

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

EVALUACIÓN DEL TAMAÑO POBLACIONAL DEL CANGREJO  
*Cancer johngarthi* CARVACHO, 1989 EN LA COSTA OCCIDENTAL  
DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA:

ING. PESQ. JORGE ALBERTO LÓPEZ ROCHA

LA PAZ, B. C. S.

JUNIO 2004



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**  
*ACTA DE REVISION DE TESIS*

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 14:00 horas del día 08 del mes de Junio del 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

**"EVALUACIÓN DEL TAMAÑO POBLACIONAL DEL CANGREJO *Cancer johngarthi* CARVACHO, 1989 EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

Presentada por el alumno:

**LOPEZ**

Apellido paterno

**ROCHA**

materno

**JORGE ALBERTO**

nombre(s)

Con registro: 

A	0	2	0	0	9	7
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA COMISION REVISORA**

Director de tesis  
PRIMER VOCAL

DR. FRANCISCO ARREGUIN SANCHEZ

PRESIDENTE

DR. ERNESTO AARON CHAVEZ ORTIZ

SECRETARIO

DR. E. MAURICIO RAMIREZ RODRIGUEZ

SEGUNDO VOCAL

DR. AGUSTIN HERNANDEZ HERRERA

TERCER VOCAL

MC. ESTEBAN FERNANDO FELIX PICO

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUIN SANCHEZ



**I. P. N.**  
**CICIMAR**  
**DIRECCION**



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 09 del mes Junio del año 2004, el (la) que suscribe JORGE ALBERTO LÓPEZ ROCHA alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A020097 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ y cede los derechos del trabajo titulado: "EVALUACIÓN DEL TAMAÑO POBLACIONAL DEL CANGREJO *Cancer johngarthi* CARVACHO, 1989 EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: jlopezr@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

**JORGE ALBERTO LÓPEZ ROCHA**

*nombre y firma*

**ÍNDICE**

	Página
GLOSARIO.....	<i>iii</i>
LISTA DE TABLAS.....	<i>v</i>
LISTA DE FIGURAS .....	<i>vi</i>
LISTA DE APÉNDICES.....	<i>viii</i>
RESUMEN .....	<i>ix</i>
ABSTRACT .....	<i>x</i>
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	4
III JUSTIFICACIÓN.....	10
IV. OBJETIVOS .....	11
4. 1 Objetivos específicos.....	11
V. MATERIAL Y MÉTODOS .....	12
5. 1 Área de estudio.....	12
5. 2 Origen de la información.....	14
5. 3 Muestreo adaptativo .....	15
5. 4 Descripción de las operaciones de pesca.....	16
5. 4. 1 Determinación de la unidad de esfuerzo .....	17
5. 5 Determinación de zonas de reducción de stock .....	18
5. 6 Modelos de reducción de stock .....	19
5. 6. 1 Modelo de Leslie y Davis .....	20
5. 6. 2 Modelo de DeLury .....	21
5. 6. 3 Modelo de población abierta .....	21

---

---

	Página
5. 7 Estimadores de Máxima verosimilitud .....	24
5. 8 Tasa de cosecha .....	26
VI. RESULTADOS .....	27
6. 1 Descripción de las operaciones de pesca.....	27
6. 2 Determinación de zonas de reducción de stock .....	35
6. 3 Estimaciones de disponibilidad, coeficiente de capturabilidad y tasa de cosecha .....	42
VII. DISCUSIÓN .....	47
7. 1 Operación y esfuerzo de pesca .....	47
7. 2 Determinación de zonas de reducción de stock .....	49
7. 3 Modelos de reducción de stock .....	50
7. 4 Disponibilidad y capturabilidad .....	53
7. 5 Tasa de cosecha .....	54
VIII. CONCLUSIONES.....	56
IX. LITERATURA CITADA .....	57
X. APÉNDICES .....	64

## **GLOSARIO**

Accesibilidad: es la proporción del stock pescable que se encuentra al alcance de la flota que lo explota. Generalmente está en función de las características de la flota y de la distribución del stock (Kesteven, 1973).

Captura: es el peso o número de organismos removidos de una población o stock como resultado de las operaciones de pesca (Ehrhardt, 1981).

Captura por unidad de esfuerzo: unidad que refleja el rendimiento obtenido en la pesca. Se obtiene dividiendo la captura entre el esfuerzo pesquero ejercido.

Capturabilidad: puede ser definida como la fracción del stock de peces que es capturada por una unidad de esfuerzo efectivo de pesca (Ricker, 1975).

Disponibilidad: es la biomasa o número de organismos totales que se encuentran en el área de pesca susceptibles de ser capturados (Kesteven, 1973).

Esfuerzo efectivo de pesca: son las unidades de esfuerzo que son proporcionales a la mortalidad por pesca (Ehrhardt, 1981).

Evaluación: acción y resultado de estudiar la situación de un recurso aplicando un método homologado de la ciencia pesquera. La evaluación se puede hacer con distintos métodos, según sean los datos básicos de que se disponga y según sea el grado de desarrollo de la ciencia pesquera. Generalmente se aplican herramientas de naturaleza matemática y estadística para facilitar la comprensión cuantitativa del stock.

Intensidad de pesca: es la magnitud del esfuerzo de pesca que se aplica sobre una población por unidad de área en un intervalo de tiempo unitario (Ehrhardt, 1981).

Modelo: es la representación simplificada y conceptual acerca de cómo funciona el mundo real.

Stock: Es un subconjunto de una determinada especie que posee los mismos parámetros de crecimiento y mortalidad, que habita en un área geográfica particular y que se mezclan poco con los grupos adyacentes (Sparre y Venema, 1992). Gulland (1983) propuso que para efectos de ordenación pesquera, la definición de una unidad de stock es una cuestión operativa, es decir, que un grupo de organismos puede ser considerado como stock si se puede prescindir de las posibles diferencias dentro del grupo, así como que los intercambios con otros grupos pueden ser ignorados, sin que por ello resulten inválidas las conclusiones a las que se llegue.

Tiempo de remojo: es el tiempo en que el arte de pesca permanece efectivamente en posición y forma para la captura de organismos. Es el tiempo entre el fin del largado y el inicio del cobrado del arte.

Vulnerabilidad: es la propensión de un organismo a ser capturado. Esto depende de las características del arte de pesca y del comportamiento del stock. Matemáticamente la vulnerabilidad está representada por la probabilidad que existe, durante una operación de la unidad de pesca, de que un organismo dentro del área de alcance de esa unidad sea capturado (Kesteven, 1973).

**LISTA DE TABLAS**

	Página
Tabla 1. Fechas, días efectivos de pesca, número de lances y captura de la pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	27
Tabla 2. Datos básicos de grupos de lances con tendencia en declinación de la CPUE, para el cálculo de la distancia máxima, en la conformación de zonas de reducción de stock, para la evaluación del tamaño poblacional de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	36
Tabla 3. Distancia máxima para zonas de reducción de stock de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	36
Tabla 4. Datos asociados a las zonas de reducción de stock del primer viaje de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	39
Tabla 5. Datos asociados a las zonas de reducción de stock del segundo viaje de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	40
Tabla 6. Datos asociados a las zonas de reducción de stock del tercer viaje de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	41
Tabla 7. Estimaciones de disponibilidad de <i>C. johngarhi</i> en zonas de reducción de stock, viaje 1 ....	44
Tabla 8. Estimaciones de disponibilidad de <i>C. johngarhi</i> en zonas de reducción de stock, viaje 2 ....	45
Tabla 9. Estimaciones de disponibilidad de <i>C. johngarhi</i> en zonas de reducción de stock, viaje 3.....	46

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Fig.1 Cangrejo <i>Cancer johngarhi</i> Carvacho, 1989 .....	6
Fig.2 Zona de estudio. Costa occidental de Baja California Sur .....	13
Fig.3 Ubicación de los lances de pesca con trampas cangrejeras de la pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	28
Fig.4 Tiempo efectivo de pesca de lances en las operaciones de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	29
Fig.5 Profundidad de lances en las operaciones de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	30
Fig.6 Esfuerzo ejercido en horas-trampa en las operaciones de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	31
Fig.7 Captura en los 204 lances de los tres viajes de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	32
Fig.8 Captura en número de organismos en los lances de la pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	32
Fig.9 Captura por unidad de esfuerzo en los 204 lances de los tres viajes de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	33
Fig.10 Captura por unidad de esfuerzo de la pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	33

	Página
Fig.11 Captura por profundidad en los lances de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	34
Fig.12 Esfuerzo por profundidad en los lances de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S. ....	34
Fig.13 CPUE por profundidad de los lances de pesca exploratoria de <i>C. Johngarhi</i> en la costa occidental de B.C.S . ....	34
Fig.14 Captura por latitud en los lances de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S .....	35
Fig.15 CPUE por latitud en los lances de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S .....	35
Fig.16 Ubicación de lances de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S., conforme a cada una de las cinco zonas de reducción de stock del viaje 1 .....	37
Fig.17 Ubicación de lances de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S., conforme a cada una de las cinco zonas de reducción de stock del viaje 2 .....	37
Fig.18 Ubicación de lances de pesca exploratoria de <i>C. johngarhi</i> en la costa occidental de B. C. S., conforme a cada una de las cinco zonas de reducción de stock del viaje 3 .....	38
Fig.19 Disponibilidad media de <i>C. johngarhi</i> en cada una de las zonas de reducción de stock en la costa occidental de B. C. S. ....	43

## **LISTA DE APÉNDICES**

	Página
Apéndice 1 Grupos de lances utilizados en la definición de la distancia máxima para la conformación de zonas de reducción de stock. ....	64
Apéndice 2 Gráficas de Captura por unidad de esfuerzo vs Captura acumulada y Captura por unidad de esfuerzo vs Esfuerzo acumulado en zonas de reducción de stock. ....	67
Apéndice 3 Distribución de probabilidad de los estimados de disponibilidad.....	73
Apéndice 4 Perfiles de máxima verosimilitud del coeficiente de capturabilidad.....	80

## RESUMEN

Los estudios sobre *Cancer johngarathi* Carvacho, 1989 son escasos. Su distribución comprende desde Isla Guadalupe hasta Panamá incluyendo el Golfo de California. El Cangrejo *C. johngarathi* ha despertado gran interés debido a que por su talla y abundancia en la costa occidental de Baja California Sur, se le considera como un recurso con potencial de ser explotado comercialmente. Por lo anterior se genera la necesidad de desarrollar investigaciones que permitan conocer el potencial del recurso y que ayuden en la toma de decisiones para una posible explotación comercial. En el presente trabajo se plantea el objetivo de evaluar el tamaño poblacional de *C. johngarathi*. Se realizaron tres cruceros de pesca exploratoria con trampas cangrejeras frente a la costa occidental de Baja California Sur entre los 23° y 26° N y los 110° y 113° W. Se recolectó información referente a las operaciones de pesca y a las características de la captura. Se analizaron las operaciones de pesca y se utilizaron los métodos de reducción de stock para estimar la disponibilidad y la capturabilidad. Los parámetros de los modelos de reducción de stock fueron estimados mediante una función de máxima verosimilitud. Debido a la variabilidad presente en los datos se incorpora incertidumbre con el objeto de expresar esta variabilidad en términos de probabilidad. Se calcula la tasa de cosecha para evaluar el efecto de la pesca en la población disponible. Los resultados muestran que en los tres cruceros se realizaron 204 lances con una captura total de 393,272 organismos. La unidad de esfuerzo fue definida como hora-trampa (una hora de operación de una trampa). La captura por unidad de esfuerzo fue mayor en los 25° N. Se definieron 15 zonas de reducción de stock en donde la disponibilidad media varió de 0.127 a 14.3 millones de cangrejos y la capturabilidad de 0.0000089 a 0.0013. En general los valores de la tasa de cosecha oscilaron alrededor de 1%. Se demuestra la presencia significativa de *C. johngarathi* frente a la costa occidental de Baja California Sur y se pone de manifiesto su potencial pesquero.

## ABSTRACT

The knowledge about *Cancer johngarhi* Carvacho, 1989 is scarce. Its distribution is found from Isla Guadalupe to Panama, including the Gulf of California. The Crab *C. johngarhi* has caused a great interest, due to its size and abundance in the west coast of Baja California Sur, it is considered as a resource with a great potential to be commercially exploited. Therefore, the need to develop investigations is really important, which permit to know the potential of the resource and help with the process of making decisions concerning a possible commercial exploitation. The assessment of the stock size of *C. johngarhi* is the main purpose of this investigation. Three cruises of exploratory fishing with crab traps were conducted in front of the west coast of Baja California Sur, between 23°-26° N and 110°-113° W. Information concerning fishing operations and catch features was collected. Fishing operations were analyzed and stock reduction methods were used to estimate the availability and catchability. The parameters of the stock reduction models were estimated through a maximum likelihood function. Due to the current variability in the information, the uncertainty is incorporated with the purpose to express this variability in probability terms. The harvest rate is calculated in order to quantify the fishing effects in the available population. The results show that the three cruises threw 204 trap traps with a total catch of 393,272 crabs. The unit effort was defined as trap-hour (one hour of the operation of a trap). The catch per unit effort was higher in the 25° N. 15 reduction stock zones were defined, where the average availability varied from 0.127 to 14.3 millions of crabs and the catchability from 0.0000089 to 0.0013. The values of the harvest rate varied around 1%. The meaning presence of *C. johngarhi* is shown in front of the west coast of Baja California Sur and its fishing potential was proved.

## I. INTRODUCCIÓN

La explotación de cangrejos representa, en algunos países, una fuente de ingresos importante, además de que son un excelente alimento ya que son ricos en proteínas y minerales y contienen poca grasa. Los cangrejos que comúnmente son consumidos alrededor del mundo, pertenecen a las familias Lithodidae, Majidae, Cancridae, Portunidae y Xanthidae entre otras (Haefner, 1985).

Pesquerías importantes de cangrejos en el mundo son las de “Dungeness Crab” (*Cancer magister*) en la costa oeste de los Estados Unidos en los estados de California, Oregon, Washington y Alaska y Columbia Británica en Canadá. La del cangrejo de piedra (*Menippe mercenaria*) de Florida en la costa sureste de los Estados Unidos, de Carolina del Norte a Florida, el Golfo de México y el Caribe y que representa una importante pesquería para Estados Unidos y Cuba. El “Edible Crab” (*Cancer pagurus*) en las costas del noroeste de Europa, es un importante recurso para Inglaterra y también es capturado por Noruega, Portugal, España e Irlanda. El “Snow Crab” (*Chionoecetes opilio*), que se pesca por Canadá en aguas profundas y frías del Atlántico noroeste. Otras especies de *Chionoecetes* son pescadas en el Pacífico Norte y en el mar de Japón por Estados Unidos y Japón. El “King Crab” (*Paralithodes* spp) es un importante recurso en el Pacífico Norte (FAO, 2000). La producción mundial de cangrejos ha presentado una tendencia de incremento en los últimos años, en 1995 se registraron 951,645 ton y en el 2001, 1,096,371 ton. El valor de la captura mundial en 2001 ascendió a 2,631 millones de dólares, lo que coloca a la pesca de cangrejos como una de las más importantes en lo que se refiere al valor económico.

Los métodos de captura de cangrejos más comunes son las trampas y las redes. Las trampas son cebadas y bajadas al fondo del mar atadas por un cabo a una boya y se dejan por uno o dos días. Las trampas tienen una o más bocas por donde a los cangrejos les es fácil entrar no salir. Las embarcaciones para realizar la

pesca de cangrejo en alta mar cuentan con la capacidad de llevar varios cientos de trampas a bordo y en ocasiones están provistas de tanques para almacenar hasta 12,000 cangrejos vivos (Haefner, 1985). También se realiza la pesca de cangrejo en aguas costeras utilizando pequeñas embarcaciones con motor fuera de borda. Otro tipo de arte que se utiliza para la captura de cangrejo son las redes de arrastre. En la fauna de acompañamiento de las redes camaroneras los cangrejos constituyen un porcentaje importante (Hendrickx, 1985).

En México el género *Cancer* se presenta sólo en el litoral del Pacífico, en donde se encuentran ocho de las 10 especies que habitan las costas occidentales de América del Norte (Carvacho y Bonfil, 1989). Las especies de mayor tamaño son explotadas comercialmente en el estado de Baja California, especialmente en torno al puerto de Ensenada. La especie principal es *C. anthonyi* pero es frecuente encontrar en el mercado a *C. antennarius*, *C. productus* y *C. gracilis*. El producto es consumido fresco en el mercado local o es exportado a los Estados Unidos (Carvacho y Bonfil, 1989). La pesca de estas especies se realiza principalmente en profundidades menores a 30 brazas y el esquema de manejo está basado en la expedición de permisos de pesca comercial que definen disposiciones administrativas como especies y áreas autorizadas, talla mínima de captura y la prohibición de pesca de hembras ovígeras.

El cangrejo *Cancer johngarthi* Carvacho, 1989, no es explotado comercialmente pero es una de las especies registradas en prospecciones que se han realizado con redes de arrastre y trampas en las costas de Baja California Sur (Leija-Tristán *et al.*, 1992; Fiol y Cervantes, 1996). Esta especie ha generado un mayor interés ya que por su abundancia y talla se le considera con un buen potencial para sustentar una pesquería comercial (Fiol y Cervantes, 1996).

Los cangrejos de la familia Cancridae son típicamente asociados con aguas templadas o boreales, en donde representan un recurso natural importante. *C.*

*johngarhi* presenta una distribución más bien tropical, pero la mayoría de las colectas corresponden a especímenes capturados en aguas profundas (Hendrickx, 1993).

En México la totalidad de las actividades pesqueras artesanales y de arrastre que se desarrollan en la plataforma continental corresponden a un área de menos del 6.5 % de la superficie de la zona económica exclusiva. La pesca de algunos recursos poco conocidos en México (v. gr. camarones de la familia Pandalidae) en profundidades entre 200 y 1000 m tienen un área potencial por ser explotada similar (Hendrickx, 1993). Una revisión de estos números y su relación con las zonas de operación de la flota pesquera de México, lleva a la conclusión de que las zonas de más de 200 m de profundidad no están aprovechadas, esto a pesar de que pueden ofrecer condiciones propicias para la presencia de una diversidad de recursos potencialmente explotables.

En el caso particular de *C. johngarhi* y del interés que ha despertado para una posible explotación comercial, se genera la necesidad de evaluar el stock explotable, especialmente en las primeras etapas de desarrollo de las pesquerías, cuando es importante tener una idea del potencial de desarrollo (Hilborn y Walters, 1992).

En este trabajo se evalúa el tamaño poblacional del cangrejo *C. johngarhi* basado en trabajos de pesca exploratoria con trampas cangrejeeras que se realizaron frente al litoral del Pacífico de Baja California Sur. Los métodos utilizados para la evaluación son los denominados de "Reducción de Stock" los cuales comprenden los modelos de Leslie y Davis (1939), DeLury (1947) y su modificación para poblaciones abiertas (Hilborn y Walters, 1992). Estos modelos de resultan atractivos en la estimación de la biomasa inicial por los pocos requerimientos que tienen, tanto de información como de estimación de parámetros.

## II. ANTECEDENTES

El género *Cancer* es característico de aguas someras en mares templados y con frecuencia son explotados comercialmente (Carvacho y Bonfil, 1989). En general, las especies pertenecientes a este género presentan un desarrollo larvario con cinco estadios de zoea y una megalopa; esta última, distinguible por la persistencia de la espina dorsal que caracteriza también a las zoeas (Iwata y Konishi, 1981). El reclutamiento se lleva a cabo por lo general en aguas poco profundas y en ocasiones en aguas estuarinas; donde los juveniles inician la migración y conforme crecen, se van desplazando a profundidades mayores, que en general no exceden los 200 m. La reproducción es a menudo poligínica (Orensanz y Gallucci, 1998) y la cópula se realiza con la hembra recién mudada. La fecundidad es alta, pudiendo una hembra llegar a poner hasta 5 millones de huevos de una vez. Sus hábitos alimentarios son variados y aunque se trata de especies de preferencia carroñeras, son depredadores activos de cirripedios y bivalvos.

Los estudios sobre *C. johngarthi* son escasos. Esta especie fue erróneamente considerada como *Cancer porteri* Rathbun, la cual presenta una distribución frente a las costas de Chile y Perú, hasta que Carvacho (1989) hizo la diferenciación basado en aspectos biológicos. La principal diferencia mencionada por Carvacho (1989) es el desarrollo de tenazas de gran tamaño en los machos de *C. porteri*, en contraparte con *C. johngarthi* en donde crecimiento de las tenazas es isométrico con respecto al caparazón y no existen diferencias entre machos y hembras en este apéndice.

*C. johngarthi* ha sido encontrado en aguas del Pacífico templado (oeste de Baja California, Isla Guadalupe), en el Golfo de California (Río San Lorenzo, Sinaloa y Bahía de La Paz) y en el Pacífico tropical (Bahía Magdalena, B. C. S. y Bahía de Panamá, Panamá), en profundidades que van desde los 90 a los 523 m (Carvacho, 1989). *C. johngarthi* es una de las pocas especies de *Cancer* que habitan regiones tropicales, situándose por debajo de la termoclina y en fondos blandos (Carvacho y

Bonfil, 1989). En el estudio publicado por Carvacho (1989) se menciona que *C. johngarhi* parece preferir aguas profundas, en concordancia con la conocida relación de los *Cancer* y la temperatura del agua. Las especies de este género por lo general habitan en latitudes altas y los que habitan en latitudes bajas la profundidad parece compensar las necesidades térmicas, como son los casos de *C. borealis* y *C. irroratus* en Florida y especialmente *C. guezei* en Madagascar (MacKay, 1943; Nations, 1975).

*C. johngarhi* se distingue por presentar color obscuro en el extremo de los dáctilos de los quelípedos además de no presentar dientes fuertes en los márgenes anterolaterales del caparazón como las restantes especies de *Cancer* del Pacífico americano (Carvacho, 1989; Fiol y Cervantes, 1996).

A *C. johngarhi* se le ha referido como Jaiba limón del norte (Fischer, *et al.*, 1995), cangrejo rojo (Leija-Tristán *et al.*, 1992) y también en la Carta Nacional Pesquera como cangrejo mexicano del Pacífico.

Según la clasificación de Bowman y Abele (1982) y Carvacho (1989), el cangrejo *C. johngarhi* tiene la siguiente posición taxonómica:

Phylum: Arthropoda.

Superclase: Crustacea Pennaut, 1777.

Clase: Malacostraca Latreille, 1803.

Subclase: Eumalacostraca Grobben, 1892.

Orden: Decapoda Latreille, 1803.

Infraorden: Brachyura Latreille, 1803.

Sección: Cancridea Latreille, 1803.

Familia: Cancridae Latreille, 1803.

Género: *Cancer* Linnaeus, 1758.

Especie: *C. johngarhi* Carvacho, 1989.



**Fig. 1** Cangrejo *Cancer johngarthi* Carvacho, 1989

Leija-Tristan *et al.* (1992), realizaron el primer estudio de *C. johngarthi* en cuanto a su distribución, abundancia y reproducción, basados en muestreos realizados en la costa occidental de Baja California Sur, entre los 24° y 28° N, por medio de arrastres de fondo con red camaronesa. En dicho trabajo mencionan que *C. johngarthi* fue capturado entre los 90 y 245 m de profundidad a temperaturas que variaron de 11.5° C a 15° C. La mayor abundancia la encontraron hacia el paralelo 24° N. Los autores sugieren que la población puede estar aclimatada a condiciones donde la productividad es alta, debido a la distribución encontrada en las bocas del complejo lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, la boca de La Soledad y la Bahía de San Juanico (Lechuga-Devéze *et al.*, 1989). Esto se origina por la presencia de zonas de surgencia y por el aporte de materia orgánica particulada acarreada

mediante el intercambio de masa de agua de las franjas costeras protegidas y semiprotegidas al medio oceánico (Acosta-Ruiz y Lara-Lara, 1978).

Carvacho y Bonfil (1989) hacen mención de la afinidad de los *Cancer* a zonas templadas y frías; en el caso de *C. johngarthi*, la zona de estudio (costa occidental de Baja California Sur) se caracteriza por tener influencia periódica de masas de aguas tropicales (Reid *et al.*, 1958; Lynn y Simpson, 1987; Cervantes-Duarte y Hernández-Trujillo, 1989), a lo que los individuos de esta especie reaccionan con desplazamientos a profundidades mayores, a veces de hasta más de 200 m. El registro de las máximas abundancias relativas se da en el mes de septiembre, entre las isóbatas de 140-159 m y 200-219 m. Se identifican los meses de marzo y septiembre como periodos de reclutamiento debido a las mayores abundancias en esos meses. En cuanto a la proporción sexual encuentran una disparidad en la proporción de sexos a favor de los machos, sugiriendo que puede tratarse de una especie poliándrica o por la existencia de una segregación espacial por sexos como resultado de un comportamiento diferencial y mencionan que la temporada de reproducción podría ocurrir en verano y otoño.

Sánchez Ortiz *et al.* (1997) mencionan que *C. johngarthi* junto con *Platymera gaudichaudii* fueron las especies más abundantes en prospecciones que se hicieron en aguas profundas en el centro y norte de la Bahía de la Paz, por medio de trampas. Los organismos capturados en estas prospecciones fueron principalmente de tallas pequeñas, de 65 a 90 mm de ancho de caparazón. Cervantes *et al.* (1994), mencionan la captura de un ejemplar de 180 mm de ancho por 100 mm de largo que, hasta esa fecha era el tamaño máximo citado de esta especie.

Fiol y Cervantes (1996) mencionan a *C. johngarthi*, *Platymera gaudichaudii*, *Maiopsis panamensis* y *Stenocionops ovata* como especies factibles a la explotación comercial. Estos autores destacan que *C. johngarthi* fue la especie más abundante en los muestreos exploratorios realizados en la Bahía de La Paz y frente a Bahía

Magdalena en profundidades de 220-300 m y 480 m respectivamente y concluyen que por su abundancia, tallas y pesos, *C. johngarhi* se puede considerar con un buen potencial para iniciar una pesquería comercial.

En el 2002 la empresa Acuaproductos Baja S. A. de C. V. obtuvo un permiso de pesca de fomento e inicia operaciones de pesca exploratoria de cangrejos con la embarcación "Pacific Brezze" frente a la costa occidental de Baja California Sur. De esta manera se desarrolla el proyecto de investigación "Pesca exploratoria de cangrejos y langostilla en la costa occidental de Baja California Sur" con la participación conjunta de Acuaproductos Baja, CICIMAR y CIBNOR. Bajo este proyecto de investigación se desarrolló el presente trabajo. En este mismo contexto Ramírez-Rodríguez *et al.* (2003) analizan la captura por unidad de esfuerzo de *C. johngarhi* en tres viajes de pesca de la embarcación "Pacific Brezze" en la costa occidental de Baja California Sur, encontrando un gradiente en la abundancia relativa cuyos valores aumentan hacia el norte.

En lo que se refiere a las evaluaciones de poblaciones de cangrejos en diferentes regiones y pesquerías del mundo, éstas han consistido desde análisis descriptivos de estadísticas de pesca, métodos de reducción de stock, modelos de biomasa dinámica, hasta modelos estructurados por edad o talla (Bailey y Elnor, 1989; Dawe *et al.*, 1993; Collie y Kruse, 1998; Arana, 2000; Smith y Addison, 2003;).

Los métodos de reducción de stock han sido aplicados rutinariamente en la pesquería de *Chionoectes opilio* en Canadá. En esta pesquería se han obtenido estimaciones de abundancia por el modelo de Leslie, las cuales son utilizadas para determinar cuotas de captura para la siguiente temporada de pesca (Bailey y Elnor, 1989). También se han evaluado por estos métodos poblaciones de *Callinectes sapidus* (Fischler, 1965), *Cancer magister* (Gotshall, 1978; Methot y Botsford, 1982) y de *Paralithodes spp.* (Otto, 1986).

En general las discusiones sobre la utilización de estos métodos se han centrado en los supuestos en que están basados, tales como capturabilidad constante, distribución uniforme del esfuerzo de pesca, unidades de pesca independientes y la consideración de población cerrada (Miller y Mohn, 1993; Smith y Addison, 2003).

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Las recientes operaciones de pesca exploratoria de cangrejos que se están llevando a cabo frente a la costa occidental de Baja California Sur y de las cuales el cangrejo *C. johngarhi* ha representado casi la totalidad de las capturas, genera la necesidad de desarrollar investigaciones que permitan conocer el potencial del recurso y que ayuden a la toma de decisiones para una posible explotación comercial.

En la actualidad son pocos los conocimientos que se tienen de *C. johngarhi* en las aguas del Pacífico mexicano. Por lo anterior, y en concordancia con las operaciones de pesca exploratoria que se están realizando en la costa occidental de Baja California Sur, se plantea el presente trabajo, en el que se evalúa el tamaño de la población explotable. Este tipo de estudios son imprescindibles para emprender subsecuentes proyectos de viabilidad y para la puesta en práctica de medidas y estrategias de explotación que permitan un manejo sostenible.

## **IV. OBJETIVO**

Evaluar el tamaño poblacional del cangrejo *C. johngarhi*, en la costa occidental de Baja California Sur, México.

### **4.1 Ojetivos específicos**

1. Describir las operaciones de pesca
2. Determinar la unidad de esfuerzo
3. Determinar la disponibilidad de *C. johngarhi* por el método de reducción de stock.

## **V. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **5.1 Área de estudio**

El área de estudio está situada frente a la costa occidental de Baja California Sur entre los 23°19' y 26°04' de latitud norte y entre los 110°16' y 113°32' de longitud oeste (Fig. 1). Frente a la costa occidental de la Península de Baja California existe una circulación a gran escala relacionada con el flujo geostrófico de la Corriente de California, presentándose en una franja de 480 km de amplitud y de 200 m de profundidad, con dirección al SE y paralela a las costas de Baja California. Esta región se caracteriza por la ocurrencia de surgencias de aguas frías, ricas en nutrientes. Las surgencias se presentan durante todo el año pero su intensidad es mayor en primavera y principio de verano. Conjuntamente, gran parte de la costa occidental de México se encuentra bajo la influencia de complejas corrientes costeras y estacionales, así como el sistema de remolinos locales (Wirtky, 1965). El clima que predomina en la región es el seco desértico con lluvias escasas en verano.



