

Research Article

Pesca artesanal de cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) en el archipiélago de Juan Fernández, Chile

Mauricio Ahumada¹ & Patricio Arana¹

¹Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
P.O. Box 1020, Valparaíso, Chile

RESUMEN. Se describe la pesca artesanal de cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) en las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, en el archipiélago de Juan Fernández (Chile), desarrollada entre julio de 2005 y mayo de 2006. Se dan a conocer aspectos biológico-pesqueros relativos a esfuerzo y rendimientos de pesca, proporción sexual, así como los resultados de una evaluación directa de biomasa vulnerable mediante el método de área de influencia de las trampas. La extracción se efectuó fundamentalmente en el cuadrante NE de ambas islas, mediante botes de madera de 9,0 m de eslora. Se monitorearon 157 salidas de pesca y se capturaron 13.903 ejemplares, los cuales mayoritariamente fueron machos (97,5%). La CPUE promedio fue 16,7 ejemplares por trampa y de 13,5 ejemplares comerciales por trampa. A partir del muestreo sistemático, se detectó al recurso entre 300 y 1000 m de profundidad, con mayores rendimientos entre 400 y 500 m de profundidad (19,8 y 15,9 ejemplares por trampa). Se consideran y discuten dos escenarios de evaluación de stock para ejemplares de talla comercial en el área actualmente explotada (45,8 km²), el primero estimó un radio efectivo para las trampas de 13,4 m (área de 564,1 m²), con una biomasa vulnerable de 1.002 ton, equivalentes a 832.983 ejemplares, mientras que el segundo consideró un radio de 30,0 m con una biomasa vulnerable de 203 ton equivalente a 168.587 ejemplares.

Palabras clave: pesca artesanal, *Chaceon chilensis*, cangrejo dorado, aguas profundas, archipiélago de Juan Fernández, Chile.

Artisanal fishing for golden crab (*Chaceon chilensis*) off the Juan Fernández archipelago, Chile

ABSTRACT. This work describes the artisanal golden crab (*Chaceon chilensis*) fishery off Robinson Crusoe and Santa Clara islands in the Juan Fernández archipelago (Chile) developed between July 2005 and May 2006. We report biological fishery aspects related to the fishing efforts and yields, the sexual proportion of the catch, and the results of a direct evaluation of the vulnerable biomass done using the trap area of influence method. The extraction was done mainly in the NE quadrant of both islands from wooden boats (9.0 m length). Monitoring was done during 157 fishing trips, in which 13,903 specimens were caught; most were males (97.5%). The average CPUEs were 16.7 specimens per trap and 13.5 commercial specimens per trap. Systematic sampling revealed the resource between 300 and 1000 m depth, with the greatest yields between 400 and 500 m depth (19.8 and 15.9 specimens per trap). Two stock assessment scenarios were considered and discussed for commercial-sized specimens in the currently exploited area (45.8 km²). The first scenario estimated an effective radius for the traps of 13.4 m (564.1 m² in area), obtaining a vulnerable biomass of 1002 tons, equivalent to 832,983 specimens. The second scenario considered a radius of 30.0 m, giving a vulnerable biomass of 203 tons, or 168,587 specimens.

Keywords: artisanal fishery, *Chaceon chilensis*, golden crab, deep waters, Juan Fernández archipelago, Chile.

INTRODUCCIÓN

El archipiélago de Juan Fernández se localiza aproximadamente a 360 mn frente a la costa continental de Chile central y comprende a un grupo de tres islas: Robinson Crusoe, Santa Clara y Alejandro Selkirk. Debido a la importancia ecológica de su flora y fauna, dicho territorio fue declarado Parque Nacional en 1935 y Reserva Mundial de la Biosfera en 1977.

Las islas están pobladas por aproximadamente 600 habitantes, quienes han desarrollado tradicionalmente una actividad económica concentrada en la pesca artesanal de langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), y en menor medida, algunas especies de peces (Arana & Toro, 1985). Considerando la necesidad de diversificar las operaciones pesqueras, en 1997 se efectuaron faenas de pesca exploratoria tendientes a prospectar y evaluar recursos alternativos, trabajo que a la fecha ha derivado en la explotación incipiente de cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), por algunas embarcaciones del archipiélago (Arana, 2000a; 2000b).

