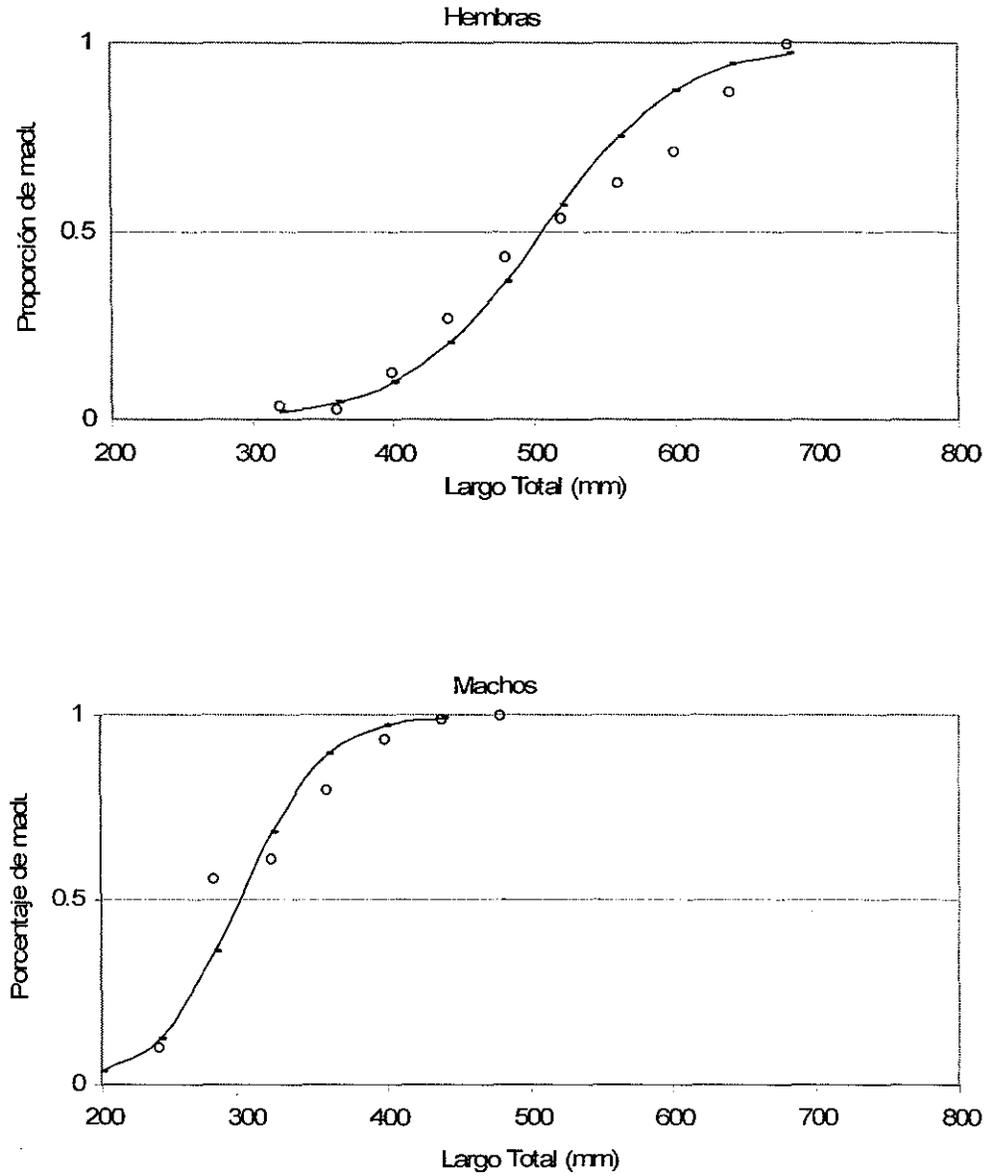


Figura 7. Ajuste a la curva de largo total de primera madurez en hembras y machos de *Octopus hubbsorum* en la costa de Jalisco durante el periodo de estudio.

Para el peso total, $L_{(p50)}$ se estimó que las hembras llegan a la primera madurez a los 758 g y, mientras que los machos con 222 g (Figura 8).

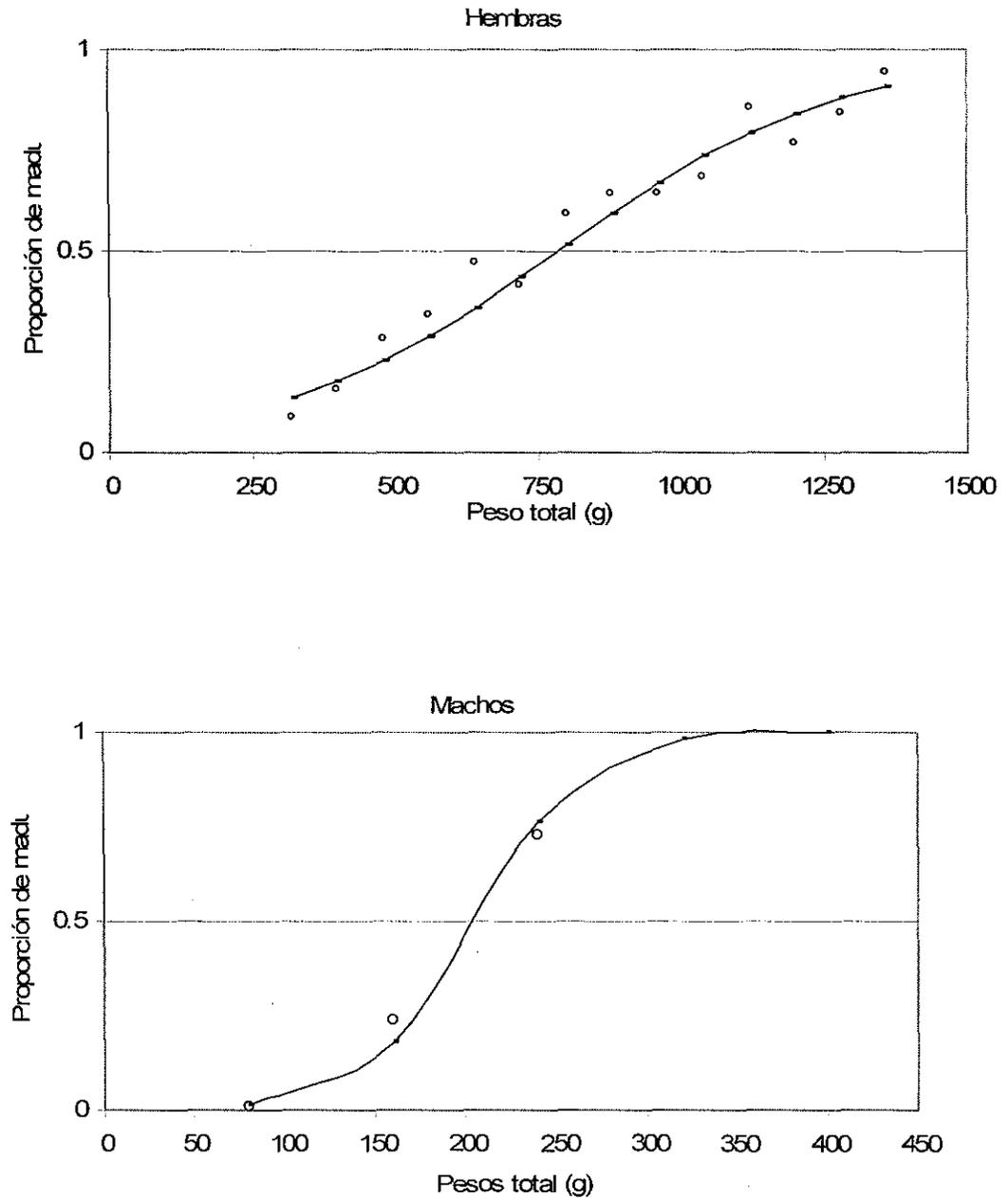


Figura 8. Ajuste a la curva de peso de primera madurez en hembras y machos de *Octopus hubbsorum* en la costa de Jalisco durante el periodo de estudio.

Variación temporal de los estadios de madurez

Octopus hubbsorum mostró variaciones en los niveles de madurez durante el periodo de estudio en ambos sexos; aunque siempre mostró una proporción mínima de individuos maduros, listos para la cópula en cualquier época el año. Las hembras mostraron una clara tendencia secuencial entre los estadios madurando-maduras-desovando o desovadas (Figura 9), después de un incremento en la madurez (estadio III) viene acompañado de un incremento en la proporción de hembras maduras para luego seguir un incremento de hembras en desove y/o desovadas. Este comportamiento se muestra entre julio y noviembre de 1999 y de enero a junio de 2000.

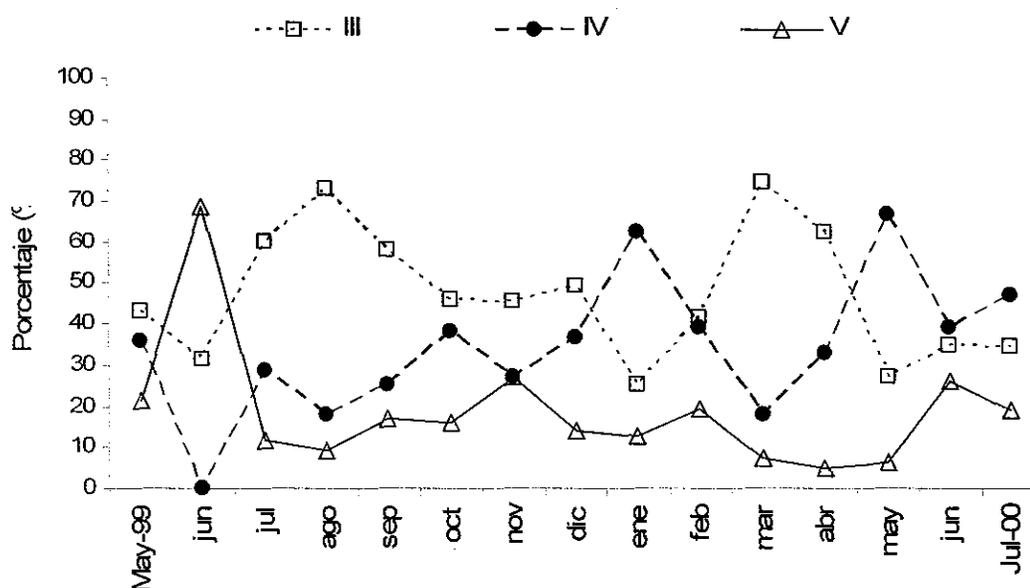


Figura 9. Variación mensual de los estadios de madurez III, IV y V en hembras. El estadio III indica hembras madurando, IV maduras y V desovando y/o desovadas.

Índice gonadosomático (IGS) e índice de condición (IGD)

La madurez sexual se ve reflejada en el desarrollo progresivo de las gónadas en ambos sexos, aunque normalmente las hembras lo manifiestan en una forma más evidente. El análisis de varianza de rangos (ANDEVA Kruskal-Wallis) aplicado al índice gonadosomático en hembras y machos indico diferencias significativas durante el ciclo anual ($H = 26.73$, $p < 0.008$; $H = 36.54$, $p < 0.001$ respectivamente). En ambos sexos el aumento máximo de la gónada fue entra los meses de febrero a junio (Figura 10 y 11).

La condición expresada como índice de condición (IGD) mostró variaciones dependiendo del sexo y de la época del año (Figuras 10 y 11). En ambos sexos se observó incrementos significativos del IGD antes de máximos de madurez gonadal, en machos es claro este patrón ($H = 35.43$; $p < 0.001$), la condición incrementa y la madurez disminuye. Lo anterior se observa entre los meses de noviembre 1999 a enero 2000, para incrementar posteriormente la madurez de la gónada del macho. En hembras no es tan claro este patrón, sin embrago, el análisis de varianza de Kruskal-Wallis, indico diferencias significativas durante el ciclo anual ($H = 47.32$, $p < 0.001$).

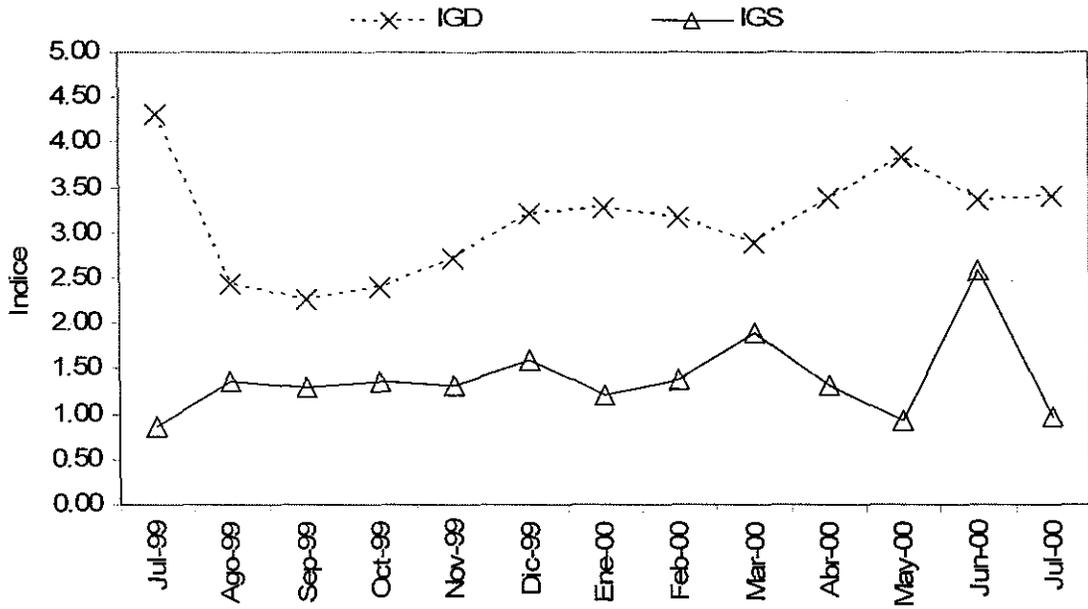


Figura 10. Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) e índice de condición (IGD) en machos.

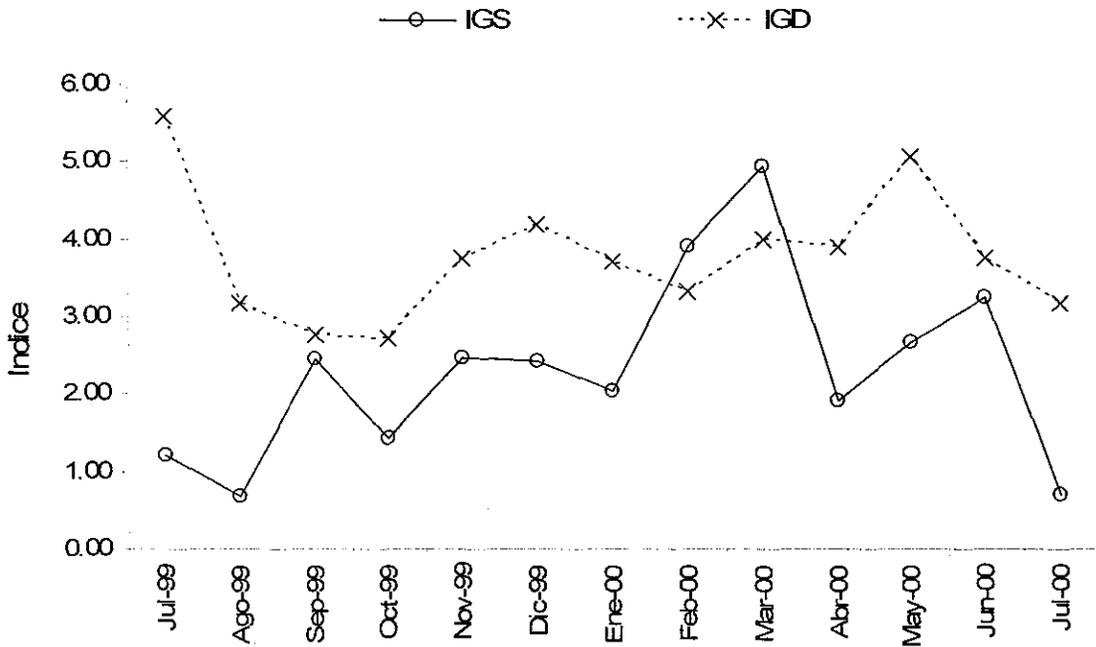


Figura 11. Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) e índice de condición (IGD) en hembras.

Fecundidad potencial

La fecundidad promedio en hembras de máxima madurez fue de 172,046 huevos ($\pm 85,146$ d.s.) por individuo, con un máximo de 424,546 y un mínimo de 62,470 ovocitos. El número de ovocitos por gramo de peso corporal (peso eviscerado) oscilo entre 32 y 186. El largo del ovocito oscilo entre 2.4 y 1.55 mm, con un promedio de 1.79 mm (d.s. \pm 0.14). La fecundidad potencial y la talla del ovocito de hembras de *O. hubbsorum* lo ubica en el grupo de especies de octópodo con huevo pequeño. En la figura 12 y 13 se muestra la relación existente entre la fecundidad el peso eviscerado y peso del ovario en hembras maduras.

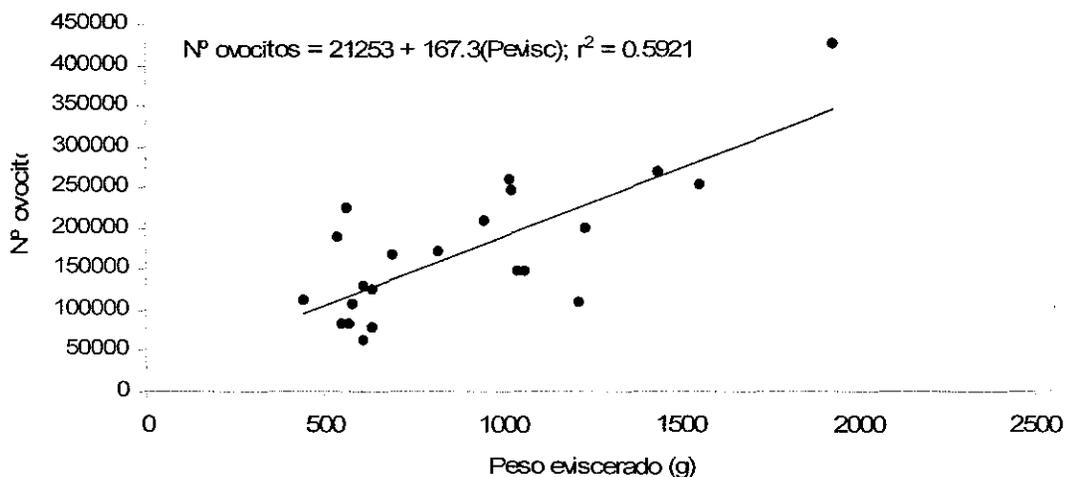


Figura 12. Relación entre el peso eviscerado y el número de ovocitos en hembras maduras.

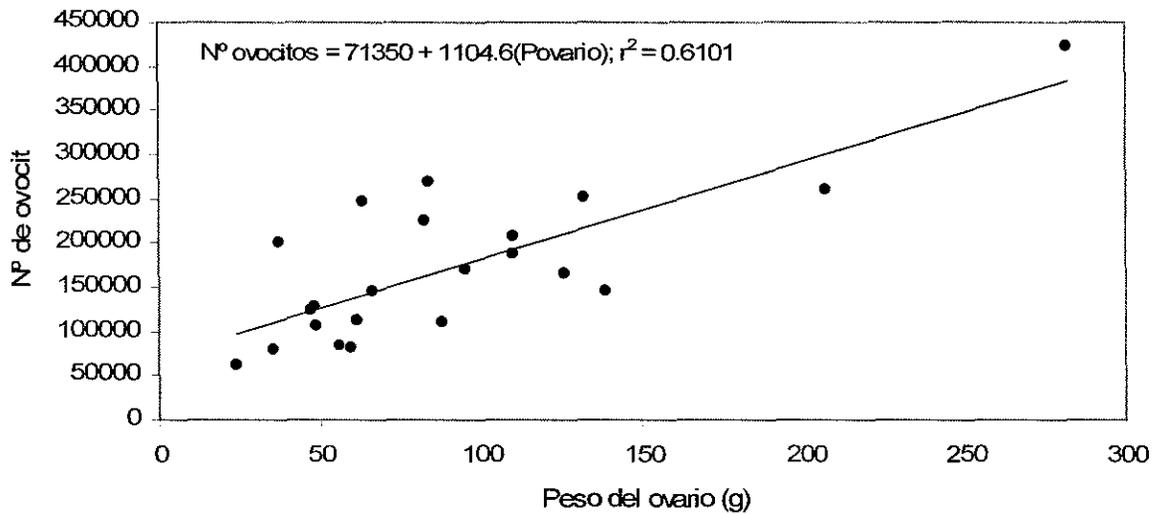


Figura 13. Relación entre el peso del ovario y el número de ovocitos en hembras maduras.

La fecundidad potencial en machos maduros fue de 65,92 espermatozoides ($\pm 34,34$ d.s.) por individuo, con un máximo de 158 y un mínimo de 2 espermatozoides. El número de espermatozoides por gramo de peso corporal (peso eviscerado) osciló entre 0.003 y 0.43 espermatozoides/g. La figura 14, 15 y 16 muestran la relación existente entre la fecundidad y el peso corporal (peso eviscerado), peso de testículo y peso del saco espermatozoario en machos maduros. La cantidad de espermatozoides varía dependiendo de la época del año (prueba de Kruskal-Wallis $H = 14.51$, $p < 0.001$), se incrementó significativamente durante la condición templado seco (prueba de comparaciones múltiples del método de Dunn's, $p < 0.05$) (Figura 17); entre las épocas cálida-húmeda y cálida-seca el número de espermatozoides fue similar ($p > 0.05$).

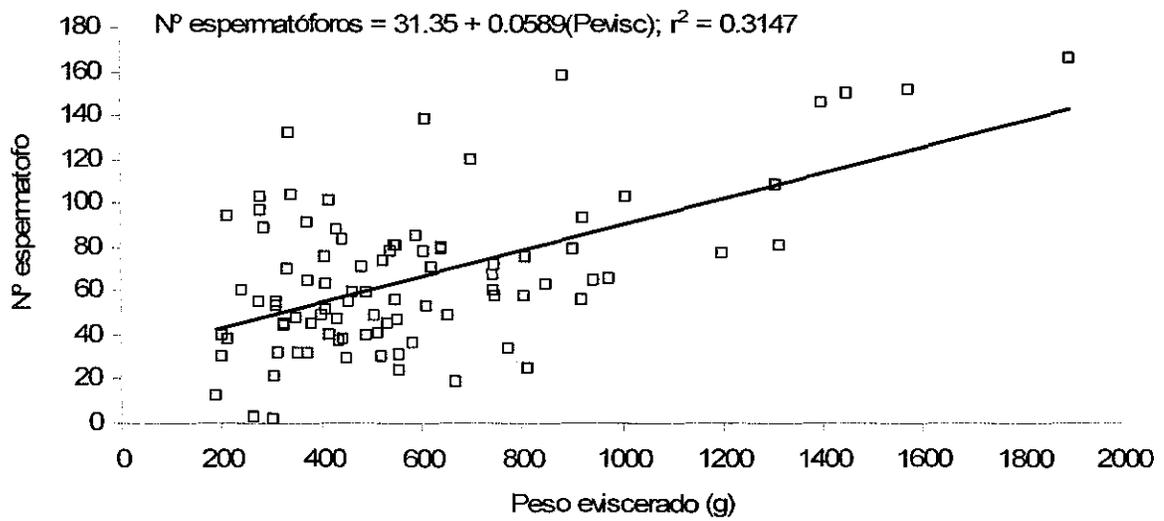


Figura 14. Relación del peso eviscerado y el número de espermatozoides en machos maduros.

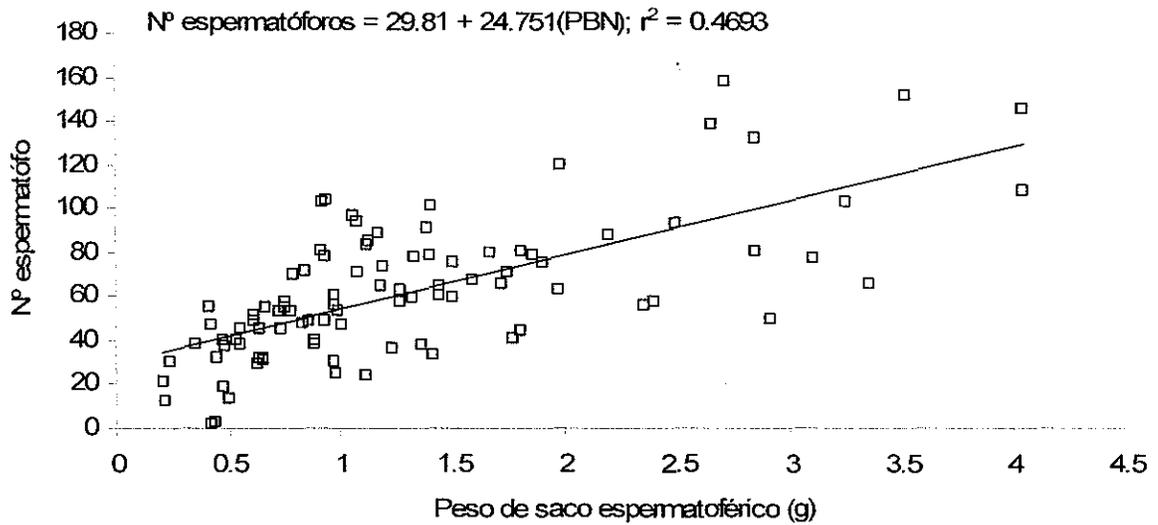


Figura 15. Relación entre el peso del saco espermático y el número de espermatozoides en machos maduros.

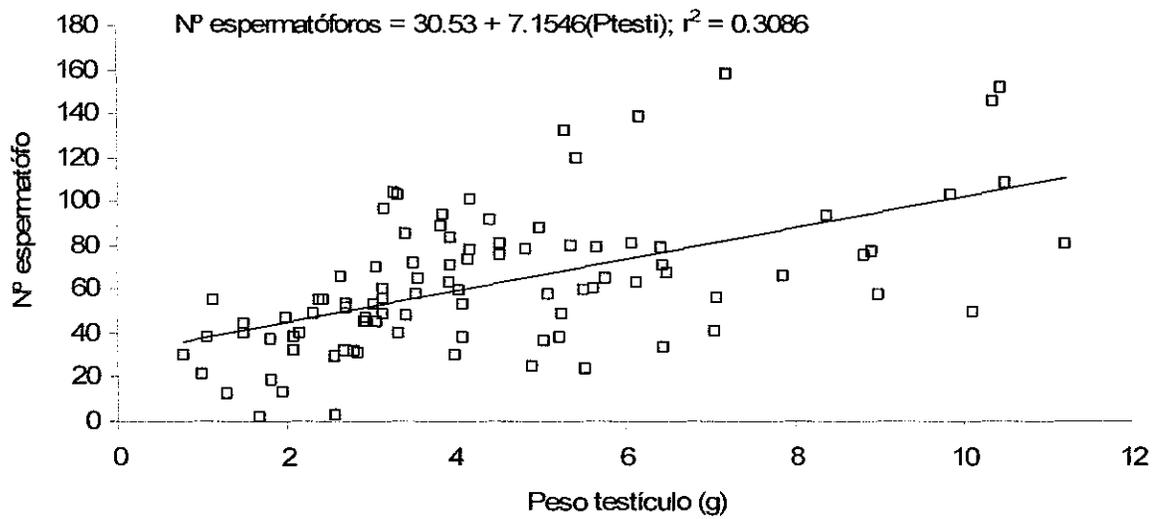


Figura 16. Relación entre el peso del testículo y el número de espermatozoides en machos maduros.

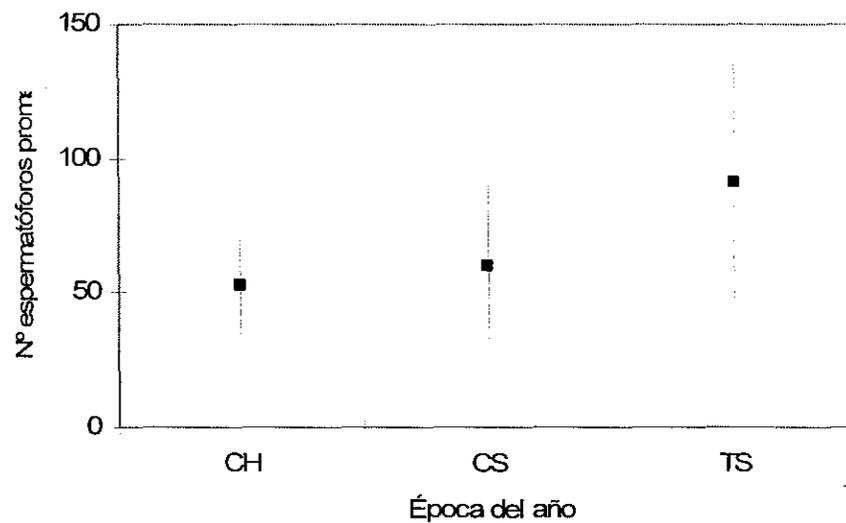


Figura 17. Variación del número de espermatozoides promedio durante el ciclo anual. Cálido húmeda (CH), cálido-seca (CS) y templado-seca (TS). La línea vertical indica la desviación estándar (\pm).

Discusión

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten sugerir que *Octopus hubbsorum* es una especie con desoves a lo largo año o desovante anual (Mangold, 1987), ya que una proporción de la población alcanzó el estadio de madurez gonadal máximo en casi todos los meses del periodo de estudio. A pesar de que parte de la población esta lista para la reproducción, se registro un aumento en la proporción del número de individuos en máxima madurez y desove en épocas específicas del ciclo anual en la costa de Jalisco. Similar comportamiento ha sido descrito en otras especies del mismo género, como *O. vulgaris* en aguas de la costa del Mar Mediterráneo (Guerra, 1975; Mangold, 1973), la costa noroeste de África (Hatanaka, 1979; Guerra, 1992), la costa de las Islas Azores (Gonçalves, 1991) y aguas de las Islas Canarias (Hernández-López, 2000; Hernández-García *et al.*, 2001). Los octópodos de la costa de Chile, *O. mimus* muestran una población lista para llevar a cabo la fecundidad y desove en todos los meses del año, con dos claros eventos reproductivos, uno a principios de primavera y el otro de mayor importancia a finales de otoño (Cortez, 1995; Olivares *et al.*, 1996; Cortez *et al.* 1999); esta es también considerada como desovante anual (Mangold, 1987). Este comportamiento es coincidente con las reportadas por *O. vulgaris* que observaron maduración de la gónada durante todo el ciclo anual, y hembras desovando de febrero a agosto y hembras encuevadas o anidadas hasta octubre (Mangold-Wirz, 1963, Guerra, 1975; Mangold y Boletzky, 1973). Smale y Buchan (1981) para esta misma especie en poblaciones de arrecifes de coral en el suroeste de Africa (17–28° C) encuentran puestas durante todo el ciclo anual, aunque sugieren la presencia de una estacionalidad.

En el proceso de madurez sexual influyen una serie de factores, pero entre los más importantes están el fotoperiodo y la temperatura. La presencia de una proporción madura constante puede estar relacionada con condiciones cálidas de la columna de agua somera durante casi todo el ciclo anual. Mientras que durante el periodo de pico de madurez durante febrero a junio se relaciona con la reducción del

fotoperiodo, propiciando el disparo de la madurez en una mayor proporción de hembras (Mangold, 1983a; Forsythe y Hanlon; 1988; Cortez, 1995)

En estudios realizados en campo se reporta que la proporción sexual en especies de octópodos tiende a ser mayor en los machos (Mangold, 1963; Cortez, 1995; Hernández-López, 2000), y puede variar con respecto a la talla (o peso) y la madurez sexual. Los machos fueron proporcionalmente más numerosos hacia las menores tallas, pero al incrementar su tamaño arriba del kilogramo de peso, la balanza se inclino hacia las hembras. Además, al llegar la época del pico de madurez sexual en hembras, estas fueron más abundantes que los machos. Este comportamiento se a reportado en *O. mimus* donde la relación de sexos se invierte a partir de los 1,500 g, dando origen a proporciones significativamente a favor de las hembras (Cortez, 1995). Varios autores sugieren que durante las épocas de máxima reproducción la proporción sexual se inclina hacia las hembras como consecuencia de una posible migración de zonas profundas a someras asociada al proceso de madurez, como se a registrado en *O. vulgaris* por Mangold-Wirz (1963) y Guerra (1977) para el Mediterráneo Catalán y Guerra (1977 y 1979b), Hatanaka (1979a) y Smale y Buchan (1981) en las costa occidental de África y como consecuencia de la búsqueda de mejores condiciones de alimentación previo a su reproducción (Cortez, 1995). Se sugiere además entre otras posibles causas, de esta diferencia en la proporción sexual, a la menor accesibilidad de la pesca por parte de las hembras durante los periodos de desove y puesta debido a su anidamiento (Cortez *et al.*, 1995); así como a que las hembras en desove encuevadas muestran tallas superiores respecto a los machos (Hatanaka, 1979a).

Los criterios utilizados en la asignación de los diferentes estadios de madurez desde el punto de vista macroscópicos en *O. hubbsorum*, han sido usados de manera frecuente por varios autores Cortez (1995), Olivares *et al.* (1994, 1996), Cortez *et al.*, (1999) y Hernández-López (2000). Estudios histológicos recientes de la ovogénesis y maduración ovárica sugieren que la asignación de estadios de madurez morfológica no es del todo coincidente en las primeras fases del desarrollo del

ovario; sin embargo, los estadios de desarrollo gonádico III o maduración, IV o maduras y V o en desove o desovada coinciden aceptablemente con los caracteres morfológicos macroscópicos (Olivares *et al.*, 2001). Para el caso de los machos el estadio II, que define al individuo como maduro, básicamente por la presencia de espermátóforos en la bolsa de Needham o saco espermatoférico (Arnold y William-Arnold, 1977; Wells y Wells, 1977), esto puede ocasionar que se asigne como maduros a machos de talla y peso característicos de juveniles, por lo que pudiera considerar la estimación de madurez precoz para los machos.

La talla y peso de primera madurez alcanzada por *O. hubbsorum* en la costa de Jalisco es bastante diferente entre machos y hembras. Varias especies de octópodos han observado este patrón, en el que los machos maduran en tallas inferiores respecto a las hembras (Mangold, 1983a, 1987; Hartwick, 1983; Hanlon, 1983; Cortez, 1995). Los machos alcanzaron la madurez sexual en talla y sexo de manera precoz, con un largo dorsal de manto (LDM) alrededor de los 60 mm y un peso total que apenas alcanzó los 230 g. Mientras que para las hembras alrededor de los 800 g de peso corporal y los 115 mm de LDM. El peso de primera madurez sexual encontrado en el presente trabajo es similar al reportado para *O. vulgaris* en la región occidental del Atlántico subtropical (29 – 30° C) donde el promedio del peso de las hembras en desove fue de alrededor de 700 g y con un caso extremo de 145 g. En *O. mimus* se reporta que los machos maduraron aun en peso menor que *O. hubbsorum*, alrededor de los 200 g (Olivares *et al.*, 1996). La tendencia en la proporción de sexos es que sea 1: 1 en los cefalópodos, al parecer los machos juveniles tendrían la posibilidad de copular con hembras de similar tamaño, debido a la territorialidad, agresividad y migración vertical de los individuos que crecen, seleccionan crecer y madurar rápido para tener la posibilidad de éxito reproductivo.

En el proceso de madurez sexual de los cefalópodos participa una serie de factores intrínsecos y extrínsecos (Roper y Young, 1975; Mangold, 1987). Entre los intrínsecos se encuentra el control hormonal, relacionado con la glándula óptica, localizada en el cerebro. La luz (duración e intensidad) es el factor extrínseco que

estimula esta glándula y que tiene efectos sobre la madurez de la gónada y otros fenómenos fisiológicos en los cefalópodos (Wells y Wells, 1959; Zuñiga *et al.*, 1995). El peso y/o talla en que se inicia la madurez depende de la luz, temperatura y disponibilidad de alimento (Mangold, 1987) y se relaciona positivamente con la temperatura cálida, las altas tasas de ingestión y con el crecimiento rápido (Mangold, 1983a). *O. hubbsorum* coincide con esta tendencia general, se desarrolla en ambientes cálidos, con temperaturas promedio del agua por arriba de los 26° C durante alrededor de ocho meses del año, previo al máximo reproductivo (época templado-seco) presenta aumento en la ingestión, en las épocas cálido-húmeda y cálido-seca (ver capítulo alimentación). Además la especie registra altas tasas de crecimiento hacia las épocas cálidas principalmente (ver capítulo crecimiento). La luz como factor desencadenante, varía en duración e intensidad a lo largo del ciclo anual, aunque con menor magnitud que en latitudes altas. Sin embargo, el fotoperiodo se reduce de septiembre hacia la época templado-seca (marzo), influyendo en la activación de la madurez en un segmento de la población que tiene el desarrollo somático y reproductivo para que se desencadene la madurez, principalmente en las hembras. Sobre el efecto que pudiera provocar la migración vertical y por consiguiente la reducción de luz, es aun indefinido, ya que se desconoce si se presentan desplazamientos en esta especie en el área de estudio.

Otro fenómeno que puede participar en la madurez de esta especie en el la costa de Jalisco, es la recurrencia del fenómeno de el Niño y que impacto en el Pacifico mexicano durante 1997-1998 (Reyes-Bonilla *et al.*, 2002). Precisamente en 1998, se iniciaron los muestreos en la costa de Jalisco y se observo que la población presente de mayo a agosto mostró tallas y peso promedio ligeramente menores respecto a los individuos muestreados a partir de mayo de 1999. Lo anterior se explica como un efecto positivo en las poblaciones de *O. hubbsorum*, que favoreció la disminución de la talla de madurez, madurando todas aquellas hembras que fisiológicamente se encontraron en condiciones.

El número de ovocitos producidos por *O. hubbsorum* coincide con lo reportado para otras especies de octópodos similares; para *O. vulgaris* oscila entre los 100 000 y 500 000 por individuo (Mangold, 1983; Hernández-López, 2000). En *O. mimus* el potencial estimado de fecundidad en hembras promedio fue de 194,000, con valores entre 96,000 y 383,000. El número de espermátóforos observados en machos es coincide con los valores de producción de espermátóforos por unidad de peso corporal para *O. vulgaris*, que oscilo entre 0.03 y 0.55 espermátóforos/g, en la costa de las Islas Canarias (Hernández-López, 2000) y con lo reportado por Cortez (1995), para *O. mimus*, donde el número de espermátóforos oscilo entre 10 y 200 espermátóforos. Se observaron resultados similares entre lo reportado para *O. mimus* y *O. hubbsorum* en lo que corresponde a la relación entre la fecundidad y el peso de corporal y la fecundidad y las estructuras del aparato reproductor del macho, así como la variación de la fecundidad con la época reproductiva. Cortez (1995) y Hernández-López (2000) encuentran una relación directa entre talla y fecundidad, al aumentar la talla y/o peso se incrementa el número de espermátóforos.

Octopus hubbsorum presento un aumento en el potencial reproductivo en machos hacia la época reproductiva de las hembras; lo cual coincide con lo observado en *O. mimus*, donde se reporta un aumento en el número de espermátóforos en los meses de mayor reproducción durante el desove de verano (Cortez, 1995).

El comportamiento de la copula y desove fue escasamente registrado. Pero, hembras y machos de *O. hubbsorum* siguen un patrón similar al registrado en otras especies (*O. cyanea*, Van Heukelem, 1983; *O. tetricus*, Joll, 1976; *O. vulgaris*, Mangold-Wirz, 1963). La copula la realizan preferentemente a distancia, mediante la extensión del hectocotilo, por uno o varios machos, pero se a observado macho montando a la hembra (observación personal; pescadores, comunicación personal). Presenta cuidado parental de la puesta, hasta que eclosiona el último huevo de la puesta (pescadores, comunicación personal).

Relaciones morfométricas

Relación largo total-largo dorsal manto

Se analizó la relación entre largo total (LT) y largo dorsal de manto (LDM). En la figura 18 se muestra la dispersión de las variables largo total y largo dorsal de manto para la población total (hembras y machos); se puede observar una tendencia lineal en la dispersión de los datos. Después de aplicar varios modelos de regresión, se encontró que el modelo no lineal fue el que presentó el mejor ajuste y mayor coeficiente de determinación (*con logaritmo*: $R^2 = 0.7536$; *sin logaritmo*: $R^2 = 0.7506$) y menor valor de la raíz del error estándar de la media (*con logaritmo*: ECM = 0.044; *sin logaritmo*: ECM = 47.17) (Cuadro 3 y 4).

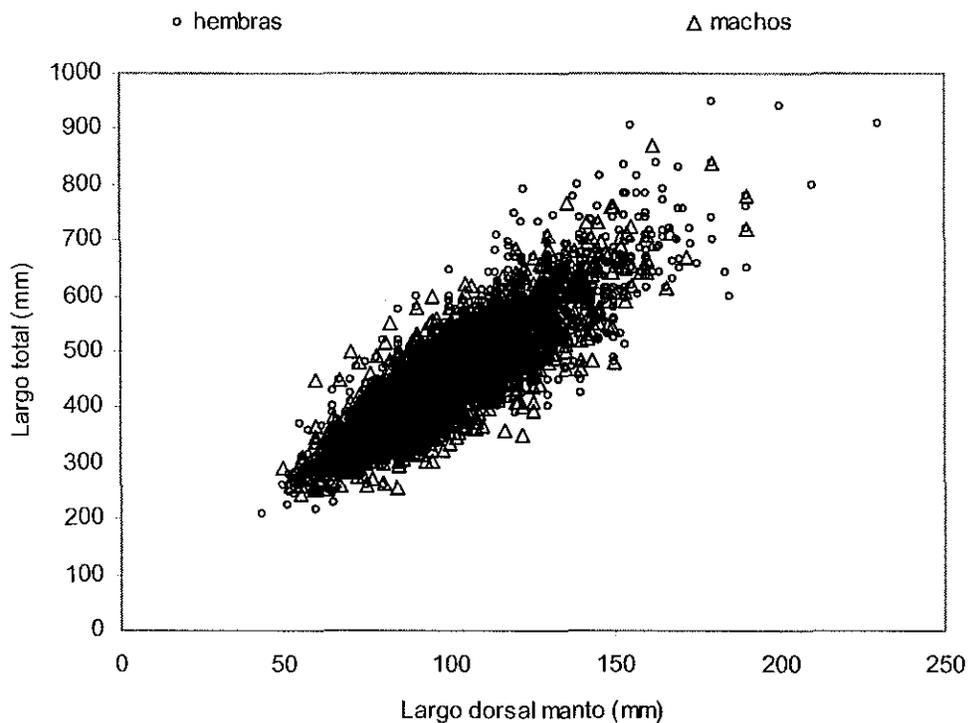


Figura 18. Relación entre la variables de talla largo total-largo dorsal de manto para *O. hubbsorum*

Cuadro 3. Regresión para el logaritmo del largo total-largo dorsal de manto considerando ambos sexos. Modelo no lineal.

Fuente	SC	gl	CM			
Modelo	31.0036072	1	31.0036072	Número de obs =	5216	
Residuo	10.1582364	5214	.001948262	F(1, 5214) =	15913.47	
				Prob > F =	0.0000	
				R-cuadrada =	0.7532	
Total	41.1618436	5215	.007892971	R-cuadrada Aj =	0.7532	
				Raíz ECM =	.04414	

logLT	Coef.	Err. Std.	t	P> t	[95% Intervalo Conf.]	
logLDM	.8390903	.0066516	126.15	0.000	.8260504	.8521303
_cons	.9815757	.0132328	74.18	0.000	.9556339	1.007517

LT = largo total

LDM = largo dorsal de manto

Cuadro 4. Regresión para el largo total-largo dorsal de manto considerando ambos sexos. Modelo lineal.

Fuente	SC	df	CM			
Modelo	34930756.9	1	34930756.9	Número de obs =	5216	
Residuo	11603759.4	5214	2225.50046	F(1, 5214) =	15695.69	
				Prob > F =	0.0000	
				R-cuadrada =	0.7506	
Total	46534516.4	5215	8923.20544	R-cuadrada Aj =	0.7506	
				Raíz ECM =	47.175	

LT	Coef.	Err. Std.	t	P> t	[95% Intervalo Conf.]	
LDM	3.816493	.0304631	125.28	0.000	3.756773	3.876214
_cons	76.11796	3.095491	24.59	0.000	70.0495	82.18642

LT = largo total

LDM = largo dorsal de manto

El largo dorsal de manto ha sido utilizado comúnmente como la longitud patrón en cefalópodos, por lo que fue considerada en el presente trabajo para los distintos análisis de esta especie; además de resultar con una correlación mayor entre PT-LDM, que entre PT-LT (Cuadro 5).