**Fig. 2. Zona de estudio. Costa occidental de Baja California Sur.**

## **5.2 Origen de la información**

La información utilizada para la realización de este trabajo proviene de los muestreos realizados a bordo de la embarcación denominada "Pacific Brezze", durante tres viajes de pesca exploratoria con trampas cangrejas, frente a la costa occidental de Baja California Sur, entre noviembre de 2002 y febrero de 2003.

Las características de la embarcación empleada son:

- Eslora: 25.55 m
- Manga 8.53 m
- Puntal 5.85 m
- Tonelaje Bruto: 233 ton
- Tonelaje Neto: 130 ton
- Máquina Principal: (1) Caterpillar 3412 (530 hp)
- Máquina Auxiliar: (2) Detroit Diesel (671 hp)
- Capacidad de Combustible: 79,000 L
- Capacidad de Agua: 12,000 L

La embarcación cuenta con sistemas de navegación, comunicación, video sonda, equipo para el largado y recobrado de las trampas, área de procesamiento y bodega de conservación del producto capturado. La operación del barco se lleva a cabo por 1 técnico pesquero y 14 tripulantes, de los cuales, 9 operan en el área de cubierta en la preparación de trampas, lance, recobrado y selección de organismos, 3 en la fase de proceso del producto y 2 en la bodega. El registro a bordo de la embarcación de la información relativa a las maniobras de pesca y características de la captura se efectuó por 3 observadores científicos.

Para la realización de la pesca, se contó con 785 trampas cónicas de 150 x 75 x 65 cm, cuyo armazón es de varilla de hierro cubierta de plástico, forradas de red de

nylon, alguna de ellas con luz de malla de 41 mm en el cuerpo y 108 mm en el fondo, y otras de 108 mm en toda su estructura. La boca de entrada se localiza en la parte superior, teniendo algunas variaciones en el enmallado, así como en el tamaño de los embudos de entrada. Los equipos de pesca operaron a profundidades que oscilaron entre 80 y 300 m. El proceso de preparación de las trampas consta de varias fases: cerrado de la parte inferior de la misma; colgado de bolsas de carnada (sardina fresca congelada) por debajo del nivel inferior del embudo de plástico de entrada; enganchado a la línea madre, y botado al mar por la popa. Se armaron 8 líneas tratando de que cada una llevara alrededor de 100 trampas. La distancia entre trampas varía de los 35 a los 40 m. El tiempo de reposo en el agua varía de uno a dos días. Después de recobradas, en cubierta, se abre la parte inferior de la trampa para retirar los organismos capturados, se quita la bolsa de carnada y se apilan para la siguiente maniobra.

### **5.3 Muestreo adaptativo**

Debido a la carencia de información específica sobre la distribución del cangrejo, se siguió un diseño de muestreo adaptativo (Thompson, 1991). En un principio la decisión de hacia donde dirigirse a pescar fue a criterio del capitán de la embarcación, aprovechando el conocimiento empírico del mismo. Una vez realizado el primer lance, se efectuaron lances de prueba aleatorios hasta la localización de caladeros con abundancias que permitieran pensar en operaciones típicamente comerciales.

Los modelos de evaluación de población utilizados en este trabajo (métodos de reducción de stock), requieren que en lances sucesivos y cercanos se observe una disminución en el índice de abundancia (captura por unidad de esfuerzo). Una vez localizado el caladero se efectuaron lances de manera repetida, hasta detectar cambios en la abundancia (CPUE). Por la forma del diseño de muestreo adaptativo,

la distribución espacial de los lances determinó la información que se utilizó para realizar los análisis propuestos.

#### **5.4 Descripción de las operaciones de pesca**

La descripción de las operaciones de pesca exploratoria de cangrejo, se realizó considerando para cada uno de los cruceros analizados, las siguientes variables:

- 1) Número de lance
- 2) Fecha final de largado
- 3) Hora final de largado
- 4) Latitud de inicio de largado
- 5) Longitud de inicio de largado
- 6) Profundidad de inicio de largado
- 7) Profundidad final de largado
- 8) Fecha de inicio de cobrado
- 9) Hora de inicio de cobrado
- 10) Número de trampas cobradas
- 11) Captura por lance

A partir de estas once variables se calcularon las siguientes:

- 1) **Profundidad media del lance.** Calculada como el promedio de las profundidades inicial y final del lance.
- 2) **Diferencia de profundidad del lance.** Calculada como el valor absoluto de la diferencia entre las profundidades inicial y final del lance.
- 3) **Tiempo efectivo de pesca del lance.** Calculado como el tiempo transcurrido en horas, entre la fecha y hora final de largado y fecha y hora del inicio de cobrado del lance.

- 4) **Esfuerzo de pesca.** Definido como hora-trampa (una hora de operación de una trampa) y estimado a partir del tiempo efectivo de pesca del lance por el número de trampas cobradas del mismo.
- 5) **Distancia entre lances.** Calculada como la distancia en millas náuticas de lances sucesivos, definido por la posición geográfica del lance.
- 6) **Posición geográfica del lance.** Definida por la latitud y longitud del inicio del largado del lance.
- 7) **Captura por trampa.** Calculada como la captura del lance en número de organismos, entre el número de trampas cobradas del lance.
- 8) **Captura por Unidad de Esfuerzo.** Calculada como la captura en número de organismos del lance entre el esfuerzo del lance en horas-trampa.
- 9) **Captura por latitud.** Calculada por la suma de las capturas de los lances agrupados por cada medio grado de latitud.
- 10) **CPUE por latitud.** Calculada por el promedio de las CPUE de los lances agrupados por cada medio grado de latitud.
- 11) **Captura por profundidad.** Calculada por la suma de las capturas de los lances agrupados por cada 20 brazas de profundidad.
- 12) **CPUE por profundidad.** Calculada por el promedio de las CPUE de los lances agrupados por cada 20 brazas de profundidad.

#### **5.4.1 Determinación de la unidad de esfuerzo**

La determinación de la unidad de esfuerzo se realizó mediante la exploración de las variables antes mencionadas y se eligió la que se consideró reflejaba de mejor manera la mortalidad por pesca.

## 5.5 Determinación de zonas de reducción de stock

Para la aplicación de los métodos de reducción de stock se deben definir en un principio zonas delimitadas geográficamente en donde se realicen extracciones sucesivas y donde se observe un patrón de disminución de la CPUE. En este caso la delimitación de zonas *a priori* no fue viable puesto que podría darse el caso que los rendimientos no compensaran los gastos de operación de la embarcación. Aunado a esto, como se mencionó anteriormente, no existe información disponible acerca de la distribución del recurso, de esta manera se procedió como se apunta en la sección de muestreo adaptativo.

Para la delimitación de las zonas experimentales, se buscó un criterio cuantitativo formal, que pudiera aplicarse de manera estandarizada a todos los lances de pesca efectuados. En primera instancia se generaron mapas de distribución de los lances para cada crucero, se realizó un análisis de su distribución y se buscó agrupar lances cercanos donde existiera una tendencia de disminución en la CPUE, en lances sucesivos. Una vez identificados los grupos de lances que cumplían con esta condición, se calculó la distancia entre el primer lance y los sucesivos con el fin de identificar una distancia máxima en que se presenta el patrón esperado. La distancia entre lances fue calculada con la posición geográfica del inicio de cada lance, según Sparre y Venema (1992) de la siguiente manera:

$$D = 60 \sqrt{(Lat1 - Lat2)^2 + (Long1 - Long2)^2} \cos^2\left(\frac{Lat1 + Lat2}{2}\right) \quad (1)$$

Donde:

*Lat1* = Latitud del inicio de largado del primer lance

*Lat2* = Latitud del inicio de largado del lance subsecuente

*Long1* = Longitud del inicio de largado del primer lance

*Long2* = Longitud del inicio de largado del lance subsecuente.

De las distancias máximas encontradas en los diferentes grupos de lances, se obtuvo la media y se calculó la desviación estándar. La distancia máxima final que se aplicó para la conformación de zonas experimentales, se obtuvo del valor de la media más una desviación estándar, lo que permitió la definición de una distancia máxima que agrupara los lances en donde se observara el patrón deseado.

Este criterio fue definido como base para la selección de las zonas experimentales para realizar el experimento de reducción de stock, con el condicionamiento de que deben ser lances sucesivos en el tiempo.

## **5.6 Modelos de Reducción de Stock**

La evaluación del tamaño de la población se realizó por medio de los métodos de reducción de stock en particular por los modelos propuestos por Leslie y Davis (1939) y DeLury (1947), que consideran poblaciones cerradas y para la versión modificada para poblaciones abiertas (Hilborn y Walters, 1992). Se entiende como población cerrada, a aquella donde en términos de área experimental y del periodo de tiempo que dura el experimento, no existe, o se considera insignificante la ganancia o pérdida de individuos debido a efectos de mortalidad natural, reclutamiento o emigración e inmigración.

El concepto general detrás de los métodos de reducción de stock es examinar como las capturas, por pesca regular o experimental, influyen en la abundancia relativa (CPUE u otro índice de abundancia) de los organismos que permanecen en el stock en un área de pesca designada (Hilborn y Walters, 1992). En el caso más simple, para un stock cerrado donde no hay reclutamiento ni mortalidad, el concepto es esencialmente predecir que cantidad del total de las capturas (acumuladas) debe haber para conducir la abundancia relativa del stock a cero. Esta predicción del total

de capturas es un estimado del tamaño del stock inicial antes de que empezaran las capturas. En una situación más compleja, cuando se considera reclutamiento y mortalidad en el área de estudio durante el experimento, el concepto se extiende a tratar de estimar que cantidad de reclutamiento y mortalidad debe ocurrir para producir el patrón observado en la abundancia relativa.

La derivación de los modelos de reducción de stock es similar en las tres versiones utilizadas en este trabajo, como a continuación se explica:

### 5.6.1 Modelo de Leslie y Davis

El modelo de Leslie y Davis (1939) proviene de la combinación de dos modelos, uno de población y uno de observación. El modelo de población en que se relaciona la población al tiempo  $t$  ( $N_t$ ) con la población inicial ( $N_1$ ) menos las capturas efectuadas antes del tiempo  $t$  ( $K_{t-1}$ ), esta dado por:

$$N_t = N_1 - K_{t-1} \quad (2)$$

El modelo de observación considera una relación de proporcionalidad entre un índice de abundancia, en este caso la CPUE ( $C_t/F_t$ ), y el tamaño de la población ( $N_t$ ).

$$C_t / F_t = qN_t \quad (3)$$

Donde:

$q$  = Coeficiente de capturabilidad

Si se sustituye la ecuación (2) en (3) se obtiene:

$$C_t / F_t = qN_1 - qK_{t-1} \quad (4)$$

### 5.6.2 Modelo de DeLury

Una situación similar es definida por el modelo de DeLury (1947), en el que el modelo de población esta dado por:

$$N_t = N_1 e^{-qEt} \quad (5)$$

Donde:

E = Esfuerzo acumulado

Sustituyendo la ecuación (5) en (3), tenemos:

$$C_t / F_t = qN_1 e^{-qE} \quad (6)$$

Tomando logaritmos en ambos lados de la ecuación tenemos:

$$\ln(C_t / F_t) = \ln(qN_1) - qE_t \quad (7)$$

Con ambos modelos se pueden obtener estimaciones de población inicial ( $N_0$ ) calculado como  $N_0 = qN_1/q$  para el modelo de Leslie, y en el modelo de DeLury el estimado de población inicial será  $N_0 = e^{-qN_1}/q$ , siendo q un parámetro estimado en ambos modelos.

### 5.6.3 Modelo de Reducción de Stock para poblaciones abiertas (Hilborn y Walters, 1992).

La derivación del método para poblaciones abiertas procede de la misma manera que para los métodos de población cerrada, con dos modelos, uno de población y otro de observación. El modelo de población está dado por:

$$N_t = G_{t-1} [N_{t-1} - C_{t-1}] + R_t \quad (8)$$

Esto es que el tamaño de la población a un tiempo  $t$  ( $N_t$ ), es dada por un factor  $G_{t-1}$  por el número de sobrevivientes  $N_{t-1} - C_{t-1}$  del último período de extracción, más el número de nuevos reclutas  $R_t$ . Donde  $C_{t-1}$  son las capturas antes del tiempo  $t$  y  $G_t$  representa un factor combinado de crecimiento-supervivencia de la forma:

$$G_t = s[\rho + \alpha / \bar{w}_t] \quad (9)$$

Donde:

$s$  = supervivencia

$\rho$  y  $\alpha$  = Constantes del modelo de Ford-Walford (Ricker, 1975)

$\bar{w}_t$  = peso medio al tiempo  $t$ .

Se obtuvieron estimados de mortalidad natural ( $M = 0.84 \text{ año}^{-1}$ ), longitud asintótica ( $L_\infty = 180 \text{ mm}$ ) y  $K = 0.58 \text{ año}^{-1}$ , que fueron tomados de Arreguín-Sánchez *et al.* (2003). La supervivencia ( $s$ ) fue calculada como:

$$s = e^{-M} \quad (10)$$

Con los datos anteriores se resolvió el modelo de Ford-Walford (Ricker, 1975) para estimar las constantes  $\alpha$  y  $\rho$ :

$$L_{t+\Delta t} = \alpha + \rho L_t \quad (11)$$

Donde:

$L_t$  = Longitud al tiempo  $t$

$$\alpha = L_\infty (1 - e^{-\Delta t K})$$

$$\rho = e^{-K\Delta t}$$

Considerando el reclutamiento constante para el período de tiempo del experimento, el modelo de población se puede sustituir en si mismo para resolver  $N_2$ ,  $N_3$ , en términos de  $N_1$ , quedando de la siguiente forma:

$$N_t = K'_{t-1}N_1 - K''_{t-1} + K'''_tR \quad (12)$$

Donde:

$$\begin{aligned} K'_1 &= G_1; & K'_t &= K'_{t-1}G_t & \text{Para } t > 1 \\ K''_1 &= G_1C_1; & K''_t &= [K''_{t-1} + C_t]G_t & \text{Para } t > 1 \\ K'''_1 &= 0; & K'''_t &= K'''_{t-1}G_{t-1} + 1 & \text{Para } t > 1 \end{aligned}$$

En este caso se considera el tiempo (t) como el transcurrido entre el largado de dos lances sucesivos. Como este tiempo no es constante sino que varía de acuerdo a las maniobras pesqueras, se considera un  $\Delta t$  específico para cada par de lances. Así  $\Delta t$  es expresada en fracción de un día (24 hr) y de la misma forma los parámetros asociados a G (factor combinado de crecimiento-supervivencia).

La sustitución del modelo de población dado por la ecuación (12) en el modelo de observación (ecuación 3), queda expresado de la siguiente forma:

$$C_t / F_t = [qN_1]K'_{t-1} - [q]K''_{t-1} + [qR]K'''_t \quad (13)$$

Con la expresión anterior se pueden obtener estimados de población inicial ( $N_1$ ) como  $N_1 = qN_1/q$ , coeficiente de capturabilidad (q) y reclutamiento (R) como  $R = qR/q$ .

Para analizar el comportamiento del modelo a variaciones de los parámetros de entrada M y K, se realizó un análisis de sensibilidad para una zona de reducción de stock variando los valores de los parámetros +/- 10%.

## 5.7 Estimadores de máxima verosimilitud

La estimación de los parámetros de los modelos se realizó mediante la utilización de los estimadores de máxima verosimilitud (Hilborn y Walters, 1992; Hilborn y Mangel, 1997). La máxima verosimilitud permite encontrar el conjunto de parámetros del modelo que maximizan la probabilidad de que ocurran los datos observados (Haddon, 2002).

La utilización de estimadores de máxima verosimilitud requiere que se definan las probabilidades de los datos observados como una función de los valores de los parámetros y de las otras variables en el modelo (Haddon, 2002). Se eligió un tipo de distribución lognormal por tratarse de datos de captura y esfuerzo (Hilborn y Walters, 1992; Punt y Hilborn, 1996).

En el ajuste de los modelos se recomienda utilizar el logaritmo de la verosimilitud (LL) (Hilborn y Mangel, 1997), lo que se denomina función de soporte (Edwards, 1992). La razón es evitar errores de cálculo debido a que la verosimilitud puede adoptar valores muy pequeños. Así, el procedimiento consiste en minimizar el negativo del logaritmo de la función de máxima verosimilitud, que está dado por:

$$LL(CPUE|qN_0, q) = n \left[ \ln \sigma + \frac{1}{2} (\ln 2\pi) \sum \frac{(\ln U_{obs} - \ln U_{est})^2}{2\sigma^2} \right] \quad (14)$$

Donde:

$$\sigma = \frac{(\ln U_{obs} - \ln U_{est})^2}{n}$$

$U_{obs}$  = CPUE observada

$U_{est}$  = CPUE estimada

Debido a la variabilidad presente en los datos y su difícil estimación, es conveniente incorporar incertidumbre, con el objeto de expresar esta variabilidad en términos de probabilidad (Lindley, 1983; Hilborn, 1987).

Se calcularon perfiles de verosimilitud para cada parámetro involucrado en los modelos. El procedimiento que se sigue para encontrar el perfil de verosimilitud de un determinado parámetro, consiste en encontrar el valor de los otros parámetros involucrados en el modelo que minimicen la función del logaritmo de la verosimilitud para cada valor posible del parámetro en cuestión (Hilborn y Mangel, 1997).

Los perfiles de verosimilitud de cada parámetro se utilizan como función de probabilidad para generar números aleatorios. Esto se realizó 5,000 veces y se obtuvo una distribución de probabilidad para los estimados de disponibilidad.

También se calcularon intervalos de confianza al 95% del perfil de verosimilitud de cada parámetro (Haddon, 2000).

$$LL(\theta) = LL(\theta)_{\max} - \frac{\chi^2_{1.1-\alpha}}{2} \quad (15)$$

Donde:

$LL(\theta)$  = Logaritmo de la verosimilitud del parámetro ( $\theta$ )

$LL(\theta)_{\max}$  = Logaritmo de la máxima verosimilitud del parámetro ( $\theta$ )

$\chi^2_{1.1-\alpha}$  = (1 -  $\alpha$ ) percentil de la distribución  $\chi^2$  con un grado de libertad.

## **5.8 Tasa de cosecha**

Con el fin de valorar el efecto de las operaciones de pesca sobre la población disponible, se calculó la tasa de cosecha para cada una de las zonas de reducción de stock, la cual expresa la proporción de la población que fue capturada.

$$HR = \frac{C}{N} \quad (16)$$

Donde:

HR = Tasa de cosecha

C = Captura total

N = Tamaño de la población disponible.

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Descripción de las operaciones de pesca

Las operaciones de pesca exploratoria se llevaron a cabo de noviembre de 2002 a febrero de 2003, se realizaron tres viajes con una duración promedio de 15 días efectivos de pesca, se efectuaron un total de 204 lances con 17,743 trampas. La captura total en los tres viajes fue de 393,272 organismos (Tabla 1).

**Tabla 1. Fechas, días efectivos de pesca, número de lances y captura en 3 viajes de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S.**

Viaje No.	Fechas		Días efectivos de pesca	No. De lances	No. De trampas	Captura (No. de org.)
	Inicio	Final				
1	10/11/2002	23/11/2002	13	68	6135	115880
2	24/11/2002	09/12/2002	15	57	4924	166232
3	19/01/2003	07/02/2003	19	79	6684	111160
Total			47	204	17743	393272

Los lances de pesca se ubicaron frente a la costa oeste de Baja California Sur, entre los 23° 19' 26" y los 26° 47' 34" de latitud norte y entre los 110° 17' 15" y 113° 32' 28" de longitud oeste (Fig. 3). Los lances de pesca del primer viaje se ubicaron entre los 24° 46' 5" y los 25° 39' 23" de latitud norte y entre los 112° 32' 22" y los 113° 23' 99" de longitud oeste. En el segundo viaje los lances se ubicaron entre los 24° 52' 45" y los 26° 47' 34" de latitud norte y entre los 112° 36' 12" y los 113° 32' 28" de longitud oeste. En el tercer viaje los lances se situaron entre los 23° 19' 26" y los 25° 06' 69" de latitud norte y entre los 110° 17' 15" y los 112° 43' 73" de longitud oeste.



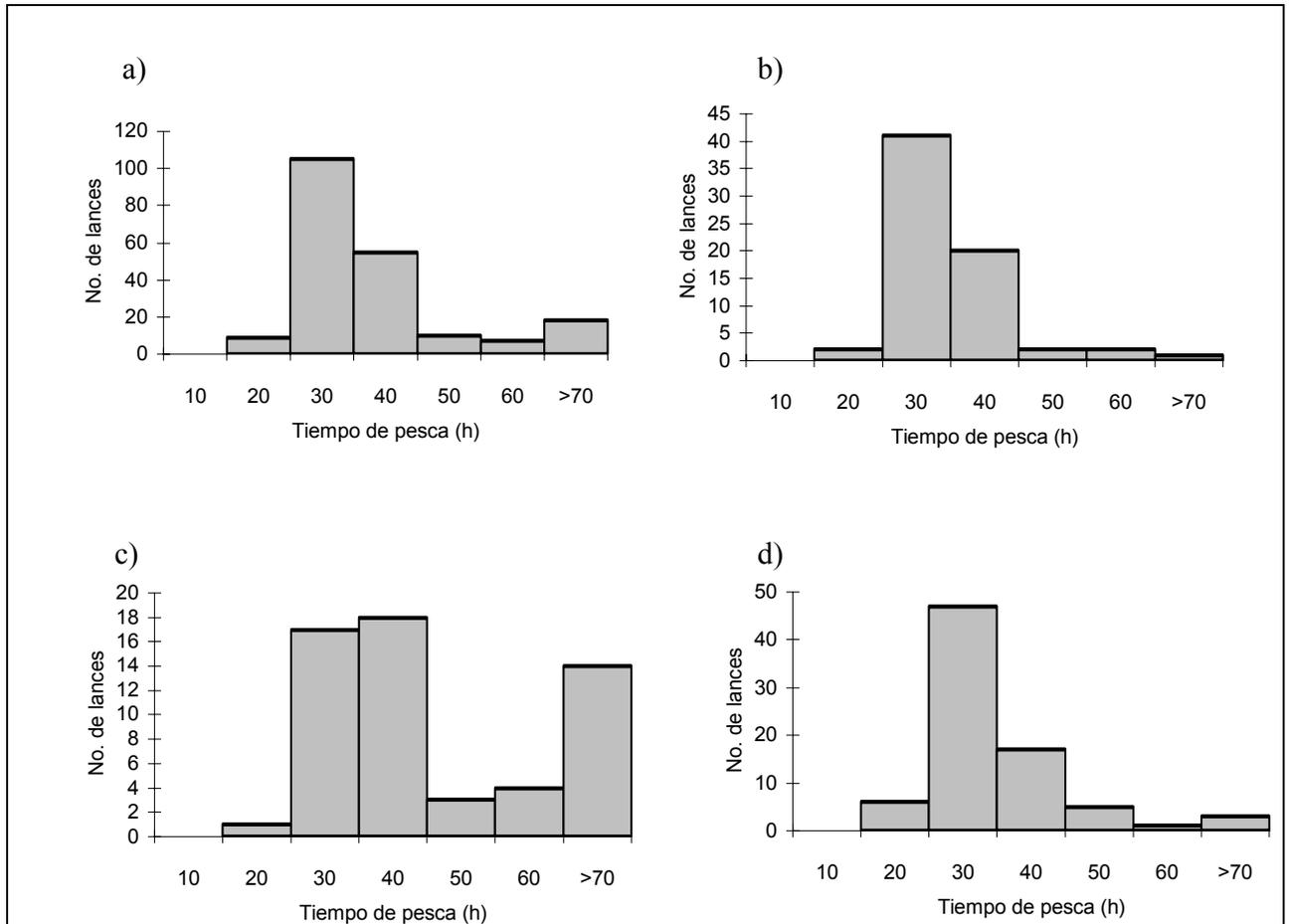


Fig. 4. Tiempo efectivo de pesca de lances en las operaciones de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S. a) Tres viajes. b) Viaje 1. c) Viaje 2. d) Viaje 3.

La profundidad en que operaron las artes de pesca tuvo un promedio de 199 m, con un máximo de 337 m y un mínimo de 71 m (Fig. 5a). El promedio de profundidad para el primer, segundo y tercer viaje fue de 182, 207 y 209 metros respectivamente (Fig. 5b, 5c y 5d).

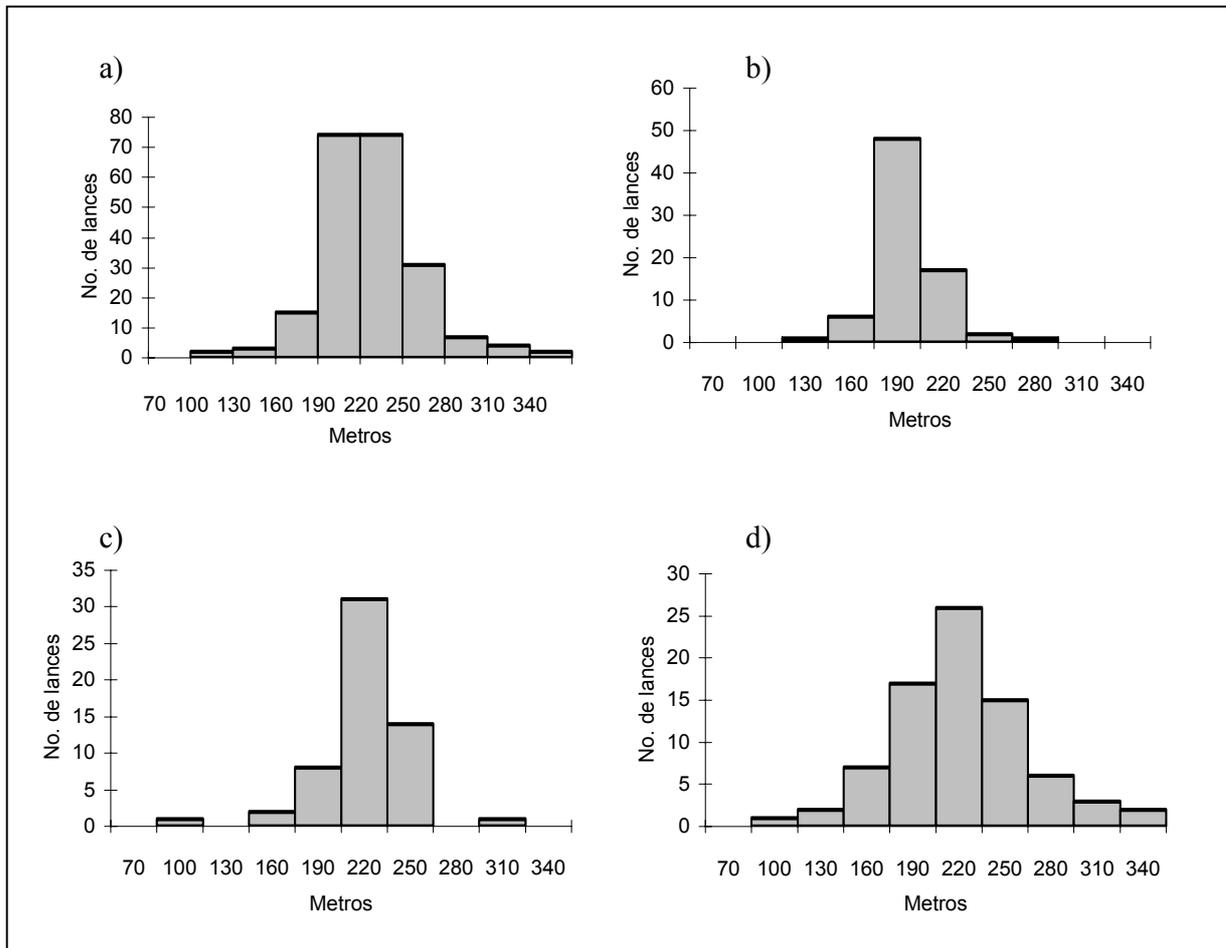
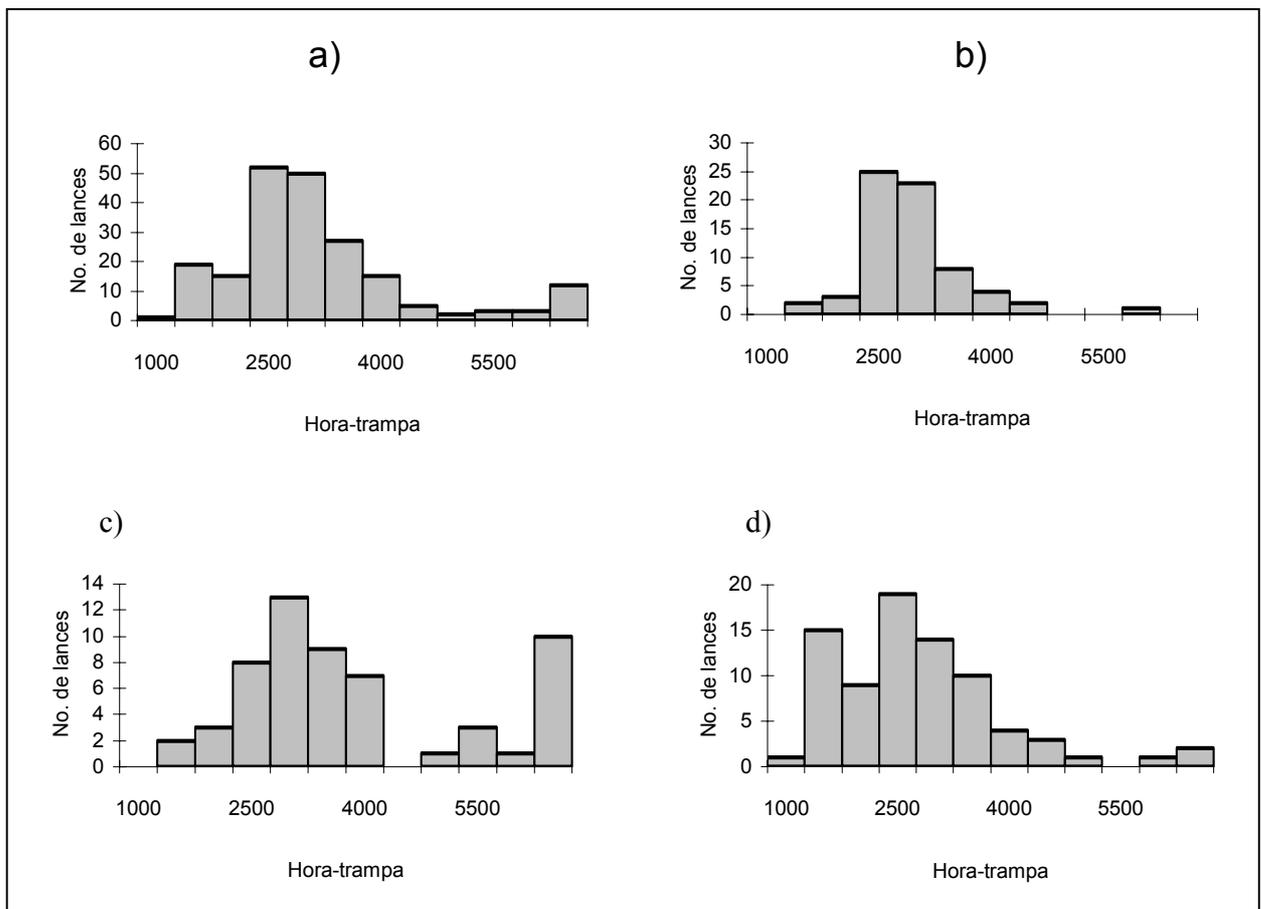


Fig. 5. Profundidad de lances en las operaciones de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S. a) Tres viajes. b) Viaje 1. c) Viaje 2. d) Viaje 3.