En la actualidad, la pesca de este cangrejo Geryonidae se efectúa exclusivamente por botes artesanales de madera de pequeño tamaño, a diferencia de otras especies del mismo género explotadas en el Atlántico americano, como *C. quinquedens* (Estados Unidos y Canadá) (Lawton & Duggan, 1998; Steimle *et al.*, 2001), *C. notialis* en Uruguay, *C. ramosae* y *C. notialis* en el sudeste de Brasil (Pezzuto *et al.*, 2002; Perez *et al.*, 2003) y *C. fenneri* en la costa norte de Brasil (Carvalho *et al.*, 2009). Así, dada la particularidad de esta pesquería, como la importancia ecológica de las islas, este trabajo tuvo por objeto recopilar información operacional de las faenas extractivas y biológico-pesquera de *Chaceon chilensis*, además de estimar su biomasa vulnerable mediante un método de evaluación directa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó la pesca artesanal de cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) en aguas circundantes a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, en el archipiélago de Juan Fernández, Chile (33°39'S-78°51'W) entre julio de 2005 y mayo de 2006 (Fig. 1). En dicho período, se caracterizó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la especie objetivo (número de individuos por trampa), recopilándose además información operativa de las faenas de pesca.

Las embarcaciones utilizadas en las faenas extractivas correspondieron a botes de madera de doble proa con eslora y manga típicas de 9,0 y 2,0 m, equipadas con motores fuera de borda con potencias en torno a

los 20 HP, y viradores verticales u horizontales, además de elementos de propulsión y mando alternativos. Los aparejos de pesca, correspondieron a trampas con forma de paralelepípedo recto, construidas de madera local, similares a las utilizadas en la captura de langosta, pero de mayor tamaño (1,5 m de largo). Su diseño consta de una entrada, localizada en el panel superior de la trampa con paredes recubiertas de material plástico, generalmente polietileno (PE) o cloruro de polivinilo (PVC), que facilita que los ejemplares se deslicen al interior, a la vez que obstaculiza su escape.

Las trampas se adosaron a un sistema de señalización compuesto por boyas (generalmente 4 ó 5), mediante un cabo de polipropileno (PP) torcido de 8 mm de diámetro. Se calaron provistas de lastre y carnada, consistente en pescado fresco entero o trozado, fijada libremente al interior de cada aparejo, y dispuestas individualmente o formando tenas de dos aparejos.

Al respecto, cabe señalar que la extracción de cangrejo dorado es una actividad reciente, en la cual participa un número reducido de embarcaciones, que efectúan una baja cantidad de lances, motivo por el cual, el trabajo se planificó bajo un esquema de censo de viajes de pesca, lances y captura. Se registró en cada lance el esfuerzo (número de trampas revisadas), la captura total y comercial (número de ejemplares), separada por sexo y condición de los ejemplares (machos, hembras y hembras ovíferas), mes, zona de pesca y profundidad, georreferenciándose los principales caladeros mediante GPS (Magellan Meridian Gold), y también se registró la fauna acompañante capturada incidentalmente por los aparejos de pesca.

Se consideró como ejemplares comerciales a los individuos con un ancho cefalotorácico (AC) de al menos 130 mm, equivalente a 108 mm LC. La identificación de sexo y condición reproductiva de los ejemplares se efectuó considerando las diferencias morfológicas abdominales entre machos y hembras, además de la presencia o ausencia de huevos.

Adicionalmente, entre el 23 de noviembre de 2005 y el 4 de marzo de 2006, se realizó la evaluación directa de cangrejo dorado mediante el método de área de influencia del aparejo de pesca (Arena *et al.*, 1994). Para ello, se utilizaron dos embarcaciones artesanales, considerando como área de trabajo aquella situada en el cuadrante nororiente de la isla Robinson Crusoe, que corresponde al sector explotado actualmente por los pescadores artesanales.

De esta manera, la abundancia y biomasa vulnerable, en una partición "v", se calculó en términos de:

$$\sum_{t=1}^n \left(\frac{cpue_t}{q} \right) A_t \quad : \text{abundancia vulnerable}$$