Cuadro 5. Coeficiente de correlación entre los caracteres morfológicos en ambos sexos. Peso total (PT), LDM largo dorsal de manto y LT largo total.

	PT	LDM	LT
PT	1		
LDM	0.85303977	1	
LT	0.83445656	0.8449421	1

Para determinar diferencias de las variables de talla entre hembra y macho, se realizó un análisis de covarianza (ANDECOVA), el cual indica que no existen diferencias significativas en la relación LT-LDM entre sexos ($F = 1.23$; $p = 0.26$) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de covarianza para el largo total-largo dorsal de manto considerando al sexo.

Fuente	SC	df	CM	F	Prob > F
Modelo	35102736.9	3	11700912.3	5334.70	0.0000
lcm	32648179.4	1	32648179.4	14885.02	0.0000
sexo	1202.62034	1	1202.62034	0.55	0.4590
sexo*lcm	2690.456	1	2690.456	1.23	0.2681
Residuo	11431779.4	5212	2193.35753		
Total	46534516.4	5215	8923.20544		

Número de obs = 5216 R-cuadrado = 0.7543
Raíz ECM = 46.8333 R-cuadrado ajust. = 0.7542

Relación peso total-largo dorsal de manto (PT-LDM)

El diagrama de dispersión del peso total (PT) y largo dorsal de manto (LDM) indicado en la figura 19, muestra una tendencia no lineal de las variables. El modelo de regresión con mejor ajuste resultó ser el multiplicativo o potencial: $y = a \cdot x^b$, con un coeficiente de correlación de 0.8964 y un coeficiente de determinación ajustado de 80.35 % (cuadro 7).

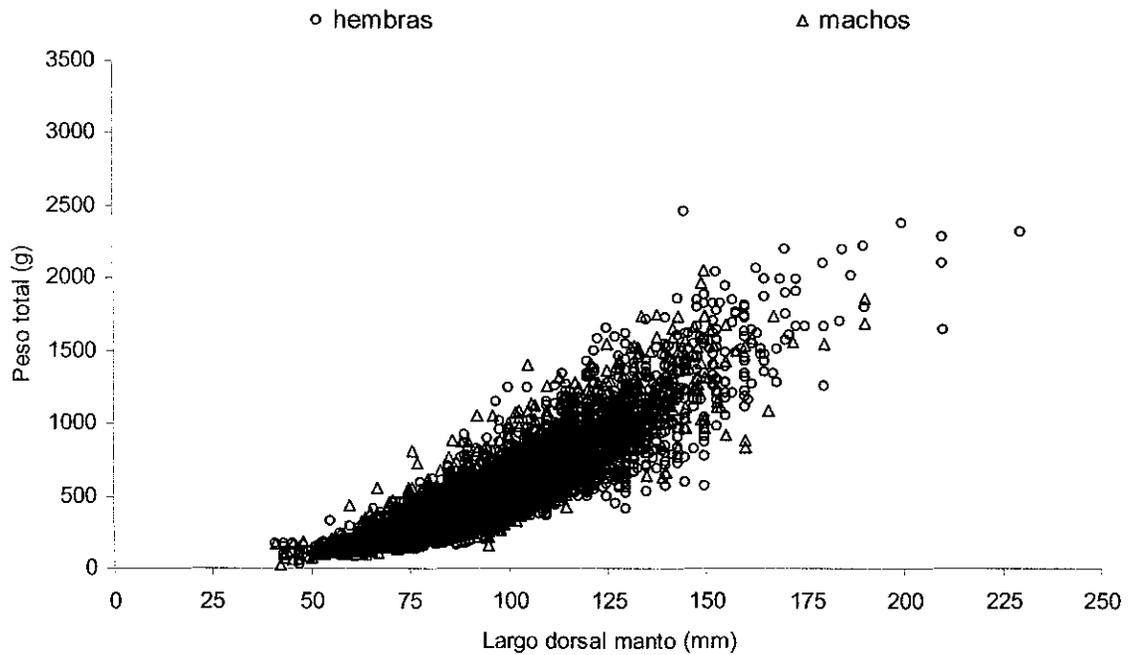


Figura 19. Diagrama de dispersión del peso total-largo dorsal de manto para hembras y machos.

Para conocer la posible diferencia entre sexos, se realizó un análisis de comparación de pendientes o análisis de covarianza (ANDECOVA), resultando diferencias significativas ($F = 92.51$; $p < 0.000$) (Cuadro 8). En el cuadro 9 se presenta un resumen de la regresión para la población total, así como para hembras y machos en los cuadros 10 y 11.

Cuadro 7. Modelos alternativos de comparación entre peso total y largo dorsal del manto de la población total (hembras y machos).

Modelo	Correlación	R ²
Potencial	0.8964	80.35%
Raíz cuadrada	0.8960	80.29%
Exponencial	0.8834	78.03%
Lineal	0.8789	77.25%

Cuadro 8. Análisis de covarianza para peso total-largo dorsal manto considerando al sexo.

Fuente	SC	df	CM	F	Prob > F
Modelo	499660970	22	22711862.3	1158.83	0.0000
ldm	330588144	1	330588144	16867.60	0.0000
ldm*sexo	38073598.4	21	1813028.50	92.51	0.0000
Residuo	117378400	5989	19598.9982		
Total	617039370	6011	102651.70		

Número de obs = 6012 R-cuadrado = 0.8098
 Raíz ECM = 139.996 R-cuadrado ajust. = 0.8091

En la figura 20 se muestra el comportamiento de la curva de ajuste del modelo potencial para ambos sexos. En la población total (hembras y machos), la ecuación que define la relación es: $PT=0.0175LDM^{2.2417}$, $R^2 = 0.8035$; el resumen de la regresión se muestran en el cuadro 9.

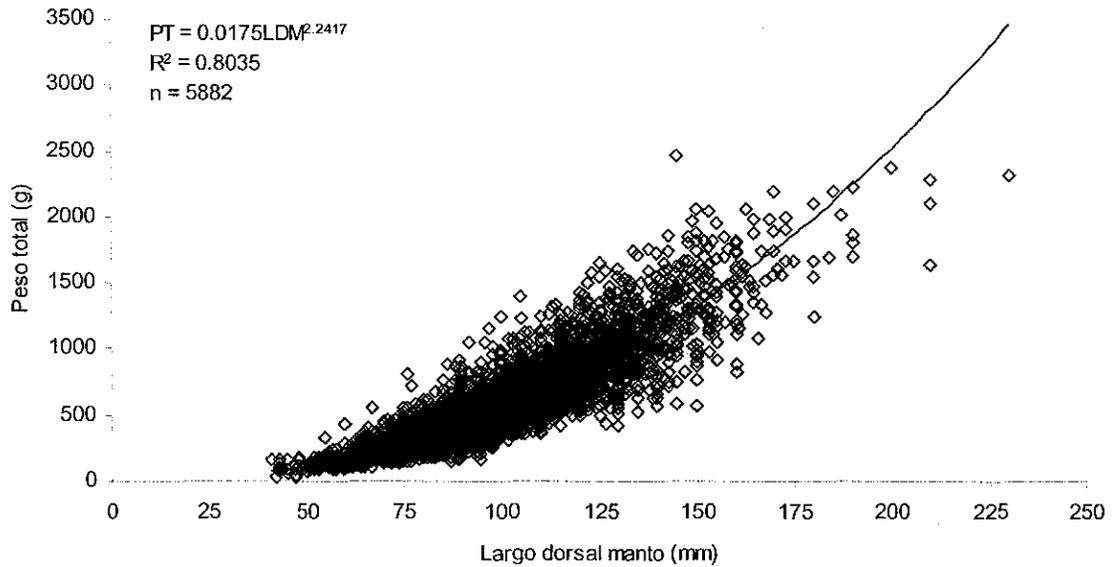


Figura 20. Curva de ajuste de la relación del peso total-largo dorsal de manto para ambos sexos.

Cuadro 9. Regresión para el peso total y el largo dorsal de manto considerando a la población total.

Fuente	SC	gl	CM			
Modelo	287.641399	1	287.641399	Número de obs =	5882	
Residuo	70.3308012	5880	.011961021	F(1, 5880) =	24048.23	
Total	357.9722	5881	.060869274	Prob > F =	0.0000	
				R-cuadrada =	0.8035	
				R-cuadrada aj. =	0.8035	
				Raiz ECM =	.10937	

logPT	Coef.	Err. Std.	t	P> t	[95% Intervalo Conf.]	
logLDM	2.241701	.0144556	155.07	0.000	2.213363	2.27004
_cons	-1.756649	.0285875	-61.45	0.000	-1.812691	-1.700607

Para las hembras la ecuación que define la relación PT-LDM es: $PT = 0.02007LDM^{2.2111}$, $R^2 = 0.8165$; el resumen de la regresión y la curva de ajuste se muestran en el cuadro 10 y la figura 21, respectivamente. En los machos la expresión que define la relación es: $PT = 0.0146LDM^{2.2820}$, $R^2 = 0.7861$; el resumen de la regresión y la curva de ajuste se muestran en el cuadro 11 y la figura 22, respectivamente.

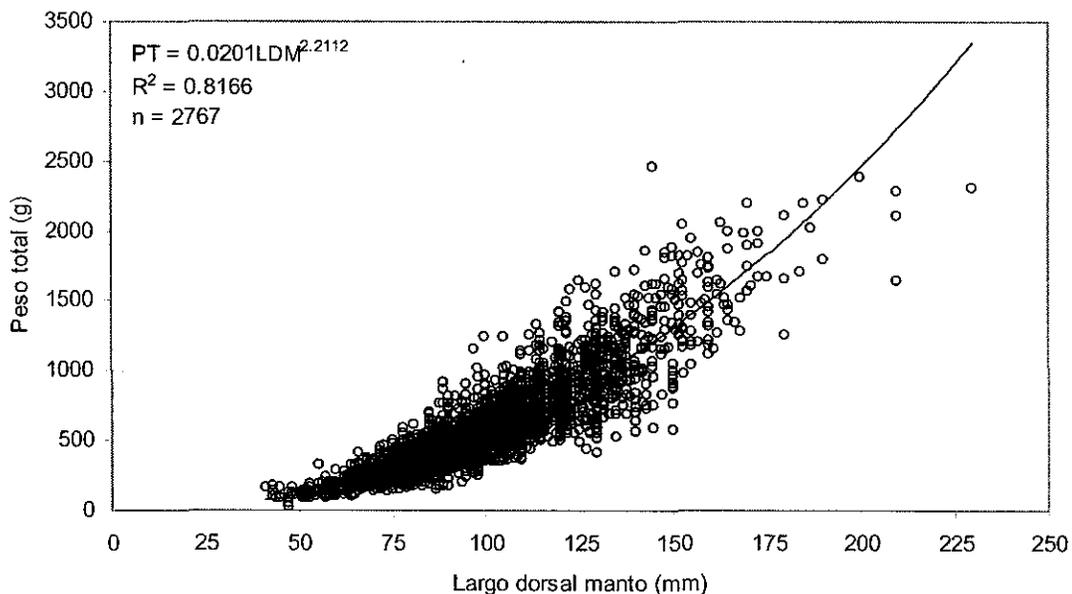


Figura 21. Curva de ajuste de la relación del peso total-largo dorsal de manto para hembras.

Cuadro 10. Regresión para el peso total y el largo dorsal de manto considerando a las hembras.

Fuente	SC	gl	CM	Número de obs = 2767		
Modelo	151.626007	1	151.626007	F(1, 2765)	=12309.63	
Residuo	34.0583804	2765	.012317678	Prob > F	= 0.0000	
				R-cuadrada	= 0.8166	
				R-cuadrada aj.	= 0.8165	
				Raíz ECM	= .11099	
Total	185.684387	2766	.067131015			

logPT	Coef.	Err. Std.	t	P> t	[95% Intervalo Conf.]	
logLDM	2.211171	.0199297	110.95	0.000	2.172093	2.25025
_cons	-1.697449	.0396446	-42.82	0.000	-1.775185	-1.619713

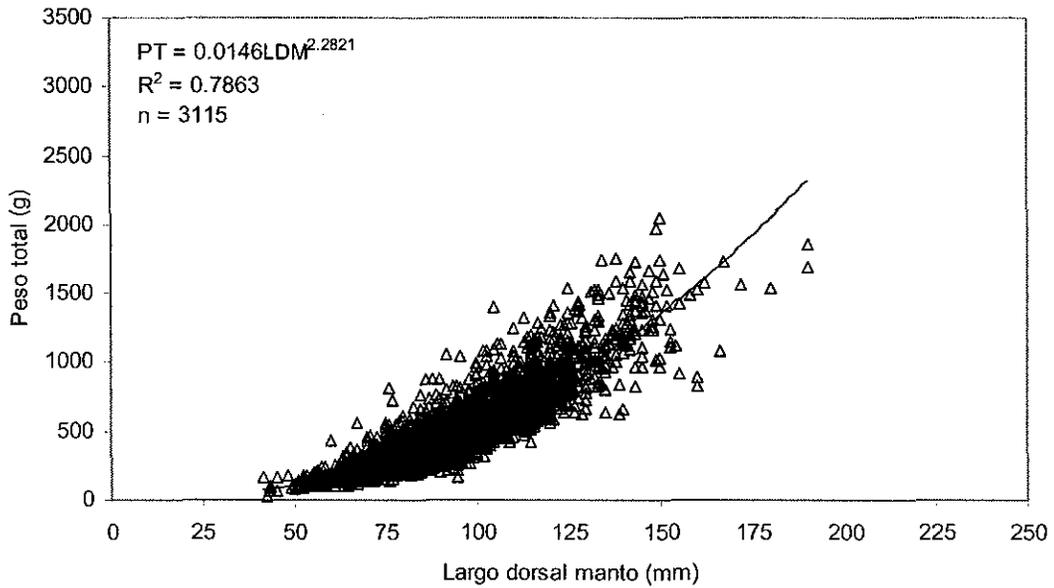


Figura 22. Curva de ajuste de la relación del peso total-largo dorsal de manto para machos.

Cuadro 11. Regresión para el peso total y el largo dorsal de manto considerando a los machos.

Fuente	SC	gl	CM			
Modelo	133.137017	1	133.137017	Número de obs =	3115	
Residuo	36.1909626	3113	.011625751	F(1, 3113) =	11451.91	
Total	169.32798	3114	.054376358	Prob > F =	0.0000	
				R-cuadrada =	0.7863	
				R-cuadrada aj. =	0.7862	
				Raiz ECM =	.10782	

logPT	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
logLDM	2.282062	.021325	107.01	0.000	2.24025	2.323874
_cons	-1.83468	.0419511	-43.73	0.000	-1.916935	-1.752425

En el cuadro 12 se resumen las relaciones calculadas de las tallas y pesos (LT, LDM, PT) en *Octopus hubbsorum* para los 22 meses de estudio, considerando a toda la población, hembras y machos. Para ambos sexos y en todos los caso (LT-PT y LDM-PT) el coeficiente de regresión "b" siempre mostró valores menores a 3, indicando un crecimiento alométrico negativo, es decir, este pulpo crece más en longitud que en peso. Este coeficiente mostró variaciones por sexo en el tiempo, registrando claros decrementos de octubre a diciembre de 1998 y un año después, de septiembre a octubre de 2000. Los valores más altos en ambos sexos de manera generalizada se registraron de marzo a junio de 2000. Lo anterior, para las hembras se asocia probablemente con el comportamiento de la reproducción en la costa de Jalisco.

Cuadro 12. Resumen de las relaciones halladas entre las tallas (LT, LDM) y peso total (PT) global (mayo a agosto de 1998 y de mayo de 1999 a octubre de 2000) y mensual de mayo de 1999 a octubre de 2000. Se indica en n= número de observaciones, x= variable independiente, y= variable dependiente, a= ordenada al origen, b= pendiente, r²= coeficiente de determinación.

Periodo	n	sexo	x	y	a	b	r ²
Global	2767	H	LDM	PT	0.0201	2.2112	0.8166
	3115	M	LDM	PT	0.0146	2.2820	0.7863
	2219	H	LT	PT	0.0002	2.3388	0.87
	2624	M	LT	PT	0.0011	2.1232	0.82
Mayo 1998	165	H	LDM	PT	0.0105	2.3995	0.8760
	156	M	LDM	PT	0.0177	2.2815	0.7913
Junio 1998	143	H	LDM	PT	0.0161	2.29.55	0.8760
	142	M	LDM	PT	0.0091	2.4158	0.8663
Julio 1998	153	H	LDM	PT	0.0173	2.2656	0.9054
	159	M	LDM	PT	0.0125	2.3406	0.8442
Agosto 1998	133	H	LDM	PT	0.0203	2.2034	0.8449
	138	M	LDM	PT	0.0118	2.3264	0.8279
Mayo 1999	31	H	LDM	PT	0.0085	2.3497	0.8565
	18	M	LDM	PT	0.0271	2.0934	0.7889
	31	H	LT	PT	0.0009	2.5181	0.8658
	18	M	LT	PT	0.0004	2.2786	0.8757
Junio 1999	35	H	LDM	PT	0.0196	2.2353	0.6890
	12	M	LDM	PT	0.0127	2.3228	0.7516
	35	H	LT	PT	0.0001	2.3896	0.7125
Julio 1999	12	M	LT	PT	0.0004	2.2630	0.7660
	213	H	LDM	PT	0.0195	2.2400	0.8322
	215	M	LDM	PT	0.0133	2.3211	0.8083
Agosto 1999	213	H	LT	PT	0.0007	2.2097	0.8555
	215	M	LT	PT	0.0007	2.2167	0.7859
	159	H	LDM	PT	0.0115	2.3456	0.7964
	149	M	LDM	PT	0.0466	2.0491	0.6310
	159	H	LT	PT	0.0002	2.3598	0.8649
Septiembre 1999	149	M	LT	PT	0.0003	2.3004	0.7686
	222	H	LDM	PT	0.0104	2.3416	0.8267
	208	M	LDM	PT	0.0134	2.2900	0.6804
	222	H	LT	PT	0.0007	2.1666	0.8078
Octubre 1999	208	M	LT	PT	0.0003	2.2941	0.7405
	122	H	LDM	PT	0.4234	1.5260	0.5504
	222	M	LDM	PT	1.3867	1.2595	0.4092
	122	H	LT	PT	0.0010	2.0349	0.6441
Noviembre 1999	222	M	LT	PT	0.0492	1.4992	0.5806
	87	H	LDM	PT	0.1008	1.8271	0.7078
	107	M	LDM	PT	0.0946	1.8315	0.5975
	87	H	LT	PT	0.0022	1.9939	0.7897
	107	M	LT	PT	0.0121	1.7163	0.5162

Periodo	n	sexo	x	y	a	b	r ²
Diciembre 1999	163	H	LDM	PT	0.0177	2.2265	0.8110
	237	M	LDM	PT	0.0169	2.2371	0.6709
	163	H	LT	PT	0.0008	2.1799	0.7481
	237	M	LT	PT	0.0080	1.8063	0.5571
Enero 2000	79	H	LDM	PT	0.0125	2.3122	0.8724
	111	M	LDM	PT	0.0090	2.3890	0.8062
	79	H	LT	PT	0.0007	2.5665	0.8492
	111	M	LT	PT	0.0003	2.3100	0.7760
Febrero 2000	70	H	LDM	PT	0.0482	2.020	0.7443
	103	M	LDM	PT	0.0193	2.2091	0.7491
	70	H	LT	PT	0.0006	2.2161	0.7523
	103	M	LT	PT	0.0041	1.9399	0.6093
Marzo 2000	130	H	LDM	PT	0.0356	2.1092	0.6886
	151	M	LDM	PT	0.0073	2.4379	0.7895
	130	H	LT	PT	0.0012	2.1463	0.6631
	151	M	LT	PT	0.0007	2.2331	0.6910
Abril 2000	184	H	LDM	PT	0.0074	2.4380	0.7880
	198	M	LDM	PT	0.0059	2.4866	0.7942
	184	H	LT	PT	0.0002	2.4016	0.7431
	198	M	LT	PT	0.0007	2.2244	0.7526
Mayo 2000	77	H	LDM	PT	0.0112	2.3519	0.9160
	94	M	LDM	PT	0.0053	2.5134	0.8953
	77	H	LT	PT	0.0003	2.7254	0.9286
	94	M	LT	PT	0.0003	2.7173	0.9252
Junio 2000	112	H	LDM	PT	0.0020	2.7022	0.8858
	127	M	LDM	PT	0.0012	2.8121	0.8624
	112	H	LT	PT	0.0001	2.4998	0.8752
	127	M	LT	PT	0.0001	2.4261	0.8339
Julio 2000	141	H	LDM	PT	0.0206	2.1925	0.8016
	116	M	LDM	PT	0.0095	2.3653	0.7919
	141	H	LT	PT	0.0005	2.2278	0.8458
	116	M	LT	PT	0.0003	2.2991	0.8163
Agosto 2000	148	H	LDM	PT	0.0102	2.3125	0.7982
	207	M	LDM	PT	0.0123	2.2778	0.7380
	148	H	LT	PT	0.0003	2.3130	0.7764
	207	M	LT	PT	0.0009	2.1444	0.6926
Septiembre 2000	149	H	LDM	PT	0.0658	1.8994	0.7041
	227	M	LDM	PT	0.0455	1.9975	0.6728
	149	H	LT	PT	0.0009	2.1159	0.7195
	227	M	LT	PT	0.0007	2.1755	0.7181
Octubre 2000	90	H	LDM	PT	0.0259	2.0870	0.7232
	115	M	LDM	PT	0.0338	2.0533	0.6644
	90	H	LT	PT	0.0013	2.0603	0.7281
	115	M	LT	PT	0.0034	1.9175	0.7136

Discusión

El análisis de la relación entre las diferentes tallas corporales de un organismo permite predecir una variable a partir de la otra. En cefalópodos se ha utilizado el largo total (LT), largo ventral del manto (LVM) y largo dorsal de manto (LDM); esta última talla es la longitud patrón en cefalópodos (Mangold, 1987). *Octopus hubbsorum* tuvo una alta correlación entre LT-LDM y no mostró diferencias significativas entre sexos, por lo que cualquiera de las dos variables puede ser utilizada. Al determinar las relaciones entre peso total-largo total y peso total-largo dorsal de manto, la última resultó con una mayor correlación. En nuestro caso utilizamos el LDM con fines de comparación con otros trabajos.

La relación entre el peso y la talla de un organismo permite conocer si el crecimiento es similar o varía a lo largo de su vida: se define como isometría, si el cuerpo del organismo crece de manera similar en peso y talla durante su desarrollo y como crecimiento alométrico cuando hay diferencias. Los cefalópodos en general tienden a mostrar un crecimiento alométrico (Forsythe y Van Heukelem, 1987). Esta alometría usualmente es el resultado del crecimiento diferencial de los brazos en referencia al manto (Hanlon, 1975; Forsythe, 1984a), así como de otras estructuras corporales como las aletas en el caso de calamares y sepias.

El pulpo *O. hubbsorum* incrementó su cuerpo mayormente en longitud que en peso, es decir, registró un crecimiento alométrico negativo. Lo anterior es consistente a lo reportado en *O. vulgaris* en aguas del Atlántico centro-oriental (Guerra, 1979a, 1979b), en las costas Catalanas del Mar Mediterráneo (Guerra y Manríquez, 1980; Sánchez y Obarti, 1993) y en aguas del Atlántico nororiental (Guerra, 1981). Smale y Bucham (1981) reportan similar comportamiento en la costa sureste de África, con la misma especie, las islas Azores (Gonçalves, 1991) e islas Canarias (Hernández-García, 1998; Hernández-López, 2000). Los datos de este trabajo tampoco difieren con lo reportado para *O. mimus* en aguas de la costa de Chile (Cortez, 1995).

Determinar si entre sexos varía esta relación, permite reconocer la existencia de dimorfismo sexual (Forsythe y Van Heulkelem, 1987). El análisis de covarianza (ANDECOVA) entre sexos determinó la existencia de diferencias significativas en la relación peso-talla, las hembras incrementan en promedio mayor peso que los machos. Este comportamiento ha sido reportado en *O. vulgaris* (Guerra y Manríquez, 1980; Mangold, 1983; Sánchez y Obarti, 1993), *O. maya* (Van Heulkelem, 1987), *O. cyanea* (Van Heulkelem, 1987), *O. bimaculatus* (Ambrose, 1984) y *O. mimus* (Cortez, 1995; Cortez *et al.*, 1999). En la mayoría de los trabajos, el común denominador de la diferencia de peso entre sexos está asociada a factores fisiológicos, nutricionales, conductuales y ambientales. La variación de la relación entre talla y peso dentro de cada sexo en *O. vulgaris* se asocia a variaciones en el ambiente durante el ciclo anual (Guerra y Manríquez, 1980) y en *O. mimus* lo asocian a procesos de madurez reproductiva (Cortez, 1995). En *O. hubbsorum* se observaron variaciones temporales similares a las reportadas anteriormente, particularmente en hembras se asocian a la madurez sexual, mostrando una tendencia a incrementar los valores de la pendiente, es decir incrementan más en peso que en longitud debido a la presencia de los productos hacia los meses de marzo a junio de 2000 (Cuadro 12).

Edad y Crecimiento

Introducción

El proceso de crecimiento en cefalópodos es uno de los más rápidos de los metazoarios, alcanzando grandes talla en poco tiempo (Callow, 1987). El crecimiento es un aspecto biológico complejo, que en octópodos no ha sido cuantificado hasta el momento con suficiente certeza, debido a su gran plasticidad corporal. Este proceso se ha estudiado básicamente de dos formas: con datos de campo y con estudios en condiciones de cultivo. Este último, aunque muestra algunas dudas sobre la extrapolación de sus conclusiones con respecto al medio natural, ha aportado información más detallada que a través de estudios de campo, ya que muchas de las variables que interactúan no se pueden controlar. Esto provoca que las conclusiones reflejen parcialmente la realidad natural (Forsythe y Van Heukelem, 1987).

La estimación del crecimiento en condiciones de controladas en octópodos se iniciaron por Itami *et al.* (1963), Mangold-Wirz (1963), y Nixon (1966) que experimentaron con *Octopus vulgaris*. Otras especies que han sido estudiadas en condiciones de cultivo no solo para la determinación del crecimiento, sino también en relación con la reproducción y alimentación: *O. joubini* por Forsythe y Hanlon (1980) y Forsythe (1984); *O. digueti* por DeRusha *et al.* (1987); *O. tetricus* por Joll (1989); *O. bimaculoides* por Forsythe y Hanlon (1988); *O. vulgaris* por Villanueva (1995); *Eledone cirrhosa* por Houlihan *et al.* (1998).

Con base en las experiencias de cultivo, Forsythe y Van Heukelem (1987), sugieren que el crecimiento de los cefalópodos presentan en general dos fases: la primera exponencial, relativamente larga, y una segunda línea logarítmica, durante la cual la tasa de crecimiento disminuye paulatinamente. La duración de ambas fases dependerá de especie y las condiciones del medio. Sin embargo, Jackson y Chonat (1992) sugieren que para los cefalópodos el crecimiento puede ser lineal o exponencial, pero siempre uniforme a lo largo de todo el ciclo de vida del animal.

Asimismo, se ha observado que el crecimiento en los cefalópodos se ha ajustado a varios modelos, entre ellos: lineal, asintótico, exponencial, cíclico, sigmoide y exponencial-logarítmico (Forsythe y Van Heukelem, 1987). Según estos autores, el modelo asintótico mediante la ecuación de Von Bertalanffy, no describe adecuadamente el crecimiento en cefalópodos en general, por que nunca deja de incrementar en talla y en peso, es decir nunca llega a la asíntota. Cortez (1995) sugiere que entre otras razones, son debidas a que la talla que alcanzan los individuos depende de la madurez sexual, la cual está influida no solo por el tamaño sino además por factores ambientales.

La determinación de crecimiento individual en octópodos en condiciones naturales se ha realizado básicamente a partir del análisis de la distribución de frecuencia de clases de talla en varias especies, como en *Octopus vulgaris* (Guerra, 1977, 1979; Hatanaka, 1979; Pereiro y Bravo de Laguna, 1979). Este método está basado en la progresión temporal de las diferentes modas presentes en las frecuencias polimodales de tamaños, obtenidas de muestras representativas de las poblaciones naturales y permite seguir el crecimiento de los animales de una misma cohorte, a pesar de no conocer la edad real de cada uno de los individuos que la componen. Sin embargo, Caddy (1991) sugiere que para que este método genere resultados confiables es necesario el cumplimiento de una serie de requisitos: la no existencia de selectividad por tallas o edades en el arte de pesca empleado; la inexistencia de migraciones; la existencia de tasas de crecimiento similares entre los individuos de la población, al menos en individuos de la misma talla; y como requisito esencial, que el muestreo se esté realizando sobre individuos de la misma cohorte y no sobre individuos de distintas cohortes. Cortez (1995) sugiere que si los requisitos son cubiertos en su mayoría, el método es fiable. Este autor reporta que en el caso del pulpo *O. mimus*, una especie territorialista y con escasos desplazamientos durante su ciclo de vida y un periodo de desove que presenta máximos estacionales, los grupos de talla en las muestras poblacionales estuvieron bien representadas y fueron abundantes; por lo que utilizó el método de análisis de frecuencia de talla de manera confiable en su trabajo.

Se ha considerado recomendable que en la evaluación de poblaciones de especies tropicales, se cuente con el mayor número de datos de frecuencia de tallas, combinado con un número pequeño de lecturas de edad, basada en incrementos diarios de estructuras corporales. Esta combinación permite calibrar los resultados obtenidos de las tallas y explicar de una manera más sencilla los conceptos teóricos del crecimiento a partir de datos de edad y de talla, que solo sobre la base de la talla (Sparre y Venema, 1995).

El descubrimiento de incrementos o anillos de crecimiento en diferentes estructuras corporales en cefalópodos como estatolito, pluma o gladio y mandíbula; ha permitido avanzar en el estudio de su crecimiento y edad (Arkhipkin, 1991). El estatolito y la pluma son estructuras corporales más ampliamente utilizadas en las especies del Superorden Decápoda (calamares y sepias, entre otros) y las mandíbulas en el Orden Octópoda.

En la década de los 60` varios autores (Clark, 1965) identificaron bandas en las mandíbulas del aparato bucal de cefalópodos, específicamente de calamares y octópodos. Hasta la década de los 90`, Raya y Hernández-González (1998), utilizando tres métodos distintos para el análisis del aparato mandibular de *Octopus vulgaris*, identificaron líneas o incrementos en la cara interna de ambas mandíbulas de *O. vulgaris* y sugieren que son líneas o incrementos de crecimiento diarios, que permiten estimar la edad de cefalópodos. Trabajando con esta misma especie, pero en aguas de Islas Canarias (27°37`N - 13°20`O y 29°25`N - 18°10`O), Hernández et al. (2001) validan la hipótesis "un incremento = un día", mediante la lectura de bandas o incrementos de pulpos en condiciones de cultivo.

A la fecha no existe información sobre el crecimiento y edad de las poblaciones de *O. hubbsorum* en el Pacífico mexicano, por lo que el presente estudio pretende evaluar la edad y crecimiento, mediante el proceso y análisis de estructuras duras, apoyado con el análisis de frecuencia de talla.

Objetivo general:

Evaluar la edad y el crecimiento del pulpo *O. hubbsorum* por medio de métodos directos e indirectos.

Objetivos particulares:

- a) Estimar la edad mediante el análisis de estructuras mandibulares, partiendo del argumento: un incremento = un día (método directo); y mediante el análisis de frecuencia de tallas (método indirecto).
- b) Estimar el crecimiento mediante la aplicación de los modelos de regresión lineal y no lineal, que mejor describan este proceso.

Materiales y Métodos

Determinación de edad con estructuras corporales.

Con el objetivo de determinar la edad de *O. hubbsorum* se seleccionaron 200 ejemplares de pulpo del muestreo biológico de octubre de 1999 a agosto de 2000. Se extrajeron las mandíbulas (o picos) del aparato bucal y se conservaron en alcohol etílico al 70% (Figura 23a y b). En laboratorio, se midió cada mandíbula con un vernier digital (precisión 0.01 mm) y se pesó con una balanza digital OHAUS de 200 g de capacidad y (precisión 0.01g). Del total de mandíbulas seleccionadas, 150 fueron utilizadas para ser analizadas bajo el microscopio, de las cuales 85 correspondieron a hembras y 65 a machos. Esta reducción del número de mandíbulas que se tomaron para el muestreo, fue debida al deterioro que presentaron durante su proceso en campo y laboratorio, y sobre todo a la falta de coincidencia entre lectores.

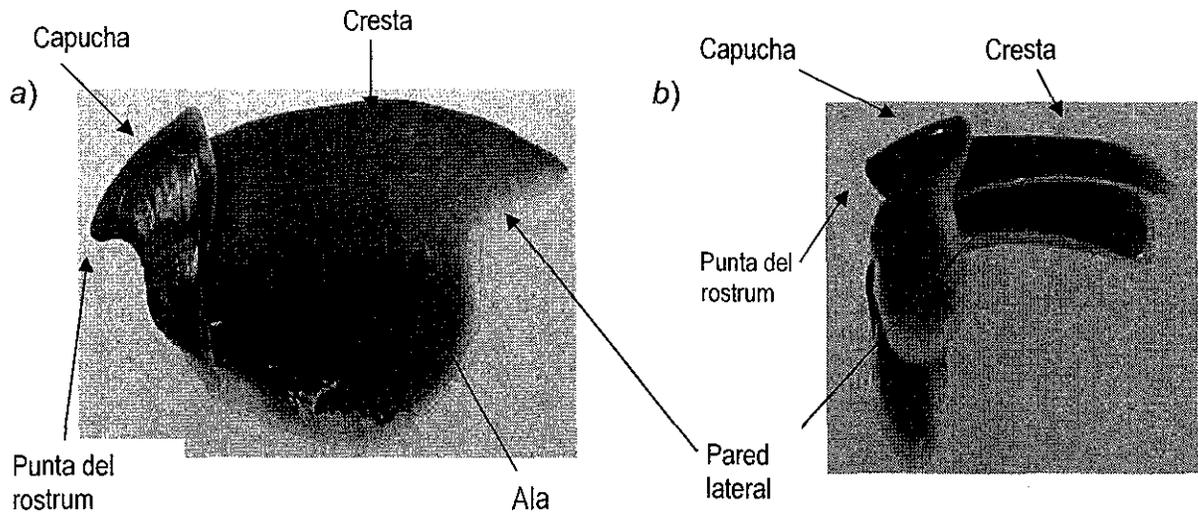


Figura 23. Aparato mandibular de *O. hubbsorum*, a) mandíbula superior y b) mandíbula inferior.

Para el presente apartado se utilizó solo la mandíbula superior (Figura 23a), la cual fue seccionada siguiendo el plano sagital y obteniendo dos partes simétricas (Figura 24). Una vez obtenidas ambas partes de la mandíbula superior se limpiaron con agua oxigenada (H_2O_2) al 2% durante 15 minutos para eliminar materia orgánica

adherida a las paredes del pico (Raya y Hernández-González, 1998); en el caso de los picos que presentaban mayor cantidad de materia orgánica se lavaron con jabón y cepillo suave.

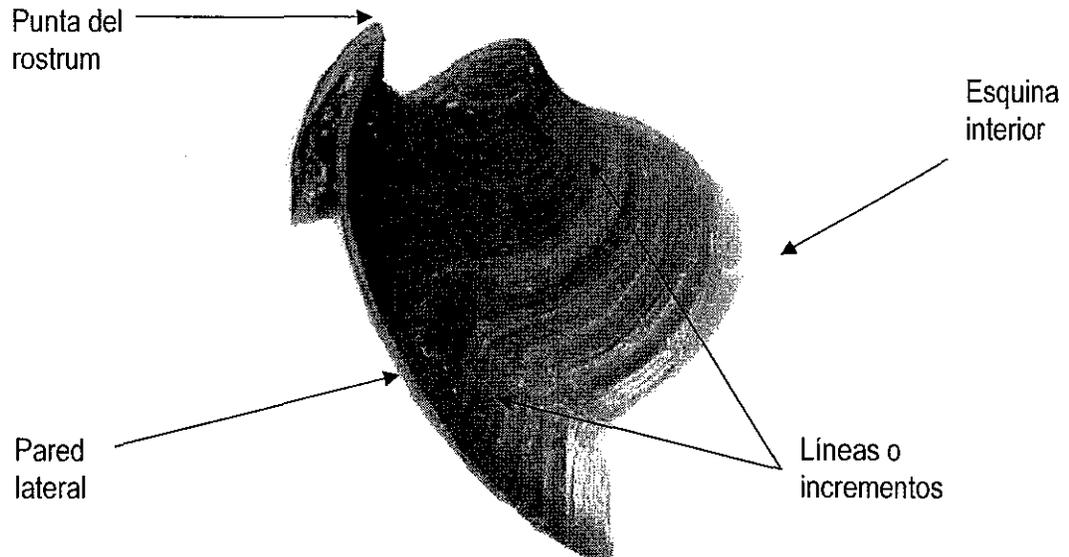


Figura 24. Vista de la pared lateral interior de la mandíbula superior de *Octopus hubbsorum* en corte sagital, utilizada en la lectura de líneas o incrementos.

Para la identificación y lectura de líneas o incrementos en la cara interna de las mandíbulas se utilizó un estereoscopio de 50 X aumentos modelo Stemi 2000, Carl Zeiss. Se utilizaron de manera indistinta ambas secciones de la mandíbula, ya que presentan el mismo patrón de bandas (Raya y Hernández-González, 1998; Hernández-López, 2000; Hernández *et al.*, 2001). Las líneas fueron contadas en la parte interna de la pared lateral del pico superior (figura 24), desde la zona donde inicia el rostrum hasta la zona opuesta de la pared; área donde es de mayor claridad la formación de bandas o líneas de crecimiento. La sección mandibular fue leída tres veces por tres lectores distintos, y se eliminaron los datos de todos aquellos en los cuales los conteos no mostraran al menos dos coincidentes.

El número de líneas presentes en cada mandíbula representa la edad en días, esto es, "un incremento = un día" (Raya y Hernández, 1997; Hernández *et al.*, 2001).

Los datos de las lecturas de picos fueron agrupados en clases de edad mensual, de manera que las cohortes de nacimiento más recientes están compuestas por juveniles de edad I (0-30 días), II (30-60 días), y así sucesivamente. La fiabilidad del método para determinar la edad en octópodos está basada en experiencias de cultivo en laboratorio y de análisis de mandibulares con varias técnicas de proceso de imágenes por parte de Hernández *et al.* (2001), Hernández (2000) y Raya y Hernández-González (1998).

Una vez estimada la edad por la lectura de los incrementos depositados en las mandíbulas de los 150 individuos, se ordenaron y se agruparon en una clase de edad y se elaboró la clave talla-edad; ubicando en una tabla de doble entrada las tallas en intervalos de 5 milímetros y los grupos de edad en meses. Lo anterior fue también realizado para el peso total.

Una tabla clave talla/edad equivale a una tabla que define, para cada categoría de tallas en un stock de individuos particular, la distribución porcentual o fracción de frecuencia de edades que le corresponde. Una vez que esta clave está disponible, los individuos muestreados pueden ser distribuidos en grupos de edad utilizando dicha clave (Sparre y Venema, 1995).

Estructura de talla y peso

Los datos de largo dorsal de manto (LDM), largo total (LT) y peso total (PT) fueron ordenados por sexo, para el diseño de cuadros que resumen la estadística descriptiva de la población total muestreada y la elaboración de histogramas de frecuencias de 18 meses de muestreo (mayo 1999 a octubre 2000). Se realizaron diagramas de caja para hembras, machos y población total, que permitieron observar la variación mensual del PT y LDM.

Determinación de edad mediante análisis de frecuencia de tallas

Se realizó la validación de las edades de los individuos utilizando el análisis de frecuencia de talla y el seguimiento de las modas en el tiempo. Para determinar las modas mensuales de toda la población y por sexo se utilizó el programa FISAT FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (Gayanillo *et al.*, 1994) que aplica el método de Bhattacharya (1967; Pauly y Caddy, 1995).

Se realizó la representación gráfica de los valores modales y tratando de identificar los diversos grupos o "cohortes" que se presentaron en la población por sexo.

Una vez determinada la edad de los pulpos por las técnicas anteriores, cada individuo se agrupó en una clase de edad y se elaboró la clave talla-edad; ubicando en una tabla de doble entrada las tallas en intervalos de 5 milímetros y los grupos de edad en meses. Lo anterior fue también realizado para el peso total.

Como se hace referencia en la sección anterior, Sparre y Venema (1995) sugieren que en la evaluación de poblaciones de especies tropicales, se recomienda que se cuente con un gran número de datos de frecuencia de tallas, combinado con un número pequeño de lecturas de edad, basada en incrementos diarios.

Determinación de crecimiento

Los valores medios obtenidos mediante el análisis de frecuencia de tallas y la lectura de incrementos en mandíbulas (edad), se utilizaron para calcular las constantes de crecimiento del modelo de von Bertalanffy (Beverton y Holt, 1957). Para obtener el valor de las constantes de crecimiento L_8 , K y t_0 , se utilizó el análisis de regresión no lineal, usando el paquete estadístico Stata (StataCorp, 1997). Se estimaron las curvas de crecimiento en talla y peso por sexo y para toda la población con los modelos asintótico (von Bertalanffy), exponencial, logístico y sigmoide de

Gompertz. La expresión matemática del modelo de von Bertalanffy en talla y peso son las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Talla} & \text{----- } L_t = L_8 (1 - [e^{-k(t-t_0)}]) \\ \text{Peso} & \text{----- } P_t = P_8 (1 - [e^{-k(t-t_0)}])^b \end{aligned}$$

La expresión matemática del modelo exponencial en talla y peso es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Talla} & \text{----- } L_t = L_8 (e^{bt}) \\ \text{Peso} & \text{----- } P_t = P_8 (e^{bt}) \end{aligned}$$

La expresión matemática del modelo logístico en talla es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Talla} & \text{----- } L_t = L_8 / (1 + e^{(-k[t-t_0])}) \\ \text{Peso} & \text{----- } P_t = P_8 / (1 + e^{(-k[t-t_0])}) \end{aligned}$$

La función de crecimiento en talla y peso del modelo sigmoide de Gompertz es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Talla} & \text{----- } L_t = L_8 e^{(-e^{[-k(t-t_0)]})} \\ \text{Peso} & \text{----- } P_t = P_8 e^{(-e^{[-k(t-t_0)]})} \end{aligned}$$

Aplicando análisis de progresión modal se trató de conocer el ritmo de crecimiento en cada sexo, mediante el cálculo de la tasa diaria de crecimiento relativo (TDCR) y tasa instantánea de crecimiento relativo ("G") (Forsythe y Van Heukelem, 1987) que permitiese las comparaciones con otras especies y se indican en las siguientes fórmulas:

$$\text{TDCR} = (L_2 - L_1) / [1/2 (t_2 - t_1) (L_1 + L_2)]$$

donde L1 y L2 son las longitudes (o pesos) inicial y final , t1 y t2 son los tiempos (en días) en que se realizaron las dos mediciones.

$$"G" = (\text{Ln } L_2 - \text{Ln } L_1) / (t_2 - t_1)$$

donde los símbolos de las variables son los mismos, excepto Ln que indica logaritmo natural.

Determinación de longevidad

La longevidad fue estimada para conocer el tiempo probable que vive esta especie en las aguas de la costa de Jalisco, mediante la fórmula de Taylor (1960), que considera como la edad límite el tiempo requerido para alcanzar el 95 % de la longitud asintótica "L8", cuyo índice es:

$$A_{95\%} = t_0 + (2.996/K)$$

donde K, es el factor de crecimiento; t_0 es la longitud teórica en la edad 0 y una constante.

Resultados

Estructura de talla y peso

El cuadro 13 resume los valores de los caracteres morfológicos registrados en ambos sexos durante el estudio. Considerando hembras y machos como la población total, el largo dorsal de manto (LDM) osciló entre 41 y 230 mm, con un valor medio de 97.25 mm (± 22.01 d.s.); el largo total (LT) varió de 210 a 950 mm, con un valor medio de 458.13 mm (± 95.52 d.s.); el peso total (PT) osciló de 70 a 2460 g, con una media de 546.86 g (± 320.39 d.s.).