El número promedio de trampas utilizadas y recobradas en cada lance fue de 87.

En la elección de la unidad de esfuerzo se consideró que la medida de esfuerzo más adecuada debía ser aquella que pudiera representar con mayor

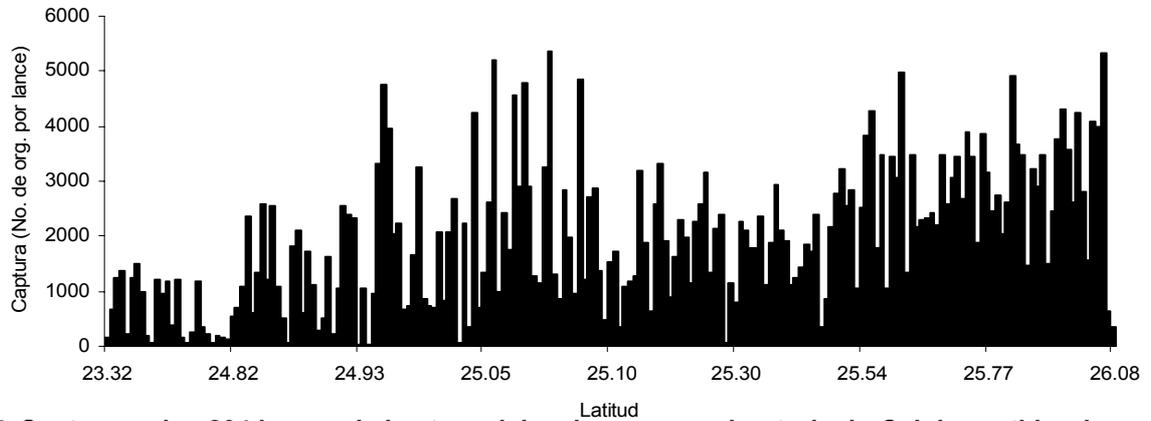
precisión el efecto de la pesca, definiéndose la unidad de esfuerzo como el número de trampas del lance por el tiempo efectivo de pesca, lo que se denominó Hora-Trampa (h-t). El esfuerzo de pesca tuvo un promedio para los tres viajes de 3,091 h-t, con un mínimo de 906 h-t y un máximo de 13,520 h-t (Fig. 6a). El promedio para el primero, segundo y tercer viajes fue de 2,260, 4,363 y 2,543 hora-trampa respectivamente (Fig. 6b, 6c y 6d).



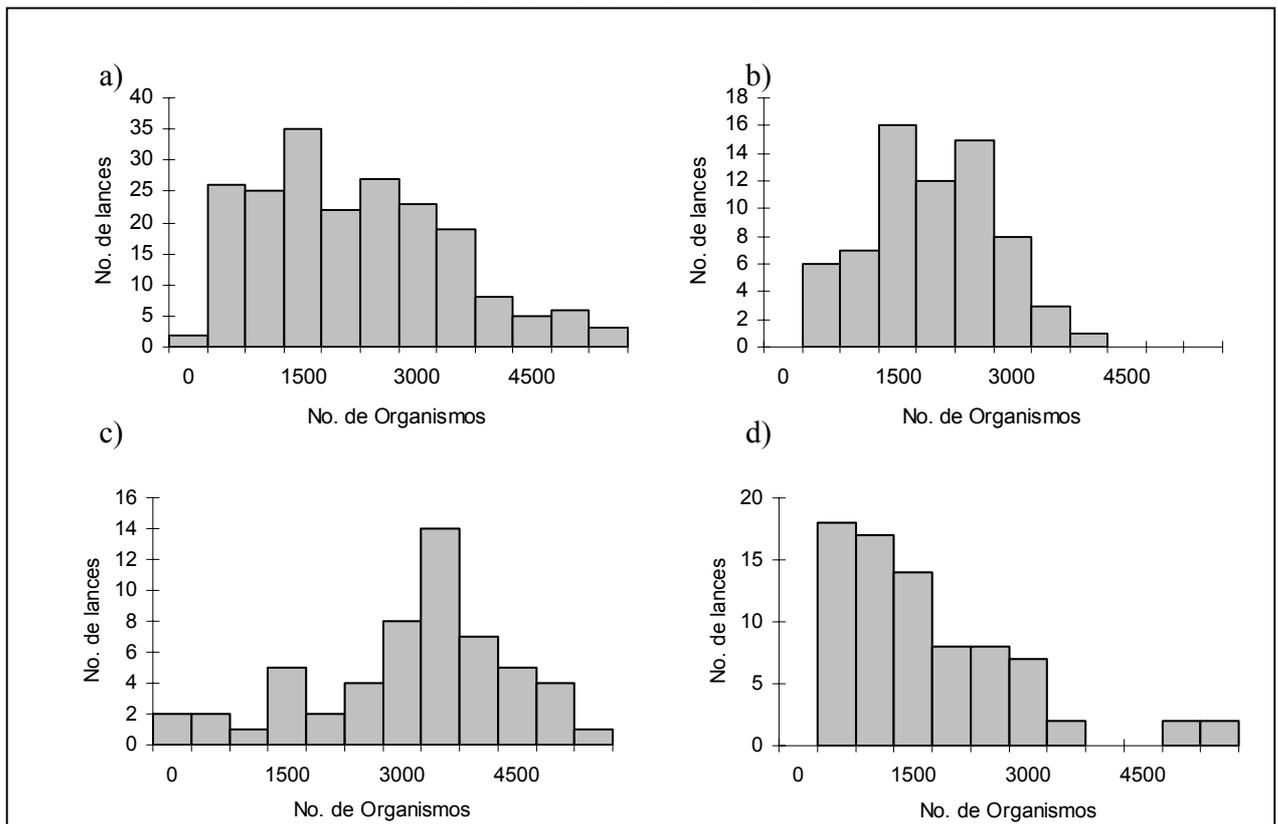
**Fig. 6. Esfuerzo ejercido en horas-trampa en las operaciones de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S. a) Tres viajes. b) Viaje 1. c) Viaje 2. d) Viaje 3.**

La captura por lance presentó un promedio de 1,916 organismos con un máximo de 5,358 y un mínimo de 0 organismos capturados por lance (Fig. 7 y 8a). En el primer viaje la captura promedio por lance fue de 1,619 organismos (Fig. 8b),

para el segundo viaje el promedio se ubicó en los 3,022 organismos (Fig. 8c) y en el tercer viaje el promedio fue de 1,425 organismos capturados por lance (Fig. 8d).



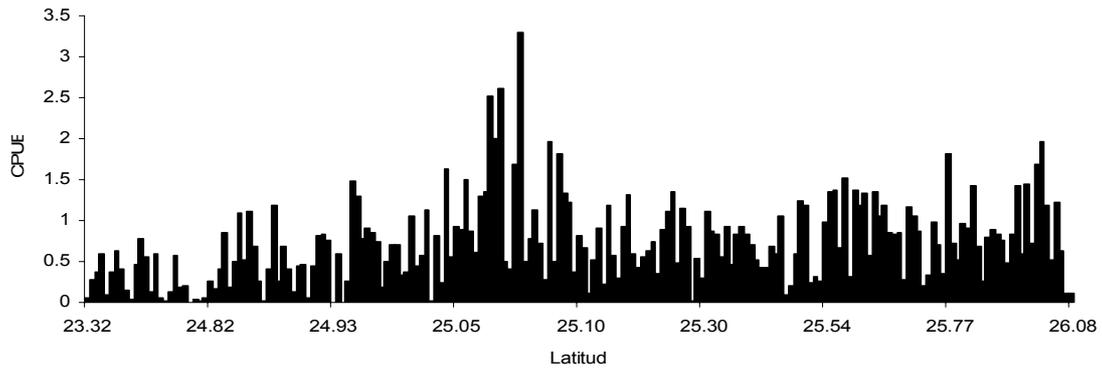
**Fig. 7. Captura en los 204 lances de los tres viajes de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S.**



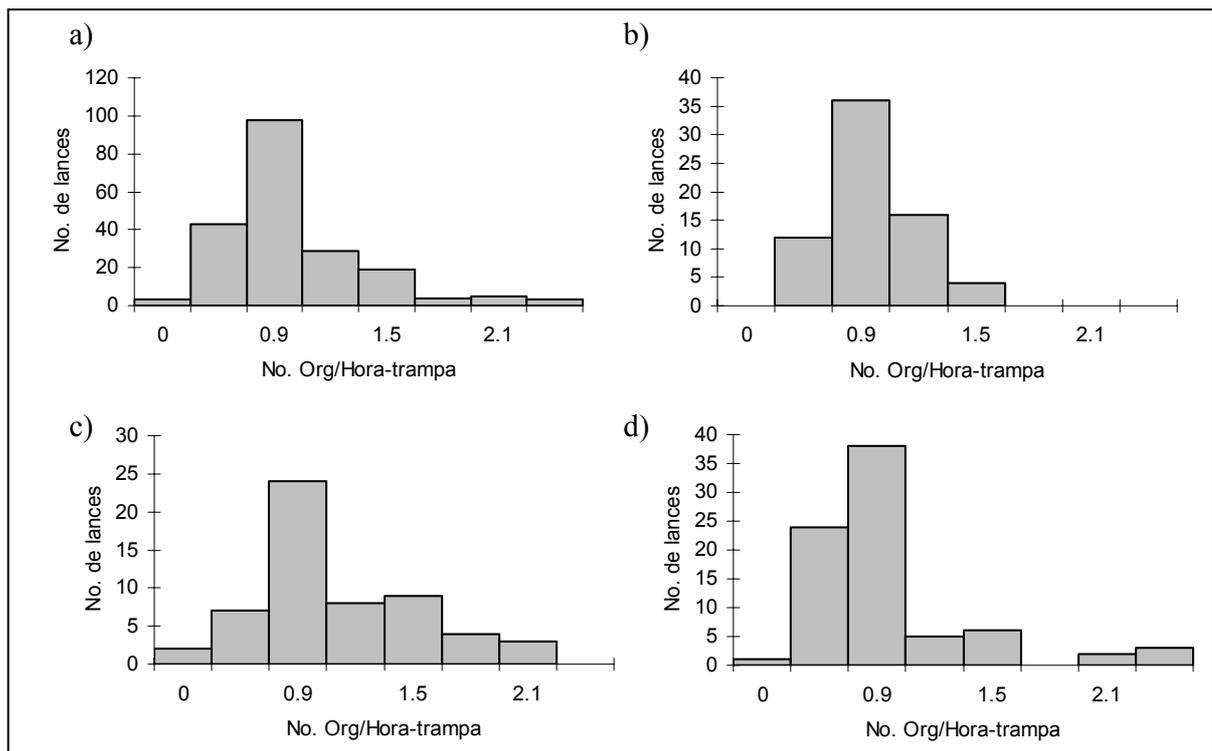
**Fig. 8. Captura en número de organismos en los lances de la pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S. a) Tres viajes. b) Viaje 1. c) Viaje 2. d) Viaje 3.**

La captura por unidad de esfuerzo (Número de organismos / Hora-Trampa) presentó un promedio para los tres viajes de 0.73 org/h-t, con un máximo de 3.30

org/h-t y un mínimo de 0.007 org/h-t (Fig. 9 y 10a). En el primer viaje la CPUE varió de 0.02 a 1.35 con un promedio de 0.68 org/h-t (Fig. 10b). En el segundo viaje osciló entre 0.007 y 1.99 con un promedio de 0.90 org/h-t (Fig. 10c). Para el tercer viaje la CPUE varió de 0.007 a 3.30 con un promedio de 0.66 org/h-t (Fig. 10d).

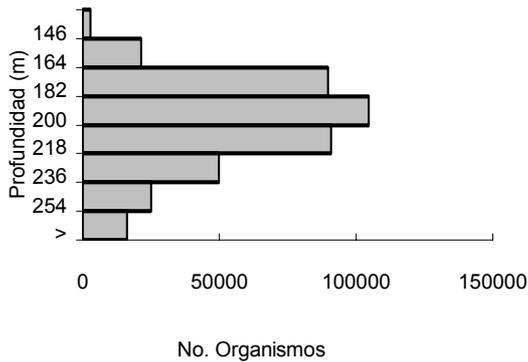


**Fig. 9.** Captura por unidad de esfuerzo (No. org/h-t) en los 204 lanzes de los tres viajes de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de Baja California Sur.

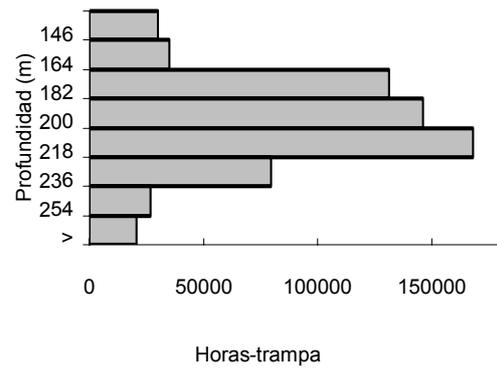


**Fig. 10.** Captura por unidad de esfuerzo de la pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S. a) Tres viajes. b) Viaje 1. c) Viaje 2. d) Viaje 3.

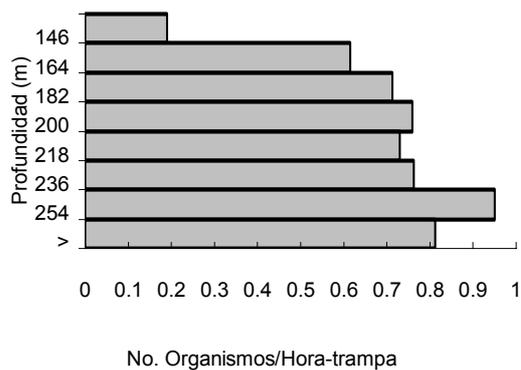
Las mayores capturas se obtuvieron entre los 180 y 220 m de profundidad (Fig. 11), que coincide con el mayor esfuerzo ejercido en dichas profundidades (Fig. 12). La captura por unidad de esfuerzo mostró los mejores rendimientos a profundidades mayores de 150 m (Fig. 13).



**Fig. 11. Captura por profundidad en los lances de pesca exploratoria de *C. johngarathi* en la costa occidental de B.C.S.**

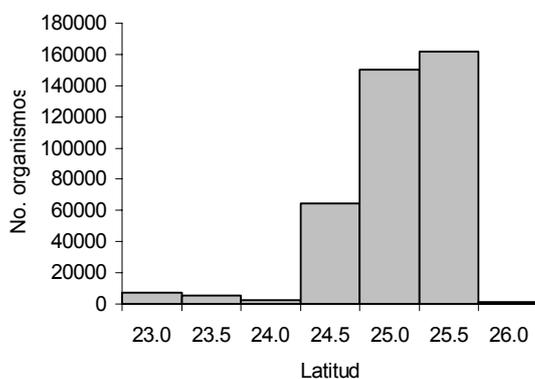


**Fig.12. Esfuerzo por profundidad en los lances de pesca exploratoria de *C. johngarathi* en la costa occidental de B.C.S**

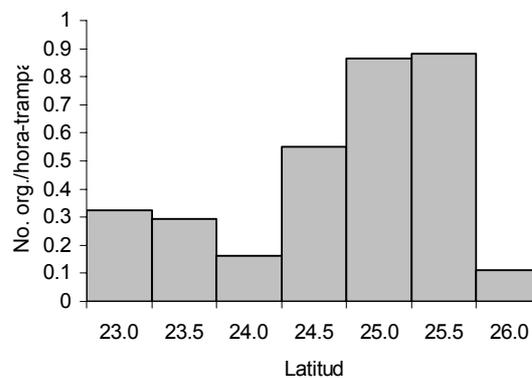


**Fig.13. CPUE por profundidad de los lances de pesca exploratoria de *C. johngarathi* en la costa occidental de B.C.S.**

Las mayores capturas y abundancias relativas se lograron a los 25° de latitud Norte (Figs. 14 y 15).



**Fig.14. Captura por latitud de los lances de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B.C.S**



**Fig.15. CPUE por latitud de los lances de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B.C.S**

## 6.2 Determinación de zonas de reducción de stock

En el análisis de lances cercanos y sucesivos que presentaron una tendencia de disminución de la captura por unidad de esfuerzo, permitió definir 13 grupos en los tres viajes (Tabla 2). La distancia máxima promedio entre el primer lance y los sucesivos fue de 6.81 millas náuticas (mn), la distancia máxima para conformar una zona de reducción de stock fue de 8.79 mn (16.27 km), producto de la media más su desviación estándar (Tabla 3). Las gráficas y el coeficiente de determinación de cada uno de los grupos se presentan en el Apéndice 1.

**Tabla 2. Datos básicos de grupos de lances con tendencia en declinación de la CPUE, para el cálculo de la distancia máxima, en la conformación de zonas de reducción de stock, para la evaluación del tamaño poblacional de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S.**

Viaje	Grupo	No. de lances	Fecha largado primer lance	Fecha largado último lance	Captura (No.org.)	CPUE promedio (Org/h-t)	CPUE máxima (Org/h-t)	CPUE mínima (Org/h-t)	Distancia mínima (mn)	Distancia máxima (mn)
1	1	7	10/11/2002	13/11/2002	10679	0.5976	1.1129	0.0466	0.32	5.97
1	2	5	11/11/2002	14/11/2002	3743	0.3577	0.6929	0.0232	2.26	3.43
1	3	14	12/11/2002	18/11/2002	30064	0.8465	1.3590	0.3604	0.88	6.81
1	4	7	14/11/2002	17/11/2002	12038	0.7842	1.1108	0.2960	0.33	3.77
1	5	11	16/11/2002	20/11/2002	16101	0.5063	1.0576	0.0981	0.68	10.07
2	6	5	07/12/2002	08/12/2002	15958	1.2597	1.6871	0.4982	2.01	7.45
2	7	10	28/11/2002	30/11/2002	24639	0.8266	1.0596	0.4797	0.91	8.88
2	8	10	01/12/2002	03/12/2002	34393	1.1812	1.9638	0.5129	0.50	7.06
3	9	7	03/02/2003	05/02/2003	5653	0.2848	0.4621	0.0317	2.90	8.80
3	10	5	30/01/2003	30/01/2003	1842	0.1672	0.5650	0.0077	0.55	7.10
3	11	13	19/01/2003	28/01/2003	24512	0.6924	1.4887	0.1867	0.79	4.78
3	12	18	20/01/2003	27/01/2003	29540	0.6453	1.4920	0.0249	0.16	6.46
3	13	19	19/01/2003	25/01/2003	39811	1.2171	3.3001	0.2858	0.09	8.06

**Tabla 3. Distancia máxima para zonas de reducción de stock de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S.**

Distancia Máxima (millas náuticas)			Distancia máxima para zona experimental (mn)	Distancia máxima
Media	Mediana	Desviación estándar	Media + Desviación estándar	Kilómetros
6.81	7.06	1.97	8.79	16.27

Con los criterios de distancia máxima y lances sucesivos se definieron 15 zonas de reducción de stock, cinco para cada viaje, los datos asociados a cada zona se presentan en la tablas 4, 5 y 6 y su ubicación dentro del área de estudio se muestra en las figuras 16, 17 y 18.

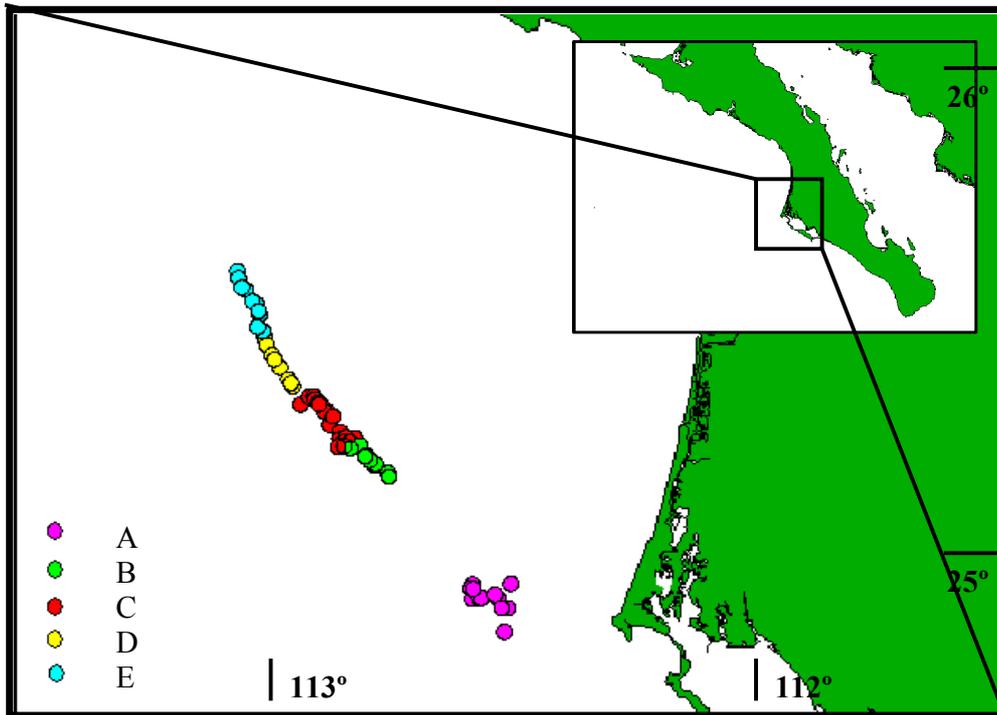


Fig.16. Ubicación de lances de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S., conforme a cada una de las cinco zonas de reducción de stock del viaje 1.

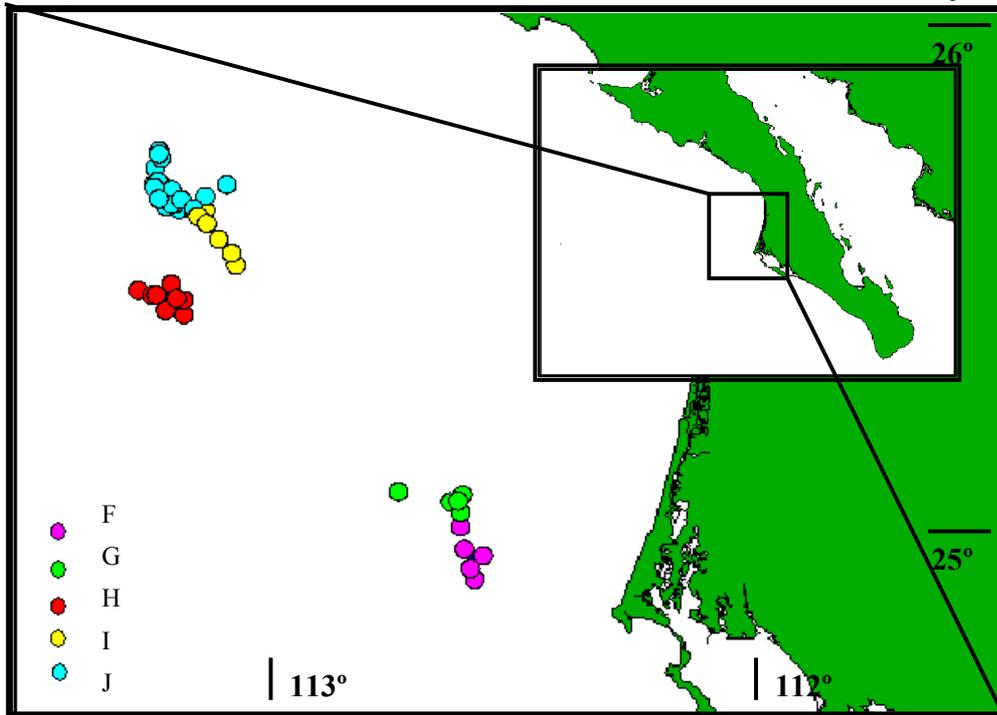


Fig.17. Ubicación de lances de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S., conforme a cada una de las cinco zonas de reducción de stock del viaje 2.

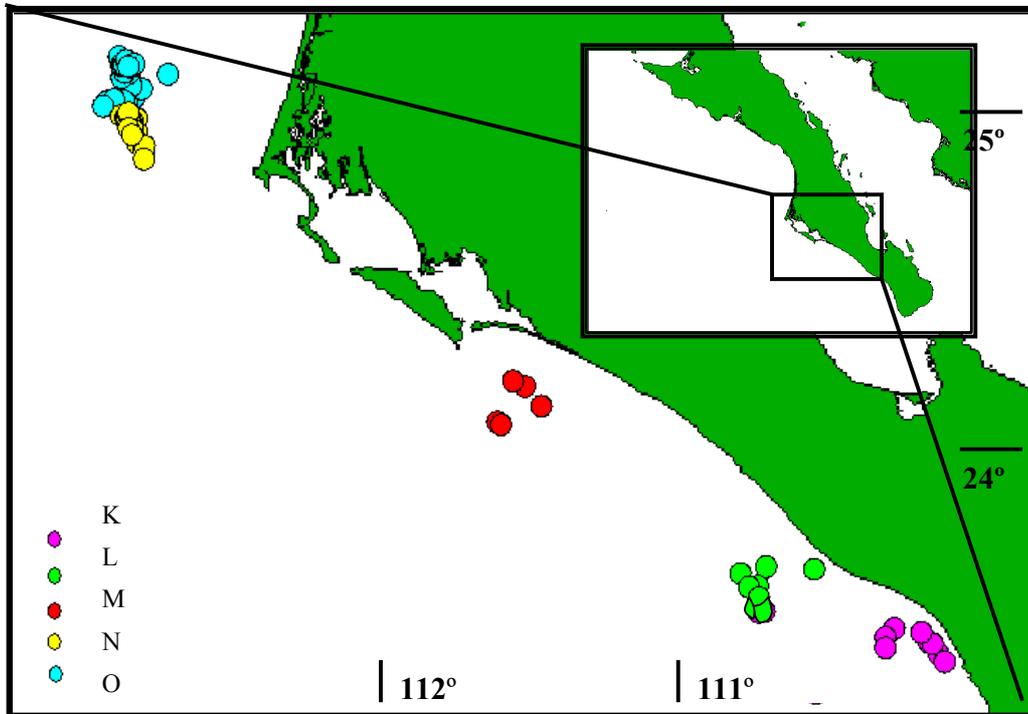


Fig.18. Ubicación de lances de pesca exploratoria de *C. johngarhi* en la costa occidental de B. C. S., conforme a cada una de las cinco zonas de reducción de stock del viaje 3

**Tabla 4. Datos asociados a las zonas de reducción de stock del primer viaje de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S.**

Zonas	A	B	C	D	E
Número de lances	12	10	20	9	10
Fecha largado primer lance	10/11/2002	13/11/2002	11/11/2002	16/11/2002	19/11/2002
Fecha largado último lance	14/11/2002	18/11/2002	20/11/2002	19/11/2002	21/11/2002
Fecha cobrado primer lance	11/11/2002	14/11/2002	12/11/2002	17/11/2002	20/11/2002
Fecha cobrado último lance	15/11/2002	20/11/2003	21/11/2002	21/11/2002	22/11/2002
Tiempo de operación en la zona (Días)	6	8	11	6	4
Profundidad media de los lances (metros)	172	174	174	176	190
Latitud Máxima (grados)	24.88	25.22	25.33	25.49	25.63
Latitud Mínima (grados)	24.76	25.14	25.21	25.35	25.45
Longitud Máxima (grados)	112.63	112.91	113.03	113.12	113.18
Longitud Mínima (grados)	112.53	112.82	112.9	113.05	113.11
Tiempo efectivo de pesca (horas)	369.30	290.81	553.06	299.53	331.50
Duración promedio del lance (horas)	30.77	29.08	27.65	33.28	33.15
Número de trampas	1063	896	1842	800	878
Número promedio de trampas del lance	89	90	92	89	88
Esfuerzo (Hora-trampa)	32344	26331	50769	28123	27462
Captura total (No. de org.)	14460	20084	37923	14855	17725
Cpue promedio (No. de org./ h-t)	0.4543	0.7708	0.7661	0.5414	0.7265
Cpue máxima (No. de org./h-t)	1.1231	1.319	1.3706	0.8262	1.2375
Cpue mínima (No. de org./h-t)	0.0232	0.3023	0.296	0.2123	0.0981
Distancia máxima (km)	11.05	7.88	15.30	14.26	11.44
Distancia mínima (km)	0.59	0.53	1.60	1.25	1.06

**Tabla 5. Datos asociados a las zonas de reducción de stock del segundo viaje de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S.**

Zonas	F	G	H	I	J
Número de lances	5	5	9	7	18
Fecha largado primer lance	05/12/2002	07/12/2002	23/11/2002	23/11/2002	30/11/2002
Fecha largado último lance	08/12/2002	08/12/2002	02/12/2002	30/11/2002	06/12/2002
Fecha cobrado primer lance	08/12/2002	08/12/2002	27/11/2002	28/11/2002	01/12/2002
Fecha cobrado último lance	09/12/2002	09/12/2002	03/12/2002	01/12/2002	07/12/2002
Tiempo de operación en la zona (Días)	5	3	11	9	8
Profundidad media de los lances (metros)	156	220	207	202	217
Latitud Máxima (grados)	25.02	25.09	25.61	25.77	25.90
Latitud Mínima (grados)	24.89	25.05	25.53	25.66	25.71
Longitud Máxima (grados)	112.65	112.80	113.41	113.27	113.37
Longitud Mínima (grados)	112.60	112.65	113.31	113.18	113.20
Tiempo efectivo de pesca (horas)	233.28	161.72	418.35	322.45	789.25
Duración promedio del lance (horas)	46.66	32.34	46.48	46.06	43.84
Número de trampas	396	407	828	660	1583
Número promedio de trampas del lance	79	81	92	94	88
Esfuerzo (Hora-trampa)	14873	12761	38952	30017	70592
Captura total (No. de org.)	8823	18077	31341	20552	62575
Cpue promedio (No. de org./ h-t)	0.5568	1.4311	1.0951	0.7902	1.0696
Cpue máxima (No. de org./h-t)	1.1377	1.9946	1.5203	1.0596	1.9638
Cpue mínima (No. de org./h-t)	0.0076	0.4982	0.2490	0.3599	0.5129
Distancia máxima (km)	12.17	13.56	6.87	11.77	12.07
Distancia mínima (km)	3.43	3.73	2.27	2.57	0.87

**Tabla 6. Datos asociados a las zonas de reducción de stock del tercer viaje de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S.**

Zonas	K	L	M	N	O
Número de lances	12	6	7	19	34
Fecha largado primer lance	03/02/2003	03/02/2003	30/01/2003	18/01/2003	19/01/2003
Fecha largado último lance	06/02/2003	04/02/2003	30/01/2003	28/01/2003	27/01/2003
Fecha cobrado primer lance	04/02/2003	04/02/2003	31/01/2003	20/01/2003	21/01/2003
Fecha cobrado último lance	07/02/2003	05/02/2003	02/02/2003	29/01/2003	28/01/2003
Tiempo de operación en la zona (Días)	5	3	4	12	10
Profundidad media de los lances (metros)	202	171	205	190	229
Latitud Máxima (grados)	23.55	23.68	24.20	24.95	25.11
Latitud Mínima (grados)	23.41	23.59	24.08	24.82	24.97
Longitud Máxima (grados)	110.83	110.88	111.58	112.68	112.73
Longitud Mínima (grados)	110.29	110.67	111.46	112.61	112.54
Tiempo efectivo de pesca (horas)	298.45	153.90	263.20	579.62	964.42
Duración promedio del lance (horas)	27.13	25.65	43.51	30.51	28.37
Número de trampas	976	527	421	1762	2665
Número promedio de trampas del lance	89	88	84	93	78
Esfuerzo (Hora-trampa)	26546	13505	23047	53831	76087
Captura total (No. de org.)	9820	3916	2467	30801	62137
Cpue promedio (No. de org./ h-t)	0.3488	0.3417	0.1639	0.6105	0.8933
Cpue máxima (No. de org./h-t)	0.7788	0.6831	0.5650	1.4887	3.3001
Cpue mínima (No. de org./h-t)	0.0317	0.0231	0.0077	0.0069	0.0249
Distancia máxima (km)	16.30	9.66	13.15	8.60	14.93
Distancia mínima (km)	0.15	1.89	1.02	0.91	0.18

### 6.3 Estimaciones de disponibilidad, coeficiente de capturabilidad y tasa de cosecha

Los valores de población inicial para cada zona de reducción de stock son puntuales en espacio y tiempo y se expresan como el número de cangrejos disponibles a la pesca justo antes de que se realizara el primer lance en la zona. Como esta es una cantidad que está en función de la unidad de esfuerzo (Hora-Trampa), la primera salida de los modelos (ordenada al origen) refleja el número de cangrejos disponible para una trampa y la capturabilidad correspondiente (pendiente) (Apéndice 2). Como la operación de pesca consiste en el largado de trenes de trampas, la cantidad disponible por trampa fue multiplicada por el promedio de trampas de cada lance realizado en la zona de reducción de stock.