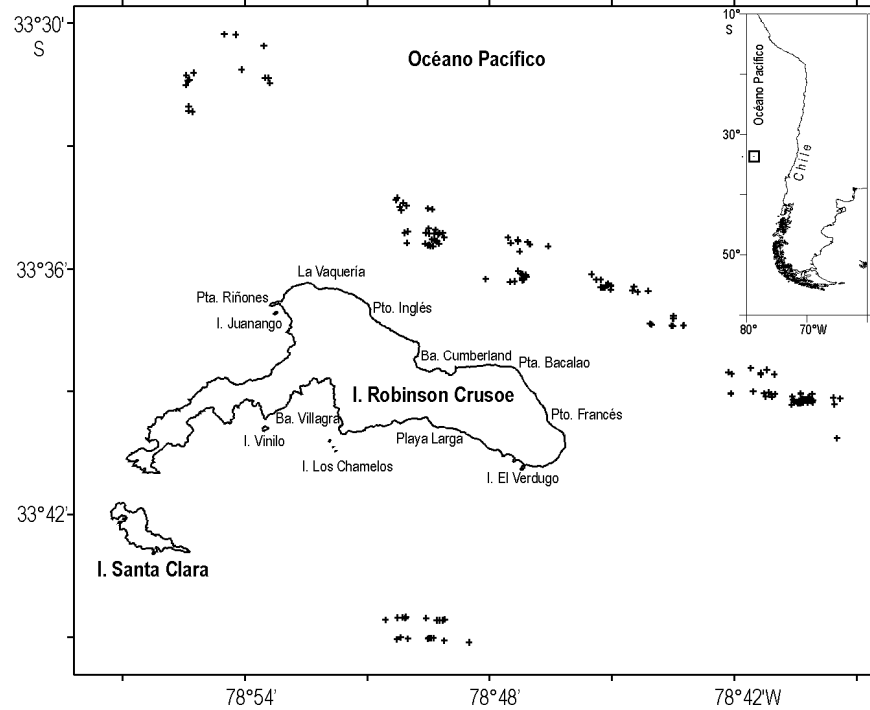


Figura 1. Distribución de los lances de pesca de cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), entre julio de 2005 y mayo de 2006, alrededor a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara.

Figure 1. Distribution of golden crab (*Chaceon chilensis*) fishery hauls around Robinson Crusoe and Santa Clara islands between July 2005 and May 2006.

$$\sum_{l=1}^L (Abundancia_l \cdot \bar{w}_l) : \text{biomasa vulnerable}$$

donde, el coeficiente de capturabilidad “ q ” corresponde al cociente entre la captura por unidad de esfuerzo (c/f) y la densidad del stock (D), y la biomasa vulnerable se expresó en función de la abundancia a la talla “ l ” ($Abundancia_l$) y al l -ésimo peso promedio (\bar{w}_l), según la relación longitud-peso, definida como:

\overline{cpue}_t : Captura por trampa promedio en la partición “ t ” (unidades trampa⁻¹)

q : Coeficiente de capturabilidad del recurso (km² trampa⁻¹)

A_t : Área de distribución del recurso, en la partición “ t ” (km²)

Para efectuar la evaluación directa, se consideró el enfoque de Aedo & Arancibia (2003). Dichos autores diferencian entre el área de atracción del aparejo “ A_{atr} ”, correspondiente a la superficie en torno a la trampa dentro de la cual son atraídos los ejemplares, y el área efectiva de pesca “ A_{ef} ”, definida como aquella

en que la probabilidad teórica de captura de los ejemplares es 100%, que equivale al coeficiente de capturabilidad “ q ”.

El diseño de muestreo fue sistemático y se efectuaron en tres zonas de manera aleatoria al interior del área de trabajo ya indicada, aproximadamente frente a los sectores denominados Cerro Alto, Bahía Cumberland y Puerto Francés, entre los veriles de 300 y 1000 m. Se planificaron ocho estaciones de muestreo, separadas entre sí por intervalos de 100 m de profundidad, las cuales fueron localizadas mediante la utilización de GPS y un ecosonda modelo Raytheon V8010 instalado a bordo de la embarcación.

El diseño de muestreo contempló el calado de seis trampas por estación, correspondientes a aparejos empleados habitualmente por los pescadores en sus operaciones de pesca. En dos de las zonas (Cerro Alto y Bahía Cumberland) se utilizaron trampas individuales por línea de pesca, en tanto que frente a Puerto Francés, se usaron tenas con dos aparejos de pesca por línea (con separación de 30 m entre ambas trampas). La carnada y tiempo de reposo fueron los utilizados comúnmente por los pescadores de la isla (48 a 72 h), programándose un total de 48 lances por zona, con 144 lances para la totalidad de la prospección.

Para estimar el radio de atracción del aparejo de pesca se consideró un diseño experimental que empleó tenas con dos trampas de pesca, las que fueron dispuestas en un caladero de *C. chilensis*, a una profundidad constante de 400 m, con distintas separaciones entre trampas, correspondientes a 30, 60, 90 y 120 m. Así, el área de atracción del aparejo " A_{atr} " se obtuvo empleando el método de aproximación numérica Raphson Newton (Burden & Faires, 2002), considerando la distancia entre trampas caladas " S_{max} ", correspondiente a aquella en donde la CPUE alcanzó un valor asintótico, según:

$$\overline{cpue}_s = a(1 - \exp^{-b \cdot s}) \quad : \text{captura media por unidad de esfuerzo a una distancia "s" de separación de trampas}$$

$$A_{atr} = \pi \left(\frac{S_{max}}{2} \right)^2 \quad : \text{área de atracción de la trampa}$$