Entre sexos, las hembras fueron significativamente mayores en ambas longitudes (LDM: *t-student* = 6.72, $p < 0.05$; LT: *t-student* = 10.23, $p < 0.01$) y significativamente más pesadas que los machos (LDM:; PT: *t-student* = 8.89, $p < 0.01$).

Cuadro 13. Valor medio, máximo (Máx), mínimo (Mín), desviación estándar (d.s.), número de individuos (N) y moda de *Octopus hubbsorum* en la muestra total durante el periodo de mayo a agosto de 1998 y de mayo 1999 a octubre 2000 en la costa de Jalisco, México.

	HEMBRAS						MACHOS					
	n	Moda	Media	Máx	Min	(\pm d.s.)	n	Moda	Media	Máx	Min	(\pm d.s.)
Peso Total (g)	2813	444	586.34	2460	84	355.68	3218	310	512.95	2054	70	282.99
Largo Dorsal Manto (mm)	2813	100	99.92	230	41	24.21	3218	100	94.91	223	41	19.91
Largo Total (mm)	2218	510	477.29	950	210	103.08	2622	470	441.98	872	160	85.82

Para las hembras el largo dorsal de manto (LDM) osciló entre 41 y 230 mm, con un valor medio de 99.92 mm (± 24.21 d.s.); en machos varió entre 41 y 223 mm, con un valor medio de 94.91 mm (± 19.91 d.s.). En hembras, el largo total (LT) osciló de 210 a 950 mm, con un valor medio de 477.29 mm (± 103.03 d.s.); mientras que en machos el valor medio fue de 441.98 mm (± 85.82 d.s.) con un mínimo de 160 mm y un máximo de 872 mm. En hembras, los valores mínimos y máximos del peso total (PT) oscilaron entre 84 y 2460 g, con un valor medio de 586.09 g (± 355.73 d.s.); mientras que en machos osciló entre 70 y 2054 g, con un valor medio de 512.95 g (± 282.99 d.s.).

Variación temporal de talla y peso

La variación mensual en talla (LDM) y en peso (PT) para la población total se muestra en la figura 25 en LDM y 26 en PT. De manera general, en talla y peso se presentaron diferencias significativas entre los meses de muestreo (prueba de Kruskal-Wallis en LDM: $H = 1216.7$, g.l. = 21, $p < 0.001$; y en PT: $H = 1096.79$ g.l. = 21, $p < 0.001$). Se observó un incremento paulatino en la talla y peso de septiembre de 1999 hasta abril de 2000, significativo a partir de enero hasta junio de 2000 (prueba de comparaciones múltiples de Dunn's: $p < 0.05$), para posteriormente descender en octubre 2000. Durante los meses de mayo a agosto de la temporada de 1998, 1999 y 2000, se observó una disminución de talla y peso en ambos sexos y una clara y pronunciada de mayo a octubre de 2000.

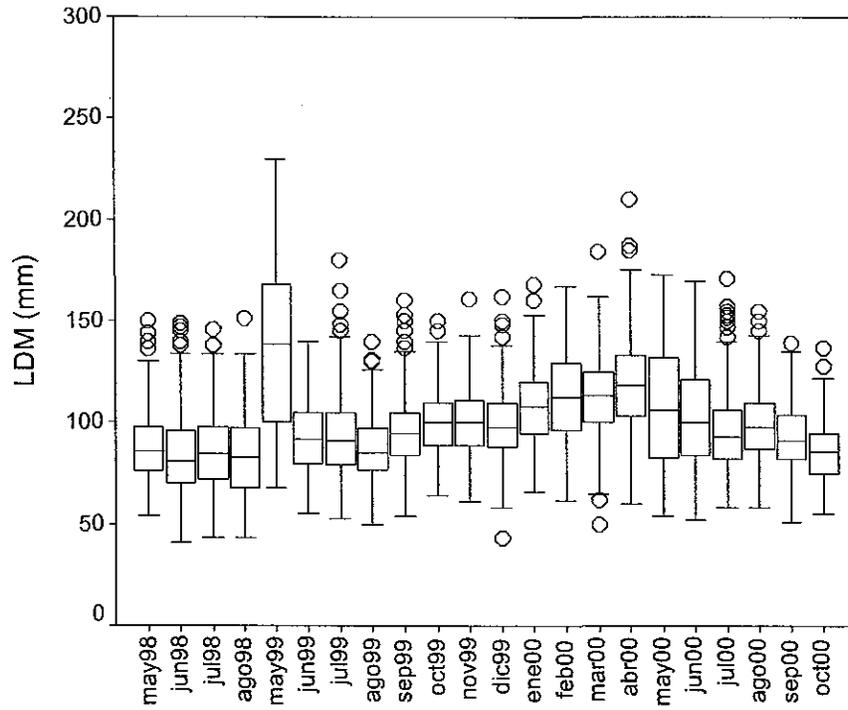


Figura 25. Comportamiento de los valores promedio del largo dorsal del manto (LDM) en la población total para los 22 meses de muestreo (1998, 1999 y 2000) en la costa de Jalisco.

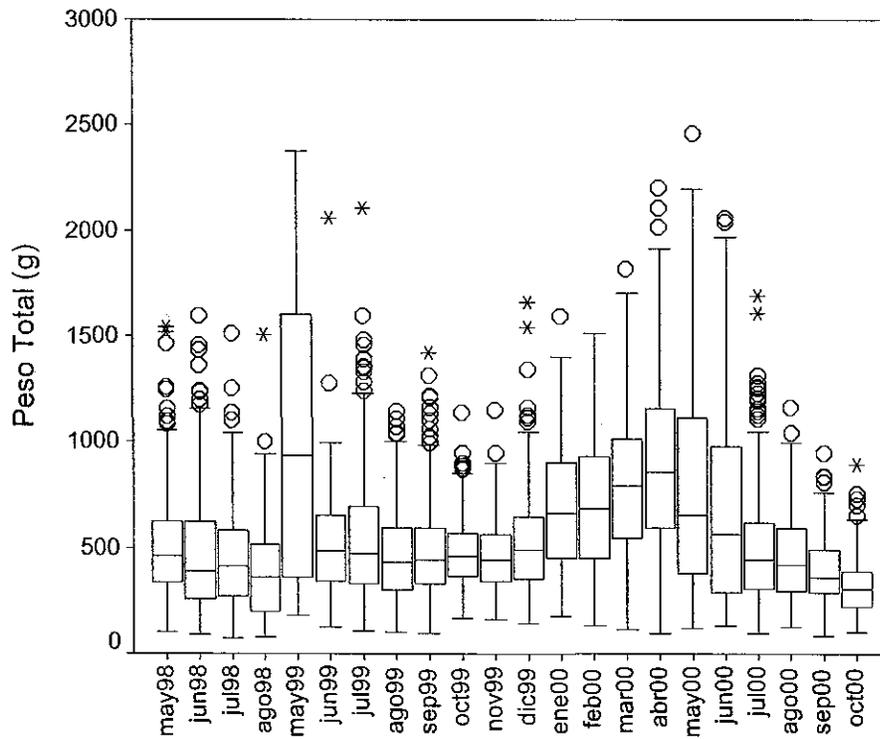


Figura 26. Comportamiento de los valores promedio del peso total (PT) para la población total en los 22 meses de muestreo (1998, 1999 y 2000) en la costa de Jalisco.

Hembras y machos mostraron similar variación en comportamiento de la talla y peso a lo largo de los meses de estudio. En las figuras 27 y 28 se observa la variación de la LDM promedio en hembras y machos, respectivamente. La prueba de Kruskal-Wallis, determinó diferencias significativas del LDM entre los meses de muestreo para hembras ($H = 568.51$; $p < 0.001$; $gl = 21$; $n = 3207$) y machos ($H = 727.88$; $p < 0.001$; $gl = 21$; $n = 2803$). Se puede observar también la incorporación de juveniles a las áreas de pesca en varios meses de las tres temporadas consideradas (1998, 1999 y 2000).

En hembras, las mayores tallas promedio se registraron de enero a junio de 2000; con un valor conspicuo en mayo 1999, el cual registró la mayor talla de LDM con 230 mm (prueba de comparaciones múltiples de Dunn's: $p < 0.05$). Se incorporaron hembras juveniles en noviembre-diciembre de 1999, y en marzo y septiembre de 2000.

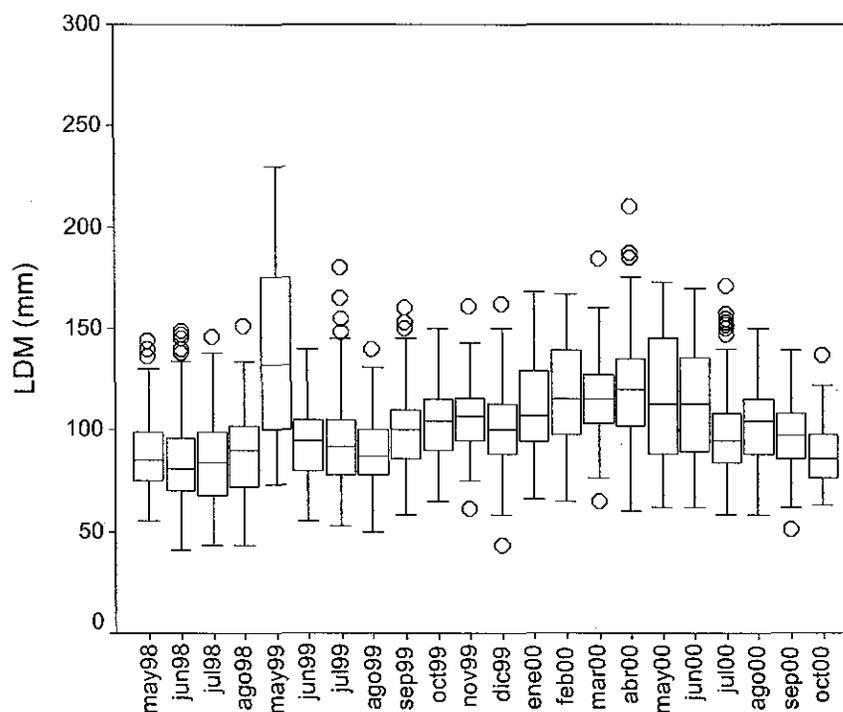


Figura 27. Comportamiento de los valores promedio del largo dorsal del manto (LDM) en hembras para los 22 meses de muestreo (1998, 1999 y 2000) en la costa de Jalisco.

Para los machos, las mayores tallas promedio se observaron de enero a abril de 2000, e igual que las hembras, mayo 1999, registró la mayor talla con 223 mm de LDM (prueba de comparaciones múltiples de Dunn's: $p < 0.05$). Se incorporaron machos juveniles en los meses de junio 1998, septiembre y diciembre de 1999, así como enero, febrero y agosto de 2000.

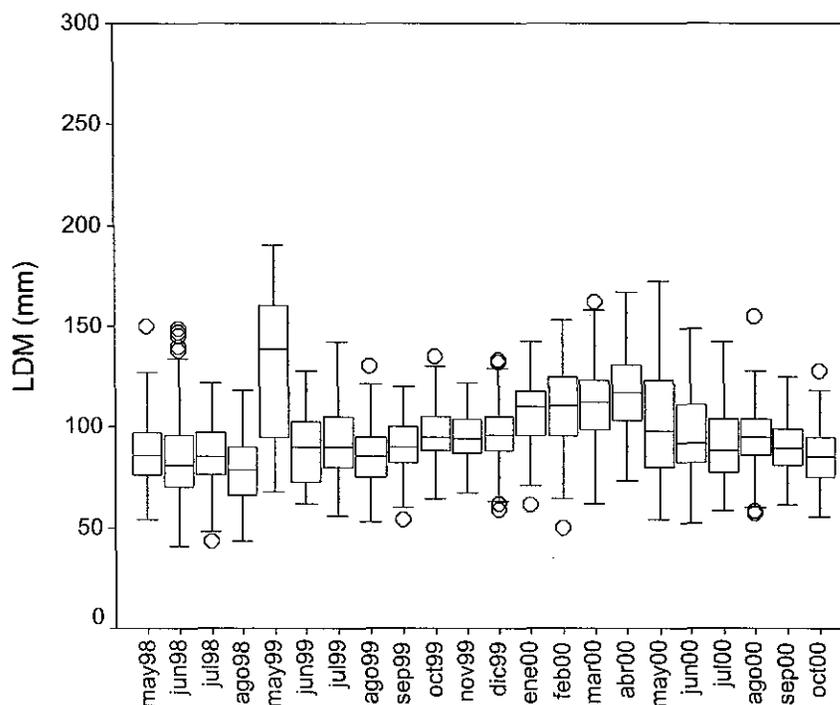


Figura 28. Comportamiento de los valores promedio del largo dorsal del manto (LDM) en machos para los 22 meses de muestreo (1998, 1999 y 2000) en la costa de Jalisco. Los círculos indican valores extremos.

Las variaciones temporales del peso total siguieron un patrón similar al que mostró la talla (LDM) en la población total y para cada sexo. Se puede observar en las figuras 26, 29 y 30, los valores extremos en peso total que registro la población del pulpo, con catorce individuos (13 hembras y un macho) por arriba de los 2,000 g de peso. Todos de mayo a julio 1999 y de abril a junio de 2000.

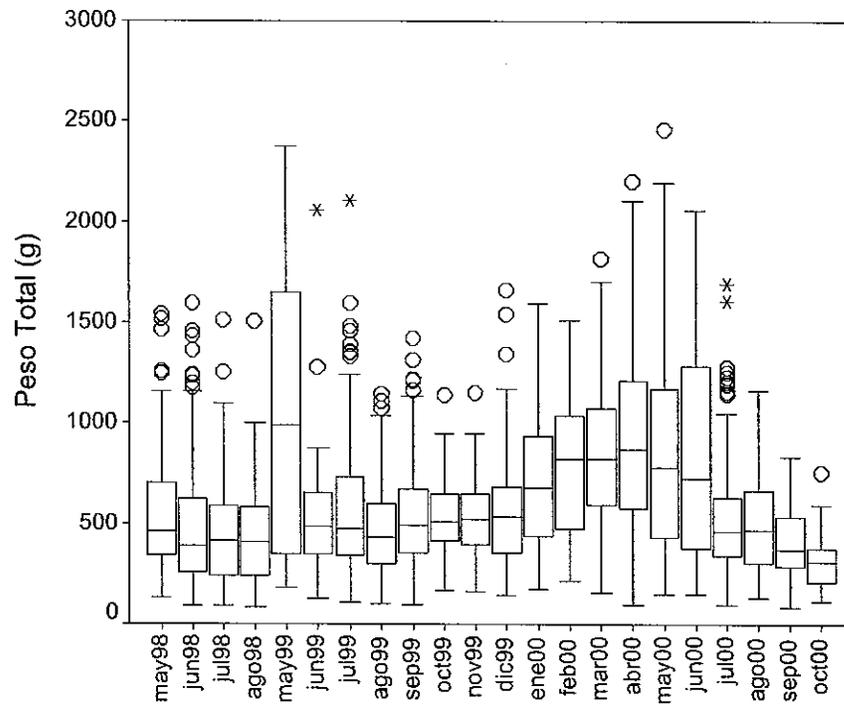


Figura 29. Comportamiento de los valores promedio del peso total (PT) en hembras para los 22 meses de muestreo (1998, 1999 y 2000) en la costa de Jalisco.

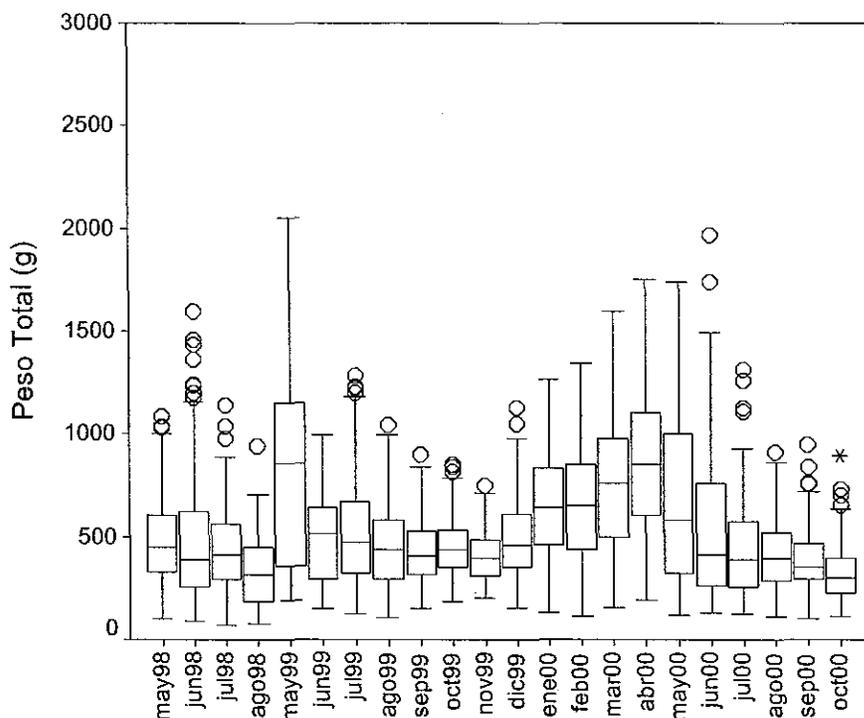


Figura 30. Comportamiento de los valores promedio del peso total (PT) en machos para los 22 meses de muestreo (1998, 1999 y 2000) en la costa de Jalisco.

Distribución de frecuencia de talla (LDM)

La distribución de frecuencia de talla en hembras y machos para los meses de mayo de 1999 a octubre 2000 se muestra en las figuras 31 y 32, respectivamente. En general, se observó un amplio intervalo de tallas, con un mayor número de ellos en los meses de mayo de 1999 y de marzo a mayo de 2000. La distribución de las tallas fue polimodal de manera habitual (bimodal y trimodal), pero se puede observar una distribución unimodal en junio 1999. Fue frecuente la presencia de individuos de tallas pequeñas de ambos sexos durante el periodo de estudio, registrando un claro reclutamiento de hembras juveniles a las áreas de pesca en los meses de agosto y diciembre de 1999, y de abril a septiembre de 2000. En cambio para los machos, aunque se comportaron de forma similar a las hembras, la incorporación de juveniles se observó en agosto y septiembre de 1999, y en marzo, abril, mayo y octubre del

2000. De agosto de 1999 hasta mayo de 2000 se muestra un claro desplazamiento de la talla de los individuos hacia clases mayores.

Sin embargo, de agosto a octubre de 2000 se presenta un comportamiento inverso, el desplazamiento de las clases de talla del grueso de la población hacia tallas menores; presentando probablemente el "fenómeno de Lea", en los que individuos de una cohorte llevan a cabo la puesta (fresa) y mueren. Lo cual causa una reducción en la talla media de los individuos de la cohorte, provocando una subestimación del crecimiento o crecimiento negativo, ó la incorporación de las siguientes clases de talla.

Por otro lado es necesario indicar que la época de mayor rendimiento pesquero de pulpo en la costa de Jalisco inicia a mediados o finales de mayo y se extiende hasta septiembre. Como se describe en el capítulo de actividad pesquera, el pescador dirige sus capturas hacia las mayores tallas o pesos, desapareciendo de las zonas de pesca primero los maduros, después adultos y por último los jóvenes de la población.

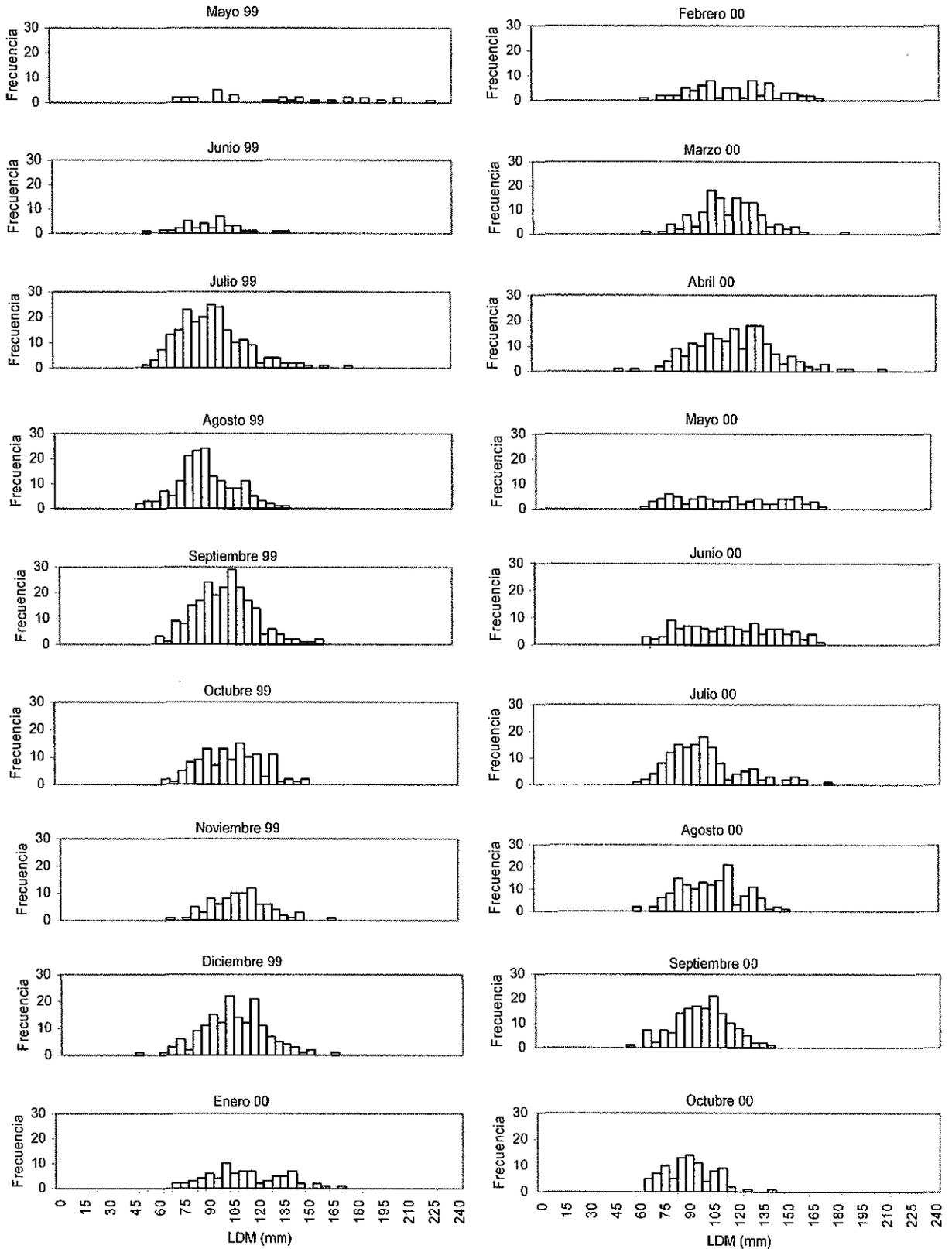


Figura 31. Distribución de frecuencias de largo dorsal de manto en hembras 1999-2000.

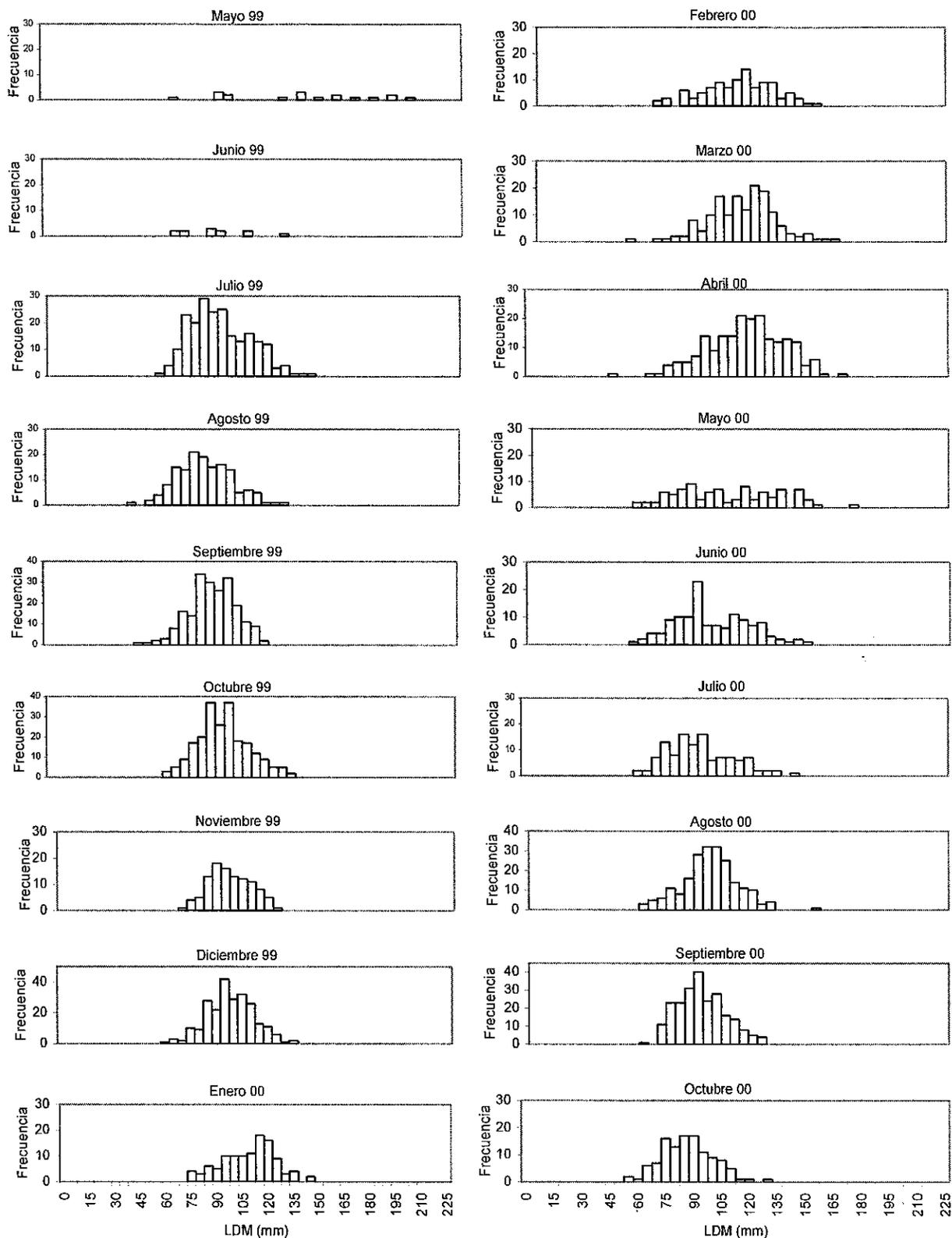


Figura 32. Distribución de frecuencias de largo dorsal de manto en machos 1999-2000.

Determinación de la edad por medio de mandíbulas

Con los valores de la edad determinada en la cara interna de los 150 mandíbulas analizadas se construyó la tabla clave talla-edad, para posteriormente distribuir las frecuencias de cada grupo de talla (LDM) en los grupos de edad según el número de incrementos (días) correspondiente al valor del retro-cálculo. Los cuadros 14, 15 y 16 muestran los resultados del diseño de las tablas clave talla-edad y peso-edad para la población total, hembras y machos.

Cuadro 14. Clave Talla-Edad (LDM) y Peso-Edad (PT) para la población total a partir de los incrementos en estructuras mandibulares (picos) de *Octopus hubbsorum*.

Talla (LDM)	Total (meses)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60-65		141							
65-70									
70-75			328						
75-80			355	71					
80-85				527					
85-90				569					
90-95				601					
95-100				529					
100-105				531					
105-110				59	472				
110-115					429				
115-120					283				
120-125					254				
125-130					165				
130-135					112	45			
135-140						90			
140-145						78			
145-150						56			
150-155							47		
155-160							17		
160-165							17	8	
165-170								11	
170-175								4	5
Media		62.31	74.30	91.56	117.31	139.43	154.25	165.34	172
d.s.		1.40	2.561	7.38	8.98	4.77	3.64	2.83	1.26
Total		141	683	2887	1715	269	81	23	5
PT									
Media		150.5	238.6	446	808.7	1211.0	1596.8	1521.3	1668
d.s.		14.8	63.7	148.3	243.83	317.67	322.1	206.1	

La población observada (6,000 pulpos) mostró edades entre los dos y nueve meses, alcanzando parte de la población una edad mayor a los nueve meses. Cercas del 80 % de la población fue representado por individuos entre cuatro y seis meses de edad, mientras que menos del 1 % llegó a tener un año de edad. Las hembras alcanzaron una mayor edad que los machos, de 9 meses y como se muestra en el cuadro 16, los machos no llegaron a tener más de ocho meses de edad.

Cuadro 15. Clave Talla-Edad (LDM) y Peso-Edad (PT) para hembras a partir de los incrementos en mandíbulas (picos) de *O. hubbsorum*.

Talla (LDM)	Total (meses)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60-65		67							
65-70									
70-75			134						
75-80			133	66					
80-85				209					
85-90				240					
90-95				235					
95-100				223					
100-105				247					
105-110					189				
110-115					214				
115-120					127				
120-125					136				
125-130					88				
130-135					70	35			
135-140						61			
140-145						44			
145-150						33			
150-155							35		
155-160							14		
160-165							10	11	
165-170								9	
170-175								4	4
Media		62.33	74.10	91.25	115.89	138.95	154.14	164.92	172.50
d.s.		1.39	2.46	7.57	7.95	4.82	3.56	3.40	1.00
Total		67	267	1220	824	173	59	24	4
PT									
Media		161	237.6	466	784.5	1108.9	1684.3	1521.3	1668
d.s.			71.59	158.05	238.93	301.81	300.1	206.11	

Cuadro 16. Clave Talla-Edad (LDM) y Peso-Edad (PT) para machos a partir de los incrementos en mandíbulas (picos) de *O. hubbsorum*.

Talla (LDM)	Total (meses)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60-65		74							
65-70									
70-75			194						
75-80			227						
80-85				318					
85-90				329					
90-95				366					
95-100				306					
100-105				284					
105-110				70	138				
110-115					215				
115-120					156				
120-125					118				
125-130					77				
130-135					40	13			
135-140						29			
140-145						34			
145-150						22			
150-155							12		
155-160								4	
160-165									
Media		62.31	74.55	91.90	115.78	140.14	153.75		
d.s.		1.43	2.73	7.29	7.01	4.67	4.25		
Total		74	421	1673	744	98	16		
PT									
Media		140	239.1	436.4	838	1364	1422		
d.s.			66.64	136.02	251.57	293.51	347.79		

Relación peso total-edad y largo dorsal de manto-edad.

El cuadro 17 presenta los valores medio del peso total y la edad (en días) por intervalos de clase de talla (mm) para hembras y machos. La relación PT-edad y LDM-edad registró una alta correlación entre las variables. En hembras, la correlación calculada peso-edad y talla-edad fue $r = 0.97$. La correlación de LDM-edad en machos también fue $r = 0.97$, mientras que la correlación de peso-edad varió ligeramente con un coeficiente de correlación de $r = 0.95$.

Cuadro 17. Resumen de los valores medios de peso y edad (en días) por intervalos de talla (mm) en hembras y machos de *O. hubbsorum*

LDM	Hembras			d.s.	Machos			d.s.
	Peso (g)	d.s.	Edad (días)		Peso (g)	d.s.	Edad (días)	
60-65	165.58	(±9.68)	61		198.97	(±77.02)	61	
65-70								
70-75	228.18	(±10.64)	93		262.09	(±80.77)	93	
75-80	276.31	(±13.82)	106	(±21.57)	313.37	(±91.22)	93	
80-85	325.21	(±13.85)	122		345.98	(±92.14)	122	
85-90	378.00	(±17.64)	122		394.58	(±111.09)	122	
90-95	436.74	(±15.01)	122		466.16	(±114.34)	122	
95-100	488.8	(±16.51)	122		494.34	(±147.46)	122	
100-105	548.87	(±19.56)	122		557.52	(±158.08)	122	
105-110	615.52	(±20.13)	153		623.84	(±172.53)	137.5	(±21.92)
110-115	696.15	(±28.09)	153		665.04	(±167.15)	153	
115-120	778.83	(±19.98)	153		781.18	(±190.31)	153	
120-125	859.44	(±27.87)	153		861.62	(±205.70)	153	
125-130	946.63	(±23.39)	153		946.52	(±238.83)	153	
130-135	1054.54	(±43.20)	165	(±21.92)	1050.57	(±293.22)	168.5	(±21.92)
135-140	1169.67	(±23.77)	183		1086.07	(±248.81)	184	
140-145	1256.14	(±26.88)	183		1260.97	(±220.94)	184	
145-150	1354.91	(±27.23)	183		1368.32	(±231.10)	184	
150-155	1485.34	(±44.24)	214		1385.71	(±327.12)	214	
155-160	1600.29	(±15.75)	214					
160-165	1698.52	(±50.62)	229	(±21.21)	1484.25	(±278.23)	214	
165-170	1825.67	(±19.62)	245					

Determinación de crecimiento

Como se ha mencionado, el crecimiento en los cefalópodos muestra dos tipos: uno exponencial en las primeras etapas de vida del organismo y en la etapa del desarrollo, el crecimiento sigue un comportamiento logarítmico.

En el presente trabajo el crecimiento en talla (LDM) y peso (PT) que mejor ajuste mostró de acuerdo al alto valor del coeficiente de determinación y menor intervalo de confianza fue el modelo sigmoide de la función de Gompertz. Los valores de los modelos calculados para la población total se indican en el cuadro 18.

Cuadro 18. Resumen de los modelos calculados en la relación talla (LDM) y peso (PT) en la población total.

Modelo	r^2	$p <$
Talla		
<i>Gompertz</i>	0.9996	0.000
<i>Logístico</i>	0.9995	0.000
<i>von Bertalanffy</i>	0.9988	0.039
<i>Exponencial</i>	0.9937	0.000
Peso		
<i>Gompertz</i>	0.9961	0.000
<i>Logístico</i>	0.9961	0.134
<i>von Bertalanffy</i>	0.9889	0.498

En el cuadro 19, 20 y 21 se muestran los valores del modelo de Gompertz para la población total, hembras y machos respectivamente. Las curvas teóricas de crecimiento de la ecuación de Gompertz obtenidas a partir de los incrementos de la cara interior de las mandíbulas para la población total, hembras y machos se presentan en las figuras 33, 34, 35 y 36 respectivamente; donde se observa una clara tendencia sigmoide de la relación talla-edad y peso-edad. El punto de inflexión de la línea de ajuste en hembras y machos, inicia después del segundo mes

(después de 60 días), manteniendo un incremento de crecimiento alto hasta aproximadamente el mes 9 y/o 10, al disminuir gradualmente talla y peso.

Cuadro 19. Valores de la estimación de la función de crecimiento en talla (LDM) para la población total con el modelo de Gompertz.

Fuente	SC	gl	CM	Número de obs	=	151
Modelo	1981092.98	3	660364.326	F(3, 148)	=	122152.50
Residuo	800.097557	148	5.40606457	Prob > F	=	0.0000
				R-cuadrada	=	0.9996
				R-cuadrada aj.	=	0.9996
Total	1981893.08	151	13125.1197	Raíz ECM	=	2.325095
				dev. Res.	=	798.7422

Función de crecimiento de Gompertz, $ldm=b1*exp(-exp(-b2*(edad-b3)))$

ldm	Coef.	Err.Std.	t	P> t	[95% Intervalo Conf.]	
b1	224.2569	4.904024	45.729	0.000	214.566	233.9479
b2	.2797464	.0100061	27.958	0.000	.2599731	.2995197
b3	3.445981	.0738796	33.108	0.000	2.299986	2.591976

*b1= L ∞ b2= K b3= t $_o$

La ecuación de la curva de crecimiento para toda la población fue:

$$LDM = 224.25 * exp(-exp(-0.2797 * (edad - 3.445)))$$

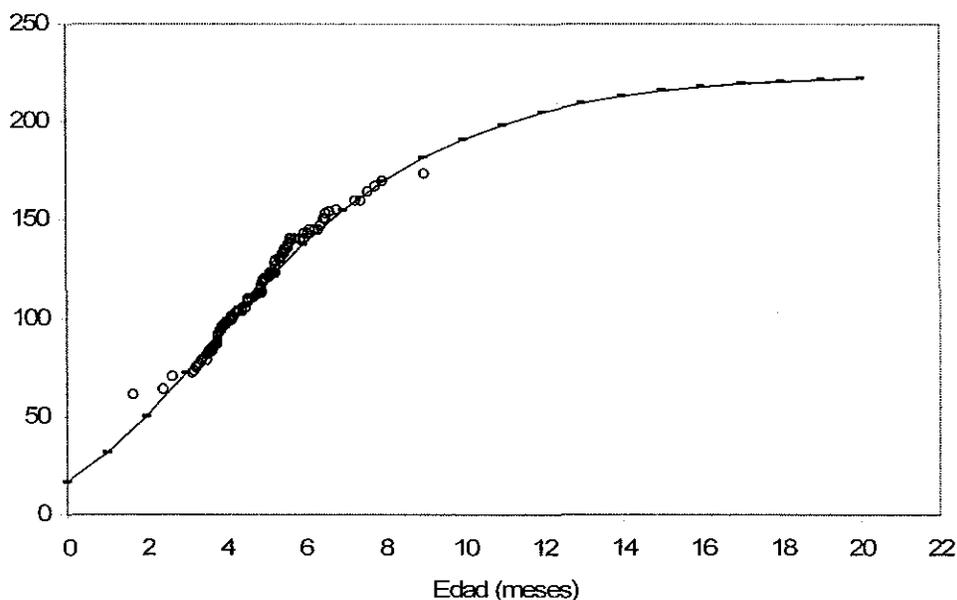


Figura 33. Curva de ajuste del modelo de crecimiento en talla según la ecuación de Gompertz para toda la población.

Cuadro 20. Valores de la estimación de la función de crecimiento en talla (LDM) para las hembras con el modelo de Gompertz.

Fuente	SC	gl	CM	Número de obs	=	8
Modelo	12850.8004	3	4283.60012	F(3, 4)	=	2216.02
Residuo	7.73205404	4	1.93301351	Prob > F	=	0.0000
Total	12858.5324	7	1836.9332	R-cuadrada	=	0.9994
				R-cuadrada aj.	=	0.9989
				Raíz ECM	=	1.390329
				dev. Res.	=	22.43048

Función de crecimiento de Gompertz, $l_{dm}=b_1*\exp(-\exp(-b_2*(edad-b_3)))$

hembras	Coef.	Err. Std.	t	P> t	[95% Intervalo Conf.]	
b0	58.09833	2.445805	23.75	0.000	51.30768	64.88897
b1	126.8636	4.821999	26.31	0.000	113.4756	140.2517
b2	.5187154	.0348467	14.89	0.000	.4219655	.6154653
b3	4.464557	.0778272	57.36	0.000	4.248474	4.68064

* $b_0+b_1= L_{\infty}$ $b_2= K$ $b_3= t_0$

La ecuación de la curva de crecimiento para hembras fue:

$$LDM = 184.96*\exp(-\exp(-0.5187*(edad - 4.4645)))$$

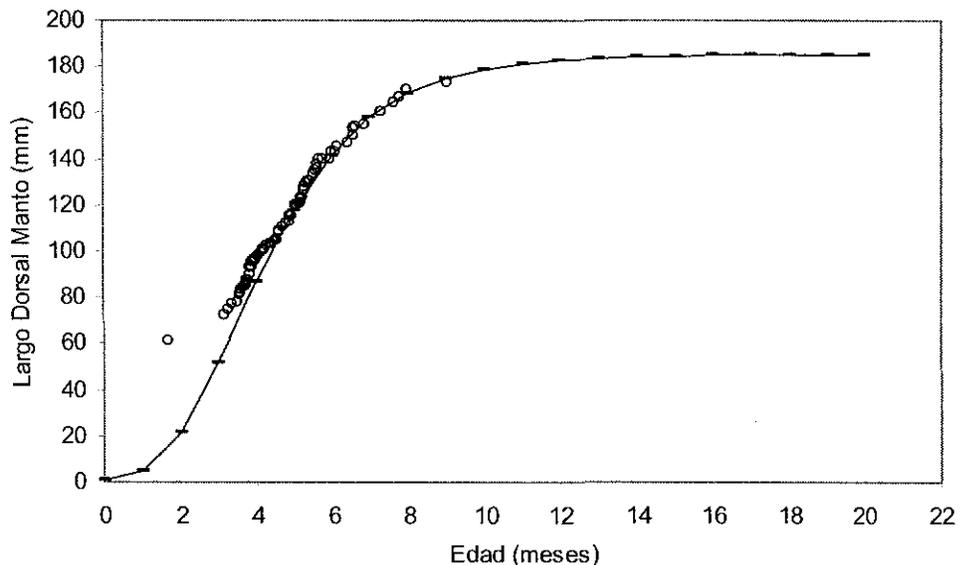


Figura 34. Curva de ajuste del modelo de crecimiento en talla según la ecuación de Gompertz en hembras.

Cuadro 21. Valores de la estimación de la función de crecimiento en talla (LDM) para los machos con el modelo de Gompertz.

Fuente	SS	df	MS			
Modelo	6524.73237	3	2174.91079	Number of obs =	6	
Residuo	.083299064	2	.041649532	F(3, 2) =	52219.33	
Total	6524.81567	5	1304.96313	Prob > F =	0.0000	
				R-squared =	1.0000	
				Adj R-squared =	1.0000	
				Root MSE =	.2040822	
				Res. dev. =	-8.635202	

Función de crecimiento de Gompertz, machos= $b_0+b_1*\exp(-\exp(-b_2*(age-b_3)))$

machos	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
b0	62.01037	.3367227	184.16	0.000	60.56157	63.45917
b1	114.9899	1.212182	94.86	0.000	109.7743	120.2055
b2	.5822097	.0096028	60.63	0.000	.540892	.6235274
b3	4.397928	.0154957	283.82	0.000	4.331256	4.464601

* $b_0+b_1 = L_{\infty}$ $b_2 = K$ $b_3 = t_0$

La ecuación del ajuste de la curva de crecimiento para machos fue:

$$LDM = 62.01 + 114.98 * \exp(-\exp(-0.5822 * (edad - 4.3979)))$$

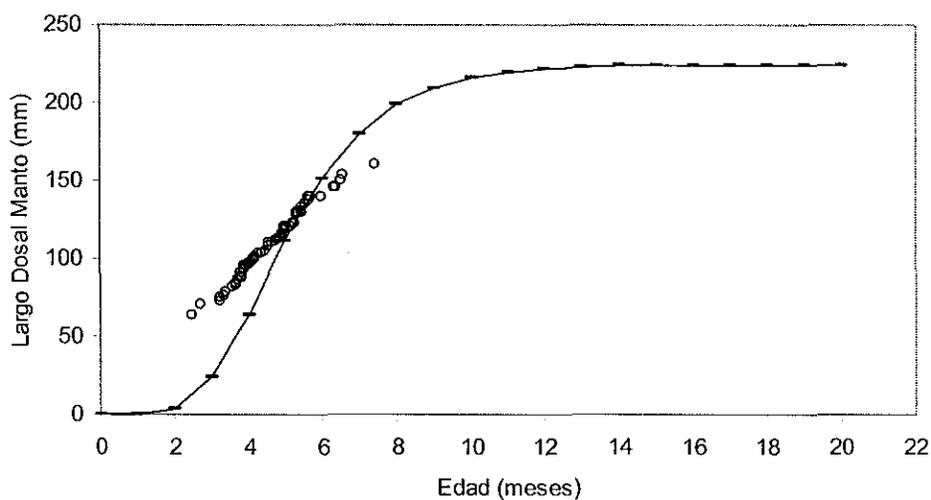


Figura 35. Curva de ajuste del modelo de crecimiento en talla según la ecuación de Gompertz en machos.

Cuadro 22. Valores de la estimación de la función de crecimiento en peso para la población total con el modelo de Gompertz.