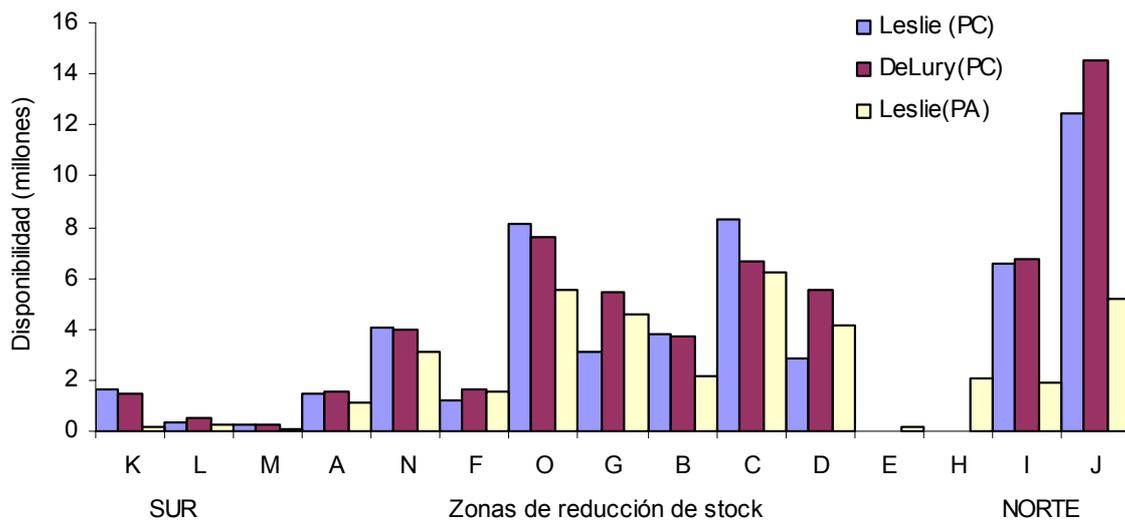
La disponibilidad media varió de 0.127 a 14.3 millones de cangrejos observándose una tendencia general de incremento de la abundancia de sur a norte (Fig. 19). Estas estimaciones revelan la presencia significativa de *C. johngarhi* en la zona de estudio. Los valores de disponibilidad para cada zona de reducción de stock, se presentan en las tablas 7, 8 y 9. Las distribuciones de probabilidad de estas estimaciones se presentan en el Apéndice 3.

La estimación de disponibilidad con los tres modelos fue posible en las zonas A, B, C, D, F, G, I, J, K, L, M, N y O. La aplicación de los modelos de evaluación que consideran una población cerrada en las zonas E y H no fue posible al no cumplirse una tendencia clara en la disminución de la CPUE.

En el análisis de sensibilidad del modelo de Leslie en su modificación para poblaciones abiertas se observó una variación máxima de 0.043% en las estimaciones de disponibilidad inicial y capturabilidad.

Los valores de capturabilidad variaron de  $8.9 \times 10^{-6}$  a  $1.3 \times 10^{-3}$ . En las tablas 7, 8 y 9 se presentan las estimaciones de capturabilidad para cada zona de reducción de stock y sus perfiles de verosimilitud en el Apéndice 4.

Los valores de tasa de cosecha (HR) calculados a partir de la disponibilidad estimada y de la captura en cada zona de reducción de stock, muestran que sólo una pequeña parte de la población disponible fue capturada. Los valores de la tasa de cosecha en general oscilaron alrededor del 1% (tablas 7, 8 y 9).



**Fig.19. Disponibilidad media de *C. johngarthi* en cada una de las zonas de reducción de stock en la costa occidental de B. C. S. Zonas ordenadas de sur a norte. Disponibilidad en millones de organismos.**

**Tabla 7. Estimaciones de disponibilidad de *C. johngarthi* en zonas de reducción de stock, viaje 1. Se presentan valores máximos, mínimos y medios según el intervalo de confianza al 95%. Los valores máximo, mínimo y media de la tasa de cosecha corresponden a los respectivos valores de disponibilidad. (PC)= Población cerrada. (PA)= Población abierta.**

ZONAS	Modelo	DISPONIBILIDAD (Millones de cangrejos)			CAPTURABILIDAD (q)			TASA DE COSECHA		
		Límite (inferior)	Media	Límite (superior)	Límite (inferior)	Media	Límite (superior)	HR (max)	HR (med)	HR (min)
A	Leslie (PC)	1.291	1.327	1.429	$1.23 \times 10^{-4}$	$7.23 \times 10^{-5}$	$6.71 \times 10^{-5}$	1.12%	1.09%	1.01%
	Delury (PC)	1.074	1.373	1.901	$1.10 \times 10^{-4}$	$8.62 \times 10^{-5}$	$6.22 \times 10^{-5}$	1.35%	1.05%	0.76%
	Leslie (PA)	1.105	1.146	1.158	$9.63 \times 10^{-5}$	$9.52 \times 10^{-5}$	$8.14 \times 10^{-5}$	1.31%	1.26%	1.25%
B	Leslie (PC)	2.491	3.713	6.827	$4.32 \times 10^{-5}$	$2.58 \times 10^{-5}$	$1.40 \times 10^{-5}$	0.81%	0.54%	0.29%
	Delury (PC)	2.354	3.329	5.766	$5.73 \times 10^{-5}$	$3.20 \times 10^{-5}$	$1.85 \times 10^{-5}$	0.85%	0.60%	0.35%
	Leslie (PA)	1.217	1.777	4.510	$1.55 \times 10^{-4}$	$8.31 \times 10^{-5}$	$3.27 \times 10^{-5}$	1.65%	1.13%	0.45%
C	Leslie (PC)	4.853	7.243	12.378	$2.35 \times 10^{-5}$	$1.25 \times 10^{-5}$	$7.31 \times 10^{-6}$	0.78%	0.52%	0.31%
	Delury (PC)	4.342	6.029	10.021	$2.79 \times 10^{-5}$	$1.59 \times 10^{-5}$	$9.57 \times 10^{-6}$	0.87%	0.63%	0.38%
	Leslie (PA)	4.226	6.345	11.181	$4.17 \times 10^{-5}$	$2.55 \times 10^{-5}$	$1.45 \times 10^{-5}$	0.90%	0.60%	0.34%
D	Leslie (PC)	1.478	2.767	8.048	$4.85 \times 10^{-5}$	$2.28 \times 10^{-5}$	$7.83 \times 10^{-6}$	1.01%	0.54%	0.18%
	Delury (PC)	1.696	4.292	10.633	$3.64 \times 10^{-5}$	$1.25 \times 10^{-5}$	$5.06 \times 10^{-6}$	0.88%	0.35%	0.14%
	Leslie (PA)	1.227	2.882	18.859	$8.09 \times 10^{-5}$	$2.86 \times 10^{-5}$	$4.37 \times 10^{-6}$	1.21%	0.52%	0.08%
E	Leslie (PC)									
	Delury (PC)									
	Leslie (PA)	0.138	0.155	0.185	$6.43 \times 10^{-4}$	$4.89 \times 10^{-4}$	$4.11 \times 10^{-4}$	12.89%	11.41%	9.58%

**Tabla 8. Estimaciones de disponibilidad de *C. johngarthi* en zonas de reducción de stock, viaje 2. Se presentan valores máximos, mínimos y medios según el intervalo de confianza al 95%. Los valores máximo, mínimo y media de la tasa de cosecha corresponden a los respectivos valores de disponibilidad. (PC)= Población cerrada. (PA)= Población abierta.**

ZONAS	Modelo	DISPONIBILIDAD (Millones de cangrejos)			CAPTURABILIDAD (q)			TASA DE COSECHA		
		Límite (inferior)	Media	Límite (superior)	Límite (inferior)	Media	Límite (superior)	HR (max)	HR (med)	HR (min)
F	Leslie (PC)	0.672	1.076	5.079	$1.57 \times 10^{-4}$	$7.43 \times 10^{-5}$	$1.20 \times 10^{-5}$	1.31%	0.82%	0.17%
	Delury (PC)	1.236	1.482	3.304	$1.91 \times 10^{-4}$	$1.05 \times 10^{-4}$	$1.79 \times 10^{-5}$	0.71%	0.60%	0.27%
	Leslie (PA)	0.476	1.199	6.801	$4.30 \times 10^{-5}$	$1.29 \times 10^{-5}$	$2.27 \times 10^{-6}$	1.85%	0.74%	0.13%
G	Leslie (PC)	1.272	2.500	6.882	$1.55 \times 10^{-4}$	$6.07 \times 10^{-5}$	$1.69 \times 10^{-5}$	1.42%	0.72%	0.26%
	Delury (PC)	1.019	4.491	11.918	$1.41 \times 10^{-4}$	$2.80 \times 10^{-5}$	$9.29 \times 10^{-6}$	1.77%	0.40%	0.15%
	Leslie (PA)	1.766	4.061	8.389	$1.28 \times 10^{-4}$	$4.94 \times 10^{-5}$	$2.13 \times 10^{-5}$	1.02%	0.45%	0.22%
H	Leslie (PC)									
	Delury (PC)									
	Leslie (PA)		2.111			$2.21 \times 10^{-4}$			1.48%	
I	Leslie (PC)	3.606	5.993	11.645	$3.04 \times 10^{-5}$	$1.63 \times 10^{-5}$	$7.55 \times 10^{-6}$	0.57%	0.34%	0.18%
	Delury (PC)	3.377	6.012	13.023	$3.18 \times 10^{-5}$	$1.60 \times 10^{-5}$	$6.63 \times 10^{-6}$	0.61%	0.34%	0.16%
	Leslie (PA)	1.292	1.851	8.498	$1.35 \times 10^{-4}$	$8.36 \times 10^{-5}$	$1.62 \times 10^{-5}$	1.59%	1.11%	0.24%
J	Leslie (PC)	8.343	12.460	31.958	$1.38 \times 10^{-5}$	$8.98 \times 10^{-6}$	$3.50 \times 10^{-6}$	0.75%	0.50%	0.20%
	Delury (PC)	8.316	14.349	45.422	$1.42 \times 10^{-5}$	$7.75 \times 10^{-6}$	$2.45 \times 10^{-6}$	0.75%	0.44%	0.14%
	Leslie (PA)	5.033	5.163	5.420	$1.14 \times 10^{-4}$	$9.78 \times 10^{-5}$	$8.16 \times 10^{-5}$	1.24%	1.21%	1.15%

**Tabla 9. Estimaciones de disponibilidad de *C. johngarhi* en zonas de reducción de stock, viaje 3. Se presentan valores máximos, mínimos y medios según el intervalo de confianza al 95%. Los valores máximo, mínimo y media de la tasa de cosecha corresponden a los respectivos valores de disponibilidad. (PC)= Población cerrada. (PA)= Población abierta.**

ZONAS	Modelo	DISPONIBILIDAD (Millones de cangrejos)			CAPTURABILIDAD ( $q$ )			TASA DE COSECHA		
		Límite (inferior)	Media	Límite (superior)	Límite (inferior)	Media	Límite (superior)	HR (max)	HR (med)	HR (min)
K	Leslie (PC)	0.866	1.567	7.266	$4.65 \times 10^{-5}$	$2.20 \times 10^{-5}$	$4.11 \times 10^{-6}$	1.13%	0.63%	0.14%
	Delury (PC)	0.516	1.390	8.332	$7.33 \times 10^{-5}$	$2.36 \times 10^{-5}$	$3.46 \times 10^{-6}$	1.90%	0.71%	0.12%
	Leslie (PA)	0.144	0.162	0.221	$1.04 \times 10^{-3}$	$7.00 \times 10^{-4}$	$3.87 \times 10^{-4}$	6.81%	6.06%	4.45%
L	Leslie (PC)	0.344	0.352	0.373	$3.10 \times 10^{-4}$	$2.22 \times 10^{-4}$	$1.47 \times 10^{-4}$	1.14%	1.11%	1.05%
	Delury (PC)	0.413	0.492	0.686	$3.86 \times 10^{-4}$	$2.79 \times 10^{-4}$	$1.73 \times 10^{-4}$	0.95%	0.80%	0.57%
	Leslie (PA)	0.217	0.220	0.224	$1.11 \times 10^{-3}$	$9.11 \times 10^{-4}$	$7.24 \times 10^{-4}$	1.81%	1.78%	1.75%
M	Leslie (PC)	0.207	0.216	0.222	$1.33 \times 10^{-4}$	$2.21 \times 10^{-4}$	$5.19 \times 10^{-5}$	1.19%	1.14%	1.11%
	Delury (PC)	0.230	0.311	0.311	$2.20 \times 10^{-4}$	$1.27 \times 10^{-4}$	$4.03 \times 10^{-5}$	1.07%	0.79%	0.79%
	Leslie (PA)	0.126	0.127	0.128	$9.73 \times 10^{-4}$	$7.55 \times 10^{-4}$	$5.67 \times 10^{-4}$	1.95%	1.94%	1.92%
N	Leslie (PC)	3.201	3.727	6.140	$4.93 \times 10^{-5}$	$2.93 \times 10^{-5}$	$1.18 \times 10^{-5}$	0.96%	0.83%	0.50%
	Delury (PC)	3.594	3.610	5.567	$5.18 \times 10^{-5}$	$3.18 \times 10^{-5}$	$1.31 \times 10^{-5}$	0.86%	0.85%	0.55%
	Leslie (PA)	2.929	3.044	3.262	$1.87 \times 10^{-4}$	$1.43 \times 10^{-4}$	$1.05 \times 10^{-4}$	1.05%	1.01%	0.94%
O	Leslie (PC)	6.598	7.318	10.289	$3.34 \times 10^{-5}$	$2.09 \times 10^{-5}$	$9.64 \times 10^{-6}$	0.94%	0.85%	0.60%
	Delury (PC)	6.867	7.203	8.491	$3.49 \times 10^{-5}$	$2.29 \times 10^{-5}$	$1.23 \times 10^{-5}$	0.90%	0.86%	0.73%
	Leslie (PA)	5.114	5.148	5.187	$1.13 \times 10^{-4}$	$1.07 \times 10^{-4}$	$1.01 \times 10^{-4}$	1.21%	1.21%	1.20%

## VII. DISCUSIÓN

### 7.1 Operación y esfuerzo de pesca

La realización de pesca exploratoria con trampas cangrejeras en la costa occidental de Baja California Sur, confirmó a *C. johngarhi* como la especie más abundante de las especies de cangrejo presentes en las aguas del Pacífico de Baja California Sur y que fueron susceptibles de ser capturados con el método de pesca utilizado.

La distribución del esfuerzo de pesca se ubicó principalmente en las zonas conocidas como Banco Tethis y Banco del Tío Sam, que son bancos de amplia tradición pesquera y en la mesa de San Lázaro, entre los 24° y 26° N. En el viaje 3 realizado del 19-01-03 al 07-02-03 se exploraron zonas de pesca al sur de los 24° N. En los 23 lances realizados entre los 23° 24' N y los 24° 12' N se observó una clara disminución en la captura y en la captura por unidad de esfuerzo.

En lo que se refiere a la profundidad, la pesca se realizó entre 70 m y 330 m. Las mayores capturas se obtuvieron entre 180 m y 250 m. La captura por unidad de esfuerzo presentó un claro incremento en profundidades mayores a 150 m. Estos resultados de la CPUE por profundidad confirman los de Carvacho, (1989) y Leija-Tristán *et al.* (1992) en los que se reportan mejores rendimientos a profundidades mayores de 150 m. El género *Cancer* es común en aguas someras en las regiones templadas y frías y se le ha mencionado como altamente sensible a la temperatura (Bigford, 1979; Stehlik *et al.*, 1991). *C. johngarhi* se encuentra a mayores profundidades que otras especies de *Cancer* de la costa oeste de América del Norte, probablemente para encontrar las condiciones apropiadas de temperatura. Como en algunas otras especies de *Cancer* podría esperarse que *C. johngarhi* realice

migraciones de menor a mayor profundidad en temporadas cálidas y viceversa en temporadas frías, lo que podría resultar en cambios en la abundancia por profundidad en diferentes temporadas del año.

La elección de la unidad de esfuerzo se fundamentó en la consideración de que la característica principal de una adecuada unidad de esfuerzo, es que esté directamente relacionada con la tasa de mortalidad por pesca (FAO, 1980; Gulland, 1983; Sparre y Venema, 1992). La unidad de esfuerzo elegida (Hora-Trampa), se consideró que cumplía con lo anterior ya que unidades como el número de trampas o el número de lances no consideran el tiempo efectivo que operaron los artes de pesca.

El tiempo de remojo de las trampas es importante por las características de la pesca y por estar directamente relacionada con la unidad de esfuerzo empleada y por consiguiente con la captura por unidad de esfuerzo. El tiempo efectivo de pesca de cada lance estuvo bajo control del patrón de pesca, que lo determinó con base a su experiencia y a las capacidades operativas de la tripulación y de la embarcación.

En relación con lo anterior la variabilidad que puede presentarse en el índice de abundancia relativa debido a probables cambios en la accesibilidad en los organismos por efectos diurnos, ya que se sabe que generalmente los decápodos son activos nocturnos, pudiendo ser inaccesibles al arte de pesca durante el día (Stehlik et al., 1991), no se considera grave debido a que el tiempo de remojo de las trampas fue en promedio de 30 horas en los tres viajes, cubriéndose al menos en cada lance, un día y una noche.

El efecto que tiene la duración del lance con la mortalidad por pesca deberá examinarse, si bien en un principio se espera que la relación entre las horas de remojo y la captura sea proporcional, es decir, mientras más tiempo se pesca más captura se obtiene, podría ser válido sólo por un periodo de tiempo no muy extenso

después de largar las trampas, debido a que puede existir un efecto de saturación del arte (Miller, 1990; Smith y Addison, 2003).

En cuanto a las capturas no se observa un patrón de disminución o aumento en los meses en que se realizó la pesca exploratoria (de noviembre a febrero).

La presencia de posibles cambios temporales en la abundancia de *C. johngarhi* no pueden ser dilucidados debido al corto periodo de tiempo en el que se desarrolló el estudio.

## **7.2 Determinación de zonas de reducción de stock**

Una aplicación ideal de los experimentos de reducción de stock comienza con la definición a priori de áreas delimitadas geográficamente en donde se realizan las extracciones sucesivas. Esto no fue posible y se tuvo que definir zonas con base en la distribución de los lances. El razonamiento que se siguió se centra en la agrupación de lances cercanos y sucesivos en tiempo que presentan una tendencia de disminución en la CPUE. Esta es una característica primordial para la aplicación de los métodos de reducción de stock. Con la meta de obtener un criterio formal y objetivo, fue definida la distancia máxima entre un primer lance y los sucesivos.

El criterio de distancia máxima se consideró el más adecuado debido a que refleja directamente un espacio geográfico. De las 15 zonas de reducción de stock que fueron definidas, en 13 se observó una tendencia de disminución en la captura por unidad de esfuerzo, lo que demuestra la efectividad del criterio utilizado.

### 7.3 Modelos de reducción de stock

Para la aplicación de los modelos de reducción de stock se requiere contar con un índice de abundancia confiable (Ricker, 1975; Hilborn y Walters, 1992; Harley *et al.*, 2001). La CPUE utilizada en este trabajo como un índice de abundancia relativa de la población presupone una directa proporcionalidad con el tamaño de la población y que la capturabilidad permanece constante durante el periodo de extracción. Por el tiempo de duración de los experimentos de reducción de stock, se considera que no existe un cambio substancial en la capturabilidad. Sin embargo se sabe que ésta puede cambiar con la talla de los organismos, en el tiempo, etapa de vida y en general por diversas fuentes de variación (Ricker, 1975; Arreguín-Sánchez, 1996; Arreguín-Sánchez y Pitcher, 1999). Estimaciones más precisas de capturabilidad pueden obtenerse en un futuro incorporando a los métodos la estructura de tallas o edades (Arreguín-Sánchez y Pitcher, 1999).

Se utilizaron tres modelos de evaluación de la población con el fin de poder comparar los resultados y el desempeño de cada modelo. En los modelos de Leslie y Davis (1939) y DeLury (1948), el supuesto de población cerrada se trata con la delimitación de zonas. Se considera que la confinación del esfuerzo en áreas pequeñas y en un intervalo de tiempo corto, reduce la posibilidad de que los efectos de mortalidad natural, reclutamiento, principalmente por migración al área, puedan afectar las estimaciones hechas por los modelos.

Una de las razones para delimitar zonas para la aplicación de los modelos de reducción de stock, fue asegurar el supuesto de población cerrada, sin embargo se decidió utilizar también el modelo de Leslie en su modificación para población abierta. El motivo fue que se detectaron dos zonas (E y H), ver apéndice 2, en que no se presenta una tendencia clara en la disminución de la captura por unidad de esfuerzo. La explicación radica en un probable alto reclutamiento al área en el tiempo de operación en la zona. Una situación alterna podría ser que el esfuerzo de pesca

ejercido en la zona no se realizó con la intensidad necesaria para poder observar los efectos de la pesca en la población, debido probablemente a altas abundancias. La variación en el decaimiento de la CPUE por efectos de reclutamiento es considerada por el modelo de población abierta. El modelo de población abierta se aplicó en todas las zonas con el fin de comparar los resultados y el desempeño del modelo.

Las estimaciones de disponibilidad no presentaron diferencias significativas en los tres modelos ( $P > 0.05$ ). Los promedios en las estimaciones en el modelo de Leslie (PC) y DeLury (PC) fueron 4.17 y 4.60 millones de cangrejos respectivamente. Las estimaciones con el modelo de población abierta fueron en general menores con un promedio de 2.55 millones de cangrejos. La diferencia en las estimaciones puede ser explicada por la inclusión, en el modelo de población abierta, de mortalidad natural.

No obstante lo anterior entra en conflicto con la poca sensibilidad que demostró el modelo de población abierta a variaciones en los parámetros K y M. La duración de los experimentos de reducción de stock varió de 3 a 12 días, lo que explica que el crecimiento y la mortalidad natural, que se da en ese periodo de tiempo, no tengan efecto significativo en las estimaciones de disponibilidad. El modelo es más sensible a los datos de captura y tiempo entre lances ( $\Delta t$ ).

Las variaciones en los estimados de disponibilidad entre los modelos pueden deberse a la misma naturaleza de los datos, en la que una gran parte de la incertidumbre está asociada a factores ambientales, de distribución y comportamiento del recurso y a errores de proceso en donde los modelos no implican todos los procesos biológicos de la naturaleza.

Para las zonas en que la declinación de la CPUE fue clara los modelos de Leslie y DeLury son más recomendables. Si se puede dar por cierto el supuesto de población cerrada, estos modelos tienen la ventaja de sólo requerir como datos de

entrada un índice de abundancia y la captura o el esfuerzo acumulado, menos parámetros por estimar y estar basados en un concepto sencillo y claro. En este trabajo los resultados de los dos modelos fueron congruentes entre si, se recomienda la utilización de ambos modelos para la comparación de resultados. La preferencia por la utilización de uno u otro se basará en la mayor confiabilidad en la medición de la captura en el modelo de Leslie o del esfuerzo en el modelo de DeLury.

La utilización del modelo de población abierta es útil cuando se tienen indicios de un alto reclutamiento, o por el periodo de tiempo del experimento, por ejemplo una temporada de pesca de varios meses, de efectos por mortalidad natural y crecimiento. En la zona E, en donde se aplicó de manera exclusiva este modelo, se aprecia un incremento de la CPUE conforme se va desarrollando la pesca (ver Fig. 1 en anexo 2), lo que puede explicarse por un reclutamiento al área, sin embargo se puede dar el caso de que la pesca se desarrolló de una zona de menor abundancia hacia a una de mayor abundancia, aún dentro de la misma zona de reducción de stock. En la zona H, en donde también se aplicó de manera exclusiva el modelo de población abierta, la situación es diferente, en 8 días de operación en la zona, la CPUE nunca declinó, el esfuerzo ejercido está dentro del rango normal para todas las zonas, sin embargo esto no pareció suficiente para provocar una disminución en la abundancia relativa.

Una de las desventajas que se presentaron fue el diferente número de lances en las zonas de reducción de stock y las variaciones en el tiempo de operación en cada zona. Los casos extremos fueron dos zonas (F y G) con tan sólo 5 lances en cada una y una zona (O) con 34 lances. Las estimaciones realizadas en las zonas F y G deberán tomarse con cuidado debido a la poca precisión en el ajuste de los modelos.

## 7.4 Disponibilidad y capturabilidad

La disponibilidad media de *C. johngarhi* en las 15 zonas de reducción de stock varió entre 0.127 y 14.3 millones de cangrejos. Los valores de disponibilidad de *C. johngarhi* ponen de manifiesto el potencial pesquero de esta especie. Es importante al inicio de una pesquería tener un conocimiento del tamaño del stock que está disponible a la pesca, en este sentido, en este trabajo se presentan las primeras aproximaciones de la abundancia de *C. johngarhi* en la costa occidental de Baja California Sur.

Las estimaciones de disponibilidad aquí presentadas son puntuales en tiempo y espacio, definidas por las características particulares de operación y ubicación de cada zona de reducción de stock, pero que reflejan en forma clara el potencial del recurso.

De manera general se observó un patrón de aumento en la disponibilidad de *C. johngarhi* de sur a norte dentro de la zona de estudio. Las tres zonas de reducción de stock que se ubicaron entre los 23° y 24° N presentaron las menores disponibilidades. En ellas se realizaron sólo 23 lances, por lo que se recomienda una exploración más intensiva en esa zona.

Las mayores disponibilidades se encontraron en las zonas ubicadas más al norte, por ejemplo en las zonas J, I, G, D, y C. Con los resultados obtenidos en este trabajo no se puede establecer una variación temporal del recurso dentro del periodo de estudio. Si bien las estimaciones de disponibilidad son menores en el mes de febrero, la situación es la misma que con el índice de abundancia relativa, en que las menores disponibilidades encontradas están en relación con la exploración de zonas más al sur.