Para estimar el área efectiva " A_{ef} ", se empleó un supuesto de área circular en torno a cada aparejo, considerando que $C_p = 1$ para una distancia $d = 0$, y $C_p = 0,02$ para una distancia " d ", equivalente al radio de atracción " r_{atr} " (Aedo & Arancibia, 2003), conforme a la siguiente relación:

$$C_p = m \cdot \exp^{-n \cdot d} \quad : \text{probabilidad de captura teórica a una distancia "d" de la trampa.}$$

donde $m = 1$, que supone que la probabilidad de captura a una distancia cero de la trampa es de 100% y $n = \ln(0,02) / r_{atr}$, parámetro correspondiente a la variación relativa de la probabilidad de captura teórica ante un cambio unitario de la distancia " d ". Conforme a lo anterior, se estimó el radio efectivo de pesca, según:

$$r_{ef} = \frac{1 - \exp^{-n \cdot r_{atr}}}{n} \quad : \text{radio efectivo de pesca}$$

Adicionalmente, se consideró un escenario alternativo de evaluación, que consideró los radios de influencia de trampas (30 m), reportados en la evaluación directa de otros gerionídeos, destacando entre ellos a McElman & Elner (1982), Melville-Smith (1986) y Defeo *et al.* (1990).

Para determinar la relación talla (LC)-peso de los ejemplares capturados, se obtuvo una muestra, pesando y midiendo los individuos en tierra; el peso mediante balanza electrónica (0,1 g de precisión) y la longitud cefalotorácica (LC) con pie de metro (0,1 mm de precisión). Para estimar los parámetros, se consideró una relación de poder, empleando un ajuste no li-

neal, según rutina numérica de Raphson Newton (Burden & Faires, 2002), utilizando la minimización de la suma del error cuadrático.

La biomasa vulnerable se estimó extrapolando la CPUE promedio, obtenida mediante el diseño sistemático, al área de distribución " A_i " del recurso objetivo, considerando el sector delimitado por la posición de los lances comerciales monitoreados de pesca, el supuesto de un área efectiva circular en torno a la trampa (Arena *et al.*, 1994) y una talla mínima comercial de 108 mm de LC. Además, se consideró la corrección del área de influencia de la trampa, en caso de solapamiento de áreas efectivas, según área de segmento circular.

RESULTADOS

Se determinó que ocho embarcaciones fueron utilizadas esporádicamente en la pesca de *Chaceon chilensis*, las que combinaron operaciones destinadas a la pesca de este recurso y de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). Desde el punto de vista operacional, las mareas fueron diurnas, con duraciones aproximadas de 12 h y una periodicidad media de 2,5 días. Durante las faenas de pesca, se distinguieron las actividades de captura de carnada, preparación de trampas, localización de caladeros, virado, revisión, calado de trampas y manipulación de la captura a bordo. La carnada utilizada correspondió a especies ícticas como *Pseudocaranx chilensis*, *Seriola lalandi*, *Gymnotorax porphyreus*, *Caprodon* sp. y ocasionalmente, pulpo (*Octopus* sp.).

Con respecto al esfuerzo de pesca, se monitorearon 157 salidas de pesca, dicho valor correspondió a una muestra del total, dado que no fue posible recopilar datos en una de las embarcaciones durante todo el período de estudio. El número de salidas de pesca mensual varió entre un mínimo de siete (octubre, febrero y abril) y un máximo de 37 (agosto). El total de trampas viradas fue 831, mensualmente el número de aparejos virados estuvo comprendido entre 38 (febrero) y 128 (agosto) (Fig. 2).

El esfuerzo de pesca orientado a *C. chilensis* se distribuyó entre julio y marzo en el cuadrante NE de la isla Robinson Crusoe, frente a los sectores La Vaquería, Bahía Cumberland y Puerto Francés, mientras que en abril y mayo de 2006, se incorporó el área al sur de la isla, frente a Bahía Villagra y Playa Larga (Fig. 2). Batimétricamente, las trampas se calaron entre 300 y 675 m, con un promedio global de 468 m de profundidad, indicador que mensualmente varió entre 439 y 508 m en septiembre y julio, respectivamente.