Fuente	SC	gl	CM	Número de obs =	8
Modelo	10626224.6	3	3542074.86	F(3, 5) =	425.88
Residuo	41585.5586	5	8317.11172	Prob > F =	0.0000
				R-cuadrada =	0.9961
				R-cuadrada aj. =	0.9938
				Raíz EMC =	91.1982
				Res. dev. =	91.15155

Función de Gompertz, $PESO=b1*\exp(-\exp(-b2*(EDAD-b3)))$

PESO	Coef.	Err. Std.	t	P> t	[95% Intervalo Conf.]
b1	1946.41	165.9877	11.73	0.000	1519.725 2373.095
b2	.5239522	.1011151	5.18	0.004	.2640276 .7838769
b3	4.541642	.2461999	18.45	0.000	3.908765 5.174519

*b1= L^∞ b2= K b3= t_0

La ecuación de la curva de crecimiento en peso para la población total (hembras y machos) fue:

$$PT = 1946.41 * \exp(-\exp(-0.5239 * (edad - 4.5416)))$$

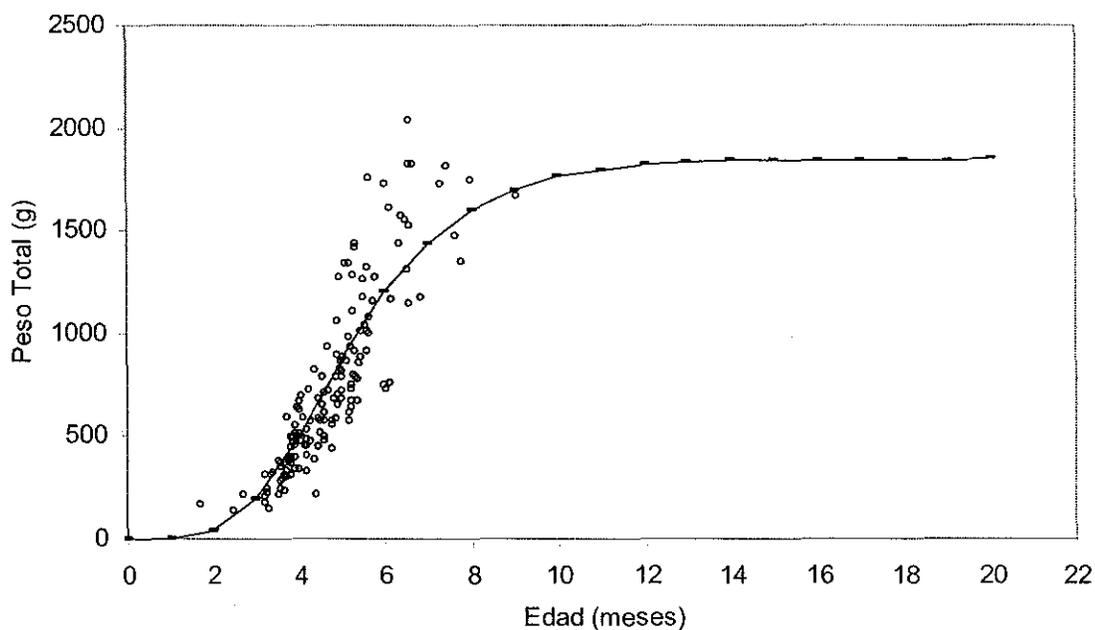


Figura 36. Curva de ajuste del modelo de crecimiento en peso según la ecuación de Gompertz para toda la población.

Los valores de los parámetros de la ecuación de Gompertz obtenidos por el modelo de regresión no lineal en LDM y PT para la población total, hembras y macho se indican en el cuadro 23.

Cuadro 23. Parámetro de crecimiento de la ecuación de Gompertz, número de lecturas realizadas (n) y clases de edad presentes (N).

	Talla máxima Observada	$L8$ (mm)	k (año ⁻¹)	t_0	n	N
Total	173	224.25	0.2797	-3.445	150	9
Hembras	173	184.96	0.5187	-4.464	85	9
Machos	160	176.69	0.5822	-4.3979	65	7
	Peso máximo observado	$P8$ (g)				
Total	2039	1946.41	0.5239	-4.5416	150	9

La tasa de crecimiento mensual en peso total (PT) y en largo dorsal de manto (LDM) estimada con base al modelo no lineal para ambos sexos en los primeros nueve meses se indica en el cuadro 24. La tasa de crecimiento mensual en PT (g) en ambos sexos osciló entre 3 y 352 g/mes⁻¹, con una tasa diaria de crecimiento que alcanzó los 12 g/ día⁻¹ alrededor del quinto y sexto mes. En LDM (mm) osciló entre 13 y 23 mm/mes⁻¹ para la población total. En hembras varió entre 4 y 35 mm/mes⁻¹, con la tasa más alta de ambos sexos, hasta el cuarto mes; mientras que en machos la tasa osciló entre 5.44 y 31.28 mm/mes⁻¹, pero disminuyó más lentamente que la hembras a partir del quinto mes. La tasa diaria de crecimiento más alta en hembras fue de 1.16 mm/ día⁻¹ y 1.04 mm/ día⁻¹ en machos.

El ajuste de la curva de crecimiento del modelo de Gompertz en peso para hembras y machos por separado, no fue posible determinarlas por falta de conclusión en las iteraciones del modelo.

Cuadro 24. Incremento mensual o tasa instantánea de crecimiento en peso (g/mes-% g/día⁻¹) y talla (mm/mes) de *O. hubbsorum* en la población total, hembras y machos.

Edad (meses)	Población total (g/mes)	Población total (% g/ día ⁻¹)	Población total (mm/mes)	Hembras (mm/mes)	Machos (mm/mes)
0					
1	3.047	14.678	14.60	4.00	5.44
2	38.768	8.692	19.19	16.71	10.12
3	154.208	5.148	22.07	30.00	17.32
4	293.226	3.048	22.94	34.90	25.75
5	351.667	1.805	22.08	31.11	31.28
6	317.995	1.069	20.05	23.59	29.87
7	242.425	0.633	17.41	16.23	22.64
8	166.839	0.375	14.63	10.53	14.34
9	108.022	0.222	11.98	6.60	8.07

Longevidad de Octopus hubbsorum

La longevidad estimada en talla (LDM) con los parámetros K y t_0 calculados según el modelo no lineal y de acuerdo con la fórmula de Taylor (1960), $L_{(0.95\%)}$ para la población total se estimó que un individuo puede llegar a vivir alrededor de 14.15 meses, las hembras alrededor de 11 meses (10.24 meses) y los machos oscila alrededor de los 10 meses (9.45 meses). En peso total la longevidad se estimó en 10.26 meses.

Por lo que *O. hubbsorum* puede considerarse como una especie anual, de rápido crecimiento y con un solo desove, que variará según los cambios ambientales y por presiones por pesca. Pero si algún fenómeno natural o antropogénico altera su dinámica poblacional podría tener impacto inmediato en la siguiente temporada.

Análisis de frecuencia de tallas y progresión modal.

El número de modas determinadas mensualmente para cada sexo mediante el análisis de frecuencia de tallas utilizando el método de Battacharya (1969) de julio de 1999 a octubre de 2000 se indican en el cuadro 25 y 26, respectivamente. Todas las modas en hembras y machos mostraron un adecuado índice de separación (IS) y desviación estándar (d.s.). Las modas oscilaron de 6.61 cm (ó 66 mm) a 18.41 cm (ó 184 mm) en ambos sexos; los menores valores extremos resultaron en machos y las modas extremas máximas se presentaron en hembras.

En hembras se identificaron de dos (agosto 1999 y octubre 2000) hasta cinco modas (abril y junio 2000); y en machos de tres (agosto, septiembre y noviembre 1999) a cinco modas (abril 2000). Pero cuatro fue el número de modas de forma persistente en más del 63 % (10) de los meses considerados (18).

Cuadro 25. Identificación de los valores modales (cm) para la población de hembras (♀). Se indica la desviación estandar (D.S.) y el índice de separación (I.S.)

	Moda 1	D.S.	IS	Moda 2	D.S.	IS	Moda 3	D.S.	IS	Moda 4	D.S.	IS	Moda 5	D.S.	IS
jl99	9.68	0.85	2.39	11.72	0.42	3.19	13.27	0.58	3.05	14.88	0.52	2.9			
a99	8.66	0.84	3.16	11.11	0.83	2.91									
s99	7.22	0.32		10.93	0.8	2.57	13.38	0.43	3.94						
o99	8.24	0.57		10.08	0.47	3.51	11.92	0.71	3.08	14.06	0.37	3.9			
n99	9.03	0.77		11.08	0.79	2.61	12.77	0.65	2.32	14.75	0.35	3.91			
d99	8.98	1.04	2.79	11.32	0.84	2.46	13.32	0.64	2.84						
e00				10.56	0.8		13.51	0.59	4.18	15.25	0.6	2.87			
f00				9.64	0.66		12.59	0.56	4.79	15.76	0.82	4.55			
m00	9.04	0.32		10.72	0.61	3.58	12.76	0.7	3.09	15.39	0.4	4.73			
a00	8.58	0.67		10.9	0.94	2.87	13.61	0.75	3.19	16.05	0.54	3.79	18.41	0.64	3.98
my00	7.9	0.74		10.2	0.86	2.85	12.94	0.79	3.3	15.6	0.65	3.67			
jn00	8.2	0.78		9.99	0.87	2.13	11.96	0.8	2.35	14.34	0.69	3.17	16.44	0.33	4.1
jl00	8.63	1		10.33	0.57	2.14	12.6	0.6	3.84	15.5	0.55	5.02			
ag00	8.61	0.54		10.22	0.56	2.9	11.4	0.3	2.7	12.6	0.47	4.04			
s99	9.19	0.79	4.73	10.91	0.59	2.46	12.18	0.58	2.18						
o00	8.99	0.63	2.58	10.81	0.38	3.6									

Cuadro 26. Identificación de los valores modales para la población de machos (♂). Se indica la desviación estandar (D.S.) y el índice de separación (I.S.)

	Moda 1	D.S.	IS	Moda 2	D.S.	IS	Moda 3	D.S.	IS	Moda 4	D.S.	IS	Moda 5	D.S.	IS
jl99	7.8	0.73		9.42	0.59	2.41	11.28	0.65	2.98	14.28	1.98	2.27			
a99	8.15	0.7		9.76	0.5	2.67	11.22	0.4	3.24						
s99	8.68	0.49		10.14	0.65	2.52	11.51	0.31	2.83						
o99				9.03	0.99		11.1	0.62	2.55	12.85	0.43	3.18			
n99	7.84	0.46		9.16	0.65	2.34	10.91	0.71	2.55						
d99	6.61	0.4		8.66	0.42	4.91	10.42	0.79	2.88	12.17	0.4	2.91			
e00	7.25	0.93		9.76	0.55	3.37	11.71	0.65	3.21	14.08	0.46	4.2			
f00	7.25	0.6		9.97	0.82	3.12	12.02	0.91	2.34	14.69	0.53	3.7			
m00	8.58	0.34		10.01	0.47	3.44	12.22	0.66	3.86	14.89	0.4	4.96			
a00	8.13	0.6		9.6	0.41	2.88	11.96	0.98	3.36	14.21	0.52	2.87	15.25	0.38	2.3
my00	7.85	0.79		9.87	0.39	3.39	12.15	0.92	3.33	14.16	0.67	2.41			
jn00	6.75	0.6		8.5	0.82	2.45	11.37	0.73	3.69	13.09	0.71	2.38			
jl00	7.51	0.53		8.91	0.78	2.12	11.28	0.73	3.15	13.75	0.79	3.21			
ag00	7.58	0.51		9.37	0.66	3.03	11.71	0.47	4.11						
s99	7.75	0.58		9.03	0.47	2.42	10.62	0.74	2.58	12.27	0.14	3.71			
o00	6.79	0.39		8.67	0.83	3.05	10.53	0.48	2.8						

A partir de las modas calculadas se diseñaron nueve cohorte en hembras y diez en machos. En las figuras 37 y 38 se muestra el desplazamiento mensual de las cohortes para hembras y machos, respectivamente. En los machos se diseñó tres cohortes (L, M y O) que pasaron por cuatro modas y en hembras se diseño una cohorte que pasa por las cinco modas (D), dos con cuatro modas (B y C) y el resto entre dos y tres modas.

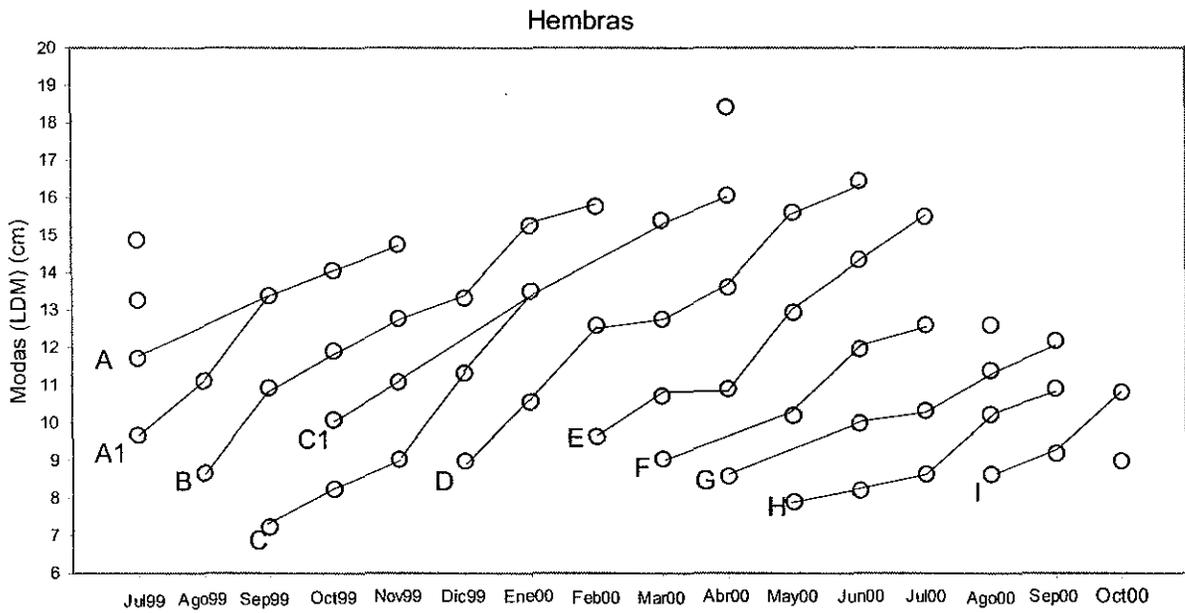


Figura 37. Representación del crecimiento de las cohortes identificadas (de la A – I) en hembras mediante la progresión de modas. Las cohortes A1 y C1 convergen en la cohorte principal.

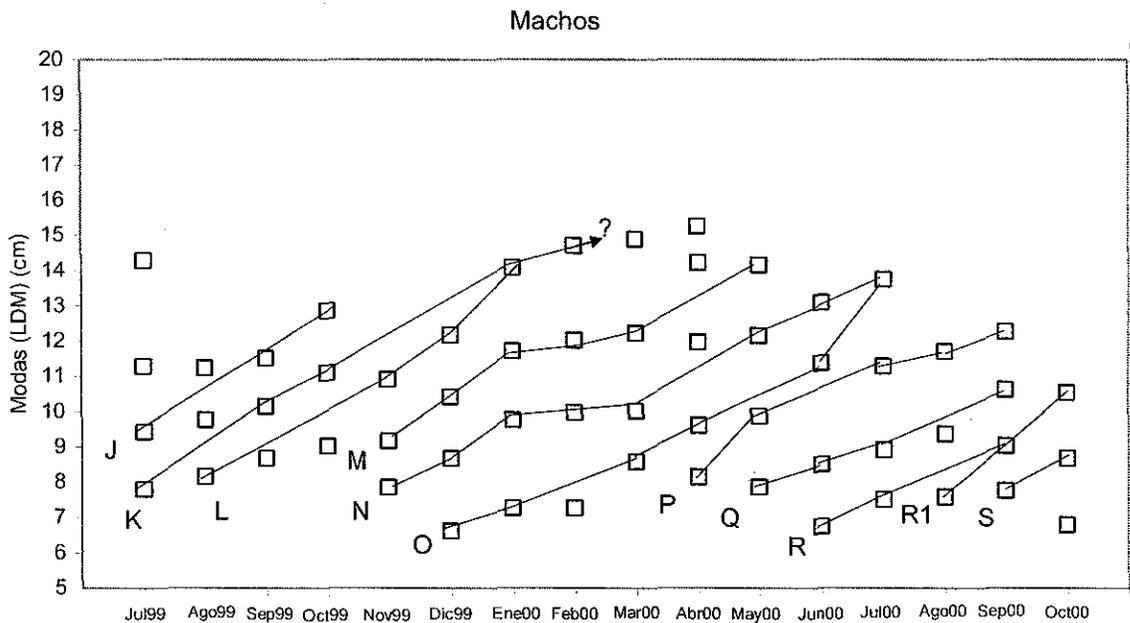


Figura 38. Representación del crecimiento de las cohortes identificadas (de la J – P) en machos mediante la progresión de modas.

Solo como una medida de orientación sobre el crecimiento en hembras y machos utilizando el análisis de progresión modal y la distribución de frecuencia de talla, se calcularon la tasa diaria de crecimiento relativo (TDCR= mm/día⁻¹) y la tasa instantánea de crecimiento relativo ($G = \%/día^{-1}$) (Cuadro 27). La TDCR de las cohortes osciló entre 0.254 mm/día⁻¹ (cohorte A) y un máximo de 1.085 mm/día⁻¹ (cohorte R1) en ambos sexos. Mientras que G osciló entre 2.55 %/día⁻¹ (cohorte J) y 10.95 %/día⁻¹ (cohorte R1). En ambos sexos se presentan variaciones en las tasas, influidas seguramente por cambios en las condiciones ambientales estacionales. De manera clara, en los machos se observa la tendencia a disminuir hacia los meses de aguas templadas o frías de la región. En hembras como en machos la tendencia fue a incrementar la tasa de crecimiento meses antes del cambio ambiental (condición templada), probablemente para asegurar una mayor talla (y peso) a la llegada de uno de los picos reproductivos de este pulpo durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo en la costa de Jalisco (ver capítulo reproducción).

Cuadro 27. Resumen de las tasas de crecimiento calculadas para las cohortes diseñadas. TDCR (L) =Tasa diaria de crecimiento relativo en longitud. G (L) = Tasa instantánea de crecimiento relativo en longitud.

COHORTE	TDIR (L)	G (L)
Hembras		
A	0.254	2.55
A1	0.461	4.67
B	0.387	3.99
C	0.421	4.43
C1	0.304	3.10
D	0.391	4.03
E	0.388	3.95
F	0.365	3.68
G	0.289	2.91
H	0.355	3.59
I	0.755	7.58
Machos		
J	0.513	5.17
K	0.340	3.51
L	0.381	3.92
M	0.285	2.90
N	0.260	2.67
O	0.389	4.06
P	0.338	3.42
Q	0.333	3.35
R	0.495	5.03
R1	1.085	10.95
S	0.373	3.73

DISCUSIÓN

Octopus hubbsorum es un octópodo de gran importancia en la pesca ribereña en casi toda la línea de costa del Pacífico mexicano, desde la parte central del Golfo de California hasta poco antes del Golfo de Tehuantepec (López-Uriarte *et al.*, 2005). Se desconocen a la fecha varios aspectos de su biología básica, como el crecimiento y edad. Partiendo de lo anterior, estos dos procesos que han sido ya documentados ampliamente en algunas especies de octópodos y otros cefalópodos, serán confrontados con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

A lo largo de un ciclo anual los organismos sufren cambios en la morfología propia de su desarrollo e influidos por las variaciones del ambiente. *O. hubbsorum* observo variaciones en la estructura de talla y peso durante los 18 mese de muestreo (mayo de 199 a octubre de 2000). La variación mensual de la estructura de talla y peso y su distribución de frecuencia permitió identificar la existencia de un amplio rango de talla y peso.

Se observó la presencia de individuos de mayor talla y peso promedio hacia los meses de menor temperatura, de febrero a mayo. Los cambios en las condiciones del ambiente (temperatura) dispara procesos fisiológicos importantes como los asociados a la reproducción cuando hembras en máxima madurez sexual migran hacia áreas menos profundas para llevar a cabo el desove (Mangold, 1987). Se ha documentado en latitudes templadas que la presencia de individuos de mayor talla y peso promedio se observan hacia la época cálida donde ocurre, generalmente, un máximo reproductivo; periodo importante en la presencia de hembras en estadio de máxima madurez sexual (Cortez, 1995, 1999). En ambientes de latitud tropical (18° N) como el caso de la costa de Jalisco, en la estación templado-seca o de menor temperatura (febrero a mayo) es cuando se suceden las mayores variaciones físico-químicas del medio marino e incrementa sustancialmente la productividad de la región con respecto a las otras épocas del año (Filonov *et al.*, 2000; Franco-Gordo *et*

al., 2001; Otero-Dávalos, 1982; León-Álvarez, 1983; Ezqueda, 2003; Silva-Segundo, 2003; Blanco y Madrid, 2004; Briseño-Avena, 2004).

Por otro lado, la variación temporal de talla y peso mostró la presencia de tallas pequeñas (o reclutas) a lo largo del periodo de estudio. Dicho proceso fue más intenso en los meses de aguas templadas o frías (marzo- mayo) y en menor medida en los meses cálido-húmedo y cálido-seco. La estacionalidad del reclutamiento en octópodos está documentado por algunos autores y muestra similar comportamiento al observado en *O. vulgaris* en aguas de Islas Canarias (Hernández-López, 2000), y en *O. mimus* en la costa de Chile (Cortez, 1995), pero de manera inversa, donde el principal pico del reclutamiento se presenta durante la época cálida. Lo anterior se explica por que en ambas regiones las condiciones oceanográficas y ambientales son sustancialmente distintas a las que presenta el Pacífico central mexicano.

Lo anterior, puede estar relacionado, por un lado a que los reclutas migren hacia zonas más someras donde las condiciones de temperatura es mayor que en el fondo; y por el otro, que durante la condición templado-seca se incrementa la disponibilidad de alimento, el zooplancton incrementa significativamente su concentración durante esta época del año en la costa de Jalisco (Franco-Gordo *et al.*, 2001; Briseño-Avena, 2005). En ambos casos, la migración hacia áreas someras implica mayor accesibilidad por parte del pescador, lo que permitió determinar su presencia en las áreas de pesca.

La distribución batimétrica de *O. hubbsorum* aun no ha sido estudiada; pero seguramente, como sucede en *O. vulgaris* (Guerra, 1975; Hernández-López, 2000), *O. bimaculatus* (Ambrose, 1988), *O. dofleni* (Hartwick, 1983) y *O. mimus* (Cortez, 1995) presenta una distribución diferencial batimétrica en función de la talla.

Varios autores han sugerido que para la evaluación de poblaciones de especies en ambientes de latitudes tropicales, sea necesario contar con una muestra grande de datos en talla (y peso) y una muestra menor de estructuras corporales duras para identificar incrementos o bandas de crecimiento (Caddy, 1991; Sparre y Venema, 1995) y validar el presente trabajo, la población de *O. hubbsorum* muestreada en la costa de Jalisco fue cerca de 6,000 datos de tallas y pesos de ambos sexos, con muestras mensuales que oscilaron entre los 175 y 450 individuos, lo que permitió contar con una amplia muestra que en pocas especies de cefalópodos del Pacífico mexicano se ha realizado.

Las estructuras corporales duras de los cefalópodos se han venido utilizando en los últimos años para conocer su edad y crecimiento (Young, 1960; Arkhipkin, 1993). En estas estructuras quitinosas y/o de carbonato de calcio en su composición, se depositan anillos concéntricos o incrementos como resultado de los ritmos endógenos realizados durante el ciclo día-noche (Cobb *et al.*, 1995). Estos autores observaron patrones regulares en mandíbulas del octópodo *Eledone cirrosa* mediante experiencias de campo y laboratorio. Raya y Hernández-González (1998) confirmaron las suposiciones antes realizadas por Clarke (1965), sobre la existencia de bandas o incrementos en las paredes internas de las mandíbulas de *O. vulgaris* y la posibilidad de ser utilizadas en la asignación de edad de manera directa, y construir los modelos que permiten conocer el crecimiento. Con la misma especie Hernández *et al.* (2001) determinaron edad y crecimiento, utilizando las estructuras mandibulares, además de validar sus interpretaciones con experiencias de cultivo de individuos en estadios larvales o formalmente paralarva.

Con base en los resultados y conclusiones de los autores anteriormente mencionados y a los comentarios sobre la necesidad de complementar los métodos indirectos (distribución de frecuencia de tallas) para estudiar crecimiento en cefalópodos, fue adecuado utilizar las estructuras mandibulares como herramienta básica en la determinación de edad y crecimiento con una muestra "pequeña" de 200

individuos aproximadamente de un amplio margen de tallas y pesos de *O. hubbsorum* en aguas de la costa de Jalisco, México.

La lectura de bandas o incrementos en la pared de la mandíbula superior fue en general sencilla, excepto en el área cercana a la punta rostral que, siguiendo la sugerencia de Hernández-López (2000), complementando el conteo cerca del borde de la pared lateral, donde efectivamente la pigmentación es menor. Hubo evidencias de erosión en el borde de la pared lateral dificultando el conteo de los incrementos hacia la punta del rostro en algunas mandíbulas, por lo que la muestra final analizadas se redujo de 200 a 150, debido al deterioro que presentaron algunos picos por manipulación y a la baja coincidencia en el conteo de incrementos por los lectores. Sin embargo, la identificación de incrementos y su conteo se realizó de forma adecuada, permitiendo estimar la edad de los individuos analizados, de acuerdo a la validación mediante experiencias de cultivo en juveniles de *O. vulgaris* (Raya y Hernández-González, 1998; Hernández-López, 2000; Hernández-López *et al.*, 2001), a pesar de que para el presente trabajo no se hayan utilizado este método de validación.

La clave talla-edad para la población total y por sexo de *O. hubbsorum* diseñadas a partir de las lecturas de incrementos en picos y la distribución de frecuencia de tallas permitieron estimar una edad cercana al año, nueve meses en la población total y hembras, mientras que en machos los individuos con tallas arriba de 150 mm de LDM registraron una edad de siete meses. Estos resultados son similares a los reportados por Guerra (1979) y Pereiro y Bravo de Laguna (1979) para *O. vulgaris* con estimaciones entre 12 y 24 meses. Van Heukelem (1983) estudiando a uno de los pulpos de mayor talla y peso *O. cyanea* en aguas del Indo-Pacífico determinó que el pulpo gigante tuvo una edad entre 12 y 15 meses. En el caribe mexicano Van Heukelem (1983) estudiando a *O. maya* en condiciones de cultivo registro una edad de 12 meses. En aguas de la costa de Chile, Cortez (1995) estimó la edad de *O. mimus* en condiciones de cultivo y con análisis de progresión modal sugiriendo una edad no mayor de 13 meses. En aguas someras de las islas Canarias

Hernández-López *et al.* (2001), mediante lectura de bandas de crecimiento en mandíbulas de *O. vulgaris* presenta una población no mayor a los trece meses de edad en hembras y doce meses para los machos.

Mangold y Boletzky (1973) y Hixon (1980) sugieren que la talla y peso no son tan buenos indicadores de la edad en los cefalópodos, de poblaciones naturales, ya que el crecimiento está influenciado por factores ambientales y la disponibilidad de alimento, por lo que la determinación de la edad se tiene que realizar mediante experiencias de cultivo o lectura de bandas o anillos de crecimiento. La talla (LDM) promedio estimada mediante los incrementos en mandíbulas en las claves talla-edad para la población total y sexo concordaron de manera similar con la clave talla-edad diseñada con la muestra de las 150 mandíbulas (62.5, 74.3, 93.4, 118.1, 139.9, 154.2, 167 y 173 LDM en mm); lo que refleja que las clases de talla calculados son grupos de edad reales de la población natural muestreada. Lo anterior se puede comprobar al observar la alta correlación existente entre la edad y los valores medios de peso y talla para ambos sexos.

El crecimiento de cualquier organismo puede ser definido como el incremento en talla (o peso) en varios intervalos de tiempo. Aunque es sencillo de medir, es un proceso complejo que intervienen aspectos fisiológicos y conductuales, que incluye la búsqueda de alimento, captura de la presa, ingestión digestión absorción, asimilación, gasto metabólico y excreción (Brett, 1979). Los factores bióticos que tienen efecto en el crecimiento incluyen el alimento, la competencia, el sexo, la talla (peso) y la edad. Entre los abióticos se encuentran la temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto y la luz. De los anteriores, la disponibilidad de alimento, talla y temperatura son los de mayor efecto sobre el crecimiento (Forsythe y Van Heukelem, 1987).

Este proceso ha sido estudiado en octópodos mediante experiencias de cultivo (Itami et al., 1963; Nixon, 1966, 1969; Mangold-Wirz, 1963; Van Heukelem, 1976; Villanueva, 1994), en estudio de campo de poblaciones comercialmente capturadas (Guerra, 1979; Hatanaka, 1979; Pereiro y Bravo de Laguna, 1979; Arregín-Sánchez, 1992; Gücu y Salma, 1993; Villanueva y Defeo, 2001) y la combinación de cultivo y datos de talla y peso en campo (Cobb *et al.*, 1995; Cortez, 1995, 1999; Hernández-López, 2000; Hernández-López et al., 2001).

Diversos autores sugieren que el crecimiento en cefalópodos se ajusta a dos modelos preferentemente: en las primeras etapas de su crecimiento sigue una fase exponencial hasta que se presenta una inflexión, sugiriendo cambio a una fase logarítmica, sin dejar de incrementar en talla y peso (Forsythe y Van Heukelem, 1987). Comportamiento altamente influenciado por el proceso de madurez sexual y al desove (Mangold, 1983).

Forsythe y Van Heukelem (1987) comentan que aunque el crecimiento de muchas especies de peces y crustáceos explotados comercialmente se ajusta bastante bien a la función de la curva de von Bertalanffy, se ha observado que existen otras especies, como los cefalópodos, cuyo crecimiento no es necesariamente asintótico sino que se representa mejor mediante otro tipo de ecuaciones.

Después de probar los modelos logístico, von Bertalanffy, exponencial y sigmoideal, la evaluación del crecimiento en *O. hubbsorum* determinó que se ajusta mejor a un modelo sigmoide. La curva teórica de la ecuación de Gompertz obtenida a partir de la lectura de los incrementos en los picos de la población total y por sexo, fue el modelo que mejor ajuste resultó con base al mayor valor del coeficiente de determinación y al menor valor del intervalo de confianza. Es necesario comentar que la aplicación del modelo incluyó individuos que oscilaron en talla entre 61 y 173 mm de LDM y entre 140 y 2039 g de peso.

Se ha reportado la curva sigmoide en estudios realizados con *Todarodes pacificus* por Otsuki y Araya (1958) en aguas del Pacífico noroeste, en *Sepia officinalis* por Richard (1971) en condiciones de cultivo y por Hixon (1980) en tres especies de la familia Myopsidae en el Golfo de México. Los modelos de Gompertz y logísticos son expresiones que consideran el crecimiento como una función sigmoideal con un valor asintótico superior y en ocasiones otro inferior, con un punto de inflexión (Guerra y Sánchez-Lisazo, 1998). De hecho, la ecuación logística calculada en el presente trabajo presentó un ajuste similar al de la función de Gompertz en LDM, pero en peso total el nivel de significancia del modelo tuvo una $p > 0.05$. Recientemente Markaida *et al* (2004) determinaron edad, crecimiento y maduración del calamar gigantes *Dosidicus gigas* en aguas del Golfo de California utilizando estatolitos, y consideraron que la curva logística fue el modelo que mejor ajuste representó el crecimiento. Por lo que utilizar una curva de ajuste que defina el crecimiento durante todo el ciclo de vida en algunas especies de cefalópodos ha sido comentado por algunos autores (Jackson y Chonat, 1992).

Al observar la curva de la función de Gompertz de talla en hembras y machos, el punto de inflexión inicia después del segundo mes (después de 60 días), este comportamiento es similar al que presentó *Todarodes pacificus* en aguas del Pacífico noroeste (Otsuki y Araya, 1958; Araya, 1967; citados por Hixon, 1983) y *Sepia officinalis* a 25°C en condiciones de cultivo (Richard, 1971; citado por Boletzky, 1983); mientras que en *Loligo opalescens*, también en condiciones de cultivo el punto de inflexión inicia entre el segundo y tercer mes (Spratt, 1978 y Yang, sin publicar; op. cit. Hixon, 1983).

Octopus hubbsorum es un clásico ejemplo de cefalópodo que puede incluirse entre las especies de crecimiento rápido y morir después del desove y cuidado parental. La tasa de crecimiento mensual en peso y talla (LDM) estimada con base en los parámetros del modelo sigmoideal se encuentran dentro de los intervalos reportados para octópodos y cefalópodos en general. En peso las tasa de

crecimiento son similares a las reportadas para *Octopus vulgaris* por varios autores. La tasa de crecimiento promedio en pulpos juveniles cultivados hasta los primeros 50 días fue alrededor de 11 % (Itami *et al.*, 1963); Mangold (sin publicar, citado por Mangold, 1987) en un margen de 30 a 100 g a temperaturas de 20-21°C, obtuvo una tasa de crecimiento de 5.5% y Mangold y Boletzky (1973) obtuvo una tasa entre 1.14-5.08% con pulpos que pesaron entre 100 y 1000 g. Mediante experiencias de cultivo con *O. mimus* de aguas de la costa de Chile, Cortez *et al.* (1999) obtuvieron tasas de crecimiento promedio de 5.8%, en pulpos que pesaron entre 40 y 589 g.

En talla (LDM), *O. hubbsorum* muestra tasas diarias de crecimiento entre 0.40 y 0.76 mm/día⁻¹ para la población total. Valores similares y aun más altos se han reportado para *Loligo forbesi* en aguas del Atlántico noreste por Boyle y Ngoile (1991) con una tasa de 0.95 mm/ día⁻¹ en machos, y en hembras, 0.58 mm/ día⁻¹. Además, estos autores reportan diferencias de tasa crecimiento entre sexos, para *L. forbesi*, los machos presentan mayores tasas que las hembras. Mientras que hembras de *O. hubbsorum* mostraron mayor tasa de crecimiento promedio que los machos, sin diferencias significativas.

Las diferencias entre la tasa de crecimiento entre especie del Orden Teuthoidea, otros octópodos y *O. hubbsorum* es seguramente debido a los distintos ambientes pelágico y bentónico, latitudinal y probablemente se asocien a ambientes oceanográficos distintos, mientras que *Loligo forbesi* vive en temperaturas templadas o frías, *O. hubbsorum* vive en ambiente sensiblemente más cálido, entre 20° y 30° C.

Se ha calculado que los cefalópodos pueden vivir entre 2 y 5 años (Forsythe y Van Heukelem (1987). La longevidad de *O. vulgaris* se ha estimado entre los 12 y 24 meses (Guerra, 1979; Hatanaka, 1979; Pereiro y Bravo de Laguna, 1979), pero en individuos que habitan aguas de Islas Canarias se calcula que no pasan de los 13 meses (Hernández-López, 2000). Un individuo de *O. hubbsorum* se estimó que puede llegar a vivir alrededor de 15 meses. Sin embargo, las estimaciones realizadas por sexo ubican una longevidad alrededor de 11 meses. Similares valores se

reportan para *O. vulgaris* en la costa Noroeste de África (21-26° N) con edades máximas de entre 10 y 12 meses (Raya y Hernández-García, 1998). Smale y Buchan (1981) sugieren una longevidad entre 9 y 12 meses en aguas de la costa de Sudáfrica.

Por lo que *O. hubbsorum* puede considerarse como una especie anual, de rápido crecimiento y con un solo desove, que variará según los cambios ambientales y por presiones por pesca. Pero si algún fenómeno natural o antropogénico altera su dinámica poblacional podría tener impacto inmediato en la siguiente temporada.

ALIMENTACIÓN

Introducción

Los cefalópodos son considerados actores importantes en la cadena trófica del ecosistema marino tanto en ambiente pelágico como béntico en todos los océanos (Amaratunga, 1983). Específicamente, los octópodos son habitualmente depredadores oportunistas, situados en los niveles superiores de las redes tróficas (Summers, 1983). Todos los estadios de los cefalópodos son depredadores activos y se alimentan principalmente de crustáceos, moluscos y peces; mientras los ofiuroides, anélidos-poliquetos, quetognatos y sinóforos son parte de la dieta de algunos. La proporción de estos principales tipos de alimento dependerá de la especie, edad y sexo (Nixon, 1987).

La determinación de que comen los cefalópodos se ha evaluado de varias formas: contenido estomacal (Nixon, 1984), observaciones directas (Ambrose y Nelson, 1986) y el estudio en laboratorio (Hartwick, *et al.*, 1981; Ambrose, 1982). De estas formas, el análisis de contenido estomacal es el que mayor información aporta. El tipo de material que se encuentra en estómago son: escamas, huesos, otolitos y glóbulos oculares en peces, partes de esqueletos, branquias laminares y huevos de crustáceos, estilete y glóbulo ocular de cefalópodos y setas en poliquetos (Nixon, 1987).

Entre los problemas que enfrenta cualquiera que pretenda conocer el tipo de presa que alimenta una especie es el tiempo de digestión, es decir, el grado de conservación del tipo de presa para ser identificado. Boucaud-Camou y Boucher-Rodoni (1983) reportaron que la tasa de digestión difiere ampliamente entre octópodos (entre 16 horas a 14°C) y otros cefalópodos (Sepias: 20 horas a 15°C; *Loligo sp.* : 4-6 horas a 18°C; y Ommastrefidos: 3-4 horas).

Por su carácter oportunista los octópodos consumen el tipo de alimento disponible en el lugar en que se encuentre. *Octopus bimaculatus*, se alimenta de especies propias de este ambiente, algunos gasterópodos, almejas y de cangrejos ermitaños y en el sublitoral el elenco de especies en su dieta cambia (Ambrose, 1984). Otros octópodos presentan este mismo comportamiento alimenticio (Ambrose y Nelson, 1983: en *O. vulgaris*), por lo que se espera que *O. hubbsorum* siga este mismo comportamiento en el Pacífico central mexicano.

Antecedentes sobre alimentación son incipientes en para *O. hubbsorum* en el Pacífico central mexicano. Raymundo (1995) describe los tipos de alimentos encontrados en fuera de sus madrigueras en Bahía de Cuestecomates, Jalisco, México. Registrando con mayor porcentaje de aparición ha ocho especies de bivalvos y dos especies de gasterópodos. Observaron depredación sobre juveniles de octópodos (canibalismo) sin cuantificarla.

Se pretende estudiar la alimentación en el medio natural asociado a su ciclo vital y a los cambios ambientales estacionales en las costas del Pacífico central mexicano. Permitiendo conocer las estrategias alimenticias de la especie y la influencia sobre otras especies de la trama trófica del ecosistema marino de la costa de Jalisco.

Se pretende responder básicamente a los siguientes cuestionamientos:

- Cuál es el tipo de presa que consume *O. hubbsorum* en la costa de Jalisco?
- Existe diferencia en el consumo del tipo de presa entre sexos?
- Existe diferencia en el consumo de tipo de presa por la talla?
- Existe diferencia en el consumo del tipo de presa entre estadio de madurez sexual?
- El tipo de presa consumida cambia según la época del año?

Objetivo

Identificar el tipo de presa que consume *Octopus hubbsorum* en el sublitoral de la costa de Jalisco, México, mediante el análisis de contenido estomacal y determinar el posible efecto en sexo, talla, estadio de madurez sexual y época del año ó condición océano-atmósfera.

Materiales y Métodos

Para el análisis de la dieta y hábitos alimenticios del pulpo, se utilizaron 226 pulpos de ambos sexos, colectados mensualmente de julio 1999 a agosto 2000 de capturas comerciales de tres campamentos de pesca ribereña ubicados en la costa de Jalisco. La cual se realizaron durante el día entre las 8:00 y 14:00 horas.

En campo, se determinó el sexo mediante la presencia del hectocotilo en machos y la ausencia de este brazo modificado en hembras; en caso de duda, fue descubierto el manto por la abertura paleal y la observación de gónadas. Se asignó el estadio de madurez sexual utilizando características macroscópicas del aparato reproductor del pulpo según el criterio de Guerra (1975) y modificado por Cortez (1995). Presenta seis estadios en hembras de virginal hasta hembra envejecida, en machos presenta tres estadios, de inmaduro a evacuado (capítulo Reproducción).

Se registró la longitud total, longitud dorsal de manto, mediante la utilización de una regla de un metro de longitud graduado en centímetros y milímetros, siguiendo el criterio del milímetro mas cercano. El peso total y peso eviscerado, se registró utilizando una balanza digital de dos mil gramos con una sensibilidad de ± 1 gramo; y otra balanza de cinco mil gramos de capacidad y ± 5 gramos de sensibilidad. En fresco, la masa visceral fue separada, mediante disección del manto, pesada en balanza de 400 gramos de capacidad (± 0.1 de sensibilidad), etiquetada con clave de organismo y colocada en un contendor con hielo para su preservación y posteriormente congelados a menos 20° C. En laboratorio, después de descongelar

la víscera, el tracto digestivo fue separado del resto de los órganos internos contenidos en la masa visceral, pesado con una balanza de 200 gramos de capacidad (± 0.01 de sensibilidad) y registrado la proporción de llenado en una escala subjetiva de I a IV como sigue: I (vacío), II (casi vacío), III (medio lleno) y IV (lleno). Posteriormente, el contenido de tracto digestivo fue separado, identificando al mínimo nivel taxonómico posible los tipos de presa encontrados.

Aun cuando los muestreos fueron mensuales para el presente estudio, se considera el efecto que pueden tener sobre la biota marina presente en plataforma continental, las variaciones del ambiente marino durante un ciclo anual en la costa de Jalisco, debido a su posición geográfica y la concurrencia de al menos de tres corrientes superficiales marinas importantes (Wirtky, 1965 y 1966): Contracorriente Nor-Ecuatorial (junio-septiembre), Corriente del Golfo de California (octubre-enero) y Corriente de California (febrero-mayo). Las condiciones océano-atmósfera o épocas del año prevalecientes en la costa de Jalisco, consideradas en el presente estudio fueron las siguientes: los meses de junio a septiembre se establece un patrón de agua cálida y lluvia (Cálido-húmeda), los meses de octubre a enero se presenta en la superficie del mar y columna de agua (hasta los 20 m de profundidad) una condición aún cálida y en la atmósfera las lluvias son nulas o escasas (Cálido seco) y los meses de febrero a mayo se presenta una condición donde la temperatura del agua de mar disminuye hasta los 20° C aproximadamente y no se presentan lluvias, en años sin anomalías interanuales (Condición Templado seco).

La alimentación de *O. hubbsorumm* se analizó mediante la descripción de los tipos de presa englobados en cinco grupos putativos ó principales (crustáceos, molusco, cefalópodos, peces y "otras especies varias") encontrados en tracto digestivo, utilizando los índices de Repleción, Vacuidad, Ocurrencia, de Importancia de Peso, de Importancia Numérica, en función del sexo, talla, estado de madurez y condiciones océano-atmósfera o época del año durante el estudio (Hyslop, 1980; Castro y Guerra, 1990; Sánchez y Obarti, 1993; Cortez *et al.*, 1995). Para evaluar el efecto de cada una de las variable en la dieta se utilizó la prueba de X^2 (Crow, 1982)

seguido de una prueba de comparaciones de porcentajes (Sokal y Rohlf, 1967) de cada grupo de presas entre los grupos de pulpos comido. Como nivel de significancia estadística se utilizó $p < 0.05$.

Los índices que se utilizaron para la comparación de la dieta del pulpo en función del sexo, talla, estadio de madurez y condiciones océano-atmósfera durante el estudio se describen de la siguiente manera (Hyslop, 1980; Castro y Guerra, 1990; Cortez *et al.*, 1995):

Índice de Repleción (**IR**), permite determinar el grado de llenado del estómago (Hyslop, 1980):

$$\text{IR} = \frac{\text{PE}}{\text{Pt}} \times 100$$

donde: PE = es el peso del contenido estomacal del individuo y Pt = al peso total del individuo.

En este índice se considero una escala subjetiva de llenado en función del mayor valor de repleción registrado, como lo sugiere Hernández-López (2000). Fueron considerados estómagos vacíos los que no presentaban alimento y casi vacíos aquellos con un peso igual o menor al 10% del máximo valor de repleción observado. Asignando diferentes grados de llenado estomacal según la siguiente escala:

Estomago vacío	IR = 0
Estómago casi vacío	$0 < \text{IR} = 0.3$
Estómago medio lleno	$0.3 < \text{IR} < 1$
Estómago lleno	IR = 1

Indice de Vacuidad (**IVc**): Es el tanto por ciento en número de estómagos vacíos respecto al número total de estómagos.