Por lo tanto, se hace necesario conducir investigaciones que reflejen la variación temporal y espacial del recurso. El género *Cancer*, como ha sido reportado por Stehlik *et al.* (1991), es muy sensible a los cambios ambientales, así puede haber cambios en la disponibilidad en temporadas frías y cálidas, en las que es común las migraciones afuera y hacia la costa, probablemente por el seguimiento de una isoterma específica.

Lo más importante de estas estimaciones, es conocer la magnitud del recurso presente en la costa de Baja California Sur, en vías de que se esté planeando una explotación comercial del mismo, si esto ocurriera debiera pensarse en la realización de estudios que impliquen una mayor precisión en concordancia con el estado de desarrollo de la pesquería.

En las estimaciones de capturabilidad de *C. johngarhi*, se espera que conforme avancen las operaciones de pesca exploratoria o en su caso de una explotación comercial, los valores de capturabilidad desciendan, al ser removidos en primera instancia los individuos más vulnerables. Dado que la capturabilidad puede variar con la talla, el sexo, el tiempo, y la localidad, los valores encontrados se consideran como un promedio sobre todas las tallas presentes en la captura. Para efectos de la aplicación de los modelos de reducción de stock, la probable variación de la capturabilidad que pudiera darse día a día no invalida el supuesto de capturabilidad constante ya que puede ser tratado en términos de error.

## 7.5 Tasa de cosecha

Los valores obtenidos de tasa de cosecha, que en general fueron menores al 1% en cada zona de reducción de stock, muestran que se removió sólo una pequeña fracción de la población disponible a la pesca. Los resultados son alentadores para

una posible pesca comercial de *C. johngarthi*, en donde se espera que el esfuerzo aplicado sea más intenso.

## **VIII. CONCLUSIONES**

Se demuestra la presencia significativa de *Cancer johngarhi* frente a la costa occidental de Baja California Sur.

Las mayores abundancias relativas medidas por la captura por unidad de esfuerzo, se dieron en los 25° N.

Los mejores rendimientos en la captura de *Cancer johngarhi* se dieron a profundidades mayores de 150 m.

Las estimaciones de organismos disponibles a la pesca, confirman el potencial pesquero de *Cancer johngarhi*.

Las operaciones de pesca sólo removieron un pequeño porcentaje del stock disponible a la pesca.

## IX. LITERATURA CITADA

Acosta-Ruíz, M.J. y J.R. Lara-Lara. 1978. Resultados fisico-químicos en un estudio de variación diurna en el área central de Bahía Magdalena, B. C. S. *Cienc. Mar., Méx.* 5:1-10.

Arana, P. M. 2000. Estimación de abundancia y biomasa del cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), en el archipiélago de Juan Fernández, Chile. *Investig. mar.*, vol.28, p.53-68.

Arreguín-Sánchez, F. 1996. Catchability, a key parameter for fish stock assessment. *Rev. Fish Biol. Fish.* 6:221-242.

Arreguín-Sánchez, F. y T. J. Pitcher. 1999. Catchability estimates accounting for several sources of variation: application to the red grouper fishery of the Campeche Bank, Mexico. *Fish. Bull.* 97(4):746-757.

Arreguín-Sánchez, F., C. Suárez-Vidal, M. Ramírez-Rodríguez, P. E. Balart, J. López-Rocha y R. J. Bautista-Romero. 2003. Pesca exploratoria de cangrejos *Cancer johngarthi*, *Cancer Anthony*, *Maiopsis panamensis*, *Mursia gaudichaudii* y langostilla *Pleuroncondes planipes* en la costa occidental de Baja California Sur, México. *Primer informe de investigación. IPN-CICIMAR. CIB. APROBSA.* 31p.

Bailey, R. J. y R. W. Elnor. 1989. Northwest Atlantic Snow Crab Fisheries: Lessons in Research and Management. Marine Invertebrate Fisheries. Their Assessment & Management. Ed. Caddy, J. F. Wiley Interscience. 752 p.

Bigford, T. E. 1979. Sinopsis of biological data on the rock crab, *Cancer irroratus*. *NOAA Technical Report NMFS Circular 426.* 26 p.

Bowman, T. E. y L. G. Abele. 1982. Classification of the Recent Crustacea. In: D. E. Bliss y L. G. Abele (eds.) *The Biology of Crustacea: Systematics, the Fossil Record, and Biogeography*. Academic press, Vol. 1, pp. 1-27.

Carvacho, A. 1989. *Cancer johngarthi*, n.sp. and *Cancer porteri* (Bell) (Crustacea, Decapoda): Comparisons and hypothesis. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 102: 613-619.

Carvacho A. y R. Bonfil. 1989. El género *Cancer* L. en el Pacífico mexicano (Crustacea: Decapoda: Brachyura). *Rev. Biol. Trop.*, 37 (1): 37-48, 1989.

Cervantes-Duarte, R. y S. Hernández-Trujillo. 1989. Características hidrográficas de la parte sur de la Corriente de California y su relación con algunas especies de copépodos en 1983. *Inv. Mar. CICIMAR*. 4:211-232.

Cervantes, J. L., J. Fiol y C. Sánchez. 1994. Prospección de Crustáceos de Aguas Profundas. Res. I Coloquio Sobre la Bahía de La Paz, B. C. S. UABCS.16

Collie, J. S. y G. H. Kruse. 1998. Estimating king crab (*Paralithodes camtschaticus*) abundance from commercial catch and research survey data. In: Jamieson, G. S., A. Campbell (Eds), *Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 125 p.

Dawe, E. G., J. M. Hoenig, y X. Xu. 1993. Change-in-ratio and index-removal methods for population assessment and their application to snow crab (*Chionoecetes opilio*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50, 1467-1476.

DeLury, D.B. 1947. On the estimation of biological population. *Biometrics*, 3:145-167.

Edwards, A. W. F. 1992. Likelihood. Johns Hopkins University Pres, Baltimore, Md.

Ehrhardt, N. M. 1981. Métodos de análisis de las estadísticas de captura y esfuerzo de pesca y su aplicación en modelos globales de pesquerías. Curso de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. La Paz, B. C. S. 38 p.

FAO. 1980. The collection of catch and effort statistics. *FAO Fish. Circ.*, (730): 63 p.

FAO. 2000. Anuario. Estadísticas de Pesca. Capturas 1988. Vol. 86/1, Roma. 713 p.

Fiol, O. J. y J. Cervantes-Duarte. 1996. Recurso Cangrejo. Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. Casas Valdez, M y G. Ponce Díaz (eds.).1996. SEMARNAP. FAO. INP. UABCS. CIB. CICIMAR. CETMAR. Vol. 1. 350 p.

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem.1995. Guia FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro-oriental. Volumen I. Plantas e Invertebrados. Roma, FAO. Vol. I:1-646 p.

Fischler, K. J. 1965. The use of catch-effort, catch-sampling, and tagging data to estimate a population of blue crabs. *Transactions of the American Fisheries Society* 94:287-310.

Gostshall, D. W. 1978. Catch-per-unit-effort studies of northern California Dungeness crab, *Cancer magister*. *California Fish and Game* 64:189-199.

Gulland, J.A. 1983. Fish Stock Assessment. A Manual of Basic Methods. FAO/WILEY Series on Food and Agriculture. 1, 233 p.

Haddon, M. 2002. Modelling and Quantitative Methods in Fisheries. Chapman & Hall/CRC. 396 p.

Haefner, P. 1985. The Biology and Exploitation of Crabs. The Biology of Crustacea. Vol. 10. Ed. Provenzano A. Department of Oceanography. Old Dominion University. Norfolk, Virginia. 320 p.

Harley, S.J., R. Myers, y A. Dunn. 2001. Is catch-per unit effort proportional to abundance. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 58: 1760-1772.

Hendrickx, M.E. 1985. Diversidad de los Macro-invertebrados Bentónicos Acompañantes del Camarón en el Área del Golfo de California y su Importancia Como Recurso Potencial. Cap. 3: 95-148. En: Yañes-Arancibia, A. (Ed). Recursos Potenciales Pesqueros de México: La Pesca Acompañante del Camarón. Prog. Univ. Alimen. Inst. Cienc. Mar y limnol., Inst. Nal. de Pesca, UNAM. 784 p.

Hendrickx, M. E. 1993. Crustáceos Decápodos del "Pacífico Mexicano. Biodiversidad Marina y Costera de México. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, pp 271-318.

Hilborn, R. 1987. Living with uncertainty in resource management. *N. Am. J. Fish. Mgt.* 7:1-5.

Hilborn, R. y C.J. Walters. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty. New York, Chapman and Hall. 570p.

Hilborn, R. y M. Mangel. 1997. The Ecological Detective. Confronting Models with Data. Monographs in Population Biology. Princeton Academic Press. 315 p.

Iwata, F. y K. Konishi, 1981. Larval development in Laboratory of *Cancer amphioetus* Rathbun, in comparación with those of seven other species of *cancer*. *Publ. Seto mar. Biol. Lab.* 26:369-391.

Kesteven, G. L. 1973. Manual of fisheries science. Part 1. An introduction to fisheries science. *FAO. Fish. Tech. Paper* (118): 42 p.

Lechuga-Devéze, C.H., B. Ayala-Rocha y I. Gárate-Lizárraga. 1989. Proteínas, carbohidratos y clorofila de la materia orgánica particulada, en tres diferentes ambientes oceánicos: Mar de Portugal, Golfo de California y NW de Baja California Sur. *An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.* 16:147-156.

Leija-Tristán A., M. Monteforte, S. Amador y M. Huerta 1992. Distribución, abundancia y reproducción del cangrejo rojo *Cancer johngarthi* (Decapoda: Cancridae), en Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.*, 40 (2): 199-207, 1992

Leslie, P.H. y H.S. Davis. 1939. An attempt to determine the absolute number of rats on a given area. *J. Anim. Ecol.* 8:94-113.

Lindley, D.V. 1983. Theory and practice of bayesian statistics. *The Statistician* 32:1-11.

Lynn, D.H. y R.G. Simpson. 1987. The California Current system: the seasonal variability of its physical Characteristics. *J. Geophys. Res.* 92:12947-12966.

MacKay, D. C. G. 1943. Temperature and world distribution of crabs of the genus *Cancer*. *Ecology*, 24:113-115.

Methot R. D. y L. W. Botsford. 1982. Estimated preseason abundance in the California Dungeness crab (*Cancer magister*) fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39:1077-1083.

Miller, J. R. 1990. Effectiveness of crab and lobster traps. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 1228-1251.

Miller, J. R y R. K. Mohn. 1993. Critique of the Leslie method for estimating sizes of crab and lobster populations. *North American Journal of Fisheries Management.* 13:676-685.

Nations, J. D. 1975. The genus *Cancer* (Crustacea: Brachyura): Systematics, biogeography and fossil record. *Scientific Bulletin of the Natural History Museum, Los Angeles county.* 23:1-104.

Orensanz, J.M. y V.F. Gallucci. 1998. A comparative study of postlarval lifehistory schedules in four sympatric *Cancer* species (Decapoda: Brachyura: Cancridae). *J. Crust. Biol.* 8:187-220.

Otto, R. S. 1986. Management and assessment of easternBearing Sea king crab stocks. *Canadian Special Publication of Fisheries an Aquatic Sciences* 92:83-106.

Punt, A.E. y Hilborn, R. 1996. Biomass Dynamic Models. User's Manual. FAO Computarized Information Series (Fisheries). FAO. No. 10. 62 p.

Ramírez-Rodríguez, M., F. Arreguín-Sánchez, G. de la Cruz-Agüero, y E. Balart-Páez. 2003. Distribución de *Cancer johngarthi* Carvacho, 1989 (Decápoda: Brachyura: Cancridae), en la Costa Occidental de Baja California Sur, México. En: M. E. Hendrickx (ed.). *Contribuciones al Estudio de los Crustáceos del Pacífico Este 2.* Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

Reid, J.G., G. Roden y J. Wyllie. 1958. Studies of California Current system. CalCOFI Rep. 1 July 1956-11 January 1958. 1:27-59.

Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 191: 382.

Sánchez Ortiz, C., C. I. Huerta, J. L. Cervantes y J. Fiol. 1997. Crustáceos Decápodos de Aguas Profundas de la Bahía de La Paz, B. C. S. La Bahía de la Paz, Investigación y Conservación. Urbán R. J. y M. Ramírez R. (Eds.). 1997. UABCS. CICIMAR. SCRIPPS. 129-138 p.

Smith, M. T. y J. T. Addison. 2003. Methods for stock assessment of crustacean fisheries. *Fisheries Research*. 65: 231-256.

Sparre, P. y S.C. Venema. 1992. Introduction to Tropical Fish Stock Assessment. *FAO Fish. Tec. Pap.* 306/1, 407 p.

Stehlik, L. L., C. L. MacKenzie, y W. W. Morse. 1991. Distribution and abundance of four brachyuran crabs on the Northwest Atlantic Shelf. *Fishery Bulletin, U. S.* 89:473-492.

Thompson, S.K. 1991. Adaptative cluster sampling: designs with primary and secondary units. *Biometrics*: 1103-1115.

Wirtky, K. 1965. Corrientes superficiales en el Océano Pacífico Oriental Tropical. *Bull. Inter.-Amer. Trop. Tunna. Commn.*, 9(5): 271-304.

## Apéndice 1

Grupos de lances utilizados en la definición de la distancia máxima para la conformación de zonas de reducción de stock.

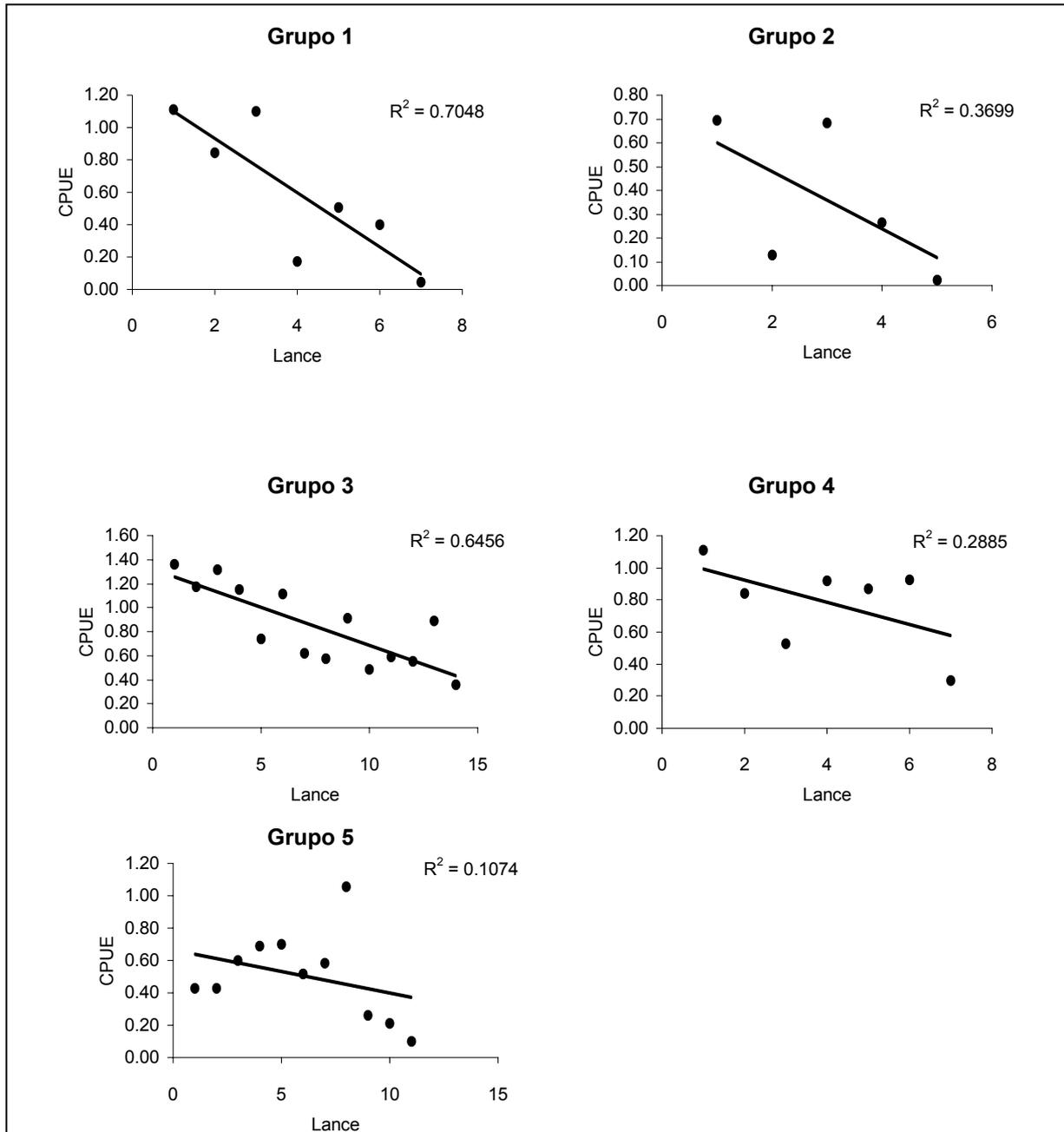
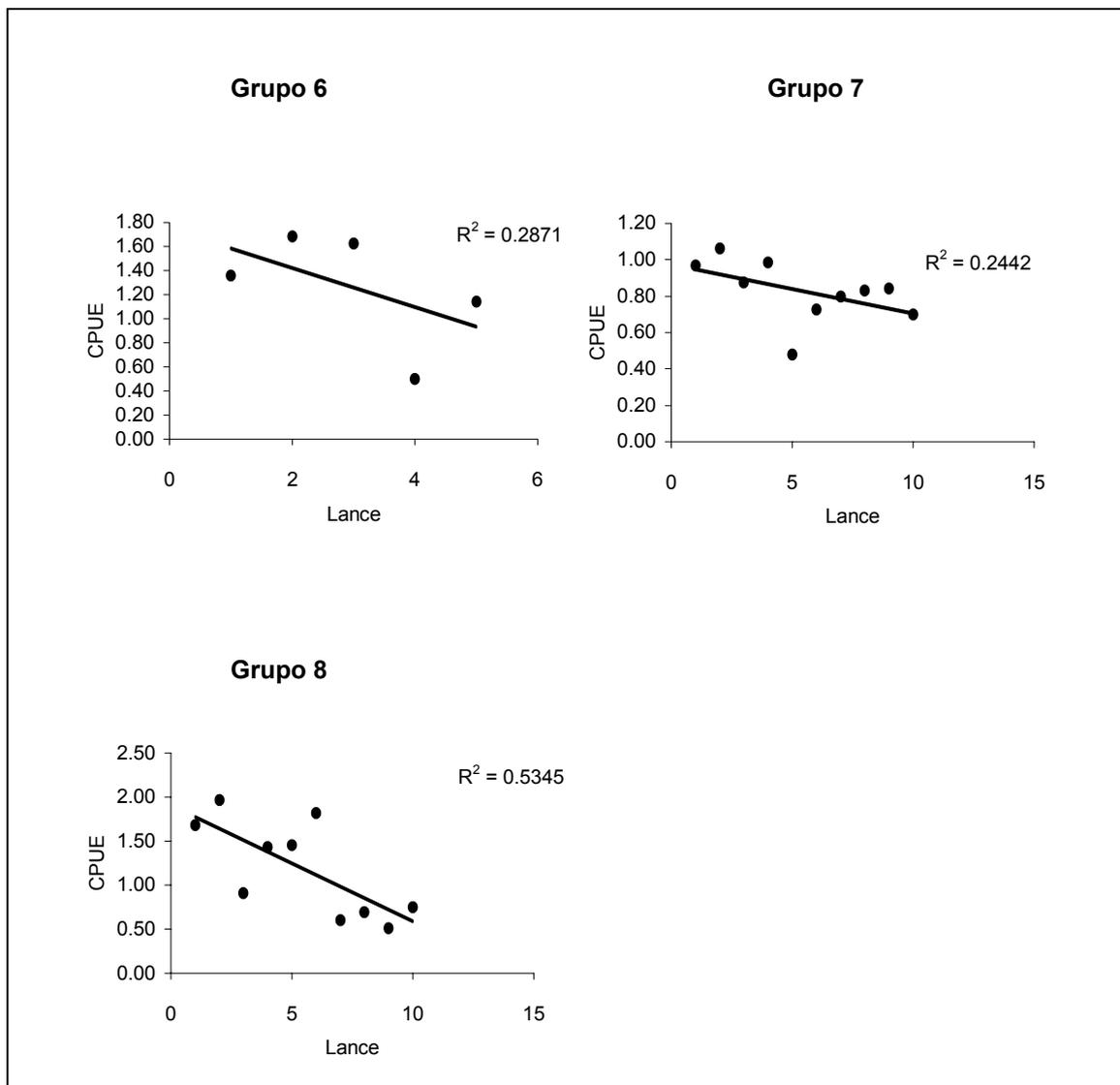
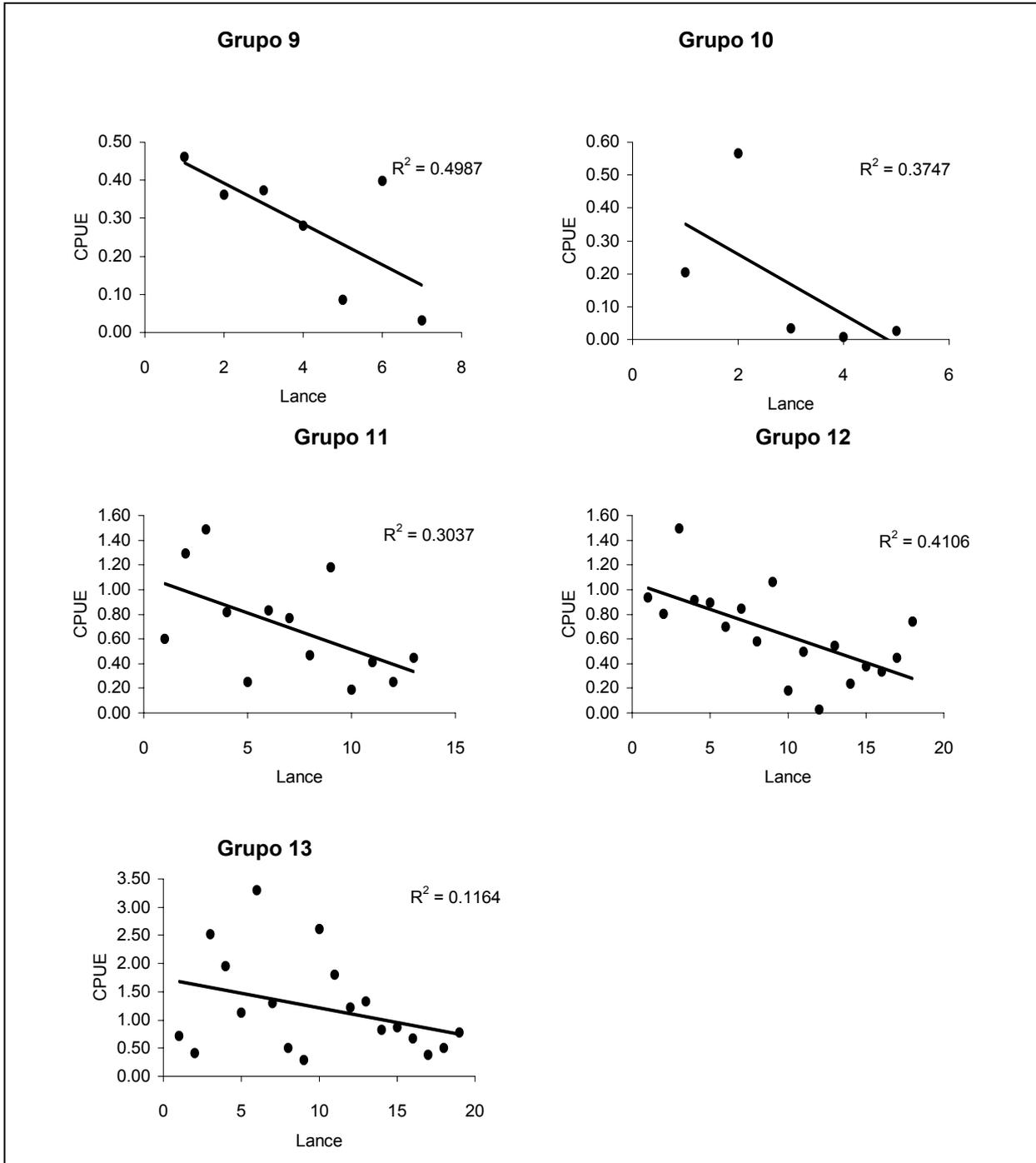


Fig. 1 Tendencia de disminución de la CPUE de los grupos de lances utilizados en la definición de la distancia máxima para la conformación de zonas de reducción de stock, en el primer viaje de pesca exploratoria de *C. johngarthi*, en la costa occidental de B. C. S.



**Fig. 2** Tendencia de disminución de la CPUE de los grupos de lances utilizados en la definición de la distancia máxima para la conformación de zonas de reducción de stock, en el segundo viaje de pesca exploratoria de *C. johngarthi*, en la costa occidental de B. C. S.



**Fig. 3** Tendencia de disminución de la CPUE de los grupos de lances utilizados en la definición de la distancia máxima para la conformación de zonas de reducción de stock, en el tercer viaje de pesca exploratoria de *C. johngarthi*, en la costa occidental de B. C. S.

## Apéndice 2

Gráficas de Captura por unidad de esfuerzo vs Captura acumulada y Captura por unidad de esfuerzo vs Esfuerzo acumulado en zonas de reducción de stock.