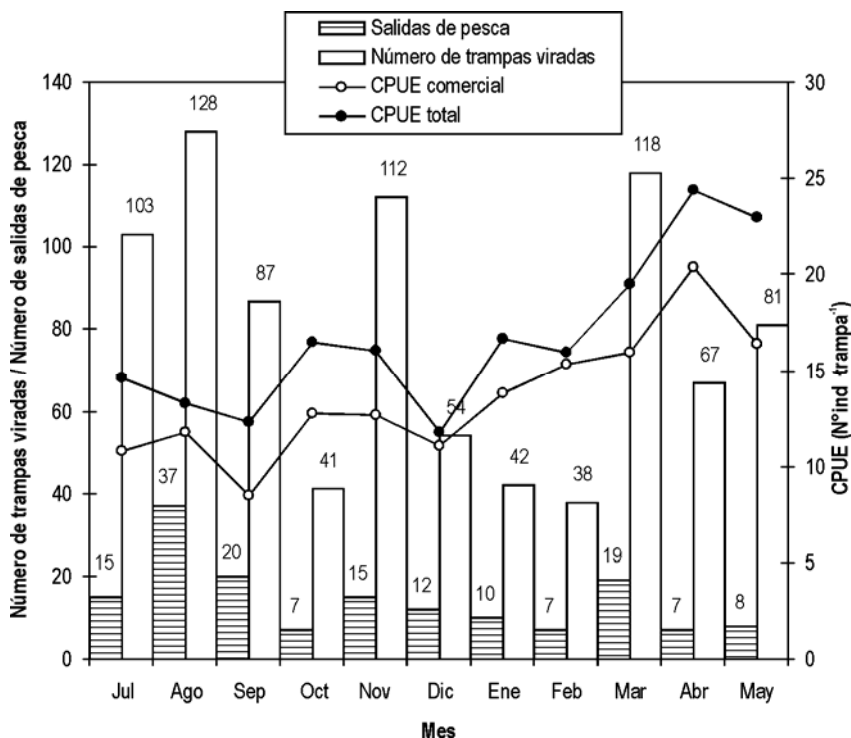


Figura 2. Esfuerzo y CPUE, total y comercial (> 130 mm AC), de cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), entre julio de 2005 y mayo de 2006.

Figure 2. Effort and CPUE for the total and commercial (> 130 mm AC) golden crab (*Chaceon chilensis*) fishery between July 2005 and May 2006.

A partir de los datos obtenidos, se determinó una captura de 13.903 ejemplares, de los cuales 10.863 (78,1%) fueron desembarcados por su interés comercial. La captura de hembras resultó notoriamente con apenas 354 ejemplares, de las cuales 48 portaban huevos, que dado su menor tamaño relativo, no fueron desembarcadas. Además, se observó la presencia recurrente de manchas oscuras y eventuales perforaciones en la caparazón de los ejemplares.

De las 831 trampas viradas, 116 presentaron fauna asociada correspondiente a 334 ejemplares de centolla de Juan Fernández (*Paromola rathbuni*), además de la presencia ocasional de anguila (*Gymnothorax porphyreus*) en trampas caladas en el rango de menor profundidad, aproximadamente a 300 m. A mayor profundidad se detectó ocasionalmente anguila blanca (*Bassanago albescens*), el gastrópodo *Fusitriton magellanicum* y un equinodermo sin identificar.

La CPUE promedio de cangrejo dorado fue 88,7 ind salida⁻¹, equivalente a 69,2 ejemplares comerciales por salida. Tomando en cuenta la unidad de esfuerzo de pesca en términos de trampa virada, el rendimiento promedio fue 16,7 ind trampa⁻¹, en tanto que la CPUE promedio de ejemplares comerciales (mayores a 130

mm de ancho cefalotorácico) fue 13,5 ind trampa⁻¹ (Tabla 1).

Al desglosar los rendimientos de pesca mensualmente, éstos variaron entre 11,7 y 24,3 ind trampa⁻¹ en diciembre y abril, respectivamente. Los rendimientos de las capturas comerciales, estuvieron comprendidos entre 8,4 (septiembre) y 20,3 ind trampa⁻¹ (abril). Por sexo, se registró una marcada diferencia en el rendimiento de pesca, siendo el promedio en machos de 16,1 ind trampa⁻¹, mientras que en hembras, sólo 0,4 ind trampa⁻¹ (Tabla 2).

A partir de una muestra de 264 ejemplares, con longitudes cefalotorácicas entre 82,6 y 142,2 mm y peso entre 309 y 1.768 g, se efectuó el ajuste de la relación de poder de talla (LC)-peso total en machos. Según el ajuste no lineal, se obtuvieron los siguientes parámetros: $a = 0,0004$ (Error estándar: 0,000067) y $b = 3,0694$ (Error estándar: 0,032472).

Con respecto al muestreo sistemático realizado para desarrollar la evaluación directa, el recurso objetivo fue capturado en las tres zonas (Fig. 3), entre 300 y 1000 m de profundidad. De esta manera, la captura total fue 1.165 ejemplares, de los cuales 1.120

Tabla 1. Promedio mensual y coeficiente de variación (%) de la captura total y comercial obtenida por salida de pesca y por trampa (n° ejemplares), en faenas de pesca de cangrejo dorado, temporada 2005/2006.