Indice de Ocurrencia (**IO**): se define como el cociente entre el número de estómagos en que aparece un tipo de presa y el número total de estómagos con presas, considerando cada estómago tantas veces como tipos de presa diferentes aparecen en él, multiplicado por cien.

$$IO = \frac{Ne_i}{\sum_{i=1}^n Ne_i} \times 100$$

donde: Ne_i = número de estómagos que presentan la presa i ; n = número total de presas distintas.

Indice de Importancia de Peso (**IIP**): se define como el tanto por ciento del peso de cada tipo de presa respecto al total del peso de todas las presas de un grupo de ejemplares.

$$IIP = \frac{P_{pi}}{\sum_{i=1}^n P_{pi}} \times 100$$

donde: P_{pi} = Peso de una presa i presente en la muestra; n = número total de presas distintas.

Indice de Importancia Numérica (**IIN**): se denomina así a la relación entre el número de casos que aparece un determinado tipo de presa en el total de los estómagos y el número de todos los casos de todas las presas, expresado como porcentaje.

$$IINi = \frac{\sum_{i=1}^n Ni}{\sum_{j=1}^k (\sum_{i=1}^n Ni)j} \times 100$$

donde: Ni = número de presas

Resultados

Estructura de talla y madurez en la población de pulpo.

La talla de los pulpos analizados oscilo entre 43 y 230 mm de longitud dorsal de manto, con un promedio de 110.43 mm (\pm d.s. 42.78)(Figura 39 y 40). Se registro una alta variación de talla en LDM durante los meses de estudio ($F_{15,511}=10.96$; $P < 0.001$); durante la condición templado seca se registró las tallas mayores ($F_{2,513}=33.58$; $P < 0.001$). La proporción sexual fue de 1.34:1 hembras por cada macho, presentando variación entre meses del estudio ($X^2 = 43.28$, g.l.= 16; $P < 0.001$).

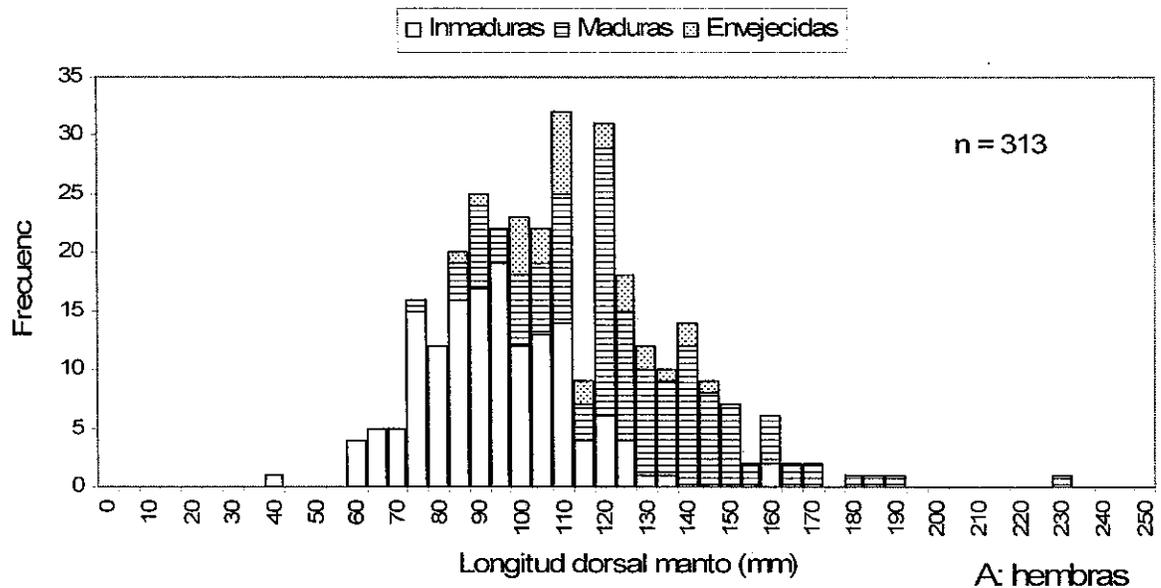


Figura 39. Distribución de frecuencia de talla en longitud dorsal de manto (LDM) de hembras analizadas por estadio de madurez en la costa de Jalisco, México.

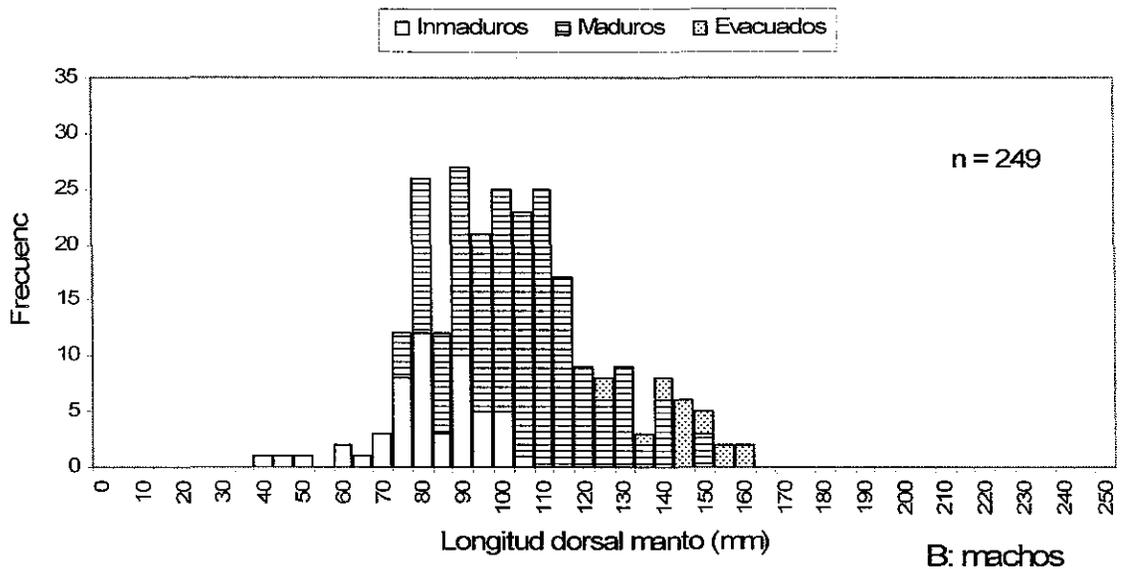


Figura 40. Distribución de frecuencia de talla en longitud dorsal de manto (LDM) en machos analizados de por estadio de madurez en la costa de Jalisco, México.

Conservación de los tipos de presa registrados

El material revisado en tracto digestivo de las más de 50 presas determinadas se encontraron desde piezas casi enteras, estructuras corporales diversas fragmentadas en diversos grados de digestión. Entre los crustáceos se encontraron caparazones, rostros, apéndices completas, quelípedos, dácilios y huevos en diversos estadios de madurez. Para los moluscos gasterópodos el análisis se baso en opérculos y fragmentos de conchas. En moluscos bivalvos solo en fragmentos de valvas con tejido fresco adherido y el biso de las valvas de adhesión al sustrato. En cefalópodos octópodos se encontraron pequeños juveniles casi enteros, fragmentos corporales, brazos, picos, lentes y en algunos casos huevos de puestas, identificables por la presencia del cordón o flagelo con el que se adhieren al racimo de la puesta. En equinodermos se encontraron solo fragmentos de espinas y capazón. En el caso de los quetognatos en general, se registraron organismos completos. Para los anélidos-poliquetos se encontraron el aparato bucal característico de poliquetos y fragmentos corporales con sus múltiples apéndices. En el caso de los peces, se encontraron cuerpos casi completos (de reciente captura),

fragmentos corporales, espinas, escamas y otolitos. Y por último, como ya hemos comentado lo anecdótico del caso de macroalgas, se trato de solo fragmentos, posiblemente incorporada al momento de la captura de algún otro tipo de presa. Solo un reducido porcentaje (5%) se registro individuos enteros y frescos, mientras que alrededor del 95% fueron material fragmentado y material en distinto nivel de digestión.

Nivel de llenado en tracto digestivo sexo.

En la población total el nivel de llenado en tracto digestivo considerando las categorías de casi-vacío, medio-lleno y lleno, representaron cerca del 80% de los estómagos analizados. Por lo que podemos establecer una conducta alimenticia casi constante de la especie en el área de estudio durante las capturas por parte de los pescadores ribereños. La proporción del nivel de llenado fue significativamente diferentes entre hembras y machos ($X^2 = 4.73$; g.l. = 1; $p < 0.05$); las primeras registraron mayor frecuencia de alimento en tracto digestivo.

Nivel de llenado en tracto digestivo talla.

Octopus hubbsorum presento dos claras pautas en el nivel de llenado de estómago según su talla (Figura 41). Primero, se observa incremento en el grado de llenado de la categoría "medio lleno" y disminución en la categoría "casi vacíos" en los intervalos de clase 60-90 mm de LDM. Posteriormente, la categoría "medio lleno" disminuye paulatinamente hacia el intervalo 150 mm de LDM. Este comportamiento en el nivel de llenado se observa claramente en machos a partir de la talla de 70 mm de LDM (Figura 42a). Solo en hembras se presentaron estómagos en categoría "lleno" en las talla 110 y 140 mm LDM. Mientras que en hembras es evidente el aumento en la proporción de las categorías estómagos "vacíos" y "casi vacíos" al aumentar la talla de 80 mm a los 150 mm LDM (Figura 42b).

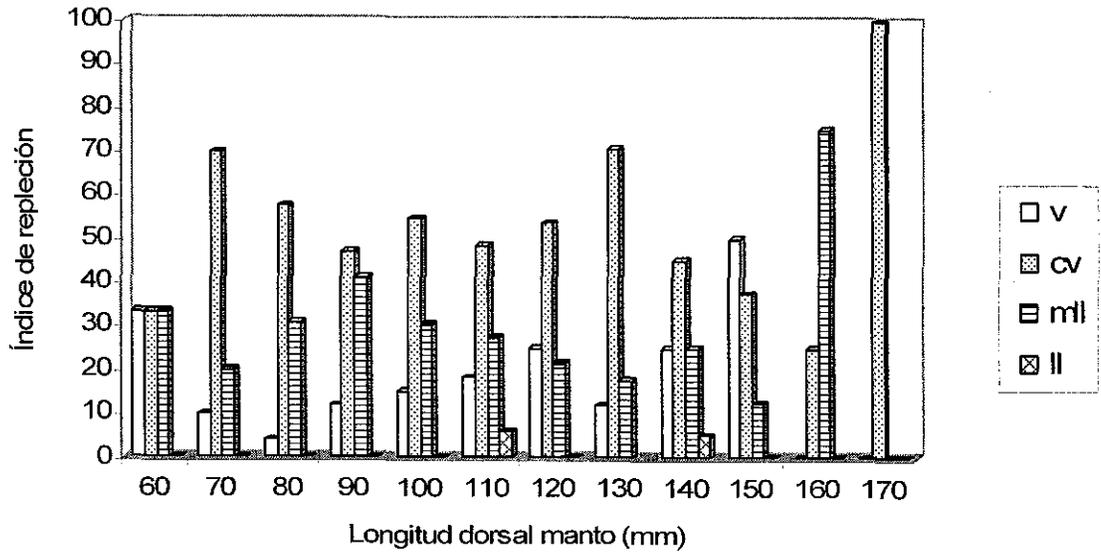


Figura 41. Proporción del grado de llenado según su talla e índice de repleción, en ambos sexos. Se indica en v = estómagos vacíos, cv = casi vacíos, ml = medio lleno y ll = estómago lleno.

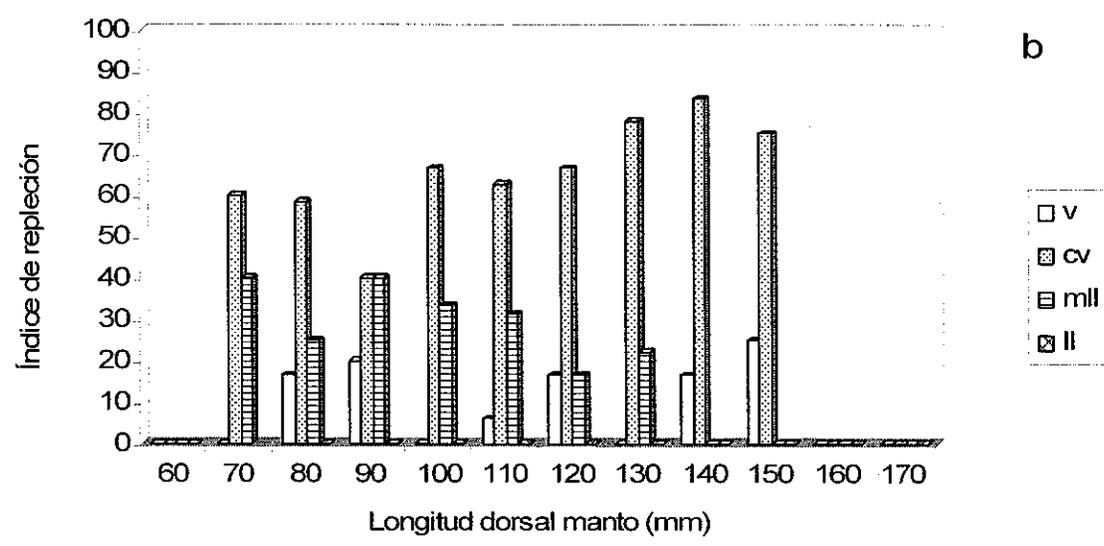
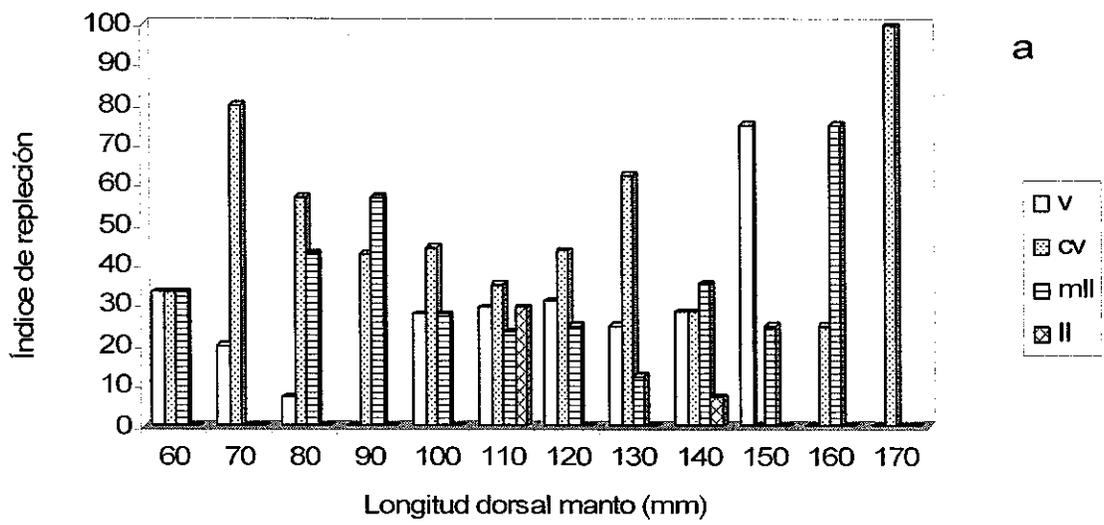


Figura 42. Proporción del grado de llenado según su talla e índice de repleción, en hembras (a) y machos (b). Se indica en v = estómagos vacíos, cv = casi vacíos, mll = medio lleno y ll = estómago lleno.

Variación del grado de llenado en épocas del año.

Aunque el comportamiento del índice de repleción en la población total mostró a la época cálido-seca, como la de mayor grado de llenado en tracto digestivo, seguido de la templado-seca, no existieron diferencias significativas. Las hembras mostraron mayor grado de llenado (arriba del 26 %), que los machos durante el estudio, excepto en la condición cálido-seca (Cuadro 28).

Cuadro 28. Resumen de los valores del Índice de Repleción en las tres condiciones océano-atmósfera consideradas para la población total y por sexo.

Índice Repleción	Hembras				Machos				Total			
	V	CV	MLL	LL	V	CV	MLL	LL	V	CV	MLL	LL
Cálido-humedo	24.48	44.89	28.57	2.04	20	70	10	0	23.18	52.17	23.19	1.45
Cálido-seco	7.69	53.84	38.46	0	12.5	45.83	41.66	0	10	50	40	0
Templado-seco	26.66	42.22	26.66	4.44	7.69	67.30	25	0	16.66	55.21	26.04	2.08

Variaciones del índice de vacuidad.

La proporción de estómagos vacíos en la población total de *O. hubbsorum* durante el estudio fue cercano al 31 % y no hubo diferencias significativas entre hembras y machos ($p > 0.05$). En la figura 43 se muestra la tendencia de los valores calculados del índice de vacuidad según el estadio de madurez. La proporción de estómagos vacíos se incrementó al proceso de madurez en ambos sexos, aunque no de manera significativa entre pulpos en maduración y maduros ($p > 0.05$). En la población de hembras envejecidas, el número de estómagos vacíos representó alrededor del 85 % y la proporción de estómagos vacíos entre la población madura y envejecida fue significativamente diferente ($X^2 = 16.39$, $p < 0.001$). Entre sexos, no se presentaron diferencias significativas en pulpos en maduración ($p = 0.169$), ni en los pulpos maduros ($p = 0.056$).

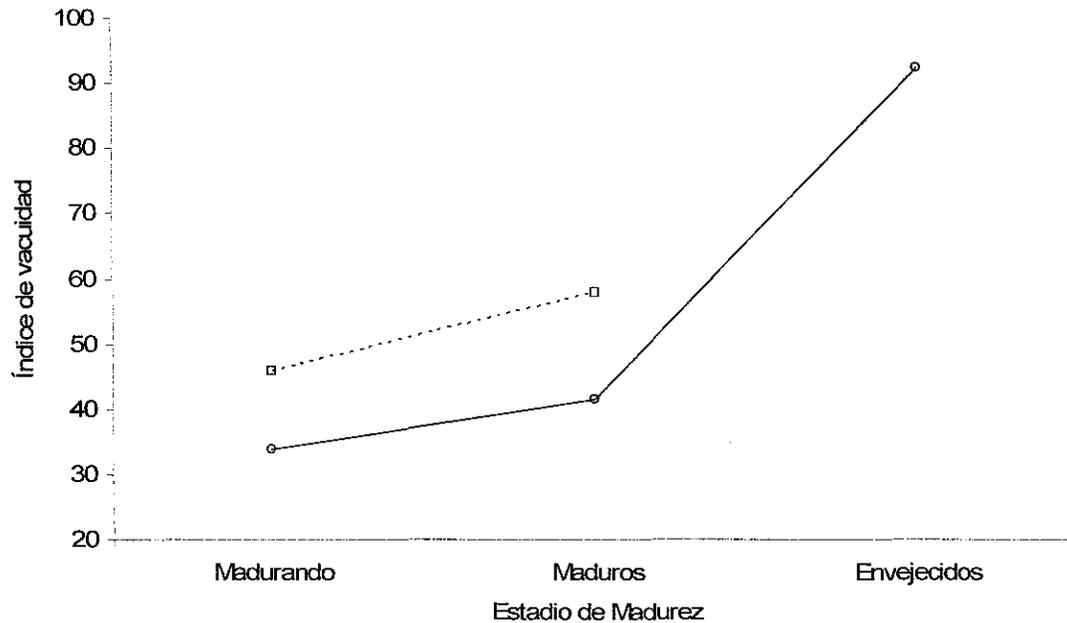


Figura 43. Comportamiento del índice de vacuidad por sexos y estadio de madurez. La línea continua y círculos rellenos representa a las hembras y la línea punteada y cuadros vacíos representa los machos.

Se observó variaciones en la proporción de estómagos vacíos entre las condiciones océano-atmósfera; en la cálida-húmeda presento mayor proporción de estómagos vacíos y menor correspondió a la templado-seca ($X^2 = 6.55$, $p = 0.038$) (Figura 44). Lo anterior sugiere que *O. hubbsorum* se prepara en las épocas cálida-húmeda y cálida-seca, para contar con suficiente energía almacenada en los órganos y tejido corporal, al proceso reproductivo durante su máximo en la condición templado-seca (ó época fría).

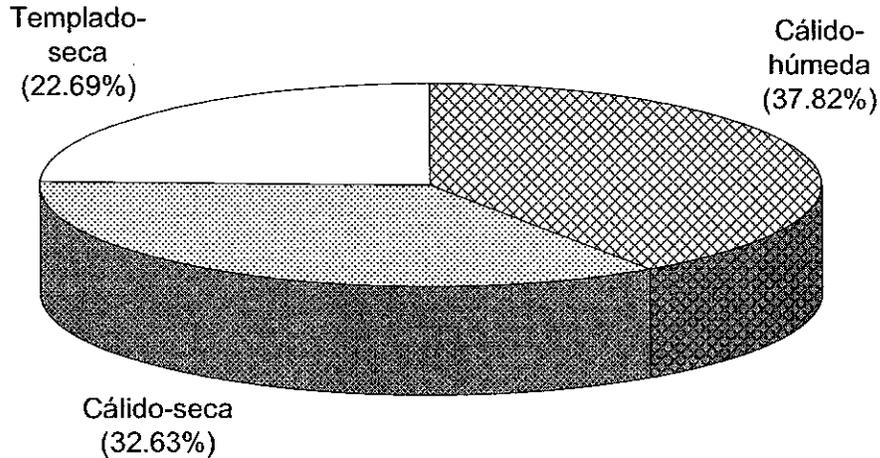


Figura 44. Proporción de estómagos vacíos en ambos sexos en las tres condiciones océano atmósfera. La condición cálido-húmeda se indica en la cuadrícula, cálido-seca el área punteada y la condición templado seca el área vacía.

Elenco de los tipos de presa en tracto digestivo

La dieta de *Octopus hubsorum* se compone básicamente de tres grupos taxonómicos principales: crustáceos, moluscos y peces. El elenco de especies-entidades determinadas en tracto digestivo colectados de julio de 1999 a agosto de 2000 osciló las 53, incluidas en siete grandes grupos taxonómicos (Cuadro 29): Thalophytas (macroalgas), Annelida, Arthropoda (subphylum Crustacea), Mollusca, Echinodermata, Chaetognatha y Chordata (subdivisión Teleostei).

Por orden de importancia los crustáceos predominaron en ocurrencia (57 %), peso (46 %) y número (88 %); las especies-entidades de los braquiuros ocurrieron en el 36 % y en el 79 % del número de presas, por arriba de los otros dos Subordenes de crustáceos decapados (Carideos y Anomuros).

El segundo grupo taxonómico en importancia fue el de los moluscos, que tuvieron una ocurrencia del 30 %, una participación en peso del 26% y por su número representó el 8%. Las presas de moluscos cefalópodos fueron básicamente de octópodos, ocurriendo en el 11 % de los estómagos, pero por su importancia en peso tuvieron un porcentaje de 18 %, aún mayor que las especies de moluscos bivalvos y gasterópodos. El canibalismo en *O. hubbsorum* fue importante en frecuencia y peso, pero en número aportó solo el 3 %.

Los peces teleósteos fueron el tercer grupo taxonómico predominante en tracto digestivo, tuvieron una ocurrencia del 8%, un 24 % por su importancia en peso y solo el 2 % por su importancia en número; sobresale la presencia de juveniles de la familia Muraenidae.

Por último las especies-entidades de los filos Thalophytas, Annelida, Equinodermata y Chaetognata presentaron porcentajes menores al 5 % en ocurrencia, peso y número. Los tipos de presa indeterminados de la categoría "otros", fueron poco frecuentes, representaron menor peso y fueron anecdóticas en número, como las Thalophytas (o algas macroscópicas).

Cuadro 29. Listado de los tipos de presa determinados en contenido estomacal de *Octopus hubbsorum* en la costa de Jalisco, México, de julio de 1999 a agosto de 2000.

			Ocurrencia		Peso		Numero	
			total	%	total	%	total	%
Crustaceos			294	57%	225	46%	2157	88%
Estomatopoda			16	3%			22	1%
	Gonodactylidae	<i>Gonodactylus stanchi</i>						
	Pseudosquillaidae	<i>Pseudosquilla adriastata</i>						
Caridea			77	15%			192	8%
	Palaemonidae	<i>Pontonia sp.</i>						
	Alpheidae	<i>Alpheus malleator</i>						
		<i>Alpheus lottini</i>						
		<i>Alpheus sp. 1</i>						
		<i>Synalpheus digueti</i>						
		<i>Synalpheus nobilii</i>						
		<i>Synalpheus sp.</i>						
Anomura			14	3%			20	1%
	Porcellanidae	<i>Clastoecochus diffractus</i>						
		<i>Pachycheles biocellatus</i>						
		<i>Pachycheles panamensis</i>						
		<i>Pachycheles sp. 1</i>						
		<i>Pachycheles sp. 2</i>						
		<i>Petrolisthes edwardsii</i>						
		<i>Petrolisthes glasselli</i>						
		<i>Petrolisthes haigae</i>						
		<i>Petrolisthes sp. 1</i>						
		<i>Petrolisthes sp. 2</i>						
Brachyura			187	36%			1923	79%
	Majidae	<i>Mithrax denticulatus</i>						
		<i>Mithrax sp.</i>						
		<i>Thoe sulcata</i>						
		<i>Theleophrys cristulipes</i>						
	Xanthidae	<i>Paracethea sulcata</i>						
		<i>Microcasiope xantusii</i>						
		<i>Xanthodius stimposoni</i>						
		<i>Liomera cintimana</i>						
		<i>Platyactea dovi</i>						
		<i>Pilumnus gonzalemsis</i>						
		<i>Paraxanthias insculptus</i>						
Moluscos			152	30%	124	26%	199	8%
Cefalopodos			54	11%	86	18%	72	3%
	Octopodidae	<i>Octopus hubbsorum</i>						
		<i>Octopus sp.</i>						
Otros Moluscos			98	19%	38	8%	127	5%
Bivalvos			27	5%	7	1%	36	1%
	Mytilidae	<i>Modiolus sp.</i>						
		Indeterminada No. 1						
		Indeterminada No. 2						
		Indeterminada No. 3						
Gasteropodos			71	14%	31	6%	91	4%
	Muricidae	Indeterminada No. 1						
		Indeterminada No. 2						
		Indeterminada No. 1						
		Indeterminada No. 2						
Peces			41	8%	116	24%	47	2%
Teleostei			41	8%	116	24%	47	2%
	Muraenidae	Indeterminada No.1						
		Indeterminada No.2						
Otros			27	5%	19	4%	42	2%
Annelida	Polichaeta	Indeterminada No.1						
		Indeterminada No.2						
Chaetognatos								
	Aphragmopohora	Indeterminada No. 1						
Eqinodermata								
	Diadimastidae	Indeterminada No. 1						
		Indeterminada No. 2						
	Equinometridae	Indeterminada No. 1						
		Indeterminada No. 2						
	Ophiuroidea	Ophiocomidae sp. 1						
Talophytas		<i>Padina sp.</i>						
TOTAL			514	100%	485	100%	2445	100%

Variación de la dieta en talla

En las figura 45 y 46 se observa la frecuencia de ocurrencia promedio y el número de presas promedio respecto a la talla de *O. hubbsorum*. Se puede observar dos grupos de talla, los juveniles entre los 60 mm y 110 mm de LDM y los adultos con tallas por arriba de los 110 mm de LDM. Entre el intervalo de 65 mm a 110 mm de LDM se incremento la frecuencia de ocurrencia y número de presas, para posteriormente descender. El análisis de varianza de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre los intervalos de talla en la frecuencia de presas ($H=41.61$; $p < 0.005$), en peso ($H=31.96$; $p < 0.001$) y número de presas totales ($H=20.17$; $p < 0.028$). El análisis posterior entre dieta y talla se realizo entre la población juvenil (60-100 mm LDM) y adulta (> 110 mm LDM).

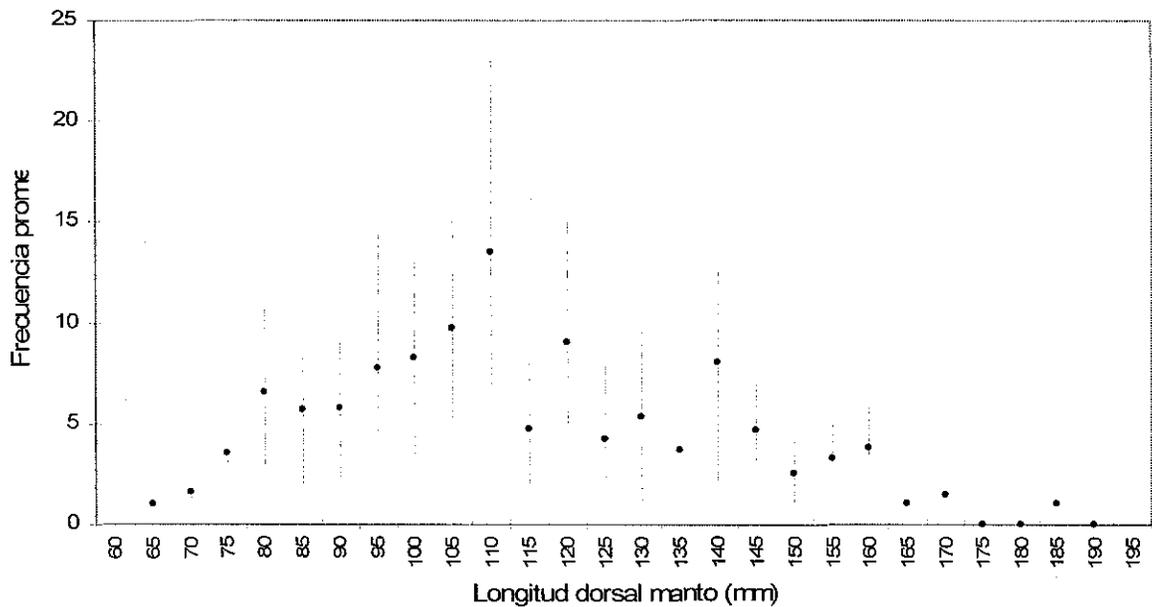


Figura 45. Variación en la frecuencia promedio y máximos y mínimos de los tipos de presa en intervalos de 5 mm de LDM.

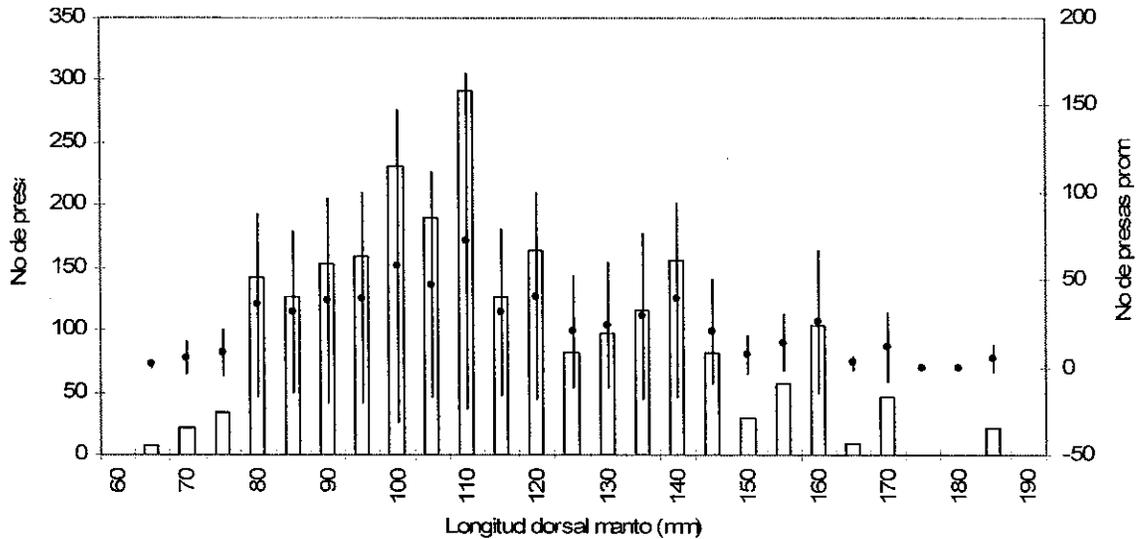


Figura 46. Variación del número de presas (barras) y su promedio (circulo negro) por intervalos de 5 mm de longitud dorsal de manto (mm) en el pulpo de Hubbs's. Se indica en línea vertical la $\pm d.s.$

Variación de los tipos de presa en talla

El comportamiento de los cinco grupos taxonómicos particulares en talla, mostraron un patrón similar. Al incrementar la talla se incremento la proporción de los tipos de presa, excepto para la frecuencia de ocurrencia. En la figura 47 se presenta la proporción de la frecuencia de ocurrencia de los cinco principales tipos de presa registrados con respecto a la talla. Podemos observar dos patrones, al aumenta la talla del pulpo incrementa la participación y proporción de nuevas presas en la dieta. Lo anterior tiene relevancia ya que se muestra cambio en la dieta por variación en talla. En crustáceos se muestra de una manera clara ya que tiende a disminuir su proporción al aumentar la talla de 75 y 160 mm (LDM), aunque el final vuelve a incrementar. En el rango de talla anterior, se muestra claramente como moluscos (gasterópodos y bivalvos), cefalópodos, peces y "otros", cubren ese espacio dejado por los crustáceos, al incrementa su proporción.

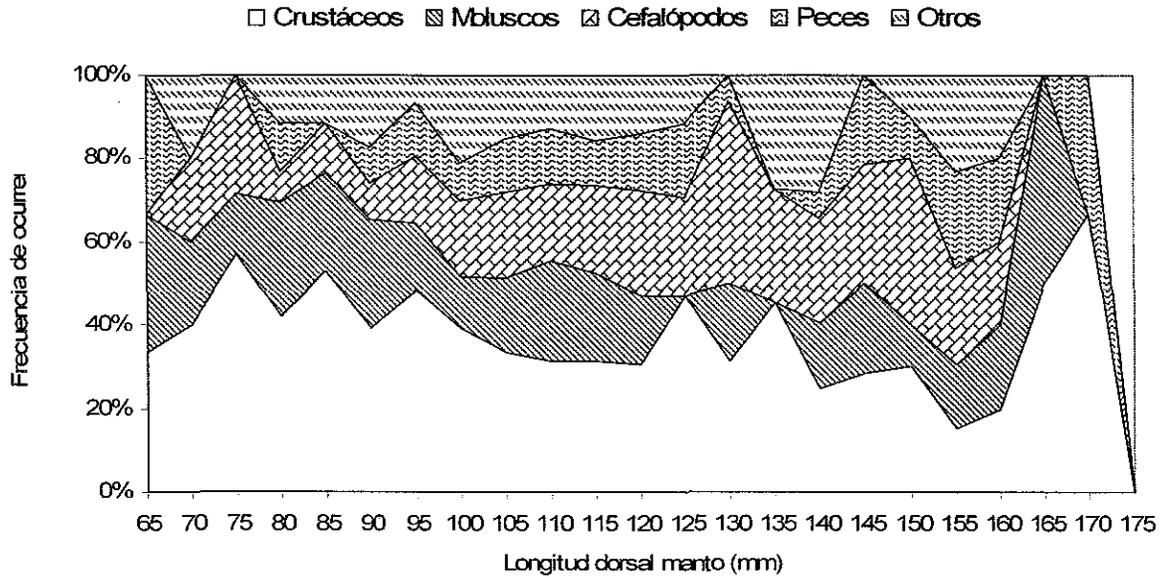


Figura 47. Variaciones en la frecuencia de ocurrencia de los cinco principales tipos de presa en intervalos de 5 mm de LDM. Se indica en área clara los crustáceos, línea diagonal moluscos, enladrillado cefalópodos, peces ondulado y en líneas cortas diagonales el grupo "otros".

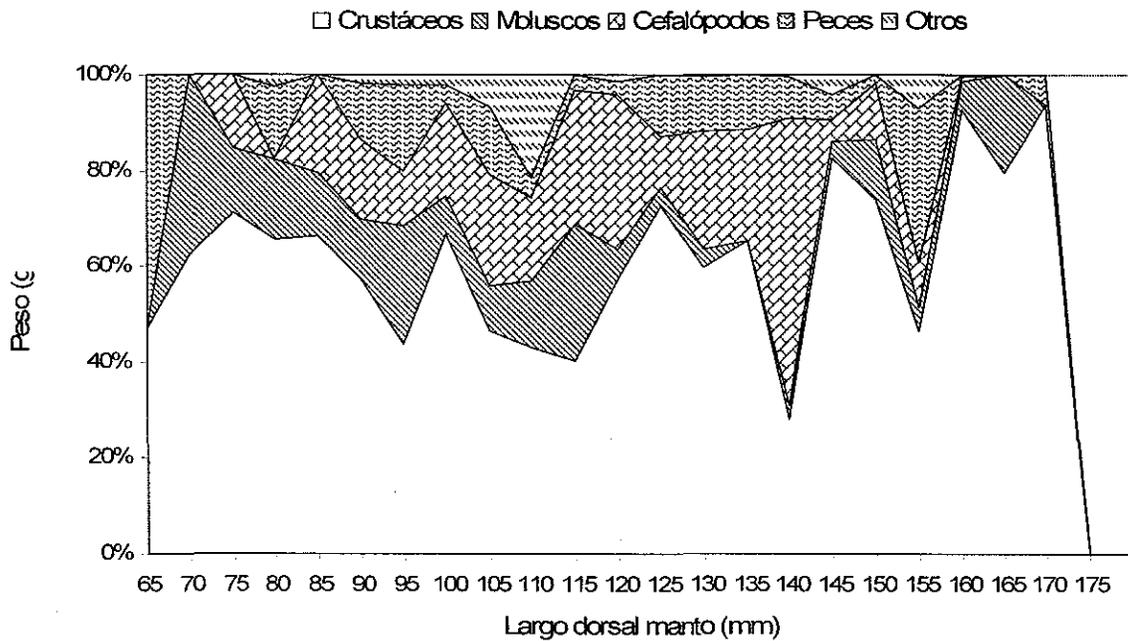


Figura 48. Variaciones en el peso de los cinco principales tipos de presa en intervalos de 5 mm de LDM. Se indica en área clara los crustáceos, línea diagonal moluscos, enladrillado cefalópodos, peces ondulado y en líneas cortas diagonales el grupo "otros".

Estos patrones se muestran en el análisis de los tipos de presa en peso y número. En las figuras 48 y 49 se presenta el comportamiento de los cinco tipos de presa con respecto a la talla. El análisis de varianza de Kruskal-Wallis (ANDEVA K-W) para determinar cambios en las proporciones de los tipos de presa entre los rangos de tallas, indicó que al aumentar la talla se incrementa significativamente la presencia de las presas ($H= 41.74, p <0.001$; $H= 20.17, p <0.028$ respectivamente). Los crustáceos y moluscos presentan similar comportamiento, ya que el ANDEVA K-W mostró diferencias significativas al aumento de talla y el peso de los crustáceos ($H= 31.92, p <0.001$), así como al incremento del número de los moluscos conforme aumentó la talla del pulpo ($H= 30.68, p <0.044$).

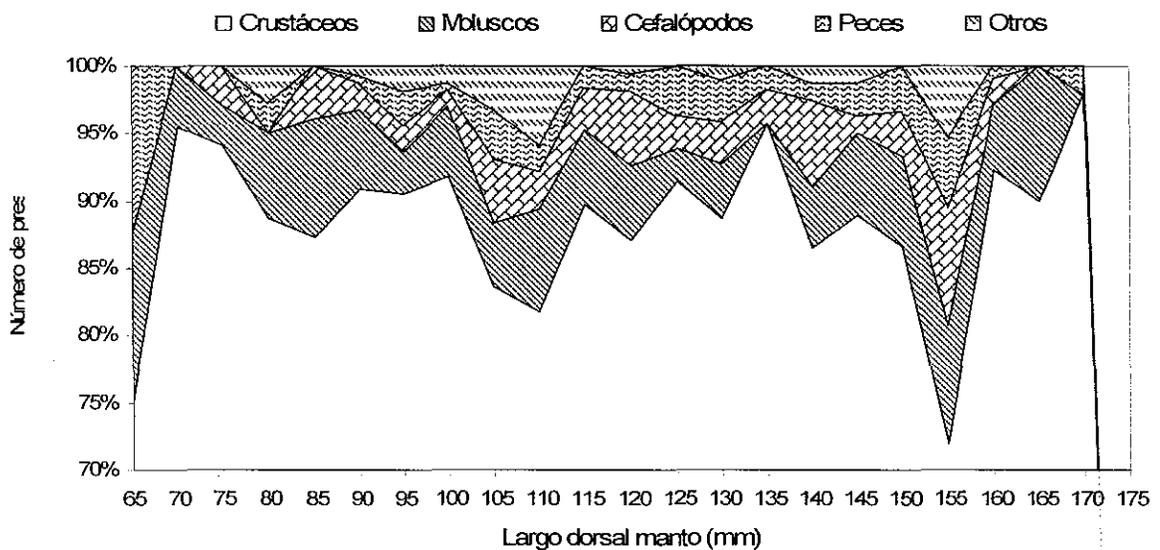


Figura 49. Variaciones en el número de los cinco principales tipos de presa en intervalos de 5 mm de LDM. Se indica en área clara los crustáceos, línea diagonal moluscos, enladrillado cefalópodos, peces ondulado y en líneas cortas diagonales el grupo “otros”.

Efecto sexo, talla y estadio de madurez

Según los análisis realizados con los distintos índices, el de importancia en peso (IIP) y de importancia en número (IIN) fueron los que mostraron información estadísticamente relevante en la preferencia de los tipos de presa para el efecto de sexo, talla (juvenil y adulto) y estadio de madurez. El índice de ocurrencia no mostró en ningún caso diferencias estadísticas. La población de machos envejecidos o evacuados fue relativamente baja, que no permitió realizar las comparaciones entre sexos, por lo que se realizaron solo con individuos madurando y maduros.

Se indica en el cuadro 30 y 31 el resumen de los valores del IIP para los efectos en sexo, talla y madurez. En algunos tipos de presas se observan patrones más o menos claros, y se describe de la siguiente manera. Los crustáceos fueron preferidos en mayor proporción por los machos, en talla (jóvenes y adultos) y por estadios de madurez. Los moluscos fueron preferidos en mayor proporción por las hembras en sexo, talla y estadio de madurez; en la población de hembras y de machos por separado, los moluscos fueron preferidos por los individuos juveniles (<100 mm LDM). El canibalismo no presentó un patrón claro en las preferencias y mostró variación en sexo, talla y estadio de madurez. En la población de hembras y de machos por separado, los octópodos, como alimento, fueron preferidos por las mayores tallas (adultos) en ambos sexos y por hembras maduras. Los peces teleósteos fueron preferidos en ambos sexos pero en diferente talla, tuvieron mayor proporción en hembras jóvenes e inmaduras y en machos estuvieron presentes en mayor proporción en individuos adultos maduros. El grupo "otros" fue el tipo de presa que mostró un patrón más claro ya que fue preferido, en todos los casos, por machos por efecto de sexo y talla. Mientras que por efecto del estadio de madurez los inmaduros mostraron mayor proporción del grupo "otros" que los machos maduros.

Se indica en el cuadro 32 el resumen de los valores del índice de importancia en número (IIN) para los tres efectos anteriormente mencionados. Este índice

presenta un patrón menos claro que el IIP. Sólo es definido el patrón en la preferencia del grupo "otros" por los machos totales, adultos e inmaduros.

En resumen con base a los índices de importancia en peso y número se presentó una clara preferencia de los tipos de presa por efecto de sexo: machos sobre crustáceos y el grupo "otros", mientras que las hembras depredan preferentemente sobre moluscos (gasterópodos y bivalvos). El efecto talla definió la preferencia en ambos sexos en peces teleósteos y cefalópodos.

Cuadro 30. Valores de índice de importancia en peso (IIP) para los cinco grupos de presa considerados. Se comparan las hembras (H) y machos (M) totales (TO); hembras y machos jóvenes (JUV) (<100 mm LDM); hembras y machos adultos (ADU) (>100 mm LDM); hembras jóvenes y adultas; machos jóvenes y adultos. Se indican los niveles de significancia estadística dentro de cada grupo de presa. ns: no significativo *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$.