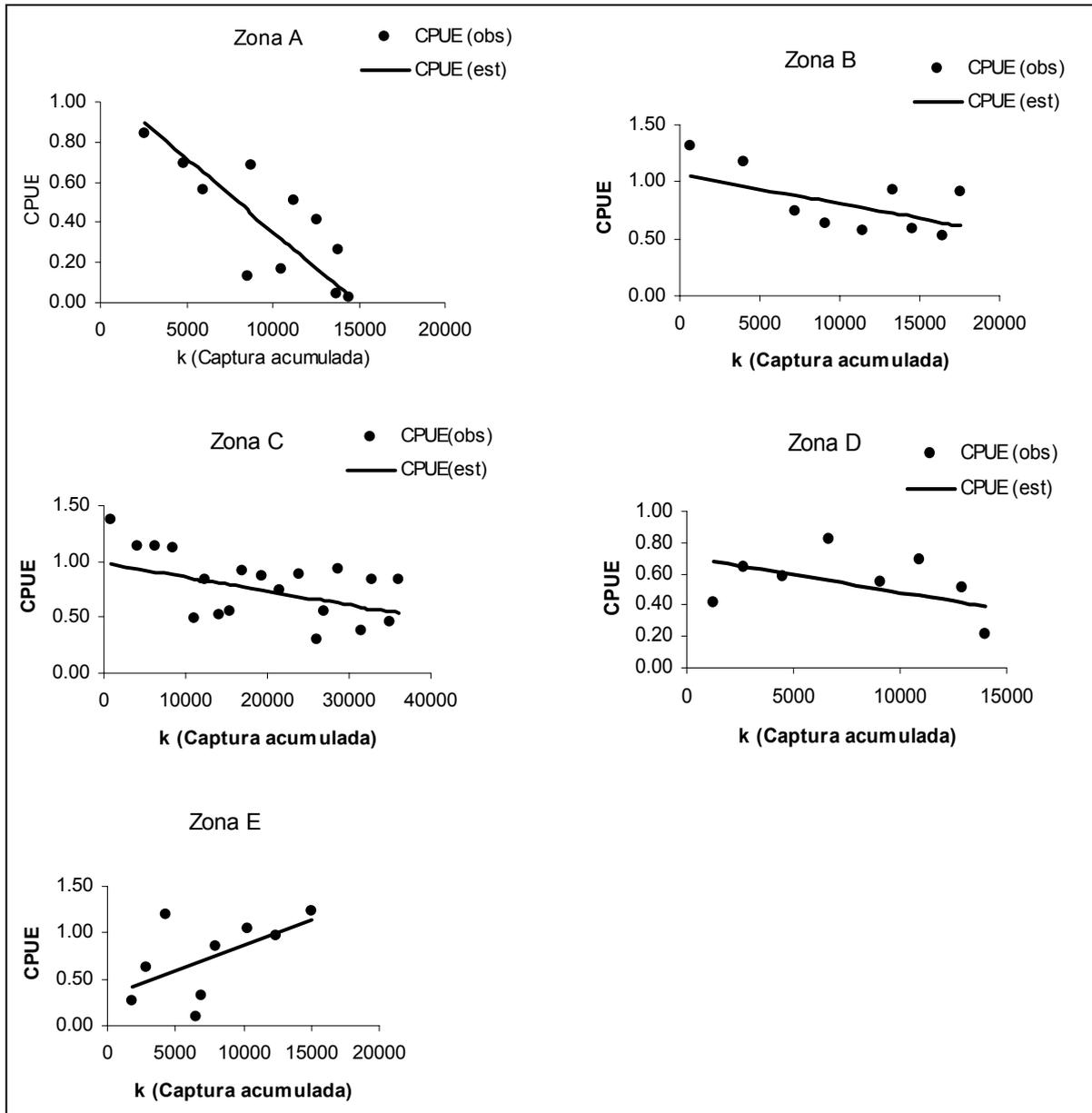
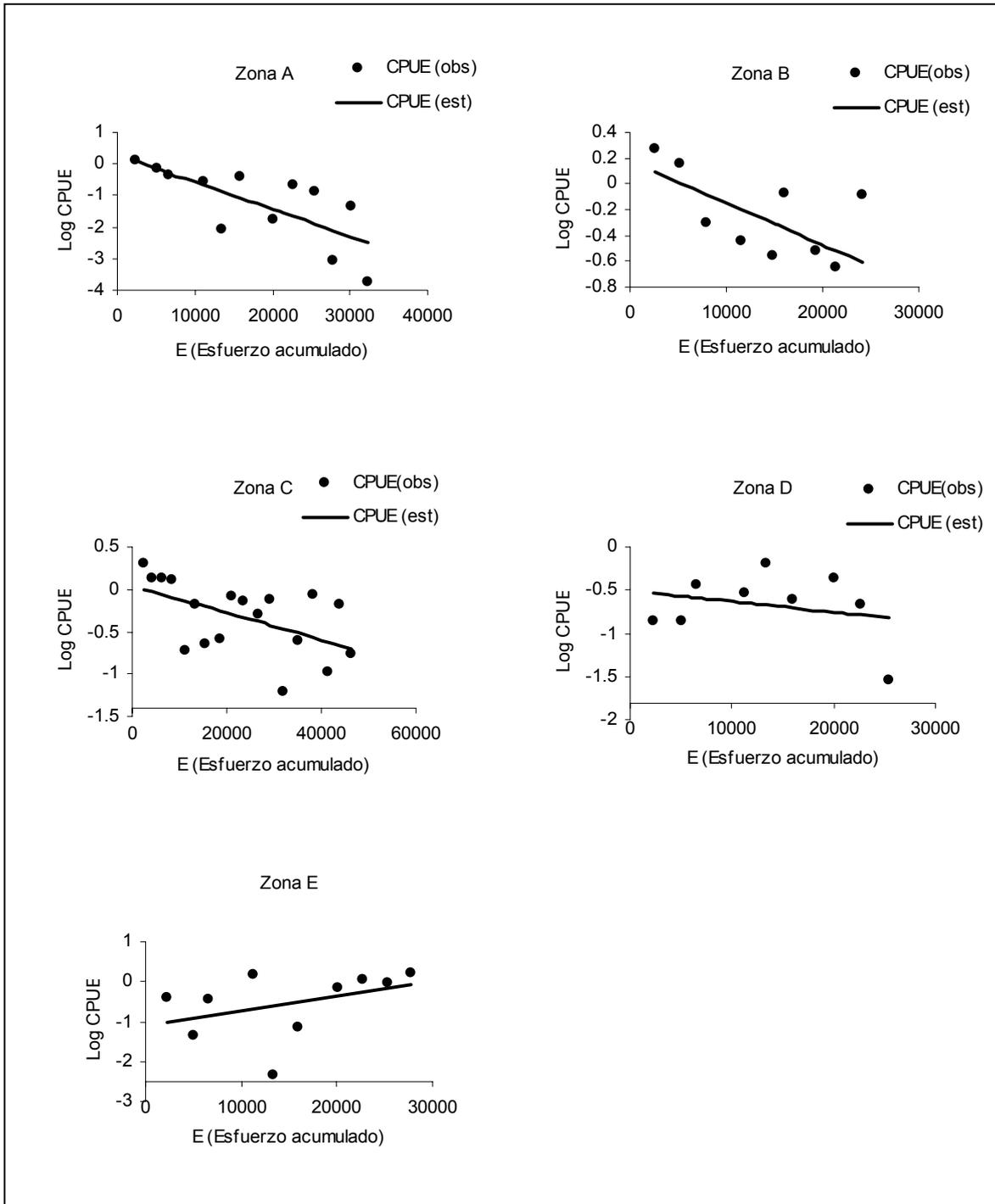
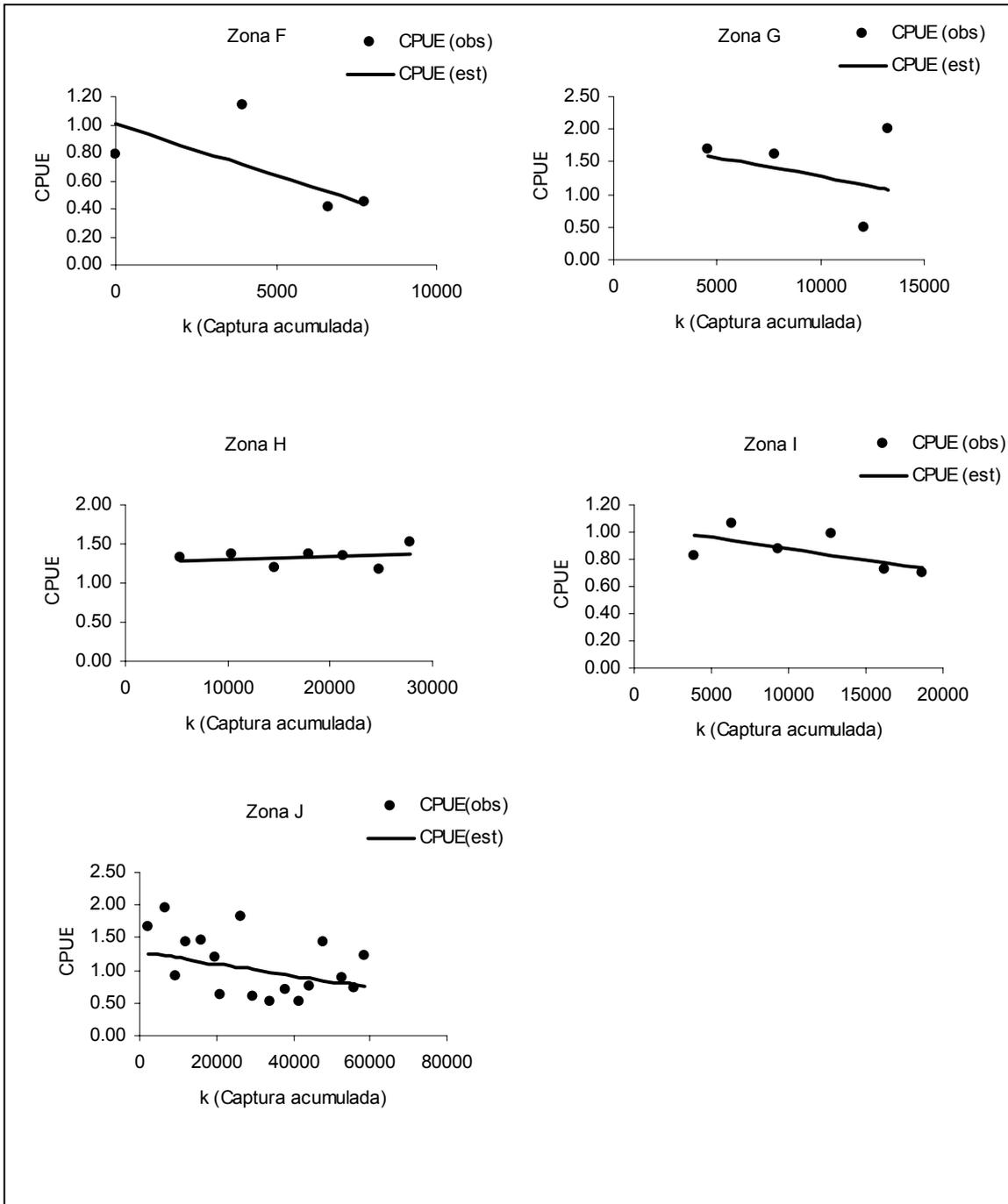


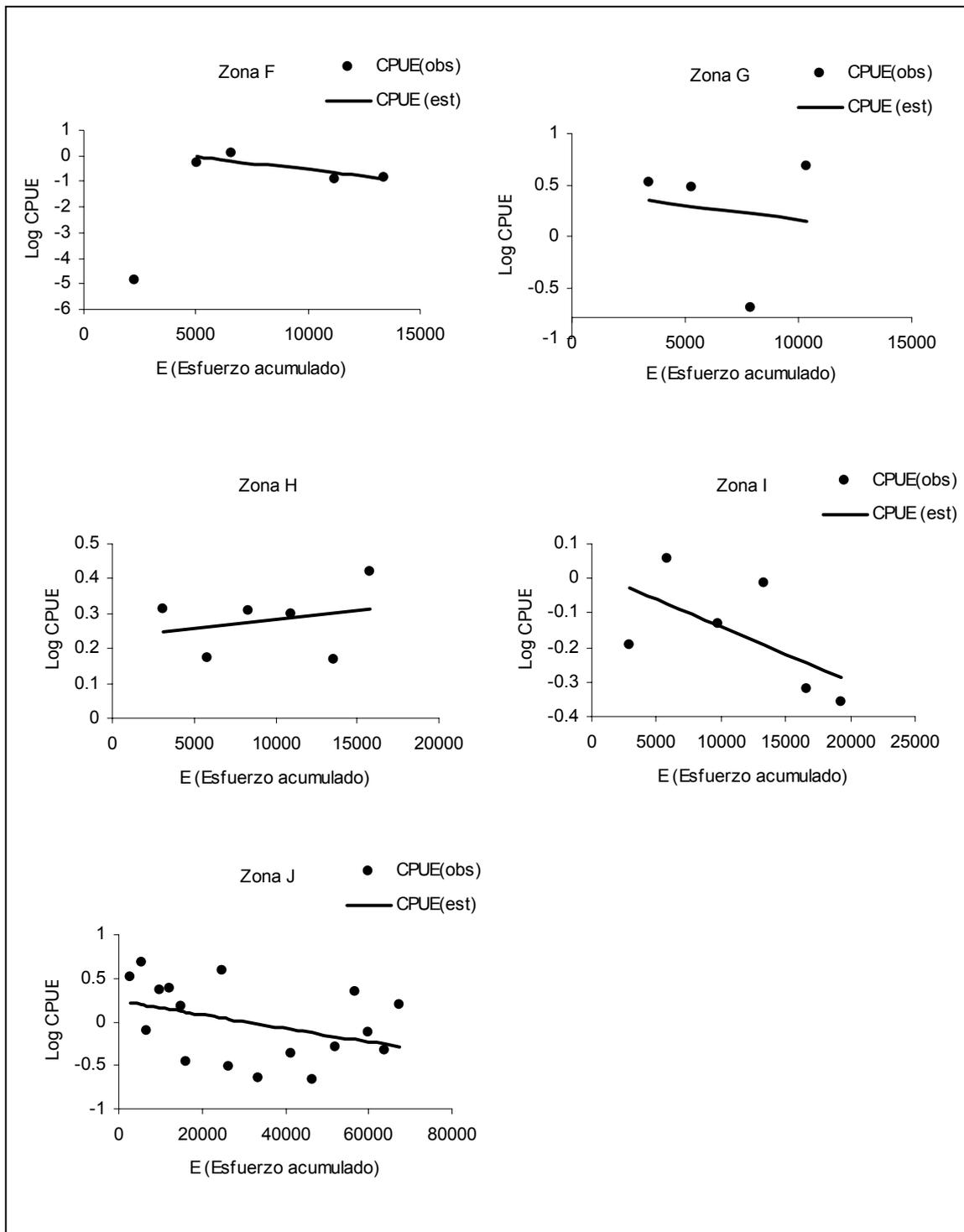
Fig.1 Gráficas de Captura por Unidad de Esfuerzo (No. de organismos/h-t) vs Captura acumulada (No. de organismos) según el modelo de Leslie, en cada una de las zonas de reducción de stock del primer viaje de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S.



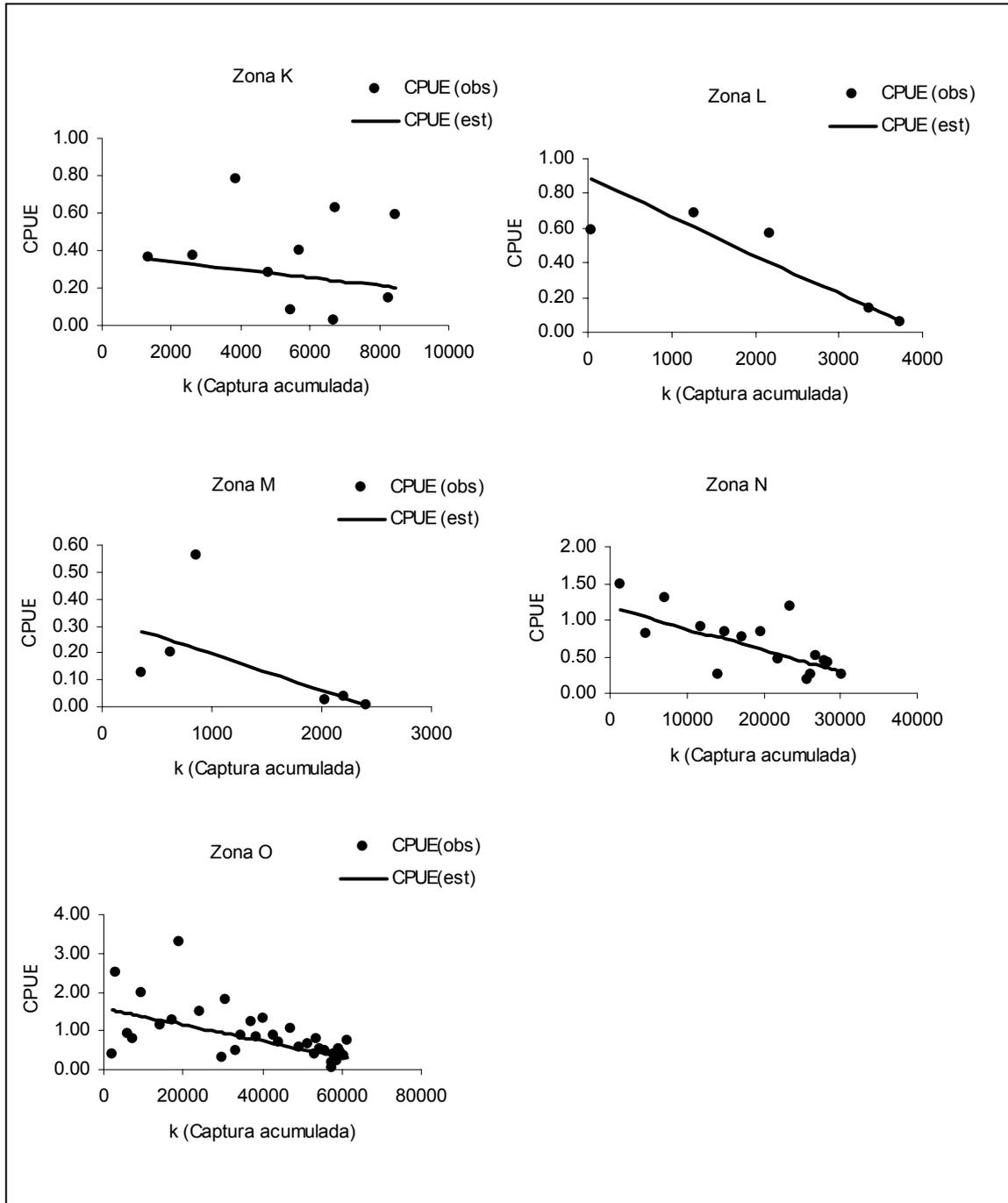
**Fig.2 Gráficas de Captura por Unidad de Esfuerzo (No. de organismos/h-t) vs Esfuerzo acumulado (h-t) según el modelo de DeLury, en cada una de las zonas de reducción de stock del primer viaje de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S.**



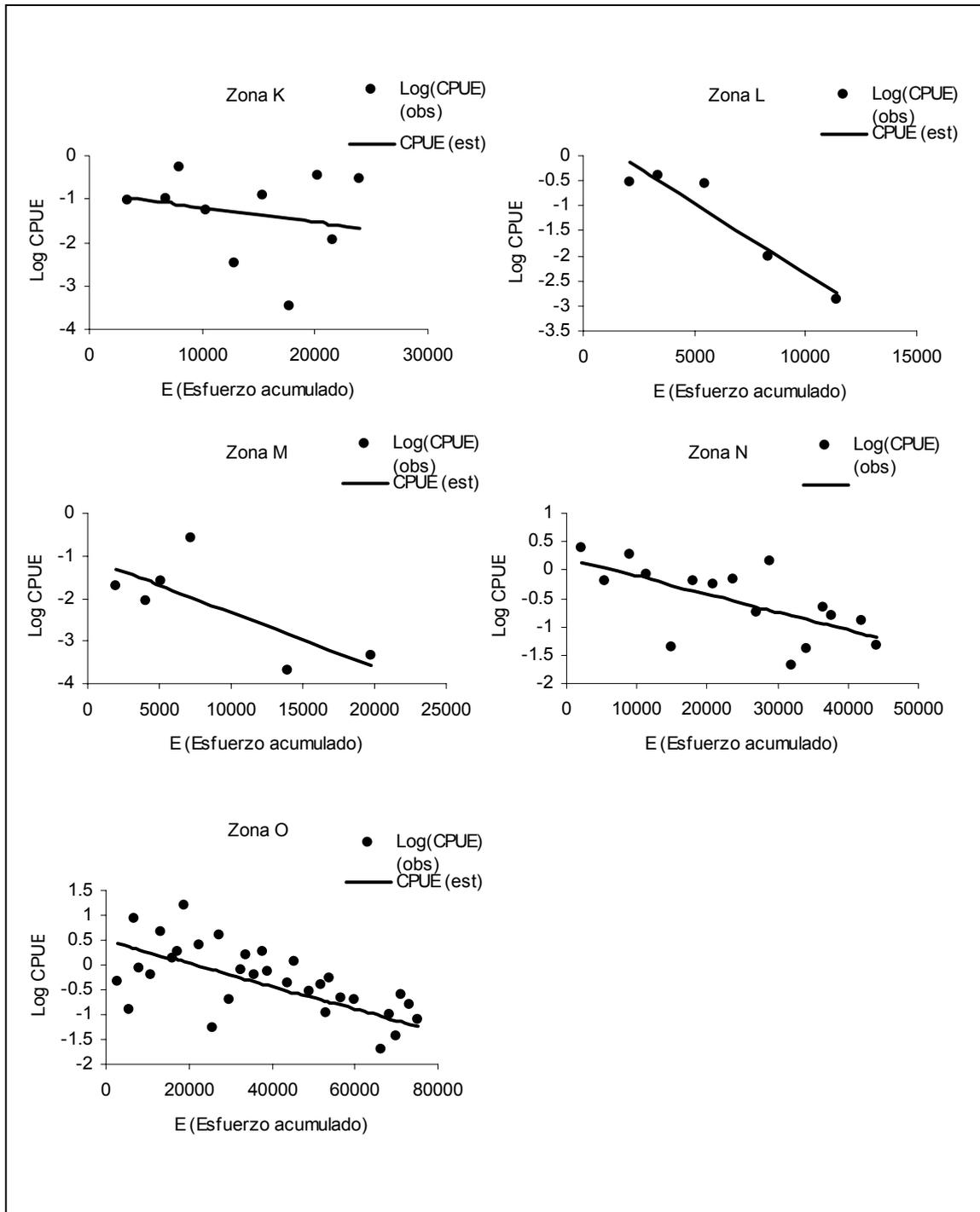
**Fig.3 Gráficas de Captura por Unidad de Esfuerzo (No. de organismos/h-t) vs Captura acumulada (No. de organismos) según el modelo de Leslie, en cada una de las zonas de reducción de stock del segundo viaje de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S.**



**Fig. 4** Gráficas de Captura por Unidad de Esfuerzo (No. de organismos/h-t) vs Esfuerzo acumulado (h-t) según el modelo de DeLury, en cada una de las zonas de reducción de stock del segundo viaje de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S.



**Fig.5** Gráficas de Captura por Unidad de Esfuerzo (No. de organismos/h-t) vs Captura acumulada (No. de organismos) según el modelo de Leslie, en cada una de las zonas de reducción de stock del tercer viaje de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S.



**Fig. 6** Gráficas de Captura por Unidad de Esfuerzo (No. de organismos/h-t) vs Esfuerzo acumulado (h-t) según el modelo de DeLury, en cada una de las zonas de reducción de stock del tercer viaje de pesca exploratoria de *C. johngarthi* en la costa occidental de B. C. S

**Apéndice 3 Distribuciones de probabilidad de los estimados de disponibilidad**

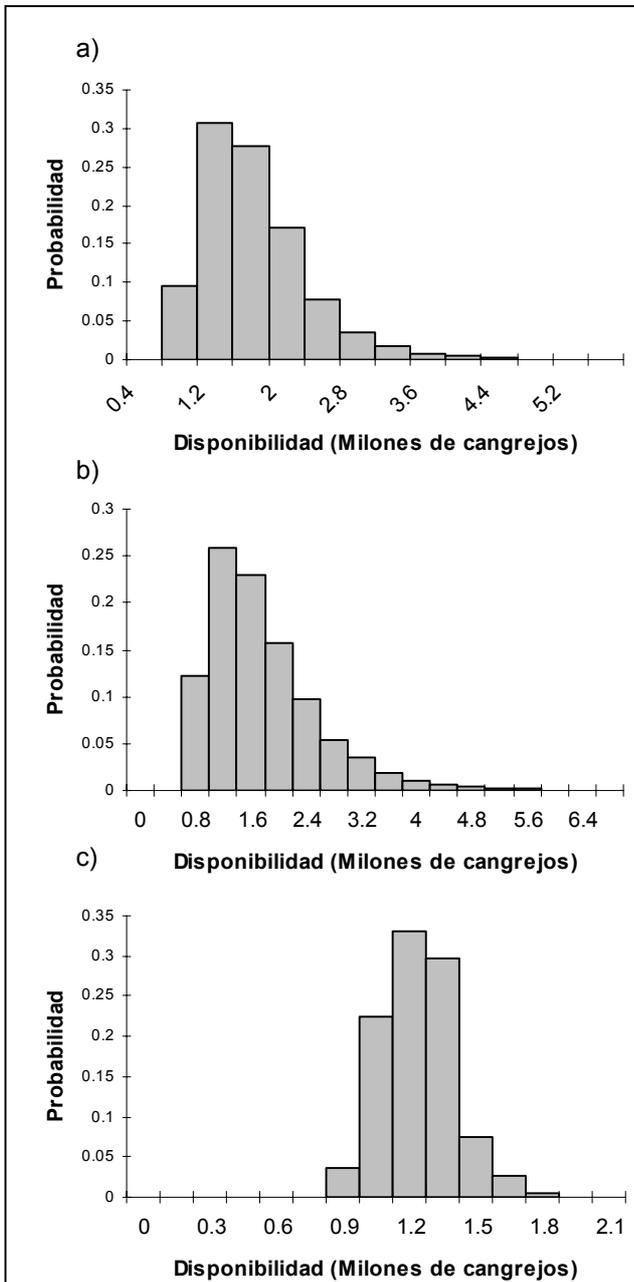


Fig. 1. Distribuciones de probabilidad de la disponibilidad de *C. johngarthi* en la zona A. Estimaciones por modelos de reducción de stock: a) y b) Leslie y Delury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

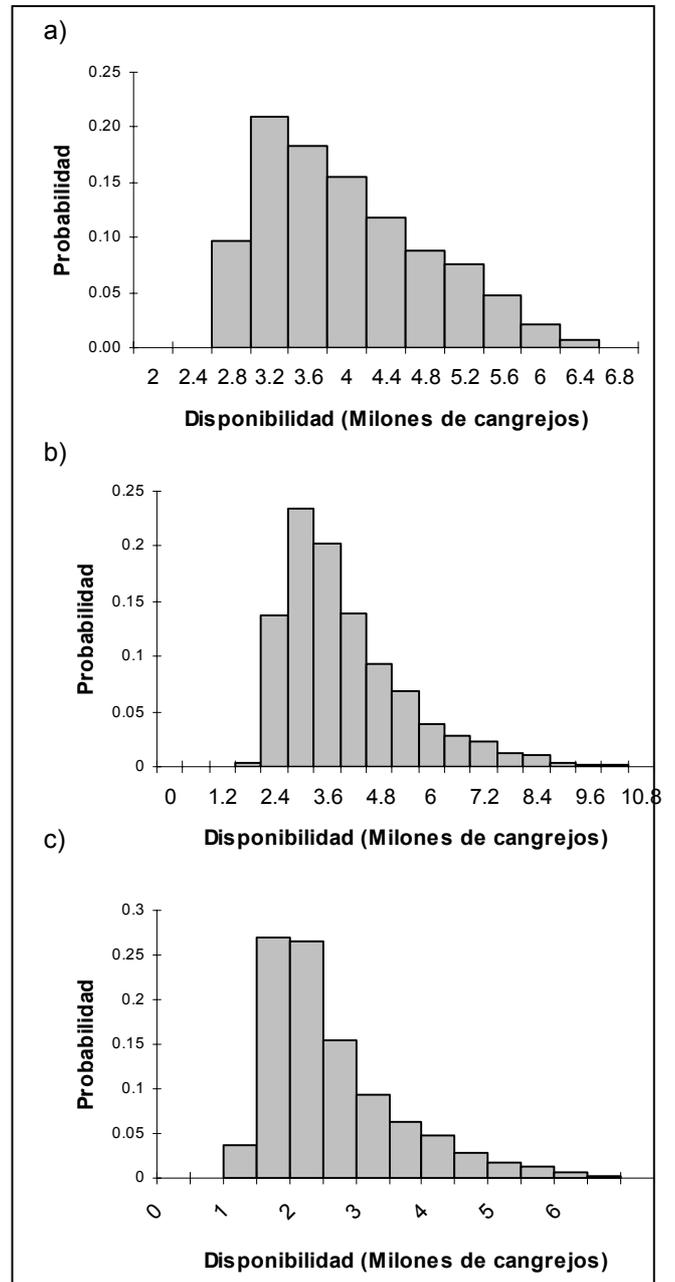
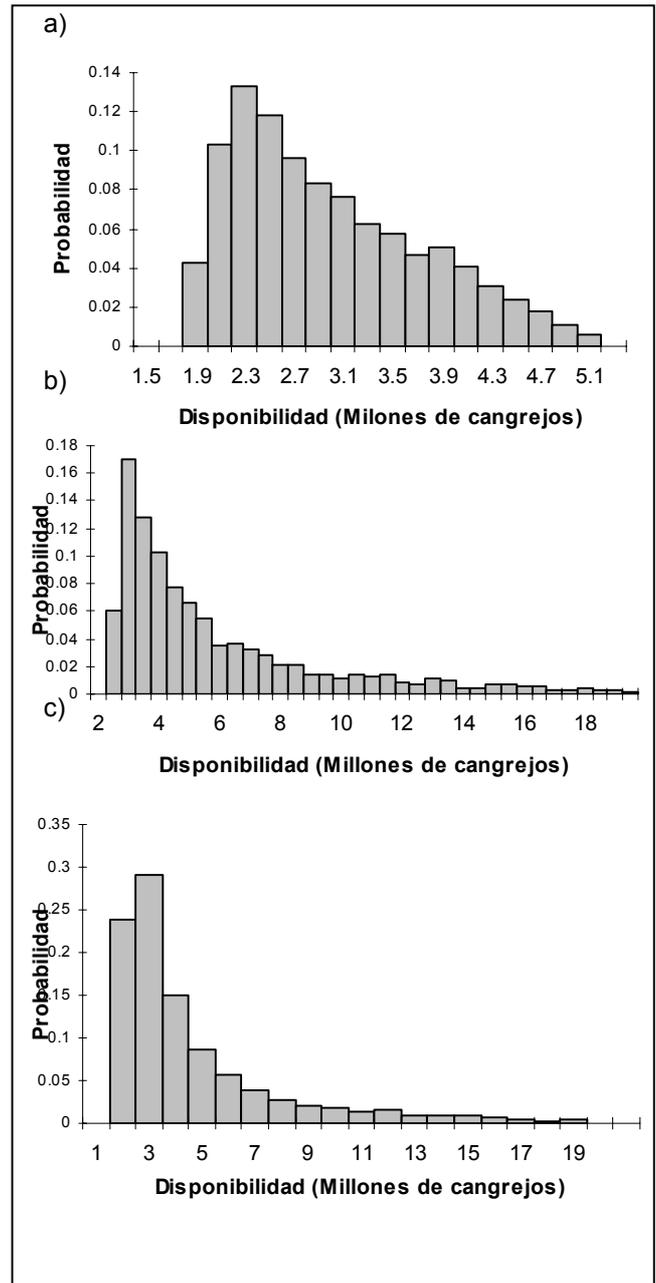
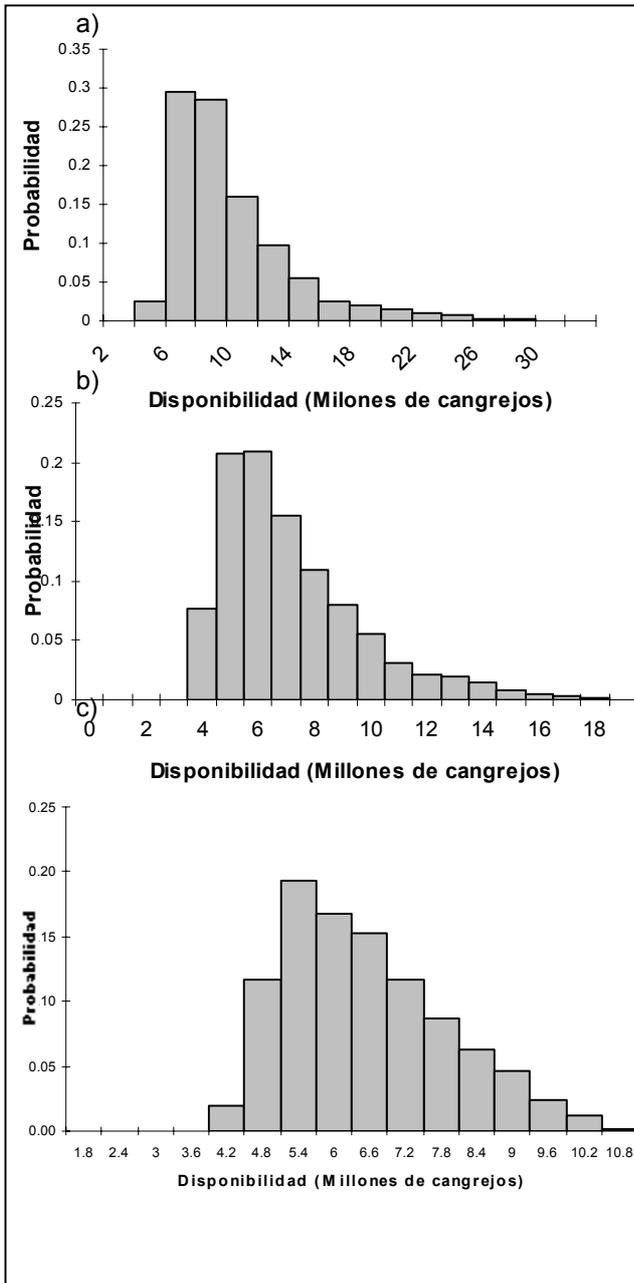


Fig. 2. Distribuciones de probabilidad de la disponibilidad de *C. johngarthi* en la zona B. Estimaciones por modelos de reducción de stock: a) y b) Leslie y Delury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.