Table 1. Monthly average and coefficient of variation (%) for the total and commercial catch obtained per fishing trip and per trap (no. of specimens) in golden crab fishery operations (2005-2006).

Mes	N° ind salida ⁻¹	N° ind comerciales salida ⁻¹	N° ind trampa ⁻¹	N° ind comerciales trampa ⁻¹
Julio 2005	59,0 (63,2%)	39,7 (65,0%)	14,6 (55,3%)	10,8 (50,6%)
Agosto	46,0 (88,0%)	38,1 (91,5%)	13,2 (58,1%)	11,7 (47,1%)
Septiembre	56,4 (68,7%)	35,9 (70,7%)	12,3 (61,1%)	8,4 (50,6%)
Octubre	96,6 (61,3%)	72,9 (42,6%)	16,4 (50,5%)	12,7 (39,7%)
Noviembre	119,6 (41,4%)	93,4 (51,3%)	16,0 (60,4%)	12,6 (68,9%)
Diciembre	52,9 (71,4%)	49,6 (73,7%)	11,7 (54,0%)	11,0 (54,0%)
Enero 2006	69,8 (59,4%)	57,8 (48,7%)	16,6 (56,7%)	13,7 (55,5%)
Febrero	86,2 (59,2%)	80,7 (61,0%)	15,8 (59,5%)	15,2 (58,8%)
Marzo	121,3 (64,1%)	97,1 (64,2%)	19,5 (47,8%)	15,9 (50,3%)
Abril	233,4 (43,3%)	189,0 (42,0%)	24,3 (63,0%)	20,3 (55,7%)
Mayo	232,8 (43,4%)	165,5 (44,3%)	23,0 (52,7%)	16,3 (53,2%)
Promedio	88,7 (87,0%)	69,2 (87,0%)	16,7 (62,0%)	13,5 (60,0%)

Tabla 2. Promedio mensual y coeficiente de variación (%) de la CPUE (n° ind trampa⁻¹), mensual, por sexo y condición de los ejemplares (ovígera, no ovígera), en faenas de pesca de cangrejo dorado, temporada 2005-2006.

Table 2. Monthly average and coefficient of variation (%) of CPUE (no. of specimens trap⁻¹) by sex and condition of the specimens (ovigerous, not ovigerous), in golden crab fishery operations (2005-2006).

Mes	machos	hembras no ovíferas	hembras ovíferas
	N° ind trampa ⁻¹	N° ind trampa ⁻¹	N° ind trampa ⁻¹
Julio 2005	10,3 (55,3%)	0,31 (221,6%)	0,03 (479,5%)
Agosto	13,0 (58,2%)	0,21 (295,4%)	0,06 (481,5%)
Septiembre	12,1 (61,4%)	0,11 (309,0%)	0,02 (655,7%)
Octubre	16,3 (51,1%)	0,14 (288,3%)	0,02 (640,3%)
Noviembre	15,6 (61,8%)	0,36 (223,0%)	0,01 (745,0%)
Diciembre	11,4 (53,9%)	0,24 (322,1%)	0,05 (416,2%)
Enero 2006	15,9 (59,7%)	0,57 (208,7%)	0,07 (648,1%)
Febrero	15,8 (59,3%)	0,05 (616,4%)	-
Marzo	18,5 (50,5%)	0,84 (262,6%)	0,08 (780,2%)
Abril	23,8 (61,7%)	0,49 (283,6%)	0,04 (465,4%)
Mayo	22,6 (51,9%)	0,23 (263,4%)	0,14 (284,6%)
Promedio	16,1 (62,4%)	0,35 (312,0%)	0,05 (610,5%)