Presas	TO		JUV		ADU		H	M							
	H	M	H	M	H	M		JUV	ADU						
Crustáceos	55.81	**	62.68	57.57	*	65.41	54.54	*	61.10	57.57	ns	54.54	65.40	ns	61.10
Moluscos	18.19	**	8.78	21.21	**	13.32	16.62	**	5.89	21.21	*	16.62	13.32	**	5.89
Cefalópodos	15.53	ns	13.47	6.66	*	10.93	21.02	*	15.09	6.66	**	21.02	10.93	*	15.09
Peces teleósteos	9.43	*	6.66	13.48	**	2.78	6.79	**	9.08	13.48	**	6.79	2.78	**	9.08
Otros	1.01	**	8.40	1.06	**	7.55	1.01	**	8.83	1.06	ns	1.01	7.55	ns	8.83
Total 100 %	1749		1318	660		503	1089		815	660		1089	503		815
Chi ² (g.l.= 4)		161.4			86.9			125.6			79.4			43.6	
p:		<0.001			<0.001			<0.001			<0.001			<0.001	

Cuadro 31. Valores de índice de importancia en peso (IIP) para los cinco grupos de presa considerados. Se comparan hembras (H) y machos (M) inmaduros (INM); hembras y machos maduros (MAD); hembras inmaduras-maduras-envejecidas (INM-MADU-ENV); machos inmaduros-maduros (INM-MADU) . Se indican los niveles de significancia estadística dentro de cada grupo de presa. ns: no significativo *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$.

Presas	INM		MAD		H	M								
	H	M	H	M		INM	MAD	ENV	INM	MAD				
Crustáceos	58.52	**	68.79	51.13	*	56.80	58.52	**	51.13	**	41.02	68.79	**	56.80
Moluscos	19.01	**	6.03	12.78	ns	11.25	19.00	**	12.78	**	36.41	6.03	**	11.25
Cefalópodos	9.33	*	13.27	28.54	**	13.88	9.33	**	28.54	**	10.76	13.27	ns	13.88
Peces teleósteos	12.32	**	0.51	7.00	**	11.94	12.32	**	7.00	ns	7.17	0.51	**	11.94
Otros	0.80	**	2.72	0.52	**	6.11	0.80	ns	0.52	**	4.61	11.38	**	6.11
Total 100%	898		580	598		720	868		571		195	580		720
Chi ² (g.l.= 4)		194.1			71.3			96.3		80.8			89.11	
p:		<0.001			<0.001			<0.001		<0.001			<0.001	

Cuadro 32. Valores de los índices de importancia en número (IIN) para los cinco grupos de presas considerados. Se comparan hembras (H) y machos (M) totales según el grado de madurez sexual; hembras y machos adultos en talla (>100 mm LDM); hembras y machos inmaduros (INM); hembras inmaduras (INM)-maduras (MAD)-envejecidas (ENV); machos inmaduros (INM)-maduros (MAD). Se indican los niveles de significancia estadística dentro de cada grupo de presa. ns: no significativo *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$.

Presas	TOTAL		ADU		INM		H		M								
	H	M	H	M	H	M	INM	MAD	ENV	INM	MAD						
Crustáceos	87.55	ns	88.72	87.15	ns	88.91	89.16	ns	91.06	89.16	ns	88.11	**	64.15	91.06	*	86.44
Moluscos	5.82	ns	4.51	6.37	ns	4.41	5.62	*	2.98	5.62	ns	4.41	**	22.64	2.98	*	6.02
Cefalópodos	3.42	ns	2.53	3.52	ns	2.62	2.19	ns	1.86	2.19	*	4.41	ns	5.66	1.86	ns	3.20
Peces teleósteos	2.25	ns	1.50	2.37	ns	1.54	2.19	*	0.55	2.19	ns	2.20	ns	3.77	0.55	*	2.44
Otros	0.94	**	2.72	0.57	**	2.50	0.82	**	3.53	0.82	ns	0.84	ns	3.77	3.53	ns	1.88
Total 100%	1376		1088	1051		839	729		537	729		589		53	537		531
Chi ² (g.l.= 4)		16.37			18.43			22.15			6.01		35.02				17.10
p:		<0.003			<0.001			<0.001			0.198		<0.001				<0.002

Variaciones de los tipos de presa según las épocas del año.

En la figura 50 se muestra el comportamiento de los cinco tipos de presas en hembras y machos totales según los índices de ocurrencia (IO), importancia en peso (IIP) e importancia en número (IIN) durante las tres épocas del año. En los tres índices se observa a los crustáceos dominaron en todo momento, con valores arriba del 40% en ambos sexos. Los cuatro tipos de presa restantes tuvieron variaciones en su ocurrencia, peso y número, dependiendo del sexo y época del año.

En el caso de los machos los tres índices observaron una tendencia a incrementar el elenco de los cinco tipos de presa desde condición cálido-húmeda a la templado-seca (Figura 50). Esta última época del año no sólo mostró los mayores valores porcentuales de los tipos de presa para los tres índices, si no además, registró la mayor proporción de cefalópodos y peces teleósteos. Contrario a lo anterior, los crustáceos incrementaron su participación en ocurrencia (IO) y significativamente peso (IIP) durante la condición cálida-húmeda ($p < 0.05$), no así con el índice en importancia en número. Es importante resaltar, la alta participación de los crustáceos en tracto digestivo durante la condición cálido-húmeda, que osciló entre el 97 y 81% en los tres índices. Los cefalópodos y peces no estuvieron presentes en el tracto digestivo de los machos durante la condición cálida húmeda. En la condición cálido seca fue relevante la participación de los moluscos en su ocurrencia y peso ($p < 0.05$), no así en el número de presas.

El comportamiento de las presas en tracto digestivo de la población total de hembras siguió un patrón similar al presentado por los machos, según el IO y IIP. Incrementando la participación de los cinco tipos de presas de la condición cálida húmeda al templado-seco, aunque este comportamiento no fue tan claro con el IIN. La participación de los crustáceos fue siempre importante, con valores entre el 40 y 90 %, según el IIN. Los moluscos (gasterópodos, bivalvos y cefalópodos) en general estuvieron mejor representados en las épocas cálido-húmeda y cálido-seca.

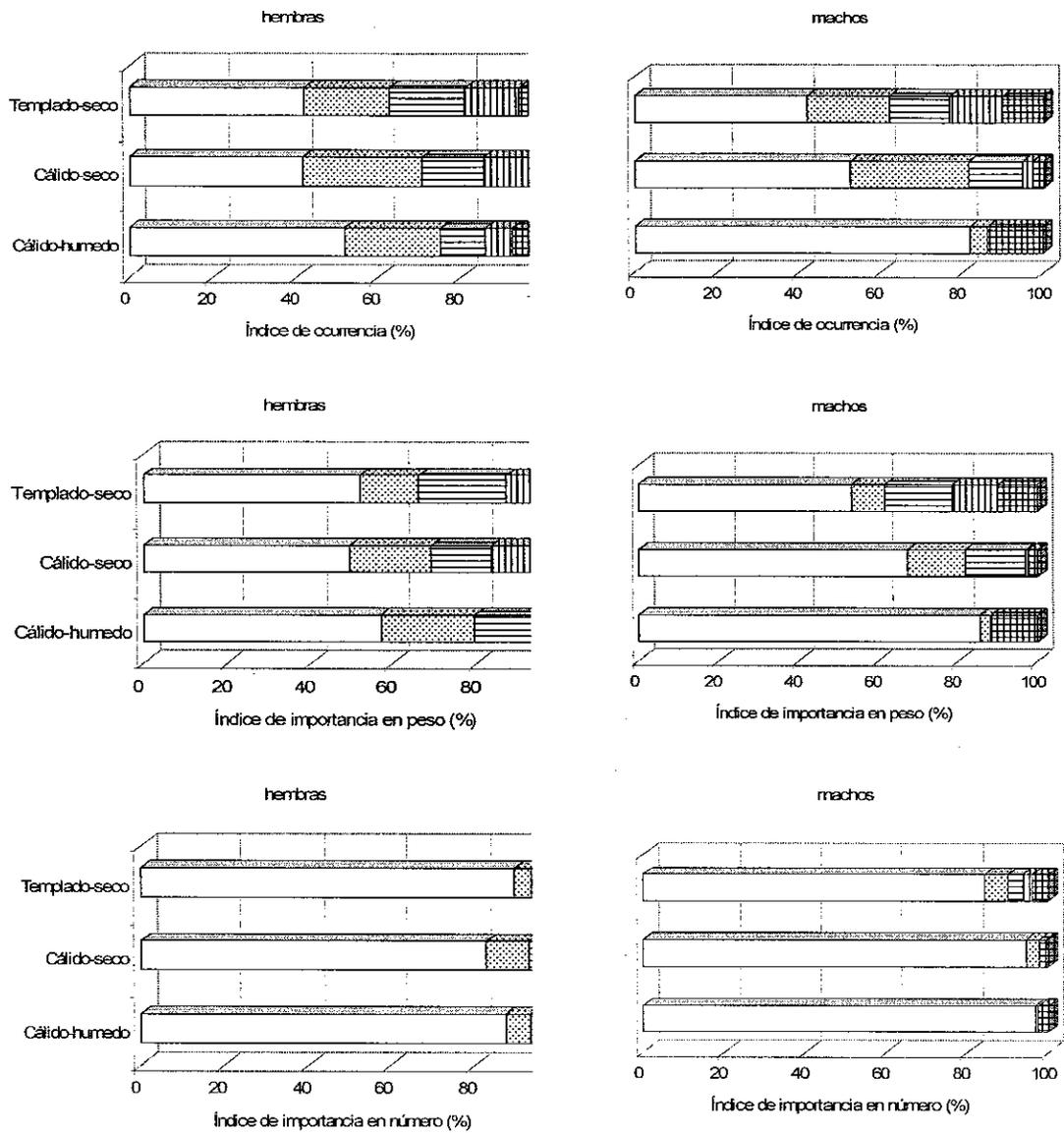


Figura 50. Variación estacional del índice de ocurrencia, índice de importancia en peso e índice de importancia en número para los cinco tipos de presa consumidos por hembras y machos totales de *Octopus hubbsorum* en la costa de Jalisco, durante el periodo de estudio (1999-2000). Crustáceos se indica en barra sin figura; moluscos (gasterópodo y bivalvos) en barra punteada; cefalópodos en línea horizontal; peces en línea vertical y el grupo “otros” en cuadrículado.

Discusión

Todos los estadios de los cefalópodos son activos carnívoros que se alimentan principalmente de crustáceos, moluscos y peces, mientras que equinodermos, anélidos poliquetos, quetognatos y sifonóforos forman parte en menor proporción de su alimento (Nixon, 1987). El estudio de la dieta y hábitos alimenticios de *Octopus hubbsorum* en la costa de Jalisco mediante el análisis de contenido estomacal en juveniles y adultos, coincide ampliamente con esta descripción sobre la dieta de un típico cefalópodo. Coincide en orden jerárquico o de aparición, en que los tres principales grupos putativos ó tipos de presa son la generalidad. La cual variara dependiendo de la oferta alimenticia y a factores ontogénicos propios de la especie.

En la evaluación de la dieta en cefalópodos se debe considerar que el tamaño de muestra represente el espectro trófico del cual se alimenta la especie. Hernández-López (2000) estudiando a *Octopus vulgaris* en aguas de las Islas Canarias determinó de manera experimental el tamaño mínimo que debería tener una muestra para englobar la totalidad de la categoría trófica de la especie a estudiar, estableciéndose que con el análisis de 13 estómagos mensuales se obtiene el 80% del espectro de la especie. Schitinnikov (1986) estimó que con aproximadamente 20 estómagos por muestra es suficiente para describir la dieta de los calamares en aguas oceánicas fuera del Perú. Mientras que con la especie *Octopus moarum* en aguas de la costa sur-este de Tasmania, evaluaron la dieta y su estrategia alimenticia con una muestra de 137 individuos de ambos sexos. En el presente estudio se analizó una muestra de 226 individuos de ambos sexos durante un ciclo anual (julio 1999 a agosto 2000).

Octopus hubbsorum mostró alimento en la mayoría de los estómagos analizados. Se conoce que los octópodos bentónicos son activos cazadores durante la noche y principalmente en el amanecer y el crepúsculo (Mather y O'Dor, 1991). El proceso digestivo en algunos cefalópodos puede tardar entre 12 y 14 horas a temperaturas templadas, sin embargo, Boucher-Rodoni (1973) reporta que *O. cyanea* a 30° C requirió de 12 horas para llevar a cabo la digestión. Los muestreos provinieron de capturas realizadas en las primeras horas de la

mañana alrededor de las 8:00 horas, por lo que seguramente sus presas tenían solo algunas horas de ser capturadas al mostrar casi siempre indicios de alimento en el tracto digestivo.

El número de estómagos vacíos fue relativamente bajo en comparación a reportes de otras especies y en particular asociado hacia la población de hembras en estadio reproductivo. Este comportamiento es similar al presentado en otras especies como en *Octopus mimus*, pulpo de la costa de Chile (Cortez *et al.*, 1995), en el que las hembras maduras al iniciar el desove y cuidado de la puesta, disminuyen sensiblemente los intentos de captura de presa y por ende de alimentarse (Mangold, 1987). Efecto asociado a la inhibición del apetito debido a cambios hormonales durante esta etapa de su ciclo de vida (Wodinsky, 1978).

Se presentaron variaciones en la cantidad de alimento en función del sexo. Hembras registraron mayor proporción de alimento que los machos. Este comportamiento es similar al presentado por *O. mimus* en aguas de la costa de Chile, donde las hembras maduras y envejecidas reportaron mayor proporción de alimento en peso, lo cual lo asocian a las necesidades diferentes de nutrientes y energía entre sexos (Cortez, *et al.*, 1995). Lo anterior es claro ya que la hembra al llegar la fase adulta requiere de mayor energía, que invertirán hacia el desarrollo de estructuras del aparato reproductor (O'Dor y Well, 1978; Mangold, 1987; O'Dor, 1984;). Sin embargo, también en otras especies no se presentan diferencias en el llenado de estómagos con respecto al sexo, como se reporta para *O. vulgaris* (Guerra, 1978; Smale y Buchan, 1981; Sánchez y Obarti, 1991; Hernández-López, 2000).

Octopus hubbsorum reportó un gran elenco de especies-entidades presentes en contenidos estomacales a lo largo de un ciclo anual. Alrededor de 50 especies-entidades incluidas en siete phylums. Similar patrón de riqueza especies registradas en estómagos de octópodos a sido reportado para *O. vulgaris*, el cual se alimenta de una gran variedad de presas (Boletzky y Hanlon, 1983; Boucaud-Camou y Boucher-Rodoni, 1983). El análisis de cerca de 2000 estómagos de esta especie capturados a profundidades entre 15 y 80 m en la costa noroeste de África, fue consistente con los principales tipos de presa:

crustáceos, peces y moluscos (Nigmatullin y Ostapenko, 1976; Hatanaka, 1979). Guerra (1978) mediante análisis de contenido estomacal de la misma especie en aguas de la costa Catalana del Mar Mediterráneo, determina que la dieta incluye crustáceos, peces y tres especies de cefalópodos; además sugiere que la composición específica de crustáceos varía con la profundidad y el sustrato. Sánchez y Obarti (1991) en la costa española del Mediterráneo, encuentran una dieta compuesta básicamente por crustáceos, moluscos gasterópodos y bivalvos y anélidos poliquetos; así como moluscos cefalópodos (canibalismo) presentes ocasionalmente. En la costa de las Islas Canarias, esta especie, varía sensiblemente la composición de su dieta y hábitos alimenticios, en la que los peces son el tipo de presa principal, seguido de crustáceos y moluscos (Hernández-López, 2000). Esta variación en la composición de la dieta, con respecto al orden jerárquico anteriormente señalado por otros autores, lo atribuye al método de muestreo, ya que los pulpos colectados para su estudio provinieron de aparejos empleados para la captura de especies de escama en la pesca comercial. Otras especies adicionales a *O. vulgaris* que presentan similar composición en los tipos de presa registrados en tracto digestivo de individuos colectados en ambientes naturales, *O. cyanea* se alimenta casi por completo de crustáceos (Van Heulkelem, 1987); el análisis de contenido estomacal de 49 estómagos de esta especie, reveló la presencia de 89% de cangrejos, 41% estomatópodos, 27% de camarones carídeo, 10% de huesos de peces y un individuo presentó un pequeño pez morena (Van Heulkelem, 1976). En el pulpo gigante *O. dofleni* en la costa de occidental de Canadá a las afueras de Isla de Vancouver, Hartwick (1981) encontró conchas y valvas de moluscos afuera de los refugios, pero Kanamaru (1964) en aguas de la costa de Japón reporta también la presencia de peces, crustáceos (camarones), equinodermos (pepinos de mar, estrellas de mar) y cefalópodos (calamar) en estómagos de esta especie. Para el pulpo *O. mimus* se reporta que consume alrededor de 25 especie-entidades entre peces, moluscos, crustáceos, equinodermos y poliquetos. Con lo anterior podemos confirmar, la consistencia de los tres grupos putativos principales (crustáceos, moluscos y peces) registrados en tracto digestivo de *O. hubbsorum*. Las diferencias en el número de especies-entidades encontradas y las reportadas para otras especies esta asociado básicamente a diferencias regionales, considerando que los cefalópodos son depredadores oportunistas y cubren sus

necesidades energéticas de la disponibilidad de presas en el lugar que se encuentren; sí en el área se presentan los tres principales grupos putativos consumirá básicamente los tres probablemente en proporciones distintas pero casi siempre ellos. Además, el área de estudio de *O hubbsorum* es una zona de transición en la que se traslapan dos grandes provincias biogeográficas la Panámica y Californiana. Por lo que nos encontramos en una zona biogeográfica de alta diversidad que ofrece a sus actores una amplia diversidad de presas entre invertebrados y peces marinos (Salazar-Vallejo, 1993). En la costa de Jalisco se han reportado la presencia de los principales tipos de presa encontrados en los estómagos de este pulpo. En moluscos gasterópodos, bivalvos y poliplacóforos se ha registrado una alta riqueza de especies (Yáñez-Rivera, 1989; López-Uriarte, 1989, Sánchez-González, 1989; Pérez-Peña y Ríos-Jara, 1998; Ríos-Jara *et al.*, 2001b; Ríos-Jara *et al.*, en prensa). En crustáceos no existe información disponible puntual en la región, excepto el trabajo de López-Uriarte y Ríos-Jara que reportan una riqueza arriba de 50 especies de crustáceos presentes en sustrato de coral pétreo. En peces se ha reportado una alta riqueza de especies demersales y asociadas a sustrato de coral (Aranda-Mena, 2000; Galván-Villa, 2006).

Este pulpo varía el tipo de presa y su proporción a lo largo de su crecimiento. Adiciona nuevas especies e incrementa su presencia conforme va aumentado en talla (Hanlon y Messenger, 1996). En términos generales, las presas de subadultos y de adultos en cefalópodos, difiere de los juveniles y sus tipos de presa suelen ser mayormente diversa (Boucher-Rodoni *et al.*, 1987). Vovk y Khvichiya (1980) reconocieron cuatro estadios de alimentación en calamar *Loligo pealei*: de 11-80 mm (LDM) se alimenta de una variedad presas, preferentemente de copépodos; de 80-120 mm de crustáceos y pequeños peces; de 120-160 mm sobre peces, calamares y eufásidos; y de 160 mm o mas sobre peces y calamares. Guerra (1978) comenta veladamente que observo un ligero incremento del porcentaje de peces en los pulpos mayores (19-20 cm de largo dorsal de manto) con respecto a los pequeños. *O. hubbsorum* incremento de tres grandes grupos zoológico (crustáceos, moluscos y peces) en tallas de 60-65 mm LDM a cinco grupos zoológicos hacia tallas mayores, donde ya están presentes el grupo "otros" y cefalópodos. Similar comportamiento se a encontrado en *O.*

vulgaris por Hernández (2000), el cual registro un desplazamiento de los tipos de presa conforme crece el individuo. Observa un relativo desplazamiento hacia una mayor ingestión de peces, descendiendo a nivel de ocasionales a crustáceos y moluscos. En nuestro caso, de acuerdo con la frecuencia de ocurrencia se muestra una claro descenso de crustáceos al aumentar la talla y una adición de nuevas presas y su mayor proporción conforme esta se incrementa.

Existen sin embargo, comentarios encontrados respecto a lo anterior ya que se sugiere que no se presenta una gran diferencia de dieta entre jóvenes y adultos para octópodos costeros (Boucher-Rodoni *et al.*, 1987). El mismo trabajo de *O. vulgaris* (Hernández, 2000) sugiere que se presenta un solapamiento entre individuos de tallas juveniles y de adulto. Sin embargo, dejan la posibilidad de que esas diferencia puedan presentarse como fue en el caso del presente trabajo.

Muchas especies de cefalópodos realizan migraciones de la zona somera a la profunda en aguas costeras (y viceversa), estas migraciones son acompañadas en cambios de la dieta (Boucher-Rodoni *et al.*, 1987). Guerra (1978) reporta que existe un cambio en la dieta de *O. vulgaris* respecto al gradiente de profundidad; encuentra que existen diferencias apreciable en la composición de la dieta de crustáceos al variar la profundidad y el biotopo. A pesar de desconocer la distribución batimétrica de *O. hubbsorum*, pulpos de gran talla (las hembras y machos adultos) se presentan durante cierta época del año en mayor proporción a una menor profundidad de la acostumbrada, según pescadores de la región (comunicación personal). Lo que sugiere, por un lado un claro comportamiento reproductivo por parte de la hembras, pero además, un clara variación en su dieta, en machos principalmente, debido a la presencia y disponibilidad de presas en el gradiente de profundidad. Cortez *et al.* (1995) trabajando con *O. mimus*, aunque no evaluó la talla como posible efecto en la variación de la dieta, indicaron variaciones de la dieta respecto a individuos 1,000 a 2,000 g de peso, básicamente individuos subadulto y adultos maduros para esta especie en la que los adultos alcanza mas de 6,000 g. de peso.

Al parecer los octópodos presentan preferencias en los tipos de presa que tiene disponibles en el ambiente natural y artificial (Nixon, 1987; Hartwick *et al.*, 1981; Ambrose, 1984). Las áreas en las que viven las especies de octópodos también pueden afectar su dieta, principalmente en la disponibilidad de presa. Consecuentemente, dependiendo esta disponibilidad y de las preferencias específicas, los octópodos pueden alimentarse en diferente presa o en la misma pero con diferentes proporciones (Ambrose, 1984; Cortez *et al.*, 1995). *O. hubbsorum* mostró preferencia de los tipos de presa por efecto de sexo y época del año, en machos sobre crustáceos y el grupo "otros"; las hembras depredan preferentemente sobre moluscos (gasterópodos y bivalvos); mientras que el efecto talla definió la preferencia en ambos sexos en peces teleósteos y cefalópodos. Además, se encontró que la dieta varía con las épocas del año o el cambio en las condiciones del ambiente en el área de estudio. Lo que puede estar asociado a que la disponibilidad de presas cambie de esta misma manera (Cortez *et al.*, 1999). Se sugiere que debido a que se alimentan de una gran variedad de tipos de presas (especies), los octópodos son potencialmente influenciados por la distribución y abundancia de sus presas (Nixon, 1987).

A lo largo del ciclo anual la composición de la dieta de *O. hubbsorum* se mantuvo constante, variando solo por efecto de sexo, ya que los machos no presentaron cefalópodos y peces en su dieta en la época cálido-húmeda y en las hembras el grupo "otros" no apareció durante la cálido-seca. Sin embargo, las variaciones en las proporciones de las presas fueron evidentes entre las épocas del año. Este comportamiento es similar al reportado *O. mimus*, en el que la principal presa, peces, disminuye su proporción durante la condición (otoño e invierno) y se incrementa la participación de las otras presas como los crustáceos (Cortez *et al.*, 1995). En *O. vulgaris*, se muestra un cambio en la dieta en este mismo sentido; los peces y octópodos que son la dieta principal durante el invierno y primavera son desplazada por crustáceos al llegar el verano.

Los resultados obtenidos del análisis de contenido estomacal de *O. hubbsorum* en el área de estudio lo confirma como un depredador oportunista y consume lo que encuentra a su alcance, prefiriendo crustáceos, moluscos y peces como se muestra en la mayoría de los octópodos bentónicos (Mangold, 1983).

Pesca

Introducción

La pesca debe considerarse como una actividad económica global que repercute en numerosos sectores de la sociedad y se realiza sobre un recurso común o de libre acceso y autorrenovable. El desarrollo espontáneo de la explotación de un recurso de estas características se basa en la necesidad de conseguir alimento y en la capacidad del pescador para capturarlo. La evolución de una explotación de este tipo esta dada por lo que se ha venido en llamar "la tragedia de los recursos de propiedad común". Esta tragedia consiste en que cada usuario piensa en que si introduce un elemento más en la explotación (más artes o barcos en el caso de la pesca) aumentará sus beneficios en proporción directa a los elementos que utilice. Considerando el conjunto de usuarios, y como el recurso no es inagotable, este planteamiento suele conducir a la reducción de los beneficios individuales obtenidos por la explotación y, en casos extremos, a la destrucción del recurso por agotamiento o sobre-explotación (Guerra y Sánchez-Lizaso, 1998).

La pesca de pulpo en el Pacífico mexicano es relativamente reciente, iniciando su registro de manera oficial por el sector pesquero hacia finales de los 70' (SEPESCA, 1987). Pescadores ribereños de diferentes campamentos pesqueros de varios estados costeros que se dedican a esta actividad desde hace 30 ó 40 años, comentan que el pulpo no se capturaba y era una especie no deseada. Cuando se capturaba incidentalmente se devolvía al mar o se utilizaba como carnada en especies de escama. Sin embargo, las condiciones económicas obligaron al pescador a aprovechar otras alternativas como el pulpo, que se asocia con la captura de langosta. De esta manera paso de ser un recurso no deseado a uno considerado actualmente de primera.

La problemática del recurso pulpo en el Pacífico mexicano incluye el desconocimiento de los aspectos básicos de la biología y ecología de las especies de importancia pesquera y a la falta de información precisa de volumen de captura y de los elementos que conforman el denominado "esfuerzo de pesca",

es decir, cantidad de pescadores, embarcaciones, artes de pesca o algún otro elemento que permita cuantificar el esfuerzo para obtener ese volumen de captura. La falta de elementos científicos básicos del recurso e información administración pesquera a retrasado el diseño y elaboración de reglamentos y normas que regule su aprovechamiento de manera sostenida.

Debido a lo anterior, no se cuenta con información de cual es la situación actual del recurso pulpo y cual es su potencial. Una forma sencilla, pero menos precisa, de evaluar poblaciones y estimar la biomasa presente en las áreas de pesca se sugiere utilizar métodos que no requieran de gran cantidad de datos de entrada como lo requieren los modelos analíticos o estructurados (Sparre y Venema, 1995). Los modelos globales o de producción excedentaria consideran a la población como una biomasa homogénea y permite conocer el rendimiento máximo sostenible (RMS) de la población a evaluar. Los modelos de Schaefer (1957) y Fox (1970) son los más utilizados.

Existen otros métodos para estimar la cantidad o producción de organismos acuáticos, mediante el cálculo del tamaño de la población y su coeficiente de capturabilidad. Son métodos lineales que predicen la abundancia del recurso según capturas históricas y algún elemento que cuantifique el esfuerzo de pesca (como el número de embarcaciones por jornada pesca). El método de Leslie y Davies (1939) y de De Lury (1947) modificados por Ricker (1975) basan su método en los decrementos sucesivos de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y la captura acumulada. Estos métodos son también denominados de extracción sucesiva.

Los datos estadísticos generados por la administración pesquera del sector oficial provienen de los avisos de arribo que el pescador y sus agrupaciones, depositan en las oficinas regionales, y son herramienta básica que permite observar tendencias históricas de los recursos pesquero. Existen otras opciones de exceso de información sobre los volúmenes de captura, y son las bitácoras que el comprador de manera cotidiana organiza lo que el pescador ofrece en las zonas de desembarque. Además, se cuenta con la entrevista directa entre el encuestador y el pescador, sin embargo, aunque la información es de primera

mano, solo que la obtención de datos de captura se limita a una pequeña cantidad de embarcaciones. Por lo que las dos anteriores formas de obtener información, muestra ciertas ventajas en la cantidad de datos.

El presente capítulo describe la historia y situación actual de la pesca de pulpo en la costa de Jalisco. Esta descripción fue complementada con el análisis de la captura y esfuerzo de tres temporadas (1997, 1998, 1999) de las cooperativas pesqueras que aportan los mayores volúmenes anuales de la costa de Jalisco.

Objetivos

- 1) Se describe la actividad pesquera de pulpo en la costa de Jalisco.
- 2) Estimar la abundancia relativa del pulpo en la costa de Jalisco mediante el cálculo la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en un periodo de 20 años (1981-2001).
- 3) El análisis del inciso anterior fue complementado con la determinación de la abundancia relativa de 1997, 1998 y 1999 mediante el cálculo de CPUE de dos campamentos pesqueros Careyes y Punta Pérula, ubicados en la costa centro sur de Jalisco.

Materiales y Métodos

Descripción de la actividad pesquera de pulpo.

Para la descripción de la actividad de pesca de pulpo se partió de dos fuentes de información, bibliográfica y visitas a campamentos pesqueros con entrevistas a pescadores de nueve estados costeros del Pacífico mexicano. Se consultaron diversos documentos impresos (tesis de grado e informes técnicos) de diferentes bibliotecas de universidades o centros de investigación del país, que reportaran datos de trabajo o estudio realizado con cefalópodos y octópodos en particular. La información obtenida de las visitas y entrevistas a pescadores se realizó de abril de 2000 a febrero de 2001 a los nueve estados costeros del Pacífico mexicano. La encuesta consistió en preguntas abiertas sobre la captura de pulpo, permitiendo al entrevistado abundar en datos históricos de su captura, volúmenes aproximado por jornada de trabajo, arte de pesca utilizado en la captura, jornada de pesca, número de pescadores por embarcación, profundidad de captura, captura a apnea o con algún equipo que permita autonomía, tiempo que se ha dedicado a la pesca de pulpo y si el tipo de pulpo y sus características externas (forma, color, textura, hábitat común de captura, etc.) ha sido el que se a capturado años anteriores. Para complementar lo anterior, se realizaron colectas "in situ" de al menos dos especímenes provenientes de las capturas en los campamentos pesqueros. Esto con el fin de determinar la especie de pulpo que se captura en el Pacífico mexicano. Las muestras obtenidas fueron congeladas a menos 4° C y colocadas en hielera para su traslado. En el caso de no poder congelar los especímenes fueron fijados en una solución de formaldehído al 10 % neutralizado con borato de sodio, para posteriormente ser analizadas en laboratorio. En laboratorio los especímenes fueron determinados a nivel de especie utilizando las claves taxonómicas (Nesis, 1980; Roper *et al.*, 1995) y la identificación y descripción realizada por su autor Berry (1953).

Análisis de la pesca de pulpo en Jalisco en las décadas de 1981 a 2001.

La mayor parte de la información se obtuvo mediante la consulta de documentos oficiales del sector pesquero de nuestro país como son Anuarios

Estadísticos de Pesca, editados por las distintas Oficinas de Pesca de la Secretaría de Pesca (SEPESCA) de 1983-1993, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) de 1994-2000 y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) de 2001-2004. Se obtuvieron los volúmenes de captura en toneladas métricas de pulpo de 1981 a 2001. Estos documentos no reportan otros datos que permitan conocer el número de pescadores, número de embarcaciones y/o número de viajes realizados por mes o por año (es decir, el esfuerzo de pesca) que se requiere en el estudio de una pesquería. Por ellos se consultaron otros documentos de distintas oficinas de Pesca de Jalisco, en las que se obtuvo el número de sociedades cooperativas, uniones de pescadores y el número de embarcaciones para los años de 1981 a 2001.

Con el fin de conocer el comportamiento de la abundancia de pulpo en la costa de Jalisco en las últimas dos décadas se calculó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE): $CPUE = \text{volumen de captura} / \text{esfuerzo de pesca}$, incorporando en la ecuación el número de cooperativas por año y volumen de captura anual, debido a la falta de información de esfuerzo de pesca (número de pescadores, número de embarcaciones, etc.) se investigó si existe relación entre la captura y el número de cooperativas mediante varios modelos de regresión. De manera adicional, buscando determinar si la variable ambiental temperatura esta asociada a las variaciones de la captura, se examinó mediante un análisis de regresión entre las variaciones de las anomalías térmicas de la temperatura superficial promedio del Pacífico oriental tropical en los últimos 20 años (NOOA, 2002). La anomalía térmica se define a la diferencia de grados centígrados superior e inferior del la temperatura promedio anual histórica en la superficie del océano y se utiliza como un indicador de las variaciones climáticas en oceanografía.

Análisis de la pesca de pulpo en Jalisco en las décadas de 1992 a 2001.

Se logró obtener datos de captura (kg) mensuales de pulpo correspondientes a los años de 1992 a 2001 en las oficinas de SAGARPA ubicadas en Puerto Vallarta y Barra de Navidad, Jalisco. En estas oficinas los representantes de Sociedades Cooperativas de Productos Pesqueros (SCPP) de

la costa de Jalisco reportan sus capturas mediante los avisos de arribo. De esta manera, se dividió la costa de Jalisco en región norte, correspondiente a Puerto Vallarta y región sur correspondiente a los reportes de Barra de Navidad. Lo anterior, permitió contar con un análisis mas detallado de la captura global, por región y mensual. Sin embargo, esta fuente de información tampoco cuenta con el dato sobre el número de embarcaciones correspondientes a esas capturas o algún indicio que permitiera determinar de forma precisa el esfuerzo de pesca.

Estimación de la CPUE de tres temporadas (1997, 1998 y 1999)

Se obtuvo información de la captura de dos campamentos pesqueros mas importantes de la costa de Jalisco para tres temporadas. Para el campamento de Careyes se contó con datos de captura de mayo a septiembre de 1997, de mayo a agosto de 1998 y de febrero a octubre de 1999. De Punta Pérula tuvo acceso a datos de 1999 y parte de 2000.

El cálculo del esfuerzo de pesca en la pesquería multiespecífica artesanal en ambientes tropicales siempre es complejo (Sparre y Venema, 1995). La jornada diaria del buzo en la captura de pulpo por campamento pesquero fue la manera como integramos el esfuerzo de pesca para nuestro análisis de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en la pesca de pulpo.

Resultados

Descripción de la actividad pesquera de pulpo.

En los últimos años la captura de cefalópodos a escala mundial representa el 2 % (2.7 millones de toneladas) de la pesca total (FAO, 2004). En este grupo se incluye diversas especies de calamar, pulpo y sepia. En México es de importancia pesquera solo el calamar y pulpo, que han aportado cercas de 140 mil toneladas anuales; este volumen representa el 2% de la captura total nacional (SAGARPA, 2001).

Entre las principales especies en la producción pesquera a nivel nacional en los últimos diez años, el recurso pulpo se ha ubicado en los primeros diez lugares por sus volúmenes de captura, aportando entre 16,000 y 30,000 toneladas, que representa el 1.43% de la pesca total nacional (SEMARNAP, 1999; SAGARPA, 2001). En el Golfo de México y el Caribe mexicano *Octopus maya* y *O. vulgaris* soportan las capturas en esa región desde hace más de cuatro décadas (Solís y Chávez, 1986; Hernández-Tabares, 1993; Arreguín-Sánchez *et al.*, 2000). Para la costa del Pacífico mexicano *Octopus hubbsorum* es la especie que soporta la pesca de pulpo desde la parte central del Golfo de California hasta el sur de la costa de Oaxaca (López Uriarte, *et al.*, 2005).

En la figura 51 se muestra la proporción del volumen de captura de pulpo del Pacífico mexicano de 1981 a 2001. La participación de la pesca de pulpo entre los estados que capturan este recurso, Jalisco a sido el principal protagonista en las dos últimas décadas, seguido de Baja California Sur, Sonora, Baja California, Guerrero y Oaxaca (Ríos-Jara *et al.*, 2003).

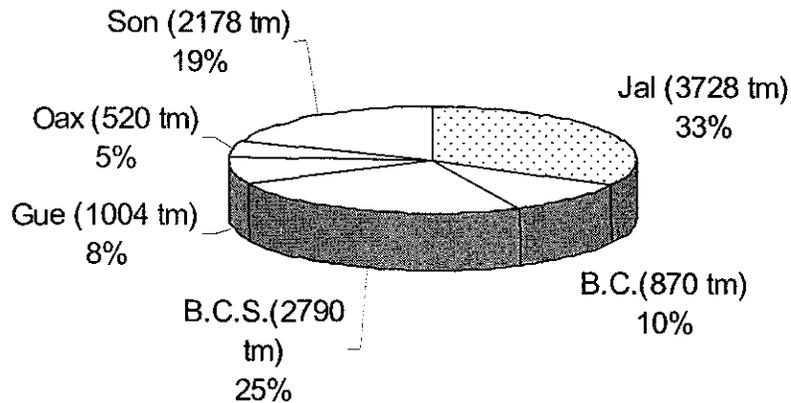


Figura 51. Porcentaje de captura de pulpo para los estados del Pacífico mexicano de 1984 a 2001.

Descripción de la captura pulpo

La captura de pulpo en el Pacífico mexicano se lleva a cabo con embarcaciones menores y motor fuera de borda en la mayoría de los casos (Leyva-Villarreal *et al.*, 1987; González *et al.*, 1990; Aguilar-Chavéz, 1995). A bordo de cada embarcación van el buzo y el cabo de vida que supervisa el funcionamiento del compresor de aire y seguir el derrotero del buzo. Éste utiliza equipo básico de buceo libre (visor, aletas, cinturón de plomos), bolsa recolectora (chango), regulador con boquilla (ó segunda fase) y como arte de pesca utiliza un "gancho pulpero", el cual consiste en una varilla de metal de entre 50-80 cm de largo, unido a un extremo un anzuelo, tipo noruego del número 1 amarrado con monofilamento de nylon. El método de captura que utilizan los pescadores de la costa de Jalisco consiste en bucear los fondos rocosos buscando grietas entre rocas con señales características como burbujas o cúmulo de conchas, entre otros. La jornada de trabajo es de alrededor de seis horas, iniciando entre las 7:00 y 8:00 y terminando entre las 13:00 y 14:00 horas. El tiempo efectivo de captura de pulpo en cada sitio varía dependiendo de la abundancia del pulpo y ha condiciones ambientales (visibilidad en fondo, corrientes y en ocasiones temperatura del agua). La profundidad promedio de buceo es de 10 metros, bajando rara vez a los 30 metros.

Número de buzos y embarcaciones en los campamentos pesqueros.

La población de buzos que se dedicó a la pesca de pulpo durante el periodo de estudio en la costa de Jalisco fue de alrededor de 107 personas, distribuidos en once campamentos pesqueros indicados en el cuadro 33. La costa de Jalisco se separa en dos: las capturas de Barra de Navidad a Punta Pérula se registran en la Oficina de Pesca de Barra de Navidad; y de Peñitas a Puerto Vallarta en la Oficina de Pesca de esta ciudad. Por región, siete campamentos de la zona sur registró 73 buzos y la zona norte 34 buzos. El número promedio de buzos por campamento es de diez. Sin embargo, este valor varía, ya que algunos pescadores cambian de recurso de pesca, debido a la variación del precio en el mercado al menudeo.

Cuadro 33. Número de buzos y embarcaciones (pangas) con compresor de aire registradas en once localidades de la costa de Jalisco durante el presente estudio 1999-2000.

	B.Navidad	Melaque	Manzanilla	Tenacatita	Careyes	Chamela	P.Pérula	Tehua	P.Vallarta	Chimo	Corrales
NºBuzos	16	8	6	6	14	13	10	6	14	8	6
NºPangas	10	5	3	3	9	9	6	4	0	5	4

En la captura de pulpo se utilizaron 63 embarcaciones con las siguientes características, son embarcaciones de madera y fibra de vidrio con una longitud o eslora de 5 a 7 m, una manga entre 1.83 y 1.60 m y una capacidad de almacenaje promedio de 965.38 kg (± 373.82 d.s.), con máximo de 1 200 y mínimo de 500 kg. La capacidad del motor fuera de borda que se utiliza es entre los 65 y 35 caballos de fuerza. Para realizar el buceo con compresor, la embarcación cuenta con un motor de 8 caballos de fuerza que comprime el aire y lo almacena en un tanque entre 20 y 30 litros de capacidad; a este compresor de aire se conecta una manguera de plástico reforzada $\frac{1}{4}$ de pulgada calibre y de 100 m de longitud. El otro extremo de la manguera se conecta la boquilla de respiración, que es la segunda fase de regulación del aire comprimido o regulador.

Aspecto socioeconómico en la pesquería del pulpo en la costa de Jalisco.

La pesca ribereña en la costa de Jalisco se divide en dos grupos en base al tipo de recursos que capturan durante un ciclo anual. El grupo más numeroso es el de los pescadores de escama (peces teleósteos y algunos cartilagosos), utilizando diferentes artes y métodos de pesca. El otro, que es el grupo de interés es el de los pescadores, que utilizando el buceo como método de pesca, capturan diferentes especies de mariscos, como el pulpo, langosta, ostión, almeja y peces asociados al ambiente rocoso. En ambos grupos, la mayoría se dedica de tiempo completo a la pesca, aunque algunos pescadores dedican parte del año a prestar servicios turísticos. Esto sucede cuando la pesca no cubre los gastos de la jornada del día. Sin embargo, en los buzos poco sucede este caso, es decir, el buceo es "lo único que sabe hacer" y mientras las condiciones del mar se lo permita.

Más del 50% de la población de buzos de la costa tiene como origen el estado de Jalisco, el resto proviene de otros estados como Guerrero, Michoacán, Nayarit y Colima. En la mayoría el conocimiento del buceo como arte de pesca lo adquirieron de padres a hijos, como actualmente sucede en todos los campamentos visitados. El nivel de escolaridad de los buzos en general no rebasa el 6º grado de educación básica. Sin embargo, esta actividad productiva ha permitido a la mayoría adquirir vivienda con los servicios mínimos como dormitorio y baño. Todas presentan los servicios de energía eléctrica y agua potable. Alrededor del 80% es dueño de su embarcación, motor fuera de borda, compresor de aire y cuenta con vehículo propio, que les permite comercializar su producto en la región (Ríos-Jara *et al.*, 2004). Al pertenecer a un grupo social como son las Sociedades Cooperativas, ha permitido a sus miembros apoyarse para la adquisición de embarcación, motor y equipos de pesca.

Distribución de los desembarques de pulpo en la costa de Jalisco.

El pulpo se comercializa en fresco y congelado en todo el Pacífico mexicano y se consume en localidades cercanas a los campamentos pesqueros (observación personal). En la costa de Jalisco el pescador distribuye el producto

en tres formas: 1) lo comercializa en fresco directamente a habitantes y expendedores de alimentos (palapas y/o restaurantes) de la región; 2) el mayor volumen lo vende al intermediario o comprador, que cuenta con suficiente capacidad de almacenaje en cámaras frías; 3) si no acuerdan precio, el pescador lo almacena en su casa y posteriormente lo vende. Sin embargo, esto último tiene límite de almacenaje y después de algunos días se ve obligado a venderlo a menor precio al comprador.

De las 25 Sociedades Cooperativas de Productos Pesqueros con permiso de para pesca de pulpo registradas en la costa de Jalisco, ninguna cuenta con cámara fría solo tienen refrigeradores de mínima capacidad de almacenaje, por que el intermediario juega un papel fundamental en el abastecimiento de productos en la región. Todavía durante la temporada de 1998 casi todos los buzos de los diversos campamentos pesqueros vendían su producto al intermediario y éste lo comercializaba en distintas plazas en Jalisco y en las capitales de estados vecinos. Pero este esquema rápidamente cambió a finales de 1998 cuando grandes toneladas de pulpo de Campeche *Octopus maya* y *O. vulgaris* llenaron los mercados en todos los estados del país (Solís-Ramírez, V., comunicación personal²), cerrando las principales plazas donde llegaba *O. hubbsorum*. Esto provocó, además una disminución de su precio por kilogramo entre comprador (intermediario) y productor (buzo). Con impacto directo en la economía de buzos de la costa de Jalisco y probablemente de otras entidades del país. Se observó de manera general, desinterés por parte de los buzos hacia la captura de pulpo durante la temporada 1999 y 2000, prefiriendo pescar otras especies aún durante la temporada de mayor abundancia de pulpo. Ahora el pulpo que se captura en la costa de Jalisco se consume en la región casi en su totalidad, con excepción de algunas toneladas que salen de la costa de Jalisco hacia el interior del estado y Colima.

² Solís-Ramírez, V. Investigador del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Yucaltepec Apartado Postal 73. Progreso Yucatán 97320 México.