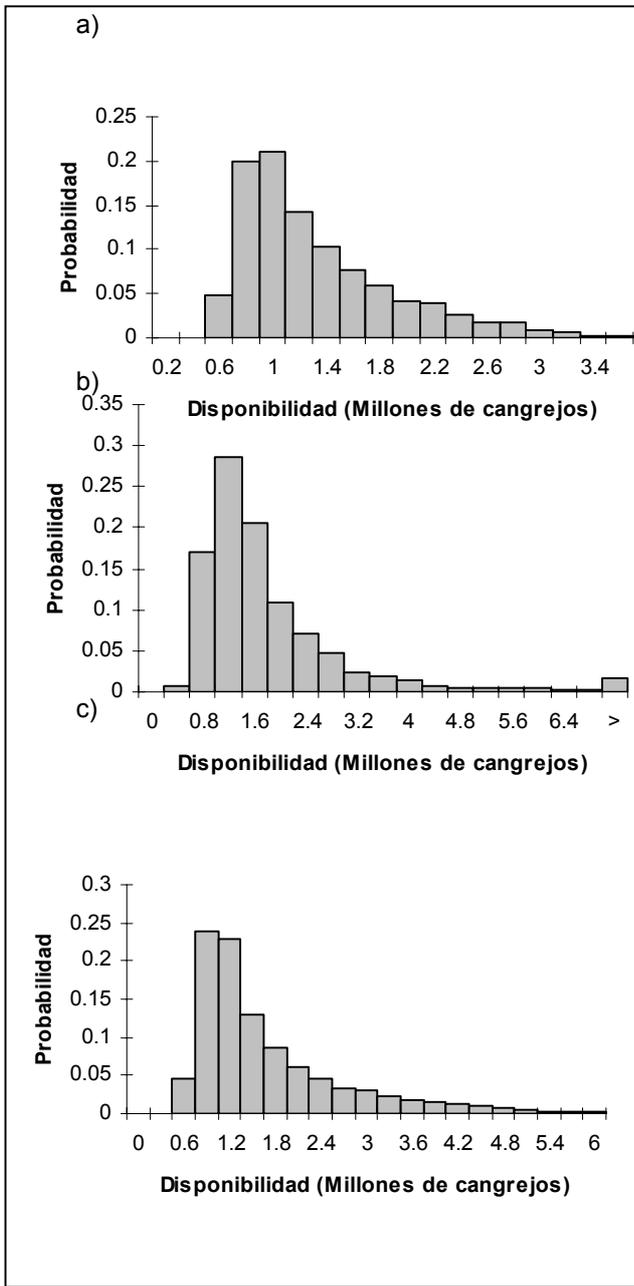


Fig. 5. Distribuciones de probabilidad de la disponibilidad de *C. johngarthi* en la zona F. Estimaciones por modelos de reducción de stock: a) y b) Leslie y Delury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

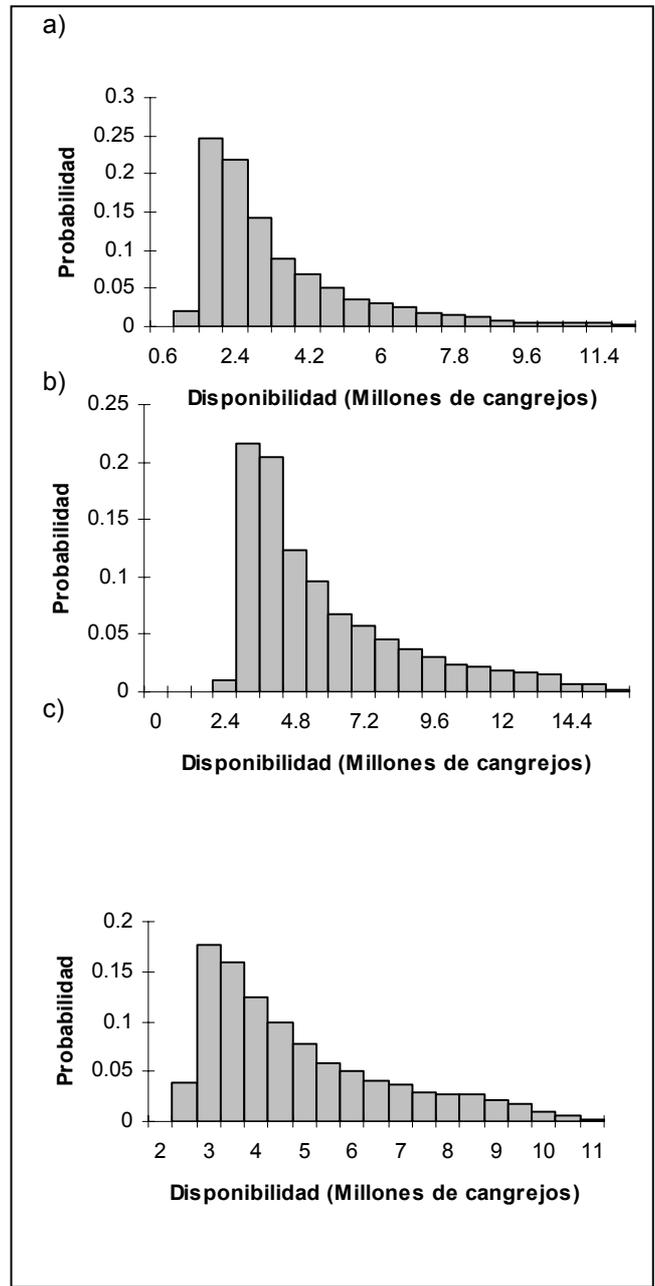


Fig. 6. Distribuciones de probabilidad de la disponibilidad de *C. johngarthi* en la zona G. Estimaciones por modelos de reducción de stock: a) y b) Leslie y Delury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

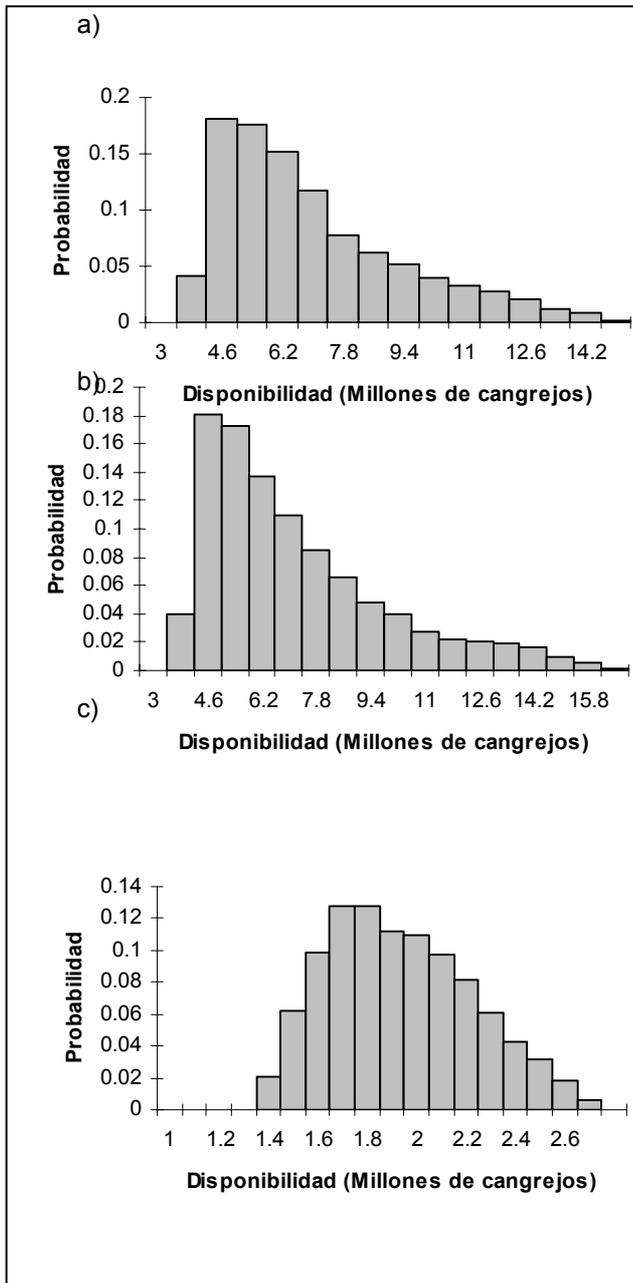


Fig. 7. Distribuciones de probabilidad de la disponibilidad de *C. johngarthi* en la zona I. Estimaciones por modelos de reducción de stock: a) y b) Leslie y Delury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

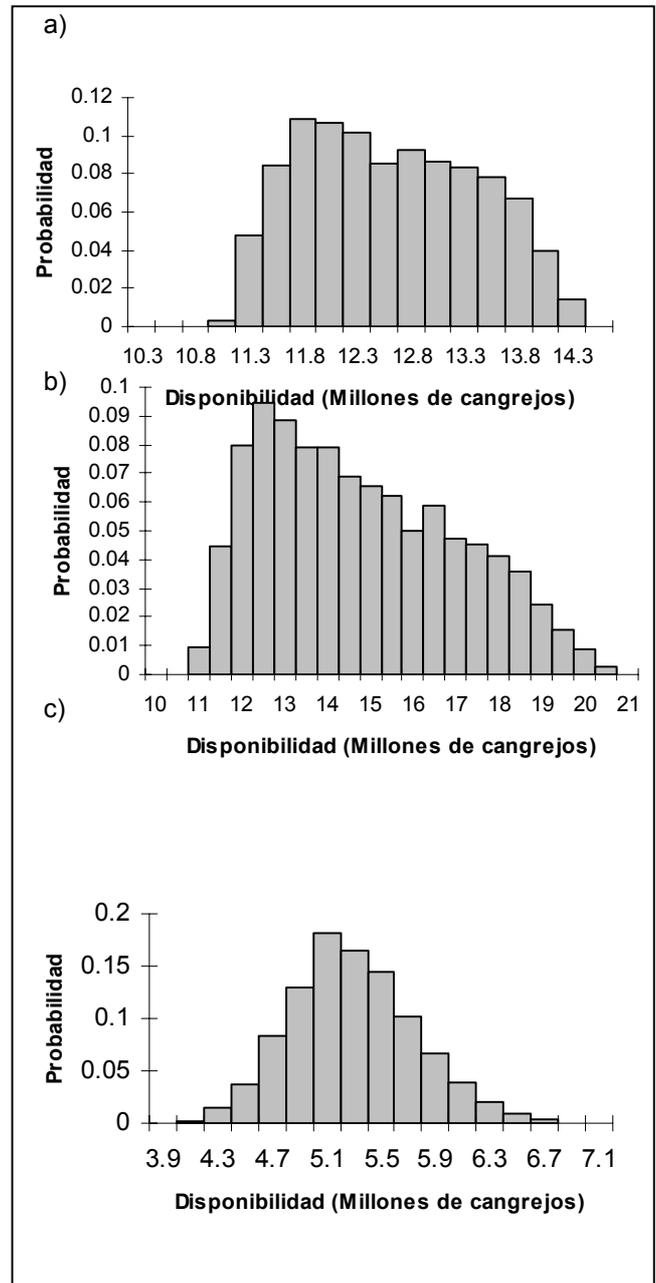


Fig. 8. Distribuciones de probabilidad de la disponibilidad de *C. johngarthi* en la zona J. Estimaciones por modelos de reducción de stock: a) y b) Leslie y Delury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

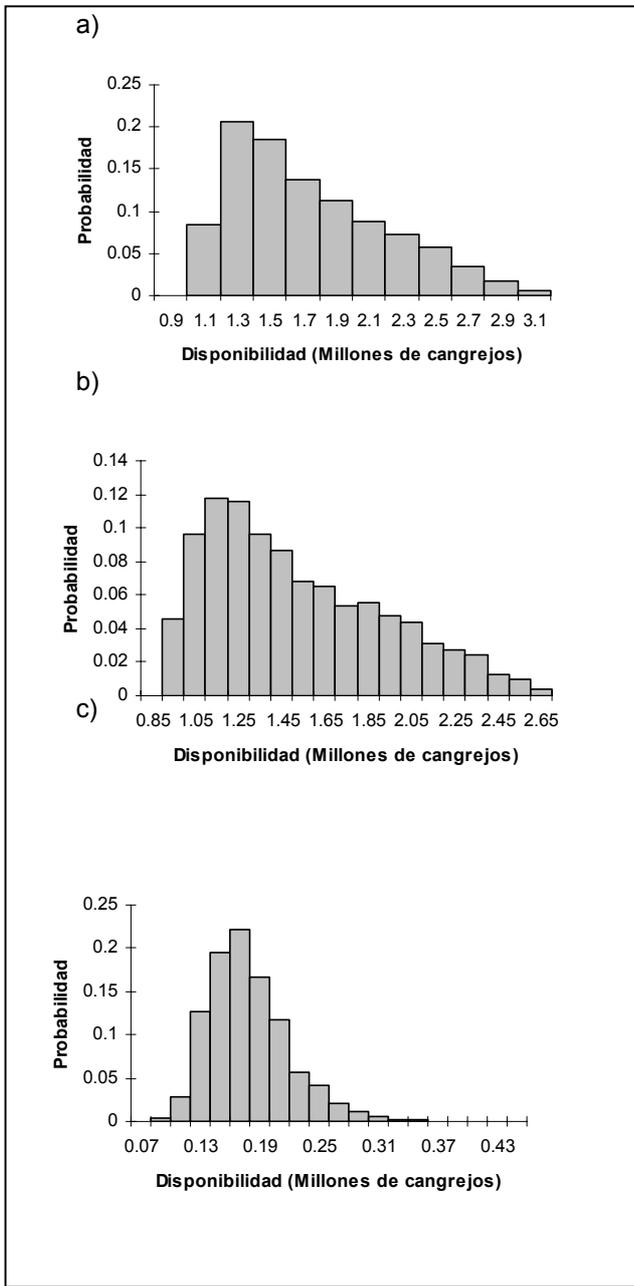


Fig. 9. Distribuciones de probabilidad de la disponibilidad de *C. johngarhi* en la zona K. Estimaciones por modelos de reducción de stock: a) y b) Leslie y Delury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

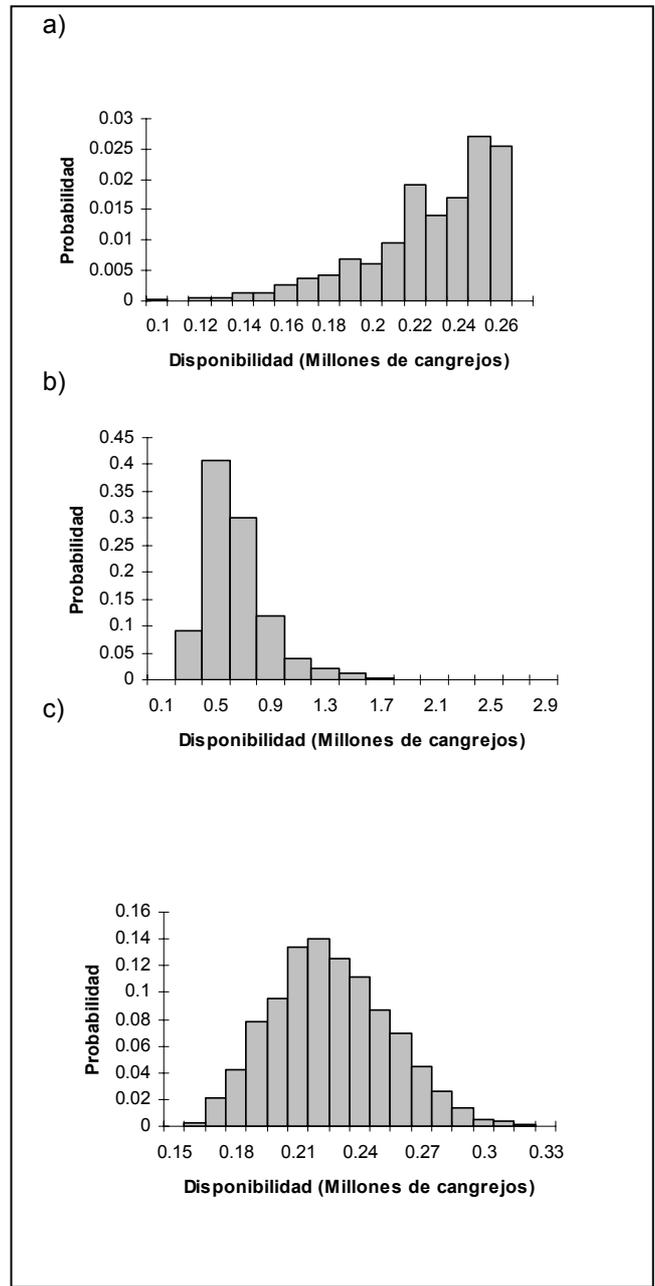


Fig. 10. Distribuciones de probabilidad de la disponibilidad de *C. johngarhi* en la zona L. Estimaciones por modelos de reducción de stock: a) y b) Leslie y Delury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

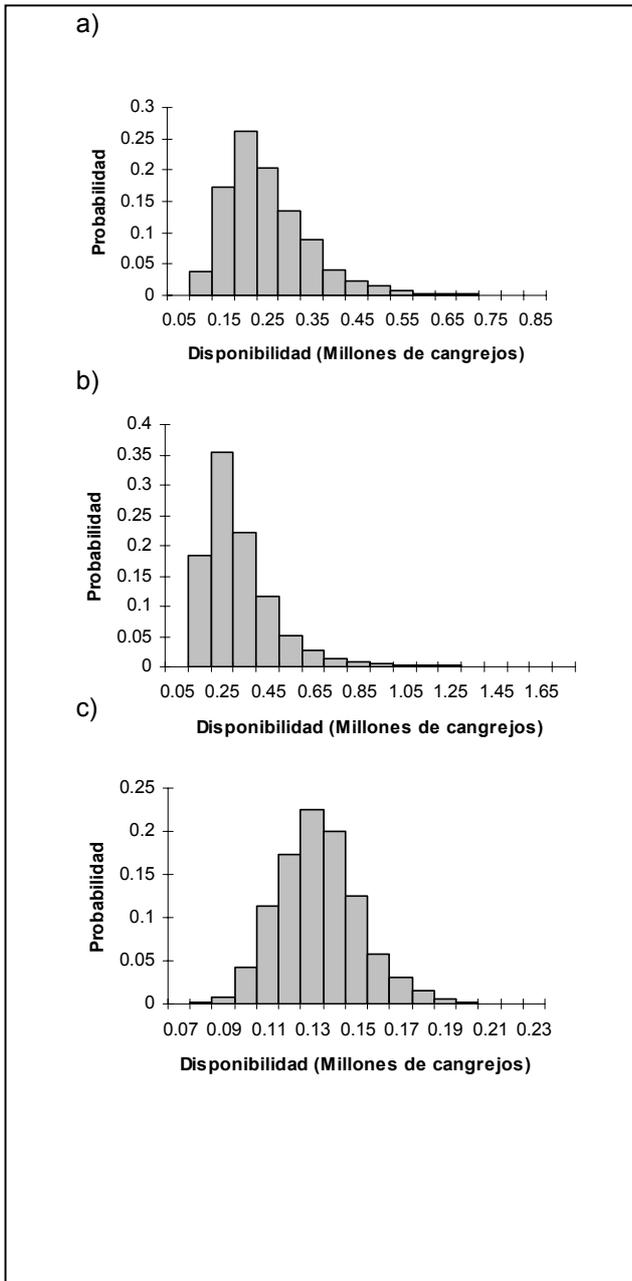


Fig. 11. Distribuciones de probabilidad de la disponibilidad de *C. johngarthi* en la zona M. Estimaciones por modelos de reducción de stock: a) y b) Leslie y Delury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

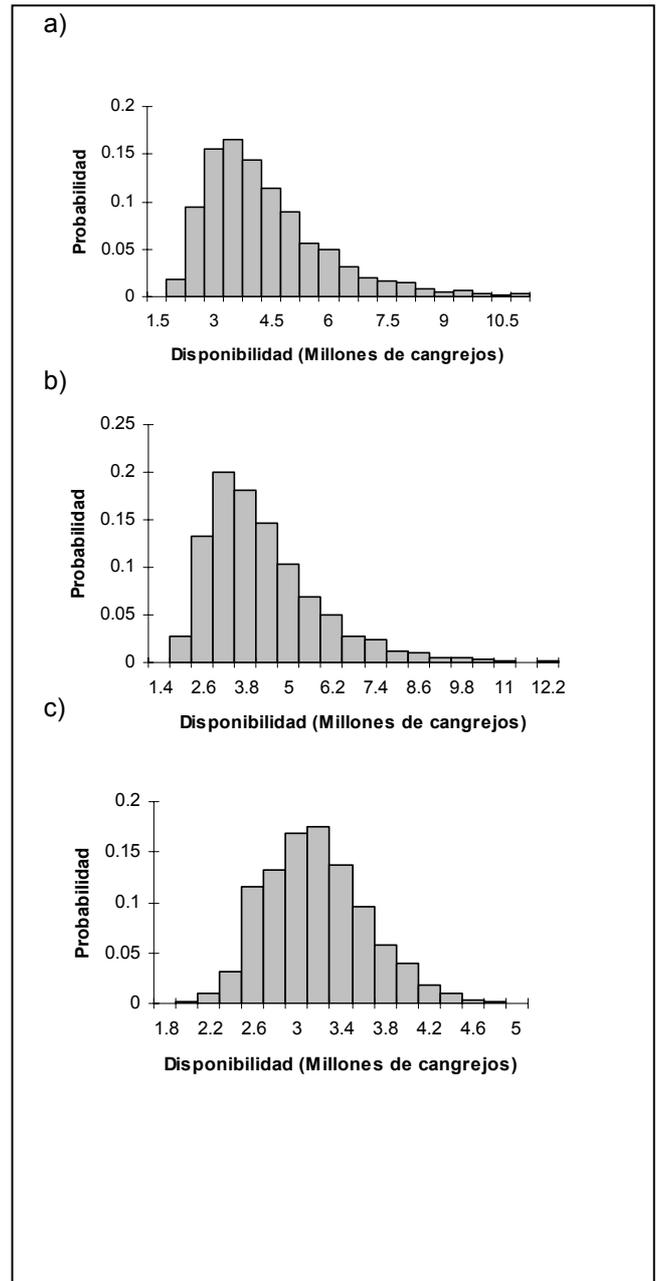
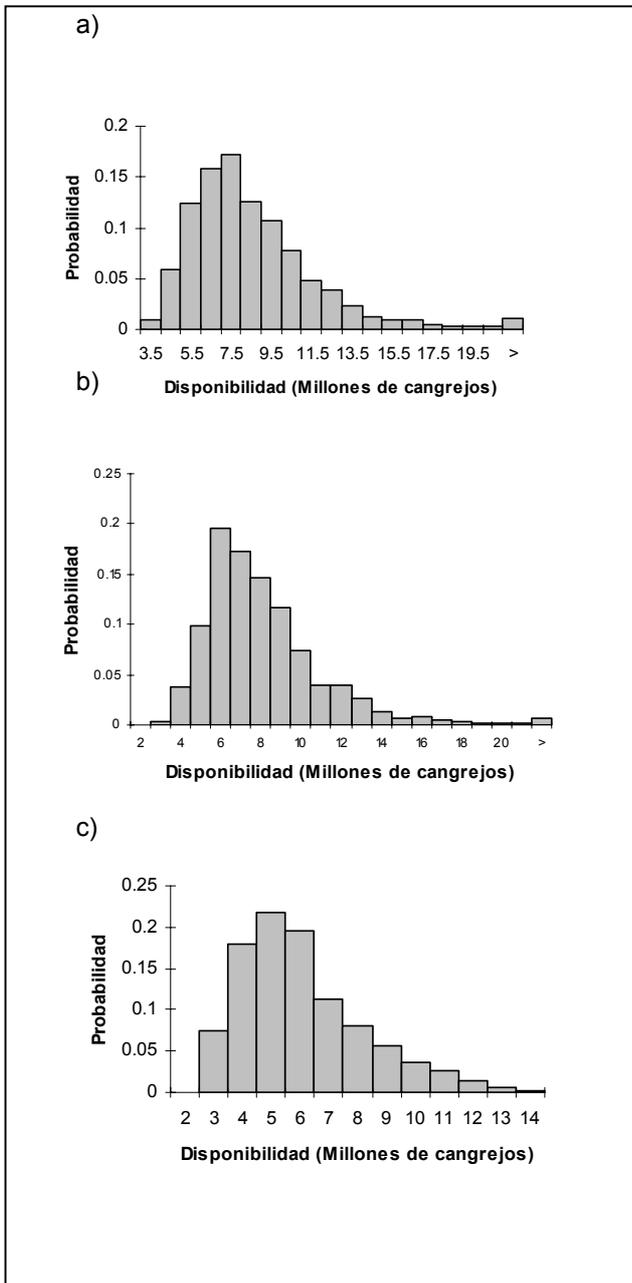
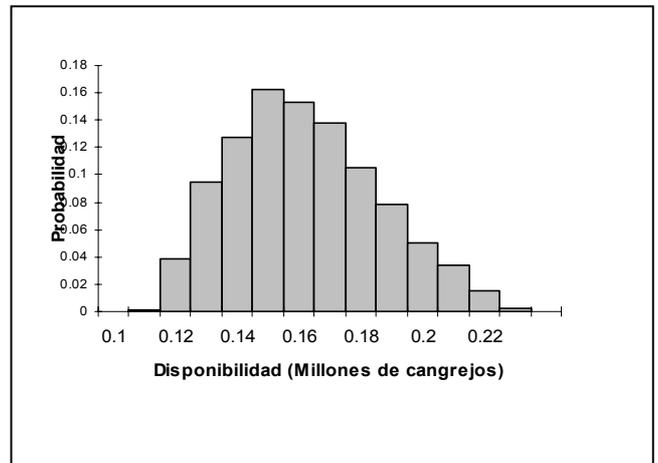


Fig. 12. Distribuciones de probabilidad de la disponibilidad de *C. johngarthi* en la zona N. Estimaciones por modelos de reducción de stock: a) y b) Leslie y Delury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.



**Fig. 13.** Distribuciones de probabilidad de la disponibilidad de *C. johngarhi* en la zona O. Estimaciones por modelos de reducción de stock: a) y b) Leslie y Delury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.



**Fig. 14.** Distribución de probabilidad de la disponibilidad de *C. johngarhi* en la zona E. Estimación por el modelo de reducción de stock de Leslie para población abierta.