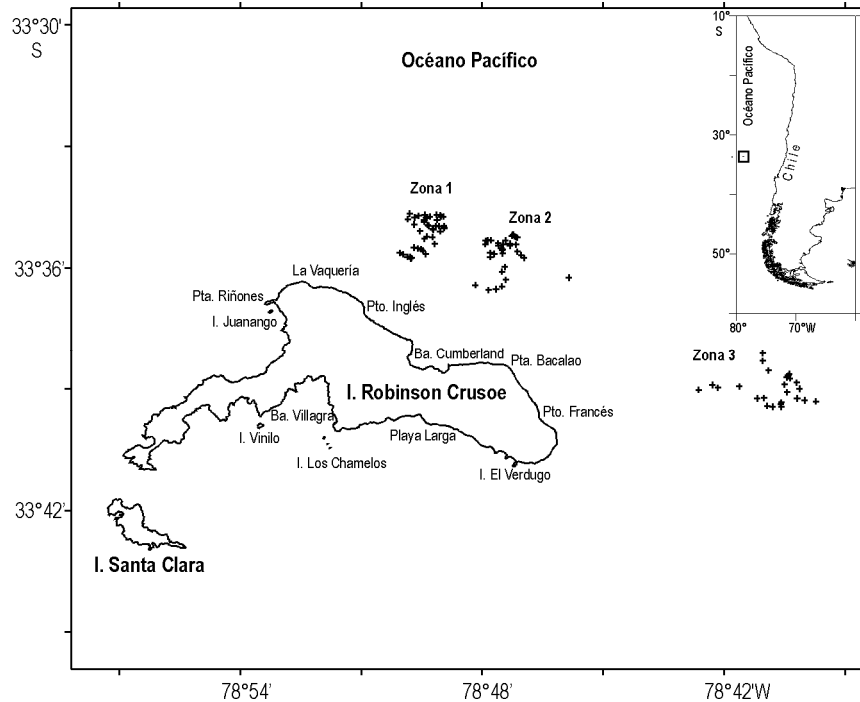


Figura 3. Lances de pesca en las zonas de pesca empleadas para la evaluación directa de cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), alrededor de islas Robinson Crusoe y Santa Clara (Zona 1: Cerro Alto, Zona 2: Bahía Cumberland y Zona 3: Puerto Francés).

Figure 3. Fishing hauls done along fishing zones used for direct golden crab (*Chaceon chilensis*) assessment around Robinson Crusoe and Santa Clara islands (Zone 1: Cerro Alto, Zone 2: Bahía Cumberland, Zone 3: Puerto Francés).

(96,1%) fueron machos y 45 (3,9%) hembras, de éstas, sólo dos portaban huevos.

En esta etapa, y al considerar la información batimétrica, los mayores rendimientos de pesca de machos se registraron entre 400 y 500 m, alcanzando 19,5 y 15,5 ind trampa⁻¹, mientras que las hembras se capturaron exclusivamente en la estación de 300 m (1,3 ind trampa⁻¹). Del mismo modo, sólo se registraron hembras portadoras en las estaciones de 500 y 600 m, con rendimientos promedio inferiores a 1,0 ind trampa⁻¹ (Tabla 3).

A partir de la experiencia de separación sucesiva de trampas de pesca, para estimar la CPUE promedio de acuerdo a las diferentes distancias consideradas, se ajustó la siguiente función (valor-p < 0,05) (Tabla 4):

$$\overline{cpue}_s = 23,51 \left(1 - \exp^{-0,036 \cdot s} \right)$$

De acuerdo a esto, se estimó un radio de atracción (r_{atr}) de 53,5 m, equivalente a un área de atracción (A_{atr}) de 9.007,5 m². A partir del ajuste de la probabilidad de captura respecto de la distancia ($m = 1,0$, $n = 0,072$), se obtuvo finalmente un radio efectivo de pesca (r_{ef}) de 13,4 m, equivalente a un área efectiva de pesca (A_{ef}) de 564,1 m².

El sector delimitado por la posición de los lances de pesca estuvo localizado al NE de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, comprendido entre 300 y 600 m de profundidad, con una superficie estimada en 45,8 km².

Así, para el primer escenario, consistente en la estimación del radio de influencia de la trampa (13,4 m), se estimó una biomasa vulnerable de 1.002 ton para el área explotada, equivalente a 832.983 ejemplares. Considerando con fines comparativos el segundo escenario y tomando en cuenta los radios de atracción reportados en literatura (30 m), la biomasa vulnerable de *C. chilensis* fue de 203 ton, que corresponde a 168.587 ejemplares sobre la talla comercial.

DISCUSIÓN

La pesca comercial de *Chaceon chilensis* en el archipiélago Juan Fernández, es una actividad reciente, pues sus operaciones comenzaron aproximadamente el año 2000, a partir de la realización de un proyecto de pesca exploratoria efectuado en 1996 y 1997, que identificó a esta especie como el principal recurso marino con potencial para diversificar la pesca artesana-

Tabla 3. Capturas por trampa (unidades) de cangrejo dorado, por sexo y condición de los ejemplares, durante el experimento de separación de trampas en líneas de pesca (M: macho, HO: hembra ovígera, H: hembra).

Table 3. Golden crab catches per trap (units) by sex and condition of the specimens during the experiment of trap separation on fishing lines (M: male, HO: ovigerous female, H: female).