Variaciones de precio en el mercado pescador-comprador (1998-2000)

En 1998 el precio del pescador al intermediario se fijo en \$ 45 pesos por kilogramo (kg) de pulpo, tres meses después se fijo en los \$ 25 pesos el kg y de agosto de ese año hasta abril de 1999 se mantuvo oscilando entre los \$ 20 y 25 pesos el kg. De mayo de 1999 a octubre de 2000 el precio disminuyo y oscilo entre los \$ 15 y 18 pesos el kg. Lo que permite observar una disminución del precio por kg de pulpo durante los tres años. Hoy en día el precio pulpo varía entre los 35 y 45 pesos, según la oferta y la demanda.

Serie histórica 1981-2001 de captura de pulpo en la costa de Jalisco

Los registros de pesca de pulpo para la costa de Jalisco se remontan a finales de la década de los 70', lo mismo sucede con otros estados del Pacífico mexicano (Figura 52). La serie histórica de capturas inicia en 1981 con 237 toneladas métricas (tm), presentándose una drástica disminución a valores de menos de una tonelada para 1983, los siguientes cuatro años (1984-1986) se reportan capturas que oscilaron las 10 y 32 toneladas anuales. A partir de 1988 el volumen de captura fue superior a las 150 toneladas (excepto en 1998), con valores extremos de 622 y 518 toneladas para 1991 y 1996 respectivamente. Los permisos de pesca otorgados a cooperativas durante este periodo oscilaron entre 5 y 18, observando una estrecha relación entre el incremento o reducción del esfuerzo de pesca (número de cooperativas) y el volumen de captura. Lo anterior se observa en 1981 y 1982, y de 1987 a 2001; el periodo de 1983 a 1986 mostró incrementos apenas perceptibles respecto al esfuerzo.

Los modelos generalizados Scheafer (1957) y Fox (1970) resultaron con un nivel de significancia nulo del analisis de varianza del modelo de regresión. Por lo que estos métodos no fueron adecuados para la determinación del rendimiento máximo sostenible.

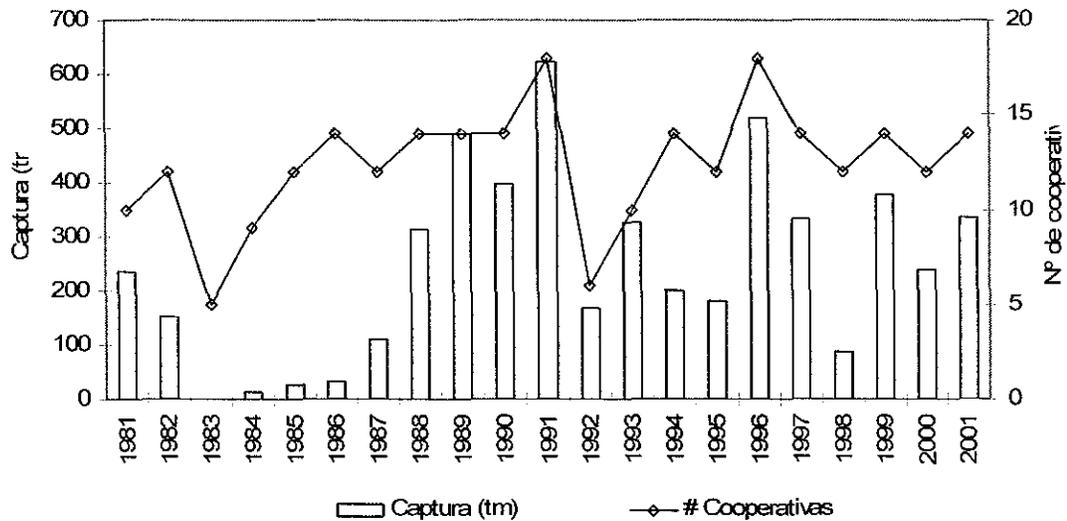


Figura 52. Captura total (tm) y variación en el número de cooperativas con permiso (línea continua y rombos) de pesca de pulpo en la costa de Jalisco de 1981 a 2001. (Fuente: Anuarios Estadísticos de Pesca, SEPESCA 1981 A 1993 SEMARNAP 1994-2000; SAGARPA, 2001-2002).

Debido a la falta de información en las fuentes consultadas sobre el esfuerzo pesquero, se intentó determinar si el número de cooperativas podría explicar las variaciones de la capturas de la serie histórica. La relación entre la captura y el número de cooperativas (esfuerzo de pesca) para el periodo de 1981 a 2001, fue analizado usando varios modelos de regresión. El modelo que mejor ajuste presentó fue el multiplicativo o potencial, ya que resultó con un coeficiente de determinación mayor ($r^2 = 0.4807$) (Figura 53). La ecuación del modelo es:

$$C = a * (SC^b)$$

donde:

C = captura (tm)

SC = número de cooperativas

parámetros de la regresión a = 0.0154 y b = 3.6538

El modelo lineal ($r^2 = 0.4396$) y exponencial ($r^2 = 0.4300$), presentaron ajustes menores entre estas variables; aunque la relación del modelo de regresión fue significativo. Es necesario considerar la influencia de variables ambientales y las de tipo ontogénico de la especie.

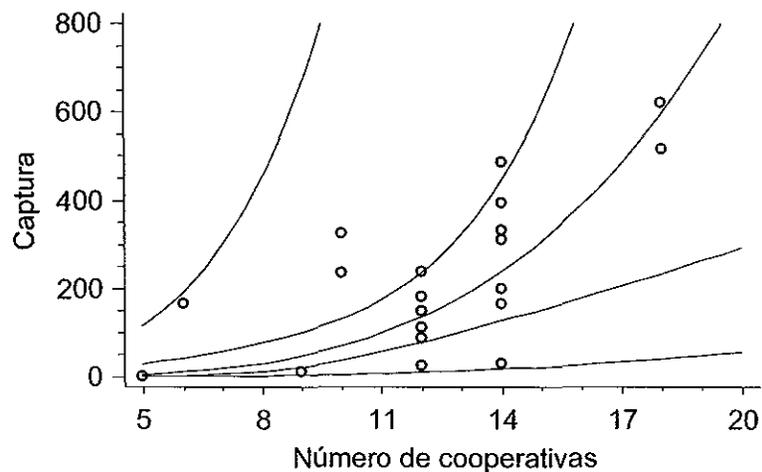


Figura 53. Relación volumen de captura (tm) y número de cooperativas (esfuerzo de pesca) en la serie histórica de 1981 a 2001 de pulpo en la costa de Jalisco. Se indica la línea de ajuste y los límites de confianza (las dos líneas exteriores).

En la figura 54 se muestra la variación anual de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de pulpo en las dos últimas décadas (1981-2001) en la costa de Jalisco. Los valores del CPUE oscilaron de 0.13 a 34.93 tm por cooperativa por año ($\text{tm}/\text{scpp}/\text{año}^{-1}$). De 1988 a 1993, 1996-1997 y 1999-2001 la CPUE se mantuvo por arriba de la 20 $\text{tm}/\text{scpp}/\text{año}^{-1}$.

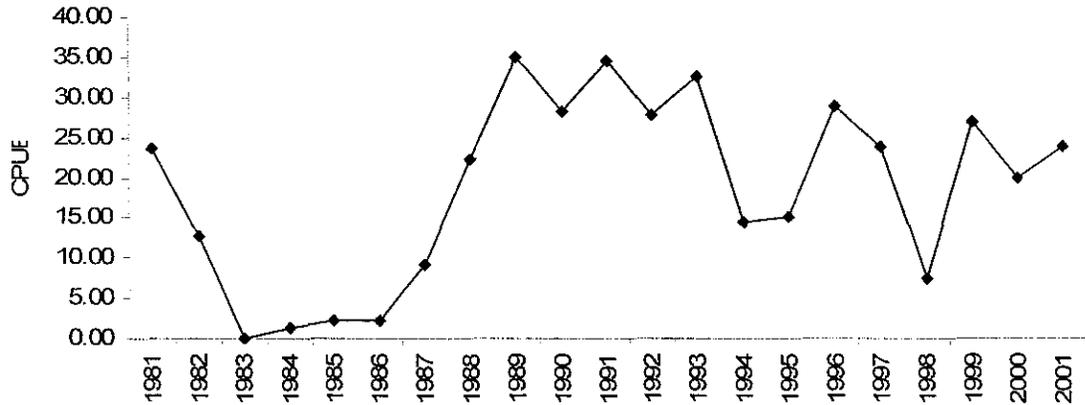


Figura 54. Variación anual de la captura por unidad de esfuerzo de pulpo en las dos últimas décadas en la costa de Jalisco.

La figura 55 muestra el comportamiento de la captura y el índice de temperatura, la anomalía térmica anual, de 1981 a 2001. Las variaciones de temperatura en un lapso de 20 años tuvieron la tendencia de pasar de una condición cálida a templada. La captura mostró similar comportamiento, evidente de 1987 a 2001. Sin embargo, ningún modelo de regresión fue significativo entre la captura y anomalía térmica, ni con la temperatura superficial promedio, durante las dos décadas (1981-2001).

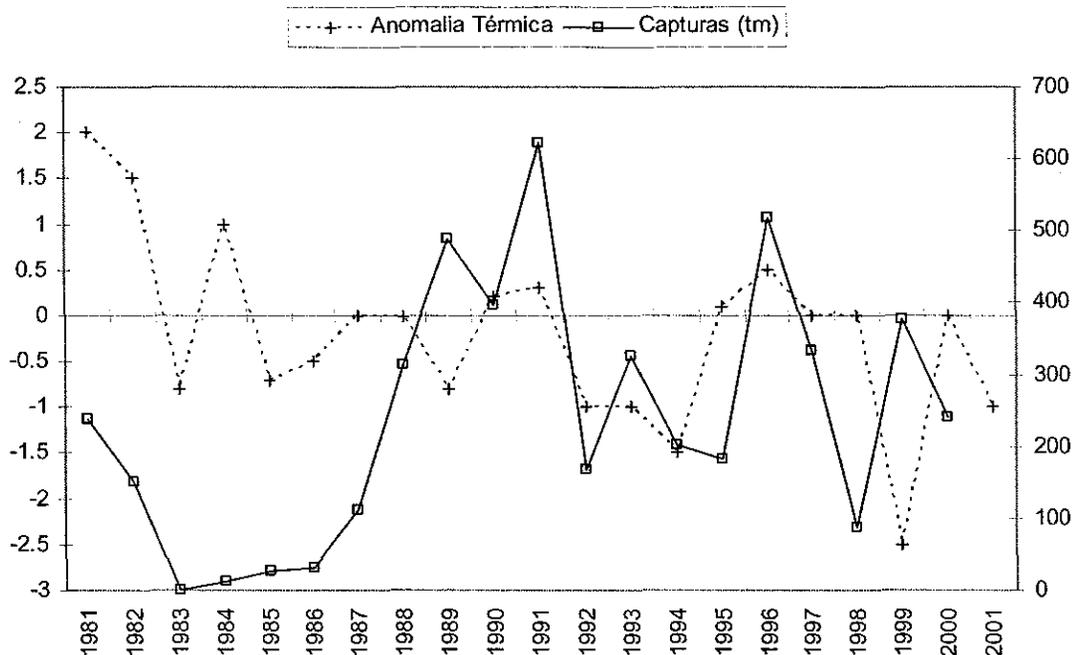


Figura 55. Variación del volumen de captura (tm) durante dos décadas (1981-2001) del recurso pulpo *O. hubbsorum* en la costa de Jalisco.

Son notables tres periodos de cinco años aproximadamente (1987-1991, 1992-1996 y 1998-2001), entre descenso e incremento en captura. Dicho patrón se observa en la serie histórica (1992-2001) de captura proveniente de los avisos de arribo para la costa de Jalisco y la temperatura superficial promedio, donde el modelo de regresión mostró una relación negativa entre la temperatura superficial promedio y la captura: al incrementar la temperatura disminuyo el volumen de captura (figura 56).

La ecuación de esta relación es la siguiente:

$$\text{Captura} = 1.15423e^{6 - 41547.3 \cdot T^{\circ}\text{C}_{\text{promedio}}}$$

Esta ecuación es significativa ($F = 5.51$; $p < 0.05$) con un coeficiente de correlación de -0.63 . Los cuadros 34 y 35 resumen los modelos de regresión aplicados a esta relación de captura y temperatura superficial promedio para la serie de datos de 1992-2001, así como los parámetros del ANDEVA de la regresión.

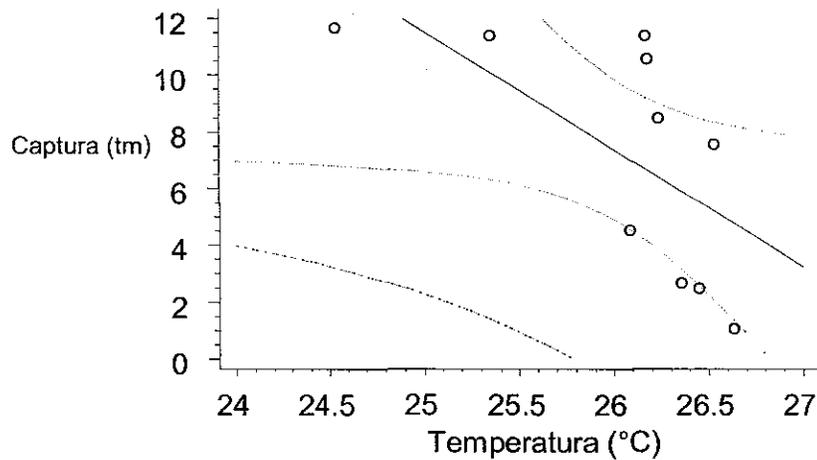


Figura 56. Relación de la captura de pulpo y la temperatura superficial promedio para los años de 1992 a 2001. Se indica la línea de ajuste y los límites de confianza (las dos líneas exteriores).

Cuadro 34. Resumen del análisis de varianza (ANDEVA) de la regresión simple entre captura y temperatura superficial promedio para los años 1992 y 2001.

Parámetros	Estimador	Error	Estadístico	P-Value
Intercepto	1.15423E6	461303.0	2.50211	0.0368
Pendiente	-41547.3	17702.1	-2.34703	0.0469

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Suma de Cuadrados	F	P
Modelo	6.36476E9	1	6.36476E9	5.51	0.0469
Residual	9.2435E9	8	1.15544E9		
Total (Corr.)	1.56083E10	9			

Cuadro 35. Resumen de los diferentes modelos de regresión analizados para determinar relación entre captura y la temperatura superficial promedio (°C) durante 1992 a 2001. Se indica el coeficiente de correlación y el porcentaje del coeficiente de determinación (r^2).

Modelo	Correlación	r^2
Lineal	-0.6386	40.78%
Raíz-cuadrada	-0.6366	40.53%
Logarítmico	-0.6346	40.27%
Recíproco-X	0.6306	39.77%
Raíz-cuadrada-Y	-0.6098	37.19%
Exponencial	-0.5743	32.99%
Potencial	-0.5694	32.43%

Variación mensual y anual de la captura de pulpo

Según los datos de avisos de arribo reportados por oficina de pesca (región sur (Barra de Navidad) y región norte (Puerto Vallarta) de 1992 a 2001, la captura de pulpo se presenta durante todos los meses del ciclo anual. Sin embargo, la captura se incrementa en abril y tienden a disminuir hacia septiembre, registrando los mayores volúmenes de captura de mayo a agosto en ambas regiones (Figura 57).

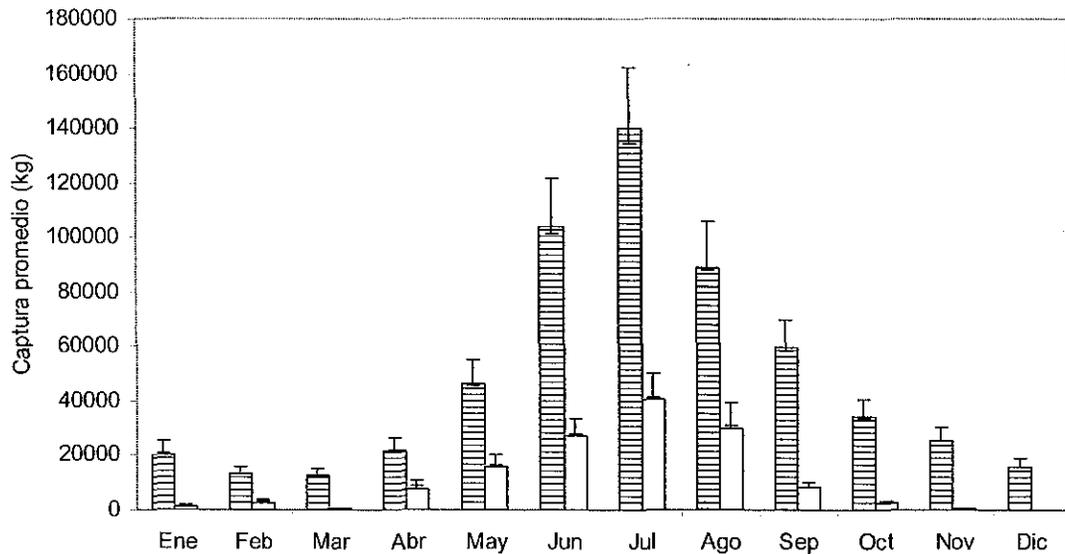


Figura 57. Volumen de captura promedio (\pm d.s.) mensual de pulpo entre 1992 y 2001 por región de pesca en la costa de Jalisco. La región sur se indica con barras y líneas horizontales y la región norte solo barras.

Durante los meses de junio a septiembre de 1997, la captura de pulpo fue similar en ambas regiones, e incluso para el mes de agosto el volumen de captura fue mayor en la región norte. A pesar que no se cuenta con los datos de esfuerzo por regiones podemos sugerir que las causas de este repentino incremento en la región norte se debió entre otros posibles factores, al efecto del fenómeno del Niño de 1997-98, que impacto de manera determinante en Bahía de Banderas, Jalisco (Reyes-Bonilla *et al.*, 2002), generando una serie de sucesos oceanográficos, biológicos y ecológicos en todos los ambientes marinos de la bahía, al incrementar la temperatura superficial arriba de los 31.5° C; probablemente este fenómeno disparó el crecimiento y una conducta reproductora

anticipada de algunas especies, como el pulpo *O. hubbsorum*. Ocasionalmente que parte de la población (hembras madurando y maduras sexualmente) migrara hacia áreas someras y fueran accesibles a la pesca durante ese año (Cortez, 1995; Arntz *et al.*, 1988).

Estimación de la CUPE en los años de 1997, 1998, y 1999.

Con base a los registros de capturas diarias para el campamento de Careyes en tres temporadas de pesca (1997, 1998 y 1999) recuperados de los registros de los pescadores y de los compradores o intermediarios se construyo el cuadro 36. Se indica los días efectivos de pesca, número de viajes mensual por año, proporción del mes y el estimado de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE). En general, entre los meses de febrero y octubre el CPUE indicó un promedio de 25.51 kg/viaje; la temporada de mayor abundancia fue 1999, con 27.04 kg/viajes en promedio (± 11.12 d.s) y la de menor abundancia fue 1998 con valores que oscilaron entre 16.06 y 27.83 kg/viajes. Junio es el mes de los tres años que mostró el mayor porcentaje de días efectivos de pesca para el campamento pesquero Careyes y el mas productivo según se indica los valores del CPUE.

Cuadro 36. Días efectivos de pesca, número de viajes por mes y estimación mensual de la CPUE en tres años (1997, 1998 y 1999) de pesca de pulpo en el campamento de Careyes, Jalisco.

Mes y Año	Días efectivos de pesca	Proporción del mes	Número de viajes por mes	CPUE (kg/viaje)
May-97	17	56.67	92	30.2
Jun-97	24	80.00	187	34.17
Jul-97	25	83.33	199	26.02
Ago-97	19	63.33	105	17.62
Sep-97	7	23.33	19	13.16
May-98	6	20.00	25	23.1
Jun-98	17	56.67	78	27.58
Jul-98	8	26.67	50	27.83
Ago-98	8	26.67	16	16.09
Feb-99	2	6.67	2	13
Mar-99	3	10.00	17	21.6
Abr-99	6	20.00	17	25.62
May-99	21	70.00	68	33.98
Jun-99	23	76.67	124	39.61
Jul-99	27	90.00	130	33.81
Ago-99	26	86.67	90	32.88
Sep-99	7	23.33	38	7.08
Oct-99	20	66.67	96	35.81
Promedio	14.78	49.26	75.17	25.51

Áreas de pesca de pulpo

Las zonas de captura que frecuentan los once campamentos pesqueros distribuidos a lo largo de la costa de Jalisco. Todas las zonas de pesca presentan como características de substrato el acantilado rocoso, pedreguera (roca de varios tamaños) combinado con de substrato arenoso. De norte a sur, los tres campamentos pesqueros ubicados en costa sur de Bahía de Banderas realizan su captura de pulpo en la facie rocosa desde Puerto Vallarta hasta Cabo Corrientes. Los pescadores de Puerto Vallarta utilizan el taxi marino que sale de Boca de Tomatlán hacia Corrales, que se localiza en la punta sur de la bahía. Estos pescadores realizan su captura ha apnea, es decir sin el apoyo de compresor de aire y se van tirando en alguna zona entre estas dos localidades. La forma de

elegir la zona viene dada por el conocimiento y experiencia que se tiene de la zona. En el caso de los buzos de los campamentos de Yelapa, Chimo y Corrales cuentan con embarcaciones y hacen uso del compresor de aire en sus inmersiones. De manera general, la mayoría frecuenta las zonas más alejadas de cualquier aglomerado humano o ranchería y este se ubica hacia al este de Puerto Vallarta en Yelapa, Chimo y Corrales. Los buzos de Tehuamíxtle, que también utilizan embarcación con compresor de aire, frecuentan zonas al norte de su campamento y su límite más norteño es un poco antes (ubicar geográfica alguna punta) de Cabo Corrientes (Mapa 1). En algunas ocasiones realizan incursiones hacia el sur, pero esto es ocasional. Los buzos de tres campamentos pesqueros (Punta Pérula, Chamela y Careyes) ubicados al sur de Tehuamixtle frecuentan el área comprendida entre Punta Soledad ($19^{\circ}37'N-105^{\circ}12'W$) y Punta Orago ($19^{\circ}23'N-105^{\circ}01'W$), dos de ellos realizan incursiones entre Punta Ampolla ($19^{\circ}23'N-105^{\circ}01'W$) y Punta Orago, mientras que los buzos de Careyes realizan visitas al sur de su campamento hasta los límites de la desembocadura del río Cuítmala. Los buzos de Tenacatita suelen frecuentar la zona rocosa de Punta Hermanos, Punta Iguanas y algunos morros y bajos al centro de Bahía de Tenacatita, ya que al norte de Punta Hermanos los limita un gran playón arenoso, el Tecuan. Los buzos de los últimos tres campamentos realizan sus capturas de pulpo de Bahía de Melaque, Bahía de Cuestecomate hasta la punta sur de Bahía de Tenacatita.

Discusión

Octopus hubbsorum es un octópodo que está bien representado en el Pacífico mexicano, asociado principalmente al sustrato rocoso y activo depredador del ambiente sublitoral, aunque se ha observado incursionado en el intermareal rocoso o zona de entre mareas. Identificado hasta el momento, como la especie que soporta la pesca desde el centro del Golfo de California hasta el sur de Oaxaca, México (López-Uriarte *et al.*, 2005).

La pesca de pulpo en la costa de Jalisco como en la mayoría de los campamentos pesqueros del litoral del Pacífico mexicano es de tipo artesanal o de subsistencia. No existe una flota formalmente estructurada como en otras pesquerías, principalmente de escama. Esto es claro para la costa de Jalisco, ya que prácticamente la actividad pesquera en general se basa en la pesca ribereña, aun para la de escama, en donde la infraestructura de la flota cuenta con embarcaciones que no rebasa los 8 m de eslora (Ríos-Jara *et al.*, 2004). A diferencia de otras regiones y estados del Pacífico mexicano que cuentan con puertos de altura y flota pesquera con gran capacidad de manejo de productos de origen marino como el atún, sardina, calamar, tiburón, camarón y otras especies (SAGARPA, 2002).

Son reducidas las zonas de pesca de pulpo donde se reporte un volumen de captura que rebase las 100,000 toneladas métricas (tm); solo en banco Sahariano en la costa noroeste de África, se llegan a registrar cantidades superiores de *O. vulgaris* en la pesquería de octópodos (Guerra, 1989; FAO, 2002). Esto tiene que ver particularmente con las características morfológicas de su plataforma continental, ancho y profundidad de la columna de agua y principalmente la dinámica de las corrientes marinas superficiales que ahí se desarrollan (Longhurt y Pauly, 1987). En México, la participación de los cefalópodos es de gran relevancia llegando a volúmenes por arriba de las 150,000 tm entre calamar gigante *Dosidicus gigas* del Golfo de California y los octópodos *Octopus maya* y *O. vulgaris* del Golfo de México (Chávez, 1998; Markaida y Sosa, 2001; SAGARPA, 2002). La pesquería de pulpo en el Pacífico mexicano y en particular en la costa de Jalisco no ha llegado a tener la relevancia

de otras especies y otras regiones, probablemente a diferencias relativas a la pesca, hábitat (Gonçalves, 1991) y biología de la especie. Por un lado se muestran diferencias en infraestructura pesquera, recursos humanos dedicados a esta actividad, métodos de pesca, artes de pesca y tradición de los pescadores en la actividad; y por otro lado a las características morfológicas y fisiográficas propias de la plataforma continental del Pacífico mexicano, que en el caso particular de la costa de Jalisco es sumamente estrecha y a pocos kilómetros de la playa se encuentra el talud continental o la pendiente pronunciada del fondo marino (Pacheco, 1991).

Jalisco aporta importantes volumen de captura del recurso pulpo en el Pacífico mexicano. En las últimas dos décadas acumulo mas del 33 % de las capturas para todo el litoral, ahora tenemos la certeza de cómo con una infraestructura pesquera de cerca de once campamentos pesqueros y una población que no llega al centenar de buzos se pueden lograr hasta 600 tm anuales (año 1996). Esto para otras entidades es aun información no disponible y que no permite realizar algún análisis a priori.

El método de captura de pulpo en la costa de Jalisco y en el Pacífico mexicano es el buceo libre o con compresor de aire y el "gancho" como arte de pesca. Este método ha sido y es duramente criticado y prohibido en algunas regiones por la selectividad de la presa, debido a que el pescador busca los individuos de mayor talla (Guerra, 1989). Sin embargo, aun en la actualidad existen regiones donde se sigue utilizando, como en la costa de Chile (Cortez, 1995), Islas Azores (Gonçalves, 1991 y Pacífico mexicano (López-Uriarte *et al.*, 2005). Se ha experimentado con otros métodos de captura, trampas o nasas cebadas y los resultados en su eficiencia esta por debajo del buceo con gancho (Cortez y González, 1988; González-Rendón *et al.*, 1990; Gonçalves, 1991; Cortez, 1995; Pescadores de la costa de Jalisco, comunicación personal). Lo cual tiene que ver probablemente con la numerosa oferta de madrigueras del sustrato rocoso, oferta de alimento natural (vivo), presencia de depredadores de pulpo y a corrientes y marejadas del área.

Las variaciones de la captura de pulpo interanuales en la costa de Jalisco estuvieron relacionadas con el esfuerzo de pesca y las variaciones del ambiente. El modelo de regresión potencial mostró que existe una relación significativa entre el esfuerzo de pesca y captura, lo que nos puede estar indicando que las poblaciones de *O. hubbsorum* se encuentra en niveles por abajo de sobre explotación. Esto fue constatando mediante el análisis con los modelos de Schaefer y Fox, donde la pendiente o parámetro "b" no ajusto a valores negativos, indicado que la captura por unidad de esfuerzo decrece a medida que aumenta el esfuerzo (Sparre y Venema, 1995). Son pocos los trabajos que aborden esta situación, a excepción de análisis pesquero de *O. vulgaris* que para el Mar Mediterráneo y costa noroeste de África se encuentra desde hace mas de una década en niveles de sobre explotación (Guerra, 1989); en Islas Canarias muestra ya indicios que el esfuerzo de pesca tiene efectos en la abundancia del recurso pulpo, a pesar de no ser la especie blanco del arte de pesca ya que se utilizan trampas para especies de escama (Hernández-López, 2000).

A lo anterior es necesario señalar que las oscilaciones de la captura de pulpo en la costa de Jalisco no solamente están relacionadas con el esfuerzo de pesca sino también con los cambios interanuales del ambiente (1981-2001) o fluctuaciones de ciclo largo. Cabe hacer notar tres importantes reducciones en los volúmenes de captura para los años 1983, 1992, 1998 (Figura 6); en estas tres temporadas se registro el fenómeno climático "El Niño" para el Pacífico oriental tropical. Los eventos de 1983 y 1997-98 han sido considerados como Niños fuertes y el de 1992 como débil (NOAA, 2002). Se tienen reportes de que las variaciones de las poblaciones de especies de importancia comercial están fuertemente ligadas a factores de tipo climático (Fiedler *et al.*, 1986; Espino, 1991). Específicamente para el Pacífico mexicano se tiene referencia de su efecto en la pesquería (Lluch-Cota *et al.*, 1999) para la comunidad de peces del Pacífico central mexicano (Madrid y Sánchez, 1997) y consecuencias profundas en los ecosistemas marinos de la región, que han sido en algunos de los casos catastróficos como los arrecifes coralinos (Reyes-Bonilla *et al.*, 2002). Entre los efectos sobresalientes detectados en el ambiente marino son variaciones en los patrones de abundancia, distribución, composición de la población y reproducción de algunas especies (Lluch-Cota *et al.*, 1999). Para las poblaciones de *O.*

hubbsorum el efecto de la variación ambiental interanual fue la reducción en su abundancia casi inmediata después del impacto de la anomalía térmica. Similar comportamiento a sido reportado para *O. vulgaris* en aguas de Islas Canarias, donde las variaciones de la captura esta asociado a incrementos en el esfuerzo de captura, así como al efecto de la anomalía térmica de la Oscilación del Atlántico Norte (OAN) (Hernández-López, 2000; Hernández-López *et al.*, 2002). Espino-Barr (2000) sugiere que las disminuciones importantes de los recursos pesqueros ribereños en el Pacífico central mexicano son producidas por los factores ambientales y no por la explotación pesquera artesanal.

Adicional al anterior patrón observado en las fluctuaciones de captura, el análisis realizado con la serie histórica de captura de 1992-2001 observo una relación inversamente proporcional con la temperatura superficial promedio, indicando que durante los periodos templados (años) se registraron valores altos de captura. Esto puede estar relacionado con procesos ontogénicos de la especie con ciclos interanuales de recambio de la población, así como oferta y disponibilidad de alimento.

La variación mensual de la CPUE de los años 1997, 1998 y 1999, indicaron a los meses de abril a septiembre como la época principal de pesca de pulpo en la costa de Jalisco. Los altos valores de biomasa parecen venir determinados por el cambio de temperatura entre la época templada-seca y cálida-húmeda, cuando la temperatura superficial del mar se incrementa hasta llegar a condiciones cálida al final del mes de mayo y/o principios de junio. Esto permite sugerir oscilaciones de ciclo corto posiblemente relacionadas con los procesos reproductivos. Las hembras migran hacia áreas menos profundas de la plataforma continental con el fin de cumplir con el pico principal de desove reproductivo hacia la época templada-seca (febrero-mayo), obviamente seguidas de los machos, probablemente buscando condiciones ambientales mas benignas que a profundidades mayores; pero además, durante esta época se registra la mayor productividad primaria de la costa de Jalisco durante ciclo anual (Silva-Segundo, 2003; Blanco y Madrid, 2004), quedando la posibilidad de que los pulpos recién eclosionados encuentre concentraciones suficientes de alimento en columna de agua y en el ambiente bentónico. Por lo que la población adulta

madura principalmente, se encuentra más accesible a la pesca durante estos meses del año.

Aunque al parecer las poblaciones de *Octopus hubbsorum* mostraron signos de aun no estar en situación de sobre explotación para el periodo de estudio, es necesario la reglamentación del recurso debido a la inexistencia de ordenamiento pesquero del recurso. Se sugiere considerar no incrementar el número de permisos de pesca a grupos o sociedades cooperativas; que se resguarde el principal evento reproductivo dentro de los límites razonables de marzo-junio para que las hembras completen su madurez gonádica, desove y anidamiento o cuidado parental; introducción de arte de pesca (trampas pulperas o nasas) en áreas no accesibles al buceo (mas haya de los 20 o 30 m de profundidad).

Bibliografía

- Aguilar-Chavéz, S. G. 1995. Estudio biológico-pesquero del pulpo *Octopus sp.* (Cephalopoda: Octopoda) de la costa sur del estado de Jalisco. Tesis profesional. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. 60 p.
- Aguilar, S. C. y E. Godínez-Domínguez. 1997. Presencia del pulpo *Octopus hubbsorum* (Cephalopoda: Octopoda) en el Pacífico central mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 45 (3): 678.
- Amaratunga, T. 1983. The role of cephalopods in the marine ecosystem. *FAO Fisheries Technical paper* 231: 379-415 p.
- Ambrose, R. F. 1981. Observations on the embryonic development and early post-embryonic behavior of *Octopus bimaculatus* (Mollusca: Cephalopoda). *Veliger* 24: 139-146.
- Ambrose, R. F. 1982a. Octopus predation and community structure of the subtidal rocky reef at Santa Catalina Island, California. Ph.D. Dissertation, University of California, Los Angeles. 153 p.
- Ambrose, R. F. 1982b. Shelter utilization by the molluscan cephalopod *Octopus bimaculatus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 7:67-73.
- Ambrose, R. F. 1983. Midden formation by octopuses: the role of biotic and abiotic factors. *Mar. Behav. Physiol.* 19:137-144.
- Ambrose, R. F. 1984. Food preferences, prey availability, and the diet of *Octopus bimaculatus* Verrill. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 77: 29-44.
- Ambrose, R. F. 1986. Effect of octopus predation on motile invertebrates in a rocky subtidal community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 30: 261-273.
- Ambrose, R. F. 1988. Population dynamics of *Octopus bimaculatus*: influence of life history patterns, synchronous reproduction and recruitment. *Malacologia* 29: 23-39.
- Aranda-Mena, O. S. 2000. Lista sistemática de los peces de arrecife de Bahía Banderas, Jalisco-Nayarit. México. Tesis de Licenciatura. CUCBA. Universidad de Guadalajara. 40 p.
- Arkhipkin, A. I. 1991. Methods for cephalopods age and growth studies with emphasis on statolith ageing techniques, pp 11-17. En Jereb, P., Ragonese, S., Boletzky, S.v., (eds), *Proceeding of the International Workshop on Squid Age Determination Using Statoliths*. NTR-ITPP Publ. Especial No. 1 Instituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato, Manzara del Vallo, Sicily, Italy. 127p

- Arkhipkin, A. 1993. Age, growth, stock structure and migratory rate of pre-spawning short-finned *Illex argentinus* based on statolith ageing investigations. *Fish. Res.* 16(4): 313-338.
- Arnold, J. M. & L. D. Williams-Arnold. 1977. Cephalopods: Decapoda. In *Reproduction of Marine Invertebrates*. Vol. 4. A.C. Giese and J.S. Pearse (eds.) Academic Press. New York. 243-290.
- Arntz, W., E. Valdivia & J. Ceballos. 1988. Impact of El Niño 1982-1983 on the commercially exploited invertebrates (mariscos) of peruvian shore. *Meeresforsch* 32:3-22.
- Arregín-Sánchez, F. 1992. Growth and seasonal recruitment of *Octopus maya* on Campeche Bank, México. *NAGA, Filipinas* 15: 31-34
- Bagenal, T. 1978. Aspects of fish fecundity. In: *Ecology of freshwater fish production*. Gerking, S.D. (Ed). Blackwell Scientific Pub. Oxford. 75-101 p.
- Berry, S. S. 1953. Preliminary diagnoses of six west American species of Octopus. *Leaflets in Malac.* 1: 51-58.
- Bhattacharaya, C. G. (1967). A simple method of resolution of a distribution with Gaussian Components. *Biometrics*, 23: 115-135
- Brett, J. R. Environmental factors and growth. In: *Fish Physiology*, Vol: 8. 599-675 p. Hoar, W. S., Randall, D. J. & Brett, J. R. (Eds). New York: Academic Press.
- Blanco-Alonso, M. A. y J. Madrid-Hernández. 2004. Evaluación espacio temporal de la biomasa del fitoplancton y nutrientes en la costa central de Jalisco y Manzanillo, Colima. Tesis de Licenciatura. CUCBA. Universidad de Guadalajara.
- Boletzky, S. V. 1989. Recent studies on spawning, embryonic development, and hatching in cephalopoda. *Advances in Marine Biology*, 25: 85-115.
- Boletzky S. V. & R. T. Hanlon. 1983. A Review of the laboratory maintenance, rearing and culture of cephalopod mollusc. *Memoirs of the National Museum Victoria*, 44:144-187.
- Boone, L. 1928. Mollusks from the Gulf of California and the Perlas Islands. *Bull. Bingham Oceanographic Collection*, 2(5): 1-17.
- Boucaud-Camou, E. & R. Boucher-Rodoni. 1983. Feeding and digestion in Cephalopods. In: *Physiology of Mollusca*. Saleuddin, A. S. M. & Wilbur, K. M. (Ed.). London and New York: Academic Press.
- Boucher-Rodoni, R. 1973. Nutrition, digestion et transfer energetique chez les cephalopods *Eledone cirrosa* (Lamarck) et *Illex illecebrosus* (LeSueur). These Doctorat Biol. Universite de Geneve, 96 p.

- Boucher-Rodoni, R., E. Boucaud-Camou & K. Mangold. 1987. Feeding and digestion. 81-108 p. En: Cephalopod Life Cycles. Comparative Reviews. Vol II: Boyle, P. R. London. Academic Press.
- Boyle, P. R. 1987. Cephalopod Life Cycles. Comparative Reviews. London. Academic Press. Vol II: 433 p.
- Boyle, P. R. & D. Knobloch. 1982. On growth of the octopus *Eledone cirrhosa*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 62: 71-83.
- Briceño-Avena, C. 2004. Biomasa y composición del zooplancton de Bahía Chamela, Jalisco y Bahía Manzanillo, Colima durante un ciclo anual (2001-2002). Tesis de Licenciatura. CUCBA. Universidad de Guadalajara.
- Castro, B. G. & A. Guerra. 1990. Diet of *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758) and *Sepia elegans* Blainville, 1827 (Cephalopoda: Sepioidea) from the Ria de Vigo (NW Spain). *Scientia mar* 54: 375-388.
- Castro, B. G., & P. G. Lee. 1994. The effects of semi-purified diets on growth and conditions of *Sepia officinalis* L. (Mollusca: Cephalopoda). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 109A: 1007-1016.
- Clarke, M. R. 1965. Growth rings in the beaks of the squid *Moroteuthis ingens* (Oegopsida: Onychoteuthidae). *Malacologia* 3(2):287-307.
- Cobb, C. S., S. K. Pope & R. Williamson. 1995. Circadian rhythms to the light-dark cycle in the lesser octopus, *Eledone cirrhosa*. *Mar. Freshwat. Behav. Physiol.*, 26: 47-57.
- Cortez, T. 1995. Biología y Ecología del pulpo común *Octopus mimus* Gould, 1852 (Mollusca: Cephalopoda) en aguas litorales del norte de Chile. Ph. D. Thesis, Universidad de Vigo, Spain. 293.
- Cortez, T., A. F. González & A. Guerra. 1999. Growth of cultured *Octopus mimus* (Cephalopoda, Octopidae). *Fisheries Research* 40, 81-89.
- Cortez, T., B. G. Castro & A. Guerra. 1995a. Reproduction and condition of female *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda). *Marine Biology*, 123: 505-510.
- Cortez, T., B. G. Castro & A. Guerra. 1995b. Feeding dynamics of *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda) in northern Chile waters. *Marine Biology*, 123: 497-503.
- Crow, M. E. 1982. Some statistical techniques for analyzing the stomach contents of the fish. In: *Fish Food Habits Studies, Proceedings of the Third Pacific Workshop*. Washington Sea Grant Publi., Caillet, G. M. & Simenstad, C. A. (Eds.). University of Washington (U.S.A.): 8-15.
- Calow, P. 1987. Fact and theory – an overview. En: *Cephalopod Life Cycles*. Vol II. Comparative Reviews. Boyle, P.R. (ed.) Academic Press. London: 351-365.

- Clarke, M. C. & E. R. Trueman. 1988. The Mollusca, Vol. 12: Paleontology and Neontology of Cephalopods. San Diego: Academic Press.
- Contreras, F. 1917. Contribución al estudio de los Cefalópodos Mexicanos. Boletín Oficial de la Secretaria de Agricultura y Fomento. 9: 123-124.
- Cortez, T. 1995. Biología y ecología del pulpo común *Octopus mimus* Gould, 1852 (Mollusca: Cephalopoda) en aguas litorales del norte de Chile. Ph.D. Thesis, Universidad de Vigo, España. 293 p.
- Cortez, T., B. G. Castro & A. Guerra. 1995a. Reproduction and condition of female *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda). Marine Biology, 123: 505-510.
- Cortez, T., B. G. Castro y A. Guerra. 1995b. Feeding dynamics of *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda) in northern Chile waters. Marine Biology, 123: 497-503.
- Cortez, T., A. F. González y A. Guerra. 1999. Groth of culture *Octopus mimus* (Cephalopoda, Octopodidae). Fisheries Research, 40: 81-89.
- Dawe, E. G. & Y. Natsukari. 1991. Ligth microscopy. In: Squid age determination using statoliths (eds: Jereb, P., S. Ragonese & S. V. Boletzky): 83-95. NTR-ITPP Special publication. 1, 128 p.
- De la Lanza-Espino, G. 1991. Oceanografía de mares mexicanos. (Compilador). AGT (eds.) México. 151-168 p.
- De Rucha, R. H., J. W. Forsythe & R. T. Hanlon. 1987. Laboratory growth, reproduction and life span of the Pacific pyfmy Octopus, *Octopus digueti*. Pacific Science, 41(1-4): 104-121.
- Esqueda, M. C., E. Ríos-Jara, J. E. Michel & V. Landa-Jaime. 2000. The vertical distribution and abundante of gasteropods and bivalves from rocky beaches of Cuastecomates Bay, Jalisco. Rev. Biol. Trop. 48(4): 765-776.
- Espino, M. 1991. El Niño phenomena: Its impacto n the demersal fishes of Peru. Peru-Pesq. 3: 19-24.
- Espino-Barr, E. 2000. Criterios biológicos para la administración de la pesca multiespecífica artesanal en la costa de Colima, México. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Colima, México. 120 p.
- FAO. 2002. Estado mundial de la Pesca y la Acuicultura (SOFIA 2000). ISBN 95-5-304492-6. <http://www.fao.org>.
- Fiedler, P. C., R. D. Methot & R. P. Hewitt. 1986. Effects of California El Niño 1982-1983 on the northern anchovy. J. Mar. Res. 44: 317-338.
- Figueroa-Montaña, A. 1992. Variación espacio temporal de la biomasa zooplanctónica en la costa de Jalisco en verano y otoño 1990 y su relación con los parámetros

físico-químicos. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara.

- Filonov, A. E., C. Monzón y I. Tereshschenko. 1996. Acerca de las condiciones de generación de las ondas internas de marea en la costa occidental de México. *Ciencias Marinas*, 22(3): 255-272.
- Forsythe, J. W. 1984. *Octopus joubini* (Mollusca: Cephalopoda): a detailed study of growth through the full life cycle in a closed seawater system. *Journal of Zoology*, 202: 309-417.
- Forsythe, J. W. & W. F. Van Heukelem. 1987. Growth. 135-156 p. In: (ed.) Boyle, P. R. *Cephalopod Life Cycle, Vol. II: Comparative Reviews*. London. Academic Press.
- Forsythe, J. W. & R. T. Hanlon. 1980. A closed marine culture system for rearing *Octopus joubini* and other large - egged benthic octopods. *Laboratory Animals*, 14: 137-142.
- Forsythe, J. W. & R. T. Hanlon. 1988. Effect of temperature on laboratory growth, reproduction and life span of *Octopus bimaculoides*. *Marine Biology*, 98: 369-379.
- Forsythe, J. W. & R. T. Hanlon. 1989. Growth of the eastern Atlantic squid, *Loligo forbesi* Steenstrup (Mollusca: Cephalopoda). *Acuaculture and Fisheries Management*. 20: 1-14.
- Franco-Gordo, C., E. Godínez-Domínguez & E. Suárez. 2001. Zooplankton biomasa variability in the mexican eastern tropical Pacific. *Pacific Science*. 55(2): 191-202.
- Galván-Villa, M. C. 2006. Estructura de la comunidad de peces asociados al arrecife coralino de playa Mora, Bahía Tenacatita, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. CUCBA. Universidad de Guadalajara. México. 67 p.
- García, A. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instit. Geofísica. UNAM.
- García-Cubas, A., Z. C. Castillo-Rodríguez, A. Álvarez-Herrera y R. Muñoz-Chaguín. 1987. Moluscos comestibles en las costas de México. Reunión Nacional de malacología y Conquiliología (Proceedings). Universidad Autónoma de Nuevo León y Sociedad Mexicana de Malacología, A. C. Nuevo León, México.
- Gayanilo, F. C. Jr., M. Soriano & D. Pauly. 1989. A draft Guide to the Compleat ELEFAN. ICLARM Software 2, 67. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 68 p.
- González, R., S. Mejía, B. Lizárraga y O. Lizárraga. 1990. Artes y métodos de captura para el pulpo en Bahía de Mazatlán, Sinaloa. Memorias del Servicio Social Universitario, Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Sinaloa. 69 p.