## Apéndice 4 Perfiles de máxima verosimilitud del coeficiente de capturabilidad

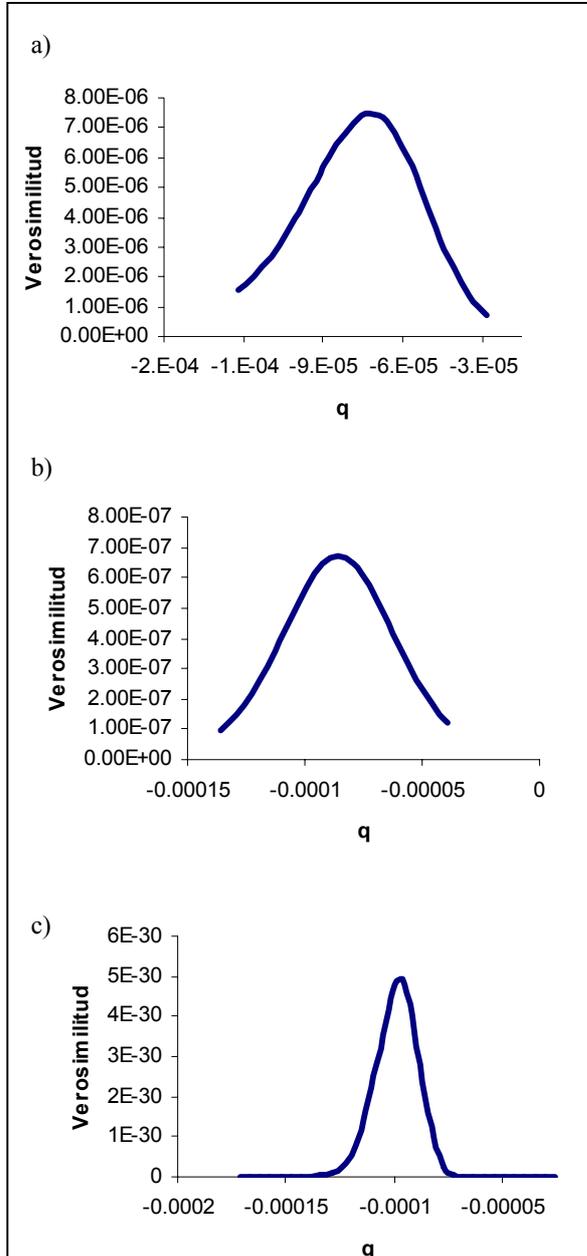


Fig.1. Perfiles de verosimilitud del parámetro  $q$  (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarthi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona A. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

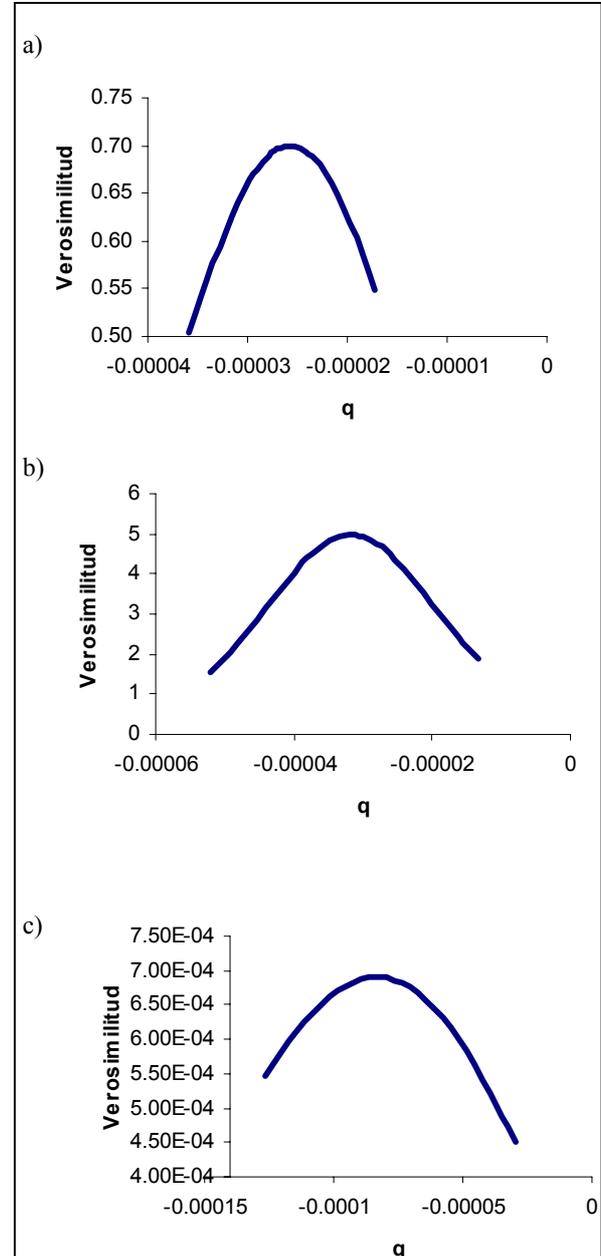


Fig.2. Perfiles de verosimilitud del parámetro  $q$  (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarthi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona B. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

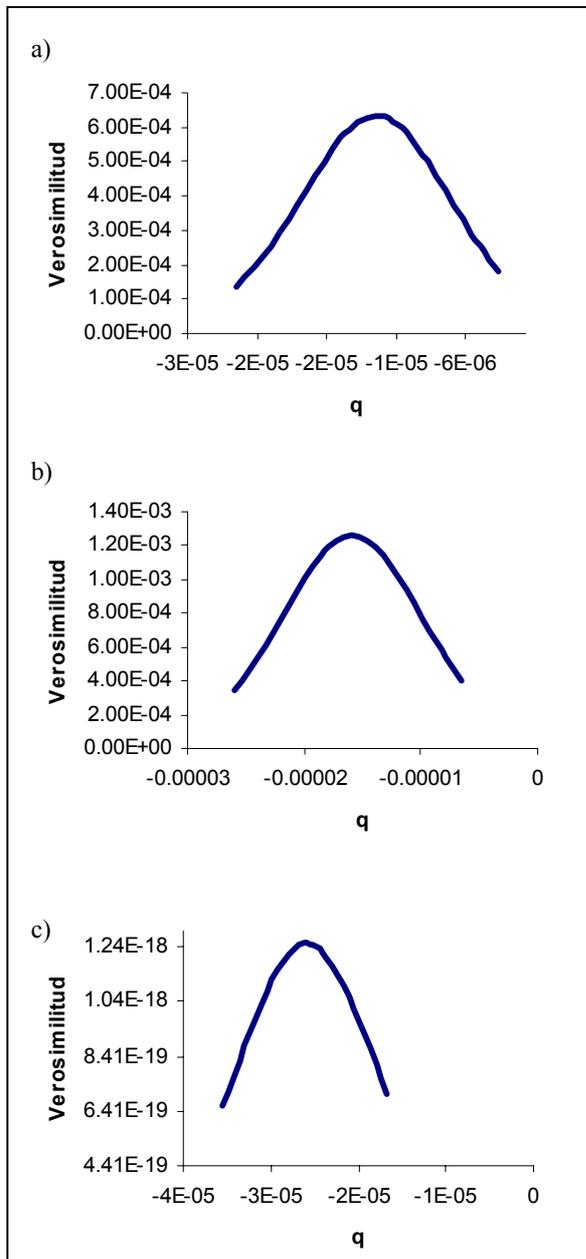


Fig.3. Perfiles de verosimilitud del parámetro  $q$  (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarthi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona C. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

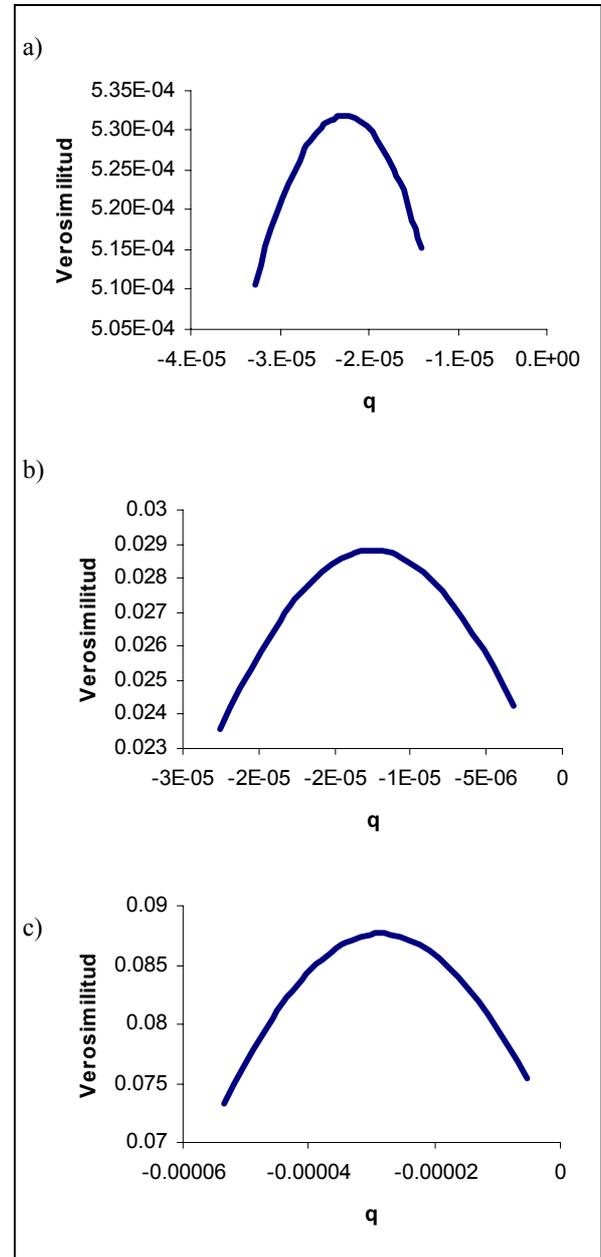


Fig.4. Perfiles de verosimilitud del parámetro  $q$  (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarthi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona D. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

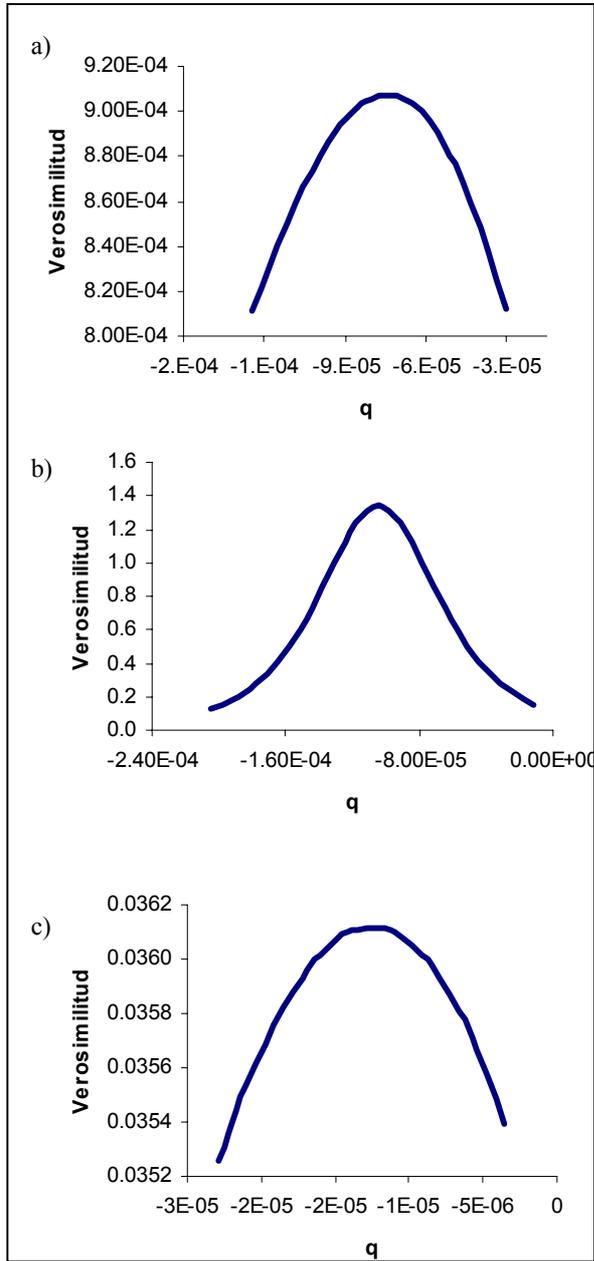


Fig.5. Perfiles de verosimilitud del parámetro  $q$  (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarthi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona F. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

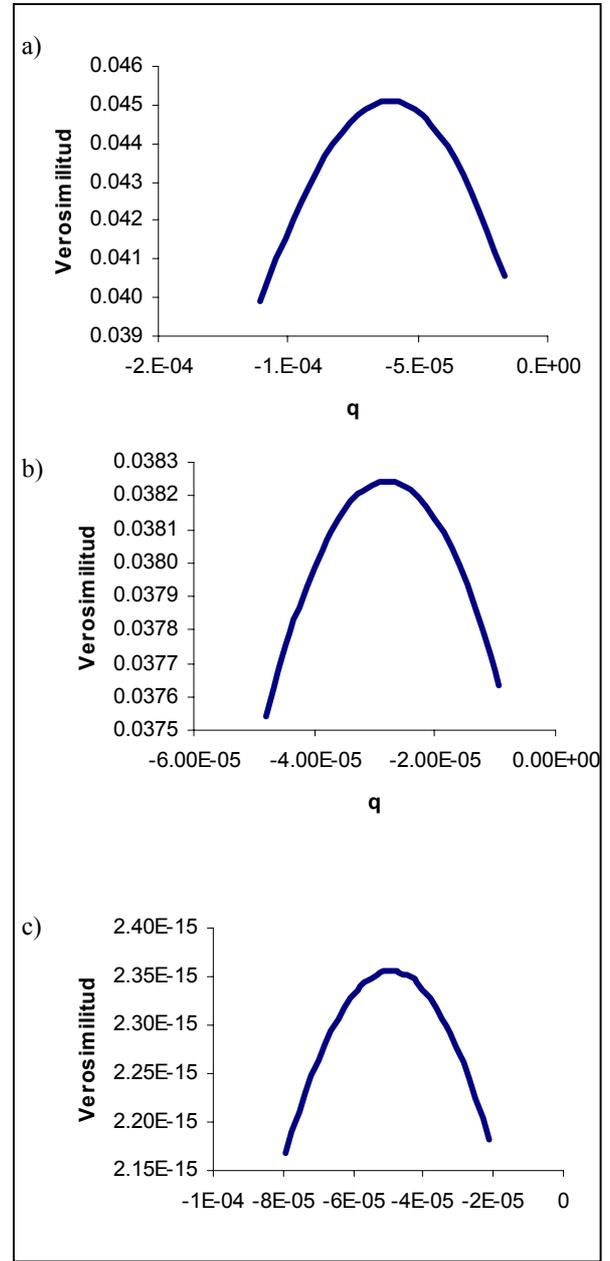


Fig.6. Perfiles de verosimilitud del parámetro  $q$  (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarthi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona G. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

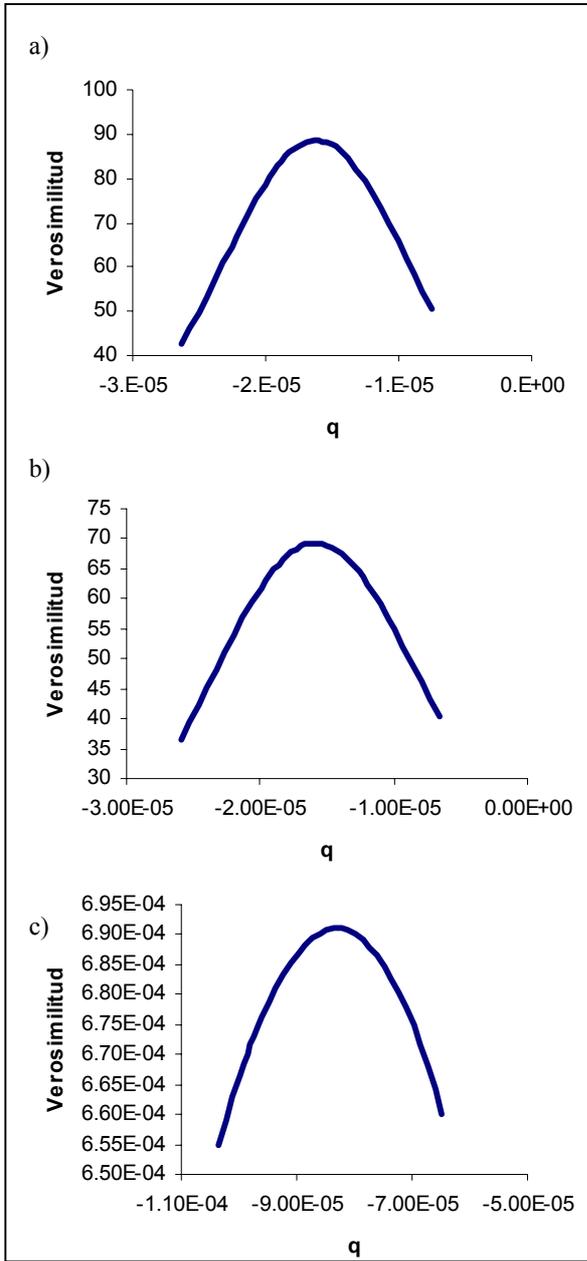


Fig.7. Perfiles de verosimilitud del parámetro q (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarthi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona I. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

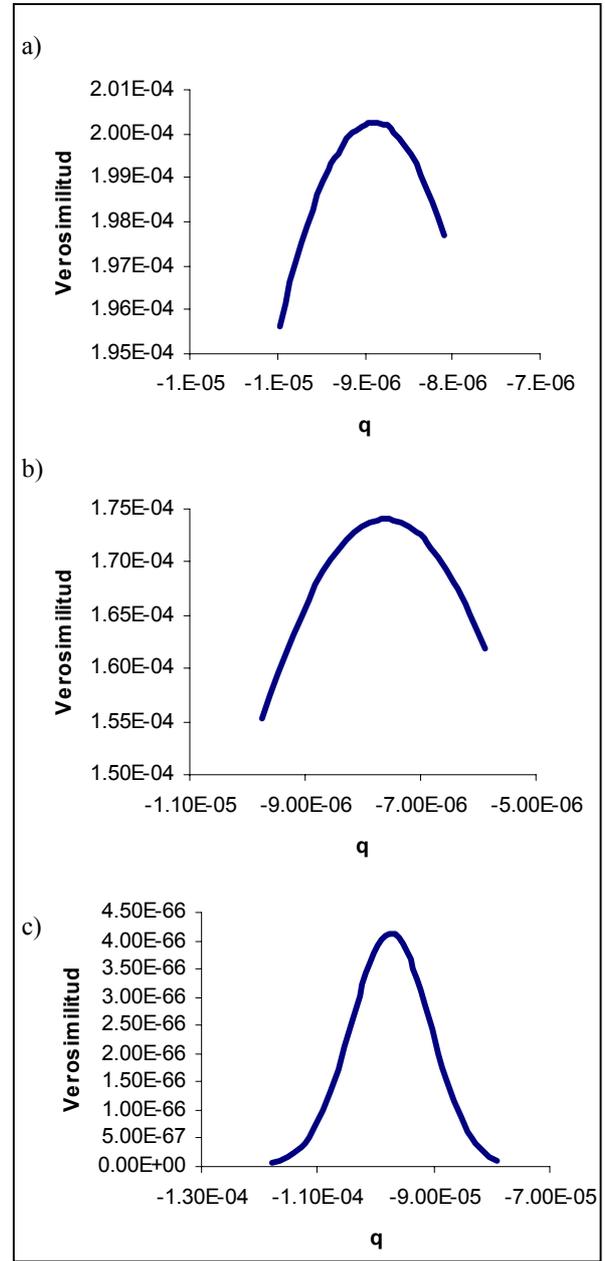


Fig.8. Perfiles de verosimilitud del parámetro q (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarthi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona J. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

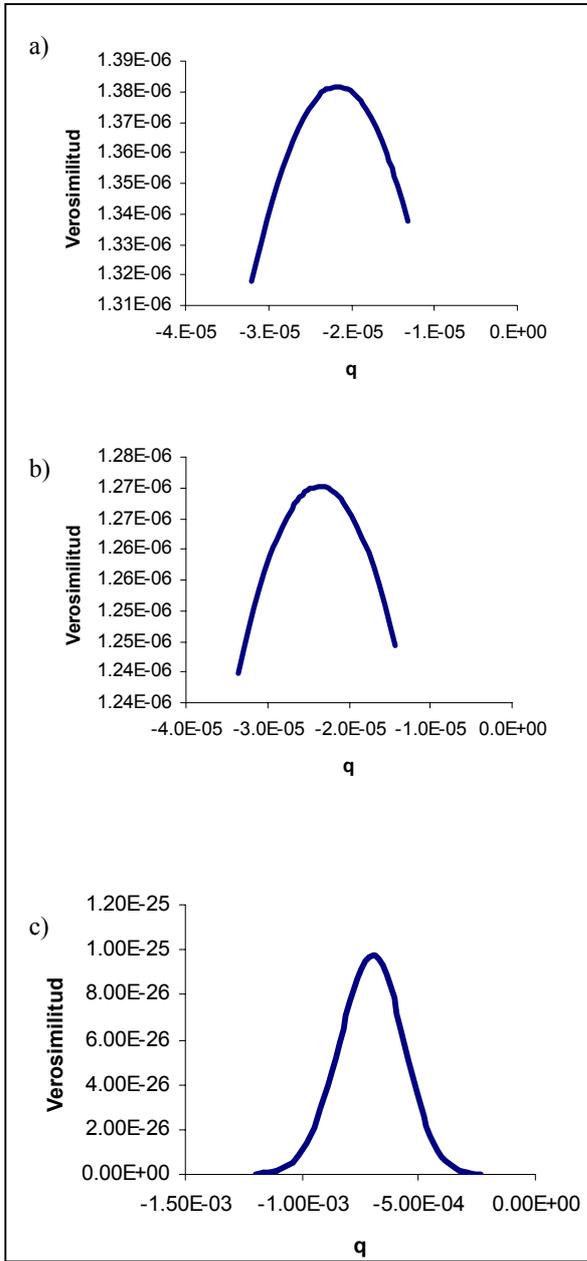


Fig.9. Perfiles de verosimilitud del parámetro q (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarthi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona K. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

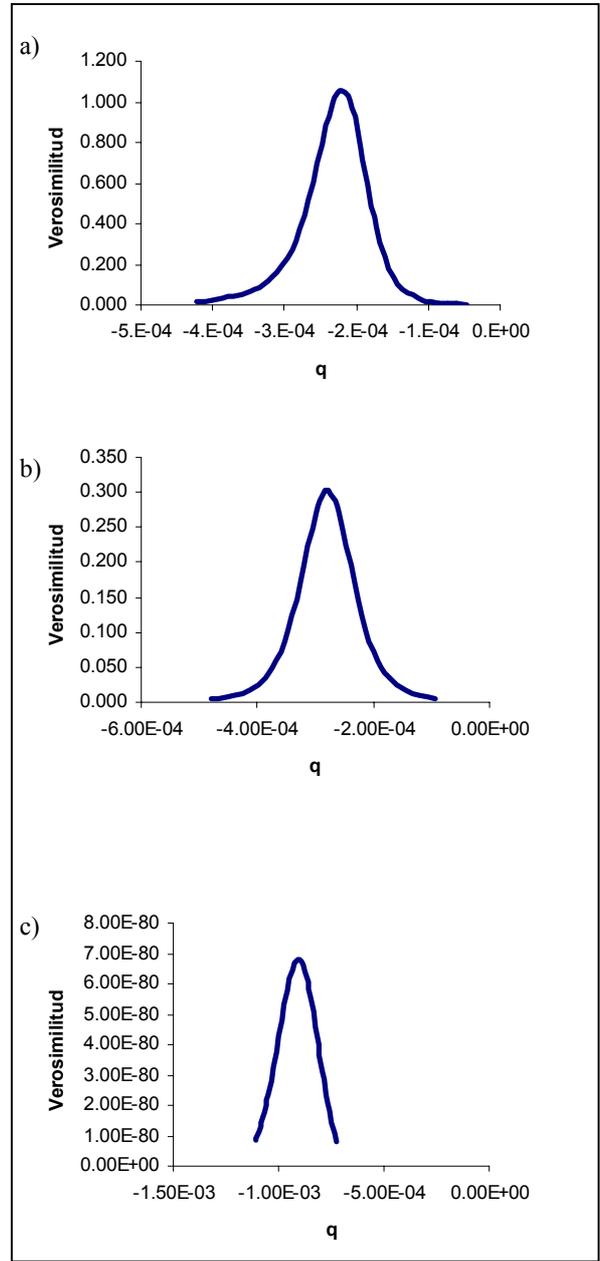


Fig.10. Perfiles de verosimilitud del parámetro q (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarthi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona L. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

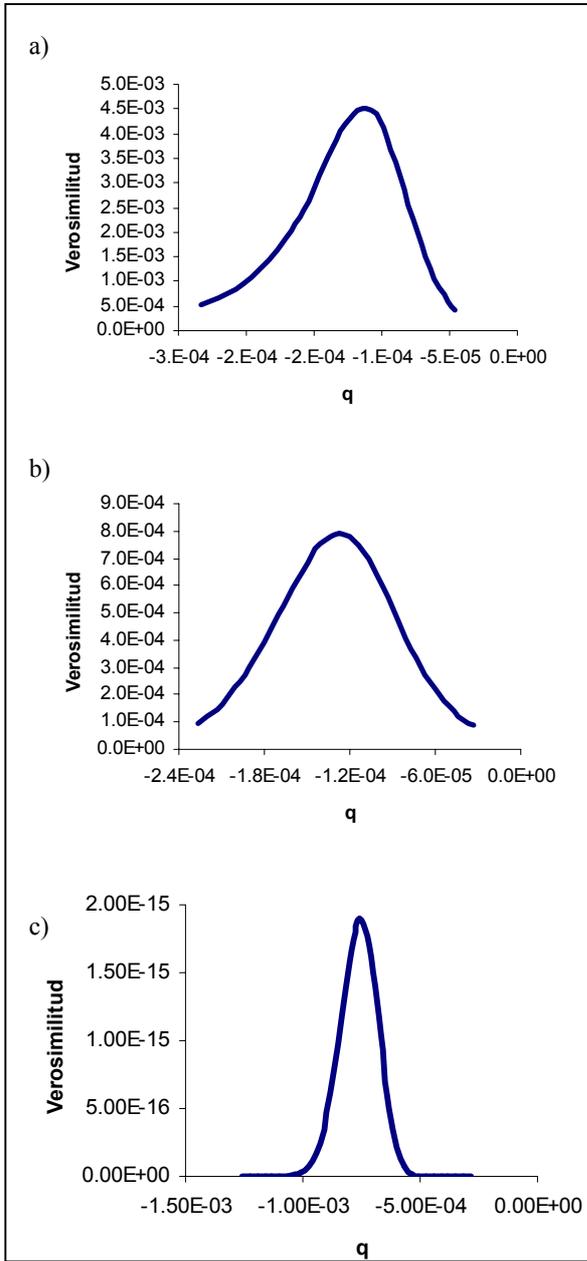


Fig.11. Perfiles de verosimilitud del parámetro q (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarthi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona M. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

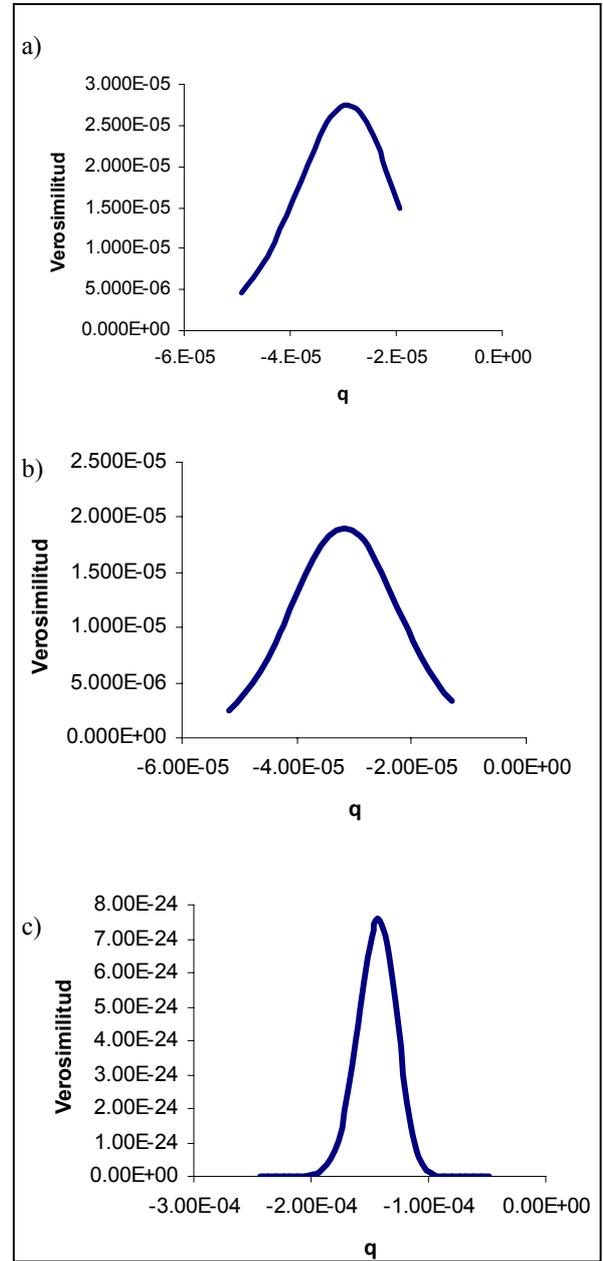


Fig.12. Perfiles de verosimilitud del parámetro q (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarthi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona N. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

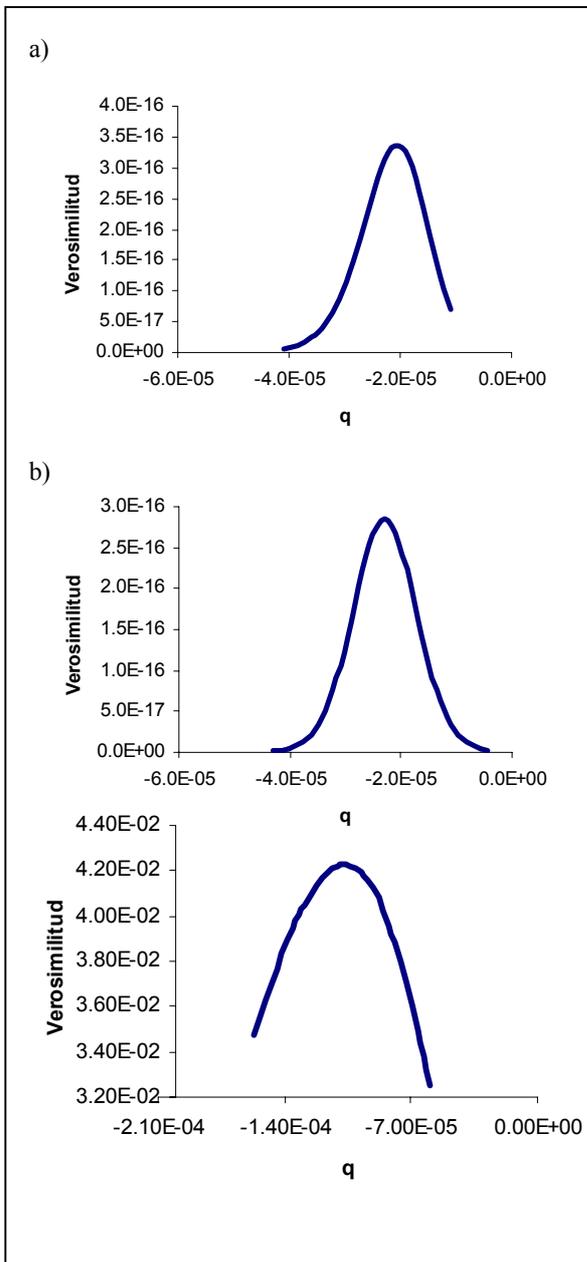


Fig.13. Perfiles de verosimilitud del parámetro  $q$  (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarhi*, estimados por los modelos de reducción de stock en la zona O. a) y b) Leslie y DeLury población cerrada respectivamente y c) Leslie población abierta.

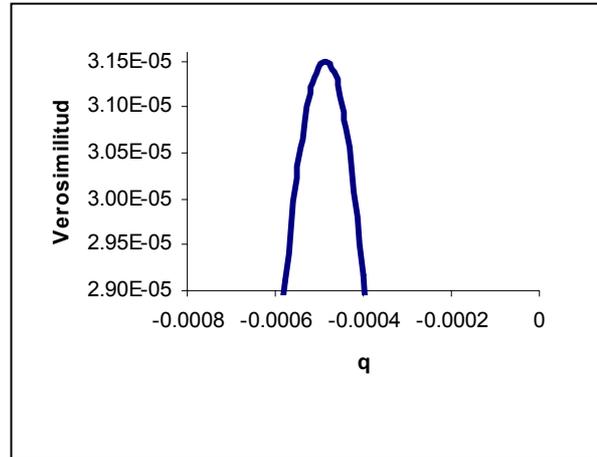


Fig.14. Perfil de verosimilitud del parámetro  $q$  (coeficiente de capturabilidad) para *C. johngarhi*, estimado por el modelo de reducción de stock de Leslie para población abierta. en la zona E.