- Gonçalves, J. M. A. 1993. *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 (polvo común): Sinopse da biologia e exploração. Ph. D. thesis, Universidade dos Açores, Horta, Açores. Portugal. 470 p.
- Grubert, M. A., V. A. Wadley. & R. W. G. White. 1999. Diet and feeding strategy of *Octopus moarum* in the southeast Tasmania. Bull. Mar. Science 65(2): 441-451.
- Gücü, A. & A. Salma. 1993. A preliminary study on the growth of the octopus *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797). Doga – Tr. Journal of Zoology. 17: 151-160.
- Guerra, A. 1975. Determinación de las diferentes fases de desarrollo sexual de *Octopus vulgaris* Lam. Mediante un índice de madurez. Inv. Pesq. 39: 397-416.
- Guerra, A. 1977. Estudios sobre la biología y estructura de las poblaciones del pulpo común (*Octopus vulgaris*) de la plataforma continental del mediterráneo catalán y de la costa noroccidental africana. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona: 274 p.
- Guerra, A. 1978. Sobre la alimentación y el comportamiento alimentario de *Octopus vulgaris*. Investigación Pesquera, 42(2): 351-364.
- Guerra, A. 1979a. Fitting a von Bertalanffy expresión to *Octopus vulgaris* growth. Investigaciones Pesqueras, 43 (1): 319-326.
- Guerra, A. 1979b. Edad y crecimiento de *Octopus vulgaris* en el Atlántico centro-oriental. CEEAF/ECAF. Series 78/11: 113-126.
- Guerra, A. 1979c. Estructura de la población de *Octopus vulgaris* en el Atlántico centro-oriental. CEEAF/ECAF. Series 78/11: 99-112.
- Guerra, A. 1979d. Distribución y abundancia de *Octopus vulgaris* en el Atlántico centro-oriental. CEEAF/ECAF. Series 78/11: 83-99.
- Guerra, A. 1981. The fishery of *Octopus vulgaris* off Finisterre (NW of Spain). International Council for the Exploration of sea. C. M. 1981/K: 4.
- Guerra, A. 1982. Reflexiones sobre la distribución geográfica de *Octopus vulgaris* (Cefalópoda: Octopoda). IV Congreso Nacional de Malacología, Gijón (mimeo): 1-18.
- Guerra, A. 1992a. Mollusca, Cephalopoda. En: Fauna Ibérica, vol I. Ramos, M. A. *et al.*, (eds.) Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid 327 p., 12 lám.
- Guerra, A. 1992b. Cephalopod Resources of the World: A present day view. In: The 2nd World Cephalopod Conference. Nierentz J. H. (ed.). Agra-Europe, London: 1-14.
- Guerra, A. y G. Pérez-Gandaras. 1983. Las pesquerías mundiales de cefalópodos, situación actual y perspectivas. Ed. Centro Nacional de Investigaciones Pesqueras (CENIP). Barcelona. España. Inf. Tecn. Inst. Inv. Pesq. 102-104. 141 p.

- Guerra, A. y M. T. Fernández. 1990. Pesquería del pulpo en Chile. *Industrias Pesqueras*. 1508: 9-10.
- Guerra-Sierra, A. y J. L. Sánchez-Lizaso. 1998. *Fundamentos de Explotación de Recursos Vivos Marinos*. Editorial Acriba. España. 249 p.
- Gunderson, D. R., P. Callahan & B. Goiney. 1980. Maturity and fecundity of four species of *Sebastes*. *Mar. Fish. Rev.* 42 (3-4): 74-79.
- Hanlon, R. T. & J. B. Messenger. 1996. *Cephalopod behaviour*. Cambridge University Press. London. 232 p.
- Hanlon, R. T. 1983. *Octopus joubini*. 293-310 In: *Cephalopod Life Cycle, Vol. I: Species Accounts*. Boyle, P. R. (Ed.). Academic Press. London.
- Hatanaka, H. 1979a. Spawning season of common octopus, *Octopus vulgaris* Cuvier, off the northwestern coast of Africa. *CECAF/ECAF Series* 78/11: 135-146.
- Hatanaka, H. 1979b. Studies on the fisheries biology of common octopus off northwest coast of Africa. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.* 17:13-124.
- Hartwick, B., L. Tulloch & S. Macdonald. 1981. Feeding and growth of *Octopus dofleini* (Wülker). *Veliger* 24(2): 129-138.
- Hartwick, B. 1983. *Octopus dofleini*. 277-291 In: *Cephalopod Life Cycle, Vol. I: Species Accounts*. Boyle, P. R. (Ed.). Academic Press. London.
- Hernández-García, V., J. L. Hernández-López & J. J. Castro-Hernández. 2002. On the reproduction of *Octopus vulgaris* off the coast of the Canary Islands. *Fisheries Research*, 57: 197-203.
- Hernández-López, J. L. 2000. *Biología, ecología y pesca del pulpo común (Octopus vulgaris, Cuvier 1797) en aguas de Gran Canaria*. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España.
- Hernández-López, J. L. & J. J. Castro Hernández. 2001. Age determined from the daily deposition of concentric ring on common octopus (*Octopus vulgaris*) beaks. *Fish. Bull.*, 99: 679-684.
- Hernández-Tabares, I. 1993. Los pulpos (Octopodidae) de la pesquería comercial en los arrecifes de Veracruz, México. *Oceanología*, vol.1: 109-119.
- Hixon, R. F. 1980. Growth, reproductive biology, distribution and abundance of three species of loliginid squid (Myopsida, Cephalopoda) in the northwest Gulf of Mexico. Ph.D. thesis, University of Miami. Coral Gables, Florida. 233 p.
- Hochberg, F. G. & G. W. Fields. 1980. Cephalopoda: The Squids and Octopuses. *Intertidal Invertebrates of California*. 429-444 p. In: (Morris *et al.*, eds.) Stanford California: Stanford University Press, 690 p.

- Hochberg, F. G., M. Nixon & R. B. Toll. 1992. Order Octopoda Leach, 1818. En: Larval and Juvenile Cephalopods: A Manual for their Identification. Sweeney, M. J., Roper, C. F., Mangold, K., Clarke, M. R. & Boletzky S. V. (eds). Smithsonian Contribution to Zoology: 213-282.
- Houlihan, D. F., K. Kelly & P. R. Boyle. 1998. Correlates of growth and feeding in laboratory maintained *Eledone cirrhosa* (Cephalopoda: Octopoda). J. Mar. Biol. Ass. 78: 919-932.
- House, M. R. 1988. Mayor features of cephalopods evolution. In Cephalopods – Present and Past, ed. J. Wiedmann & Kullmann. 1-16 p. Stuttgart: E. Schweizerbart sche Verlagsbuchhndlung.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach content analysis – A review of methods and their applications. Journal of Fishery Biology, 17: 411-429.
- Itami, K., Y. Izawa, S. Maeda & K. Nakai. 1963. Notes on the laboratory culture of the Octopus larvae. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 29:514-520.
- Jackson, G. D. & J. H. Choat. 1992. Growth in tropical cephalopods: An analysis based on statolith microstructure. Can. J. Fish. Acuat. Sci. 49: 218-228.
- Jimenez, P. y D. Hudson, 1984. Efectos de El Niño 1982 1983 sobre los recursos pesqueros del Ecuador. CCPS, Rev. Pacifico Sur, 15-.26 p.
- Joll, L. M. Growth and food intake of Octopus tetricus (Mollusca: Cephalopoda) in acuaria. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 28: 45-56.
- Kanamaru, S. 1964. The octopods off the coast Rumoi and the biology of misakudo. Hokkaido. Mar. Res. Centre Monthly Rep. 21 (4 & 5): 189-210.
- Keen, M. A. 1971. Sea Shells of Tropical Western America. 2nd. Ed. Stanford Univ. Press. Stanford. 1064 p.
- Kerstitch, A. 1989. Sea of Cortez Marine Invertebrates: A Guide for the Pacific coast, Mexico to Ecuador. Sea Challengers: Monterey. California. 113 p.
- Lange, A. M. T. 1980. The biology and population dynamics of the squids, *Loligo pealei* (LeSueur) and *Illex illecebrosus* (LeSueur), from northwest Atlantic. M.Sc. Thesis, University of Washington, 178 p.
- Lankford, R. R. 1977. Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification. Mar. Geol. 182-215.
- Laptikhovsky, V. V. 1998. Differentiation of reproductive strategies within a taxon, as exemplified by *Octopus. Rutherfordia*, 8(1): 77-80.
- León, D. 1986. Variaciones a pequeña escala (tiempo-espacio) de la composición y abundancia del microplancton de la Bahía de Chamela, Jalisco (1981-1982). UNAM. México.

- Leyva-Villarreal, M. M., S. A. Osuna-Marroquín, A. L. Ley-Montoya, F. Cervantes-Galaviz y J. A. Quiñónez-Cruz. 1987. Contribución al conocimiento biológico del pulpo *Octopus sp.* En la Bahía de Mazatlán, Sinaloa. Memorias de Servicio Social. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 79 p.
- Longhurst, A. R. & D. Pauly. 1987. Ecology of Tropical Oceans. Academic Press, Londres. 407 p.
- López-Uriarte, E. 1989. Moluscos Bivalvos de la campaña Oceanográfica Atlas V Plataforma Continental Jalisco-Colima México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. 109 p.
- López-Uriarte, E. y E. Ríos-Jara. 2004. Guía de campo de organismos comunes asociados a comunidades coralinas del Pacífico central mexicano: Corales y Crustáceos. Universidad de Guadalajara. México.
- López-Uriarte, E., E. Ríos-Jara & M. Pérez-Péña. 2005. Range extension for *Octopus hubbsorum* Berry 1953 (Cephalopoda: Octopodidae) in the Mexican Pacific. Bull. Mar. Sci. 77(2): 171-179.
- Love, M. S. & K. Johnson. 1998. Aspects of the life histories of grass rockfish, *Sebastes rastrelliger*, and brown rockfish, *S. auriculatus*, from southern California. Fishery Bulletin, 87: 100-109.
- Lluch-Cota, D., D. Lluch-Belda, S. Lluch-Cota, J. López-Martínez, M. Nevárez-Martínez, G. Ponce-Díaz, A. Salinas-Savala, A. Vega-Velázquez, J. R. Lara-Lara, Hammann y J. Morales. 1999. Las pesquerías y El Niño. Cap. 5. 137-178 p. En: Los impactos de El Niño en México. Magaña (Ed.). UNAM. México. 229 p.
- MacManus, R. E. 1972. Feeding preferences and behavioral observations of *Octopus bimaculatus* and *O. fitchi*. Biological studies in the Gulf of California. Univ. Arizona. Vol: IX: 18-25 p.
- Madrid, J. & P. Sánchez. 1997. Patterns in marine fish community as shown by artisanal fisheries data on the shelf off the Nexpa River, Michoacan, México. Fish. Res., 33: 149-158.
- Mangold-Wirz, K. 1963. Biologie des cephalopods benthiques et nectonique del la Mer Catalane. Vie Milieu, 13 (suppl.): 1-285.
- Mangold, K. 1983a. *Octopus vulgaris*. En: Cephalopod Life Cycles. Vol. I Species Accounts. Boyle, P. R. (Ed.). Academic Press. London. 335-364.
- Mangold, K. 1983b. Food, feeding and growth in cephalopods. Memoirs of the National Museum Victoria, 44: 81-93.
- Mangold, K. 1987. Reproduction. In: Cephalopod Life Cycles. Vol. II. Comparative Review. Boyle, P. R. (ed). Academic Press. London. 157-200.

- Mangold, K. & S. V. Boletzky. 1973. New data on reproductive biology and growth of *Octopus vulgaris*. *Marine Biology*, 19: 7-12.
- Markaida, U. & O. Sosa-Nishizaki. 2001. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997. *Fish. Res.*, 54(1): 63-82.
- Markaida, U., C. Quiñonez-Velázquez & O. Sosa-Nishizaki. 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, México. *Fisheries Research*, 66: 31-47.
- Martinez-Zatarain, A. 1998. Simulación numérica de la circulación tridimensional del Pacífico Tropical Mexicano. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara.
- Mathers, J. A. & R. K. O'Dor. Foraging strategies and predation risk shape the natural history of juvenil *Octopus vulgaris*. *Bull. Marine Science*, 49(1-2): 256-269.
- Mejia-Sarmiento, B., M. M. Leyva-Villarreal, S. A. Osuna-Marroquín y A. L. Leyva-Montoya. 1987. Contribución al Conocimiento biológico del pulpo *Octopus veligero* (Berry, 1953) en Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. En: Resúmenes VII Congreso Nacional de Oceanografía. 1987. Ensenada, B. C., México. 162 p.
- Muller, A. B. 1971. A survey of the behavior and ecology or *Octopus bimaculatus* (the blue dotted octopus) in Puerto Peñasco and Guaymas, Sonora, México. *Biological studies en the Gulf of California. Univ. Arisona*. 8(1): 15 p.
- Nigmatillin, Ch. M. & A. A. Ostapenko. 1976. Feeding of *Octopus vulgaris* Lam, from the northwest Africa coast. *ICES, C. M.* 1976/K 6: 1-15.
- Nixon, M. 1966. Changes in the body weigth and intake of food by *Octopus vulgaris*. *Journal of Zoology*, 150: 1-9.
- Nixon, M. 1969. Growth of the beak and radula of *Octopus vulgaris*. *J. Zool. Lond.* 159: 363-379.
- Nixon, M. 1979. Hole-boring in shells by *Octopus vulgaris* Cuvier in the Mediterranean Sea. *Malacologia*. 18: 431-443.
- Nixon, M., E. Maconnachie & P. G. T. Howell. 1980. The effect on shells of drilling by Octopus. *J. Zool., Lond.* 191: 75-88.
- Nixon, M. 1987. Cephalopod diet. In: *Cephalopod Life Cycles. Vol. II. Comparative Review*. Boyle, P. R. (Ed.). Academic Press. London. 201-220.
- Nesis, K. N. 1987. *Cephalopods of the world. Squid, Cuttlefishes, Octopuses, and Allies*. Neptune City, New Jersey, USA. Tropical Fish Hobbyist Publications.
- NOAA. 2002. NOAA, El Niño. <http://www.noaa.gov>.

- O'Dor, R. K., & M. J. Wells. 1978. Reproduction versus somatic growth: hormonal control in *Octopus vulgaris*. *Journal Experimental Biology*, 77: 529-540.
- Olivares, A. P., O. R. Zúñiga y E. Retamales. 1994. Escala de madurez sexual de *Octopus* de la II Región, Chile. *Estudios Oceanológicos*. 13: 89-91.
- Olivares, A., O. Zúñiga, G. Castro, C. Segura y J. Sánchez. 1996. Bases biológicas para el manejo de *Octopus mimus*: reproducción y crecimiento. *Estud. Oceanol.* 15: 61-74.
- Olivares, A., M. Zamora-Covarrubias, P. Portilla-Reyes y O. Zúñiga-Romero. 2001. Estudio histológico de la ovogénesis y maduración ovárica en *Octopus mimus* (Cephalopoda: Octopodidae) de la II Región de Chile. *Estud. Oceanol.* 20: 13-22.
- Otero-Dávalos, L. M. 1981. Ciclo anual de la producción primaria en la Bahía de Chamela, Jalisco. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM. México. 91 p.
- Otsuki, T. & H. Araya. 1958. Common squid. *Survey Rep. Tsushima Warm Current*. 4: 26-32.
- Okutani, T. 1989. Paralarva of cephalopods and the related problems. *Aquabiology*, 11(3): 192-195.
- Pacheco, P. S. 1991. Oceanografía física. En: *Oceanografía de mares mexicanos*. De la Lanza-Espino (Compilador). AGT editor. D. F. México. 151-168 p.
- Packard, A. 1972. Cephalopods and Fish: the limits of convergence. *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.* 47: 241-307.
- Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. *FAO. Documento técnico de pesca.* (234) 149.
- Pauly, D. 1987. A Review of the ELEFANT System for Analysis of Length-Frequency Data in Fish and Aquatic Invertebrates. In: Pauly, D. & G. R. Morgan. *Length-based Methods in Fisheries Research*. ICLARM Conference Proceedings, 13: 7-13.
- Pauly, D. & J. Caddy. 1995. A modification of Bhattachara's method for the separation of normal distribution. *FAO Fish. Circ.* 781. 16.
- Pickford, G. E. & B. H. McConnaughey. 1949. The *Octopus bimaculatus* problem: a study in sibling species. *Bull. Bringham Oceanogr. Coll.* 12: 1-66.
- Pérez-Peña, M. & E. Ríos Jara. 1998. Gastropod mollusks from the continental shelf off Jalisco and Colima, México: species collected with a trawling net. *Ciencias Marinas*, 24 (4): 425-442.
- Raya, C. O. & C. L. Hernández-González. 1998. Growth lines within the beak microstructure of the octopus *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797. *Cephalopod Biodiversity, Ecology and Evolution*. Payne, A. I. L., Lipinski, M. R., Clarke, M. R., & Roeleveld, M. A. C. (Eds.). *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 20: 135-142.

- Raymundo, H. A. 1995. Análisis de la abundancia relativa del Pulpo *Octopus hubbsorum* (Cephalopoda: Octopoda) y su distribución espacial durante la temporada de pesca 1993 en el área denominada "El Estrecho". Tesis profesional. CUCBA. Universidad de Guadalajara. 73 p.
- Richard, A. 1971. Contribution a l'étude experimental de la croissance et de la maturation sexuelle de *Sepia officinalis* L. (Mollusque, Céphalopode). Thèse de Doctoral d'Etat (n° 243) Université de Lille. France. 264 p.
- Ríos-Jara, E., M. Pérez-Peña, E. Juárez-Carrillo y E. López Uriarte. 2001a. Recursos Pesqueros de la Costa de Jalisco. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. 159 p.
- Ríos-Jara, E., M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte, E. Juárez-Carrillo y R. Beas-Luna. 2001b. Gastropods and bivalves of commercial interest from the continental shelf of Jalisco and Colima, México. Inter. J. Trop. Biol. Conser. Vol: 49-3.
- Ríos-Jara, E., E. López-Uriarte, E. G. Robles-Jarero, M. Pérez Peña e I. Enciso-Padilla. 2004a. Recursos Marinos: Caracol del tinte, pulpo, langosta, huachinango y macroalgas de Jalisco. Universidad de Guadalajara. México. 48 p.
- Ríos-Jara, E., M. Pérez-Peña, E. Juárez-Carrillo, E. López-Uriarte, M. A. Esquibel-Hernández y E. C. Plascencia-Reyes. 2004b. La Pesca Artesanal de la costa de Jalisco y Colima. Universidad de Guadalajara. México.
- Ríos-Jara, E., M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte y E. Juárez-Carrillo. En prensa. Biodiversidad de moluscos en la costa de Jalisco y Colima. En: Espino-Barr, E. y M. C. Jiménez Quiroz (Eds). Recursos marinos y acuícolas de la región de Jalisco, Colima y Michoacán. Instituto Nacional de la Pesca. SAGARPA.
- Reyes-Bonilla, H., J. D. Carriquiry, G. E. Leyte-Morales & A. L. Cupul-Magaña. 2002. Effects of the El Niño-Southern Oscillation and the anti-El Niño event (1997-1999) on coral reefs of the western coast of México. Coral Reef. 21: 368-372.
- Rodaniche, A. F. 1984. Iteroparity in the lesser Pacific striped octopus *Octopus chierchiae* (Jatta, 1889). Bull. Mar. Sci. 35: 99-104.
- Rodriguez-Mata, F. 1996. Aspectos biológicos y pesqueros del complejo *Octopus bimaculatus* Verrill, 1883 y *O. bimaculoides* Pickfor & McGonnauhey, 1949 (Pulpos) de la Bahía de Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis profesional. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Michoacan. 64 p.
- Roper, C. F. E., M. J. Sweeney & F. G. Hochberg. 1995. Cephalopods. 235-253 p. In W. Fisher, F. Krupp, C. Sommer, K. E. Carpenter & V. H. Niem (Eds.) Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca Pacifico Centro-Oriental. Vol. I Plantas e Invertebrados. Roma, Italia. 646 p.

- Roper, C & M. Sweeney. 1983. Techniques for fixations, preservation, and curation of cephalopods. *Memoris of the National Museum Victoria*, No. 44: 29-47.
- Ruíz-Durá, M. F. 1985. Recursos Pesqueros de las costas de México. Ed. Limusa. México. 208 p.
- SAGARPA. 2001. Anuario estadístico de Pesca 2000 Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F. 285 p.
- SAGARPA. 2002. Anuario estadístico de Pesca 2001. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F. 294 p.
- Salazar-Vallejo, S. I. y N. E. González. 1993. Panorama y fundamentos para un programa nacional; 6-38 p. En: S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México CONABIO y CIQRO, México.
- Salinas-Baurillon, Z. 1988. Taxonomía, diversidad y distribución de los cetáceos de la Bahía de Banderas, México. Tesis profesional. UNAM.
- Sánchez-González, G. 1989. Contribución al conocimiento de la taxonomía de los gasterópodos marinos de la Bahía de Santiago, Colima, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. 198 p.
- Sánchez, P. & R. Obarti. 1993. The Biology and Fishery of *Octopus vulgaris* Caught with Clay Pots on the Spanish Mediterranean Coast. 477-487 p. In: Okutani, T, O'Dor, R.K. & Kubodera, T. (eds.). *Recent Advances in Fisheries Biology* (Tokai University Press, Tokyo).
- SEPESCA (Secretaría de Pesca). 1985. Pescados y mariscos de aguas mexicanas. México. 520 p.
- SEPESCA (Secretaría de Pesca). 1987. Pesquerías Mexicanas. Estrategias para su administración. Secretaría de Pesca. México. 1061 p.
- SEPESCA (Secretaría de Pesca). 1988. Los recursos pesqueros del país. Ed. Instituto Nacional de la Pesca. México. 661 p.
- SEPESCA (Secretaría de Pesca). 1994. Atlas Pesquero de México. SEPESCA-INP. México. 234 p.
- SEMARNAP. 1998. Anuario estadístico de Pesca 1997. Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, D. F. 241 p.
- SEMARNAP. 1997. Atlas Pesquero de México. PESCA-INP. México. 234 p.
- SEMARNAP. 1999. Anuario estadístico de Pesca 1998. Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, D. F. 241 p.
- SEMARNAP. 2000. Anuario estadístico de Pesca. 2001. Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, D. F. 287 p.

- Shchetinnikov, A. S. 1986. Food spectrum of *Dosidicus gigas* (Ommastrephidae) and its variation during night. In: Resources and fishery perspectives of squid of the world ocean. Ivanov, B. G. (Ed.). 132-142 p. Moscow: VNIRO Press.
- Silva-Segundo, C. A. 2003. Estructura de la comunidad ictioplanctónica de Bahía de Chamela, Jalisco y Bahía Manzanillo, Colima (Ciclo 2001-2002). Tesis de Licenciatura. CUCBA. Universidad de Guadalajara.
- Silby, R. M. & P. Calow. 1986. Physiological ecology of animals. Blackwell Scientific Pub. Oxford.
- Smale, M. J. & P. R. Buchan. 1981. Biology of *Octopus vulgaris* off the east coast of South Africa. *Marine Biology*, 65: 1-12.
- Solís-Ramírez, J. M. 1967. Aspectos biológicos del pulpo *Octopus maya* Voss & Solís. *Publ. Inst. Nal. Inv. Biol. Pesq. México*. (18): 1-90.
- Solís-Ramírez, M. J. y E. A. Chávez. 1986. Evaluación y Régimen Optimo de Pesca del Pulpo en la Península de Yucatán, México. *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. 13(3): 1-18.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1981. *Biometry*. W. H. Freeman and Co., San Francisco.
- Sparre, P. y S. C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual FAO. Documento Técnico de Pesca. N°306/1. Roma. 420 p.
- StataCorp. 1995. *Stata Statistical Software: Release 6.0* College Station, TX: Stata Corporation.
- Summers, W. C. 1983. Physiological and trophic ecology of cephalopods. In: *The Mollusca*. Russel-Hunter, W. D. (Eds). New York: Academic Press. 6: 261-279.
- Taylor, C. C. 1960. Temperature, growth and mortality - The Pacific cockle. *Journal du Conseil*. 26(1): 177-224.
- Tiechert, C. 1988. In *The Mollusca*, Vol. 12: Paleotology and Neotology of Cephalopods. Clarke, M. C. & Trueman, E. R. (Ed). 11-79 p. San Diego: Academic Press.
- Van Heukelem, W. F. 1976. Growth, bioenergetics and life saphn of *Octopus cyanea* and *Octopus maya*. Ph.D. Dissertation. University of Hawaii, 24 p.
- Van Heukelem, W. F. 1977. Laboratory maintenance, breeding, rearing and biomedical reserch potential of Yucatan octopus (*Octopus maya*). *Laboratory Animal Science*. 27(5): 852-859.
- Van Heukelem, W. F. 1979. Environmental control of reproduction and life saphn in Octopus: an hypothesis. In : *Reproductive ecology of marine invertebrates*. Stancyk, S. E. (Ed). University of South Carolina Press. Columbia: 123-133.

- Van Heukelem, W. F. 1983a. *Octopus maya*. In: Cephalopod Life Cycles. Vol. 1. Boyle, P. R. (Ed.). Academic Press. London: 267-276.
- Van Heukelem, W. F. 1983b. *Octopus cyanea*. In: Cephalopod Life Cycles. Vol. 1. Boyle, P. R. (Ed.). Academic Press. London: 311-323.
- Villanueva, R. 1994. Decapod crab zoeaeas food for rearing cephalopod paralarvae. *Aquaculture*. 128: 143-152.
- Villanueva, R., C. Nozals & S. V. Boletzky. 1995. The planktonic life of octopuses. *Nature*. Vol. 377: 107.
- Villanueva, M. R. N. y O. Defeo. 2001. Crecimiento del pulpo *Octopus maya* (Mollusca: Cephalopoda) en la costa de Yucatán, México: un análisis de largo plazo. *Rev. Biol. Trop.* 49(1): 93-101.
- Voight, J. 1998. An overview of shallow water octopus biogeography. *Smithsonian Contributions to Zoology*. 586(2): 549-559.
- Voss, G. 1973. Cephalopod resources of the world. *FAO Fishery Circ.* 149: 75 p.
- Voss, G. L. 1977. Classification of recent cephalopods. *Sump. Zool. Lond.* 38: 575-579. London and New Cork: Academia Press.
- Voss, G. L. 1976. México's potential cephalopod fisheries. *Memorias del Simposium sobre recursos pesqueros masivos de México*. Ensenada, B. C. 267-279 p.
- Voss, G. & M. J. Solís-Ramírez. 1966. *Octopus maya*, a new species from the Bay of Campeche, México, *Bull. Mar. Sci.* 30: 365-412.
- Vovk, A. N. & L. A. Khvichiya. 1980. On feeding of long - finned squid (*Loligo paelei*) juvenile en Subarea 5 and 6. *North Atlantic Fisheries Organization Scientific Council Research Document*. 80/VI/50, N087. 1-9.
- Wells, M. J. & J. Wells. 1972. Optic gland and the state of the testis in *Octopus*. *Marine Behavior and Physiology* 1: 71-83.
- Wirky, K. 1965. Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.*, IX (5):271-291.
- Wirky, K. 1966. Oceanography of the Eastern Equatorial Pacific Ocean. In Barnes (Ed). *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 4: 33-68.
- Wodinski, J. 1972. Breeding season of *Octopus vulgaris*. *Marine Biology*, 16: 59-63.
- Wodinski, J. 1977. Hormonal inhibition of feedings and death in *Octopus*: control by optic gland secretion. *Science*. 198: 948-951.

- Wodinski, J. 1978. Feeding behaviour of broody female *Octopus vulgaris*. *Animal Behaviour*. 26: 803-813.
- Yañez-Rivera, J. L. 1989. Estudio ecológico de las comunidades de gasterópodos Macroscópicos de algunas playas rocosas de la costa del estado de Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. 90 p.
- Young, J. Z. 1960. Observations on *Argonauta* and especially its method of feeding. *Proc. Zool. Soc. Lond.* 133: 471-479.
- Young, R. E. & R. F. Harman. 1989. "Larvas", "Paralarvas" and "Subadults" in cephalopod terminology. *Malacologia*, 29(1): 201-207.
- Zuñiga, O. R., A. P. Olivares y L. Ossandon. 1995. Influencia de la luz en la maduración sexual de hembras *Octopus mimus*. *Estudios Oceanológicos* 14: 75-76.
- Zurita-Jordan, I. L., S. Álvarez-Borrego, E. Santamaría Del Ángel y F. E. Muller Karger. 1995. Estimación de la biomasa fitoplanctónica derivada de datos de satélite, frente a Baja California Sur. *Ciencias Marinas*, 21(3): 265-268.

RANGE EXTENSION FOR *OCTOPUS HUBBSORUM* (MOLLUSCA: OCTOPODIDAE) IN THE MEXICAN PACIFIC

Ernesto López-Uriarte, Eduardo Ríos-Jara, and Martín Pérez-Peña

ABSTRACT

Hubbs' octopus *Octopus hubbsorum* Berry, 1953 is reported at 24 localities along the Pacific coast of Mexico. The distribution of the species, previously recorded in the Gulf of California (28°55'N, 113°32'W) and in Melaque (southern coast of Jalisco) (19°12'N, 105°40'W), is extended south to Salina Cruz, Oaxaca (16°10'N, 95°14'W). Specimens were captured in the intertidal and subtidal zones to depths of 30 m. This is the principal target species in the octopus fisheries of this vast region.

Fisheries of octopus are very important in the Mexican Pacific, yet surveys on octopus species are scarce and not continuous. Reports from SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca), the Mexican government agency in charge of the administration of the fisheries activities in the country for this region, does not indicate which octopus species are being captured. They are simply indicated as "octopus." These reports cannot be used to determine the range of distribution of octopus species in Mexico.

Nine octopus species are reported to live along the Pacific coast of Mexico (Keen, 1971; Hochberg, 1980; Kerstitch, 1989; Roper et al., 1995). In the artisanal fisheries, *Octopus hubbsorum* Berry 1953 is the target species of the Jalisco coast (Aguilar-Chávez, 1995; Ríos-Jara et al., 2001). The geographic distribution of this species is uncertain. It has been reported from the east and west coast of the Gulf of California (Hochberg, 1980; Roper et al., 1995) including San Carlos, Sonora (27°57'N, 111°04'W) (Berry, 1953); Cabo San Lucas, Baja California Sur (23°11'N, 106°25'W); Revillagigedo Islands, Colima (Gotshall, 1987); and in Melaque, the southern coast of Jalisco (19°12'N, 104°40'W; Aguilar and Godínez, 1997). The presence of this species in other localities along the vast area of more than 700 km between Cabo San Lucas and Melaque has not been documented. The absence of reports may simply indicate the lack of studies on octopus populations from the Mexican Pacific and may not reflect a restricted distribution range for this species. This paper reports the presence of *O. hubbsorum* at 24 localities along the Mexican Pacific coast, and extends the species range to Salina Cruz, Oaxaca (16°10'N, 95°14'W).

MATERIALS AND METHODS

Specimens were captured at 0–30 m deep with a long hand hook and kept in a collecting bag during diving activities. The collections were made by local artisanal fishermen at 21 localities along the Pacific coast of Mexico (April 2000–February 2001). Localities were visited at least once. In each locality, all fresh octopuses were reviewed and identified to species using the taxonomic keys of Hochberg (1980), Nesis (1987), Roper et al. (1995), and the original species description of Berry (1953). Octopuses were compared with voucher specimens from the invertebrate collection at the Centro de Estudios de la Costa, Universidad de Guadalajara in Melaque, Jalisco. Specimens from this collection were positively identified as *O. hubbsorum* by F. G. Hochberg (Department of Invertebrate Zoology, Santa Barbara Museum of Natural History) in 1995. Each specimen was sexed and at least one male and one female were pre-

served and kept fixed as vouchers for a reference collection at the Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura, Universidad de Guadalajara in Guadalajara, Jalisco.

Fishermen were interviewed to determine what species of *Octopus* they commonly captured during present and past years. Coordinates of each fishing locality were recorded using a global positioning system (GPS).

RESULTS AND DISCUSSION

The presence of *O. hubbsorum* was verified from 21 new localities along the Pacific coast of Mexico. The species' range is thus extended from the southern coast of Jalisco (19°12'N, 104°40'W) along more than 1200 km of coastline south to Salina Cruz, Oaxaca (16°10'N, 95°14'W; Table 1). The northern record of distribution of the species is extended to Bahía Los Angeles, Baja California. We also confirm the presence of the species in three localities (San Carlos, Cabo San Lucas and Melaque) previously reported by Berry (1953), Gotshall (1987), and Aguilar and Godínez (1997).

Almost all octopuses collected by fishermen were *O. hubbsorum*, reported as the most abundant species throughout the year. This octopus is typically found in rocky substrates, hiding in crevices during the day, although it is uncommon in the intertidal zone. The only other species captured on rare occasions by fishermen from Santa Rosalia, in the upper Gulf of California, was Verrill's two-spotted octopus, *O. bimaculatus* Verrill, 1883. This species is easily distinguished by fishermen because of its ocelli.

Information provided by fishermen indicate that *O. hubbsorum* has been captured in artisanal fishery activities for the past 20 yrs throughout the Mexican Pacific coast. This is the most important species, comprising almost all the catch in all localities visited. Individual weights may vary from 150 to more than 3000 g. Diving is the most common fishing method used in the artisanal octopus fishery in the Mexican Pacific. This fishing method is used in the Azores Islands (Gonçalves, 1993) and the coast of Chile (Guerra and Fernández, 1990; Cortez 1995). There have been some unsuccessful experiences on the use of traps to capture octopuses in some localities of Sinaloa, Jalisco, Guerrero, and Oaxaca (González-Rendón et al., 1990; pers. comm. from fishermen), but diving and the use of hand hooks have proved to be a much more efficient method for this fishery.

Seven octopus species have been reported to occur in the shallow waters in the Mexican Pacific: *Octopus bimaculatus*, *O. chierchia* Jatta 1889, *O. digueti* Pierrier and Rochebrune 1894, *O. alecto* Berry 1953, *O. fitchi* Berry 1953, *O. hubbsorum*, and *O. penicillifer* Berry 1954. Two others are found in waters below 30 m, namely *O. rubescens* Berry 1953 and *O. veligero* Berry 1953 (Hochberg, 1980; Roper et al., 1995). In the Gulf of California, *O. hubbsorum* mixes with populations of *O. bimaculatus* and the less common, eastern Pacific red octopus, *O. rubescens*. In all 24 localities along the Mexican Pacific, *O. hubbsorum* was the most common species captured by fishermen.

Previous records report the presence of *O. hubbsorum* in the Gulf of California, the Revillagigedo Islands (Berry, 1953; Hochberg, 1980; Gotshall, 1987; Roper et al., 1995), and along the coast of Jalisco (Aguilar and Godínez, 1997). We confirm the presence of the species at 24 localities indicating that the distribution of *O. hubbsorum* is continuous along more than 2500 km of mainland coast from San Carlos, Sonora to Salina Cruz, Oaxaca and approximately 700 km of coastline in the Baja

Table 1. *Octopus hubbsorum*: Records of the species presence in the Gulf of California and along the Pacific coast of Mexico. Coordinates were recorded using a global positioning system (GPS).

Locality	Latitude N	Longitude W	Reference
Baja California			
1 Bahía de Los Angeles	28°58'	113°29'	Present study
Baja California Sur			
2 Santa Rosalía	27°20'	112° 16'	Present study
3 Bahía Concepción	26°39'	111° 48'	Present study
4 Loreto	26°01'	111° 21'	Present study
5 Bahía La Paz	24°09'	110° 18'	Present study
6 Cabo San Lucas	23°11'	106° 25'	Gotshall, 1987
Sonora			
7 San Carlos	27°57'	111° 04'	Berry 1953
Sinaloa			
8 Bahía Mazatlán	23°12'	106° 25'	Present study
Nayarit			
9 San Francisco	20°46'	105° 27'	Present study
10 Punta Mita	20°44'	105° 23'	Present study
Jalisco			
11 Puerto Vallarta	20°24'	105° 40'	Present study
12 Tehuamixtle	20°05'	105° 32'	Present study
13 Punta Pérula	19°34'	105° 08'	Present study
14 Tenacatita	19°18'	104° 48'	Present study
15 Melaque	19°12'	104° 40'	Aguilar & Godínez, 1997
Colima			
16 Bahía Santiago	19°06'	104° 23'	Present study
Michoacan			
17 El Faro	18°21'	103° 31'	Present study
18 Caleta de Campos	18°01'	103° 21'	Present study
Guerrero			
19 Ixtapa	17°37'	101° 31'	Present study
20 Acapulco	16°51'	99° 53'	Present study
Oaxaca			
21 Puerto Escondido	15°51'	97° 03'	Present study
22 Puerto Angel	15°39'	96° 31'	Present study
23 Huatulco	15°45'	96° 07'	Present study
24 Salina Cruz	16°10'	95° 14'	Present study

California peninsula from Bahía de Los Angeles to Cabo San Lucas. The species is probably distributed to the south (Central America) beyond the extensive sandy beaches and coastal lagoons of Chiapas, where *O. hubbsorum* was not found in this study.

Many biogeographic aspects of *O. hubbsorum* are uncertain, as in other octopus species from the eastern tropical Pacific (Contreras, 1917; Boone, 1928; Nesis, 1987; Voight, 1998). There is a lack of information on the biology, ecology, and taxonomy of the Mexican Pacific cephalopods, and in some cases there have been misidentifications (Voss, 1973; García-Cubas et al., 1987; Leyva-Villareal et al., 1987; Mejía-Sarmiento et al., 1987; González-Rendón et al., 1990; Rodríguez-Mata, 1996). In some of these publications, the name *O. veligero* was mistakenly used in reference to

O. hubbsorum, although the former species is restricted to deeper waters. A detailed taxonomic revision of the Mexican cephalopod fauna is needed.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the fishermen from all localities visited during this study. We thank E. Espino-Barr from Manzanillo, C. and O. López-Fuentes from Santa Rosalía, B.C.S. for providing information and specimens. Thanks also to M. Hacker for reviewing the manuscript. Comments and suggestions by three anonymous reviewers are also acknowledged.

LITERATURE CITED

- Aguilar-Chávez, S. 1995. Estudio biológico-pesquero del pulpo *Octopus* sp. (Cephalopoda: Octopodidae) en la costa sur de estado de Jalisco. Tesis profesional, Universidad de Guadalajara, Jalisco. 60 p.
- Aguilar, S. C. and E. Godínez-Domínguez. 1997. Presencia del pulpo *Octopus hubbsorum* (Cephalopoda: Octopoda) en el Pacífico central mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 45: 678.
- Berry, S. S. 1953. Preliminary diagnoses of six West American species of *Octopus*. *Leaf. Malacol.* 1: 51–58.
- Boone, L. 1928. Mollusks from the Gulf of California and the Perlas Islands. *Bull. Bingham Oceanog. Coll.* 2: 1–17.
- Contreras, F. 1917. Contribución al estudio de los Cefalópodos Mexicanos. *Bol. Ofic. Secret. Agric. Fom.* 9: 123–124.
- Cortez, T. 1995. Biología y ecología del pulpo común *Octopus mimus* Gould, 1852 (Mollusca: Cephalopoda) en aguas litorales del norte de Chile. Ph.D. Dissertation, Universidad de Vigo, Vigo. 293 p.
- García-Cubas, A., Z. C. Castillo-Rodríguez, A. Alvarez-Herrera, and R. Muñoz-Chaguín. 1987. Moluscos comestibles en las costas de México. Reunión Nacional de malacología y Conquiliología (Proceedings). Univ. Autónoma de Nuevo León y Sociedad Mexicana de Malacología, A.C. Nuevo León.
- Gonçalves, J. M. A. 1993. *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 (pulpo común): sinopse da biologia e exploração. MS Thesis, Univ. dos Açores, Horta, Azores. 470 p.
- González-Rendón, R., B. Mejía-Sarmiento, F. Lizarraga-Castañeda, and S. Lizarraga-Ortiz. 1990. Artes y métodos de captura para el pulpo en la Bahía de Mazatlán, México. Memoria. Licenciado en Biología Pesquera. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa, Sinaloa. 51 p.
- Gotshall, D. W. 1987. Marine animals of Baja California: a guide to the common fishes and invertebrates. *Sea Challenger*, Monterey. 110 p.
- Guerra, A. and M. T. Fernandez. 1990. Pesquería del pulpo en Chile. *Industrias Pesqueras.* 1508: 9–10.
- Hochberg, F. G. 1980. Class Cephalopoda. Pages 201–204 in R.C. Brusca, ed. *Common intertidal invertebrates of the Gulf of California*. Univ. of Arizona Press, Tucson. 513 p.
- Keen, M. A. 1971. *Sea shells of tropical western America*. 2nd. Ed. Stanford Univ. Press, Stanford. 1064 p.
- Kerstitch, A. 1989. *Sea of Cortez marine invertebrates: a guide for the Pacific coast, Mexico to Ecuador*. *Sea Challengers*, Monterey. 113 p.
- Leyva-Villarreal, M. M., S. A. Osuna Marroquín, A. L. Ley-Montoya, F. Cervantes-Galaviz and J. A. Quiñónez-Cruz. 1987. Contribución al conocimiento biológico del pulpo *Octopus* sp. En la Bahía de Mazatlán, Sinaloa. *Memorias de Servicio Social*. Escuela de Ciencias del Mar. Univ. Autónoma de Sinaloa, Sinaloa. 79 p.
- Mejia-Sarmiento, B., M. M. Leyva-Villarreal, S. A. Osuna-Marroquin and A. L. Leyva-Montoya. 1987. Contribución al conocimiento biológico del pulpo *Octopus veligero* (Berry, 1953) en

- Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. In: Resúmenes. VII Cong. Nacion. Oceanog. 27-31 de Julio 1987, Ensenada. Abstract, 162 p.
- Nesis, K. N. 1987. *Cephalopods of the world: squids, cuttlefishes, octopus and alliens* T. F. H. Publications, Neptune City. 334 p.
- Rodríguez-Mata, F. 1966. Aspectos biológicos y pesqueros del complejo *Octopus bimaculatus* Verrill, 1883 y *O. bimaculoides* Pickford and McConnaughey, 1949 (pulpos) de la Bahía Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis Profesional, Univ. Michoacana de San Nicolás Hidalgo, México. 64 p.
- Ríos-Jara, E., M. Pérez-Peña, E. Juárez-Carrillo, and E. López Uriarte. 2001. Recursos Pesqueros de la Costa de Jalisco. Univ. de Guadalajara. Guadalajara. 159 p.
- Roper, C. F. E., M. J. Sweeney and F. G. Hochberg. 1995. Cephalopods. Pages 235-253 in W. Fisher, F. Krupp, C. Sommer, K.E. Carpenter, and V.H. Niem, eds. Guia FAO para la identificación de especies para los fines de pesca Pacífico Centro-Oriental. Vol. I Plantas e Invertebrados, FAO, Rome. 646 p.
- Voight, J. 1998. An overview of shallow water octopus biogeography. *Smithson. Contrib. Zool.* 586: 549-559.
- Voss, G. 1973. Cephalopod resources of the world. *FAO Fishery Circ.* 149: 75 p.

DATE SUBMITTED: May 4, 2001.

DATE ACCEPTED: May 17, 2002.

ADDRESSES: *Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura, Departamento de Ecología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Apartado Postal 52-114, Zapopan 45030, Jalisco, Mexico. E-mail: <ernlopez@cucba.udg.mx> <edurios@maiz.cucba.udg.mx>.*