Profundidad (m)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Total general	
	Cerro Alto	Bahía Cumberland	Puerto Francés		
300	12,67	8,50	22,00	14,39	Total
	10,33	7,50	21,33	13,06	M
	2,33	1,00	0,67	1,33	H
	0,00	0,00	0,00	0,00	HO
400	26,67	16,67	16,00	19,78	Total
	26,67	16,17	15,83	19,56	M
	0,00	0,50	0,17	0,22	H
	0,00	0,00	0,00	0,00	HO
500	11,83	8,50	27,33	15,89	Total
	11,83	7,50	27,17	15,50	M
	0,00	0,83	0,17	0,33	H
	0,00	0,17	0,00	0,06	HO
600	4,83	11,50	5,67	7,33	Total
	4,83	10,33	5,50	6,89	M
	0,00	1,00	0,17	0,39	H
	0,00	0,17	0,00	0,06	HO
700	2,50	4,20	2,67	3,06	Total
	2,33	4,20	2,67	3,00	M
	0,17	0,00	0,00	0,06	H
	0,00	0,00	0,00	0,00	HO
800	0,83	0,50	4,00	1,78	Total
	0,83	0,50	3,83	1,72	M
	0,00	0,00	0,17	0,06	H
	0,00	0,00	0,00	0,00	HO
900	0,50	0,00	1,83	0,78	Total
	0,50	0,00	1,83	0,78	M
	0,00	0,00	0,00	0,00	H
	0,00	0,00	0,00	0,00	HO
1000	-	-	5,67	5,67	Total
	-	-	5,67	5,67	M
	-	-	0,00	0,00	H
	-	-	0,00	0,00	HO
Total (300-1000)	8,55	7,20	10,65	8,89	Total
	8,19	6,66	10,48	8,55	M
	0,36	0,49	0,17	0,33	H
	0,00	0,05	0,00	0,02	HO

nal en esas islas (Arana, 2000a). A la fecha, esta actividad ha sido desarrollada únicamente por algunas embarcaciones, de manera complementaria a la extracción del principal recurso objetivo, la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*).

A partir de los datos de las operaciones comerciales de pesca, se determinó que la proporción sexual indicó un fuerte predominio de machos, con un promedio global de 97,5%. Este hecho es coincidente con lo indicado por Arana (2000a), quien en faenas de

Tabla 4. Parámetros de la función ajustada entre CPUE y separación entre trampas, para obtener el radio de atracción de las trampas.

Table 4. Parameters of the adjusted function between the CPUE and the separation between the traps used to obtain their radii of attraction.

Parámetro	Valor	Límite inferior	Límite superior
a	23,523	19,44	27,577
b	0,036	0,013	0,0599

pesca exploratoria realizadas en la misma zona en 1997, destacó la ausencia de hembras en prácticamente todos los lances de pesca. La tendencia antes mencionada fue igualmente confirmada en el muestreo sistemático realizado en la presente investigación en torno a la isla Robinson Crusoe, en que el porcentaje de machos fue de 96,1%.

En este sentido, proporciones sexuales con marcadas diferencias entre machos y hembras es un hecho que ha sido documentado en diversos Geryonidae, y puede ser atribuida a la estratificación espacial de los sexos, batimétrica o latitudinalmente, tal cual ha sido reportado en *C. maritae*, *C. affinis*, *C. quinquedens* y *C. fenneri* (Kendall, 1990; Poupin *et al.*, 1991; Lindberg & Lockhart, 1993; Pinho *et al.*, 2001; López-Abellán *et al.*, 2002; Carvalho *et al.*, 2009) y en *C. notialis* (P. Pezzuto, *com. pers.*), o a la menor capacidad de las trampas para capturar hembras (Otwell *et al.*, 1984).

De este modo, se ha reportado en *C. maritae* y *C. fenneri* la presencia y predominio de hembras en el rango de menor profundidad de su distribución (Lux *et al.*, 1982; Lindberg & Lockhart, 1993), y en el caso de *C. affinis*, en el de mayor profundidad (Pinho *et al.*, 2001; López-Abellán *et al.*, 2002). Al respecto, en el presente estudio, pese a las escasas capturas de hembras, los mayores rendimientos se obtuvieron en trampas caladas a menor profundidad, alrededor de los 300 m, zona donde las capturas se mezclan con *Paromola rathbuni* (Retamal & Arana, 2000), cangrejo Homolidae no explotado comercialmente en estas islas.

Este hecho indicaría que la captura ocasional de hembras de *C. chilensis* se debe a que éstas ocuparían zonas someras, no vulneradas en la actualidad por la actividad pesquera. Esta distribución resulta favorable a la liberación, desarrollo y dispersión larval, dada la mayor temperatura relativa a esa profundidad, como ha sido sugerido en *C. quinquedens* (Kelly *et al.*, 1982; Lindberg & Lockhart, 1993).

Al respecto, el muestreo sistemático precisó que si bien la actividad pesquera comercial se concentró entre 375 y 525 m, el cangrejo dorado se distribuye, al menos, entre 300 y 1000 m. De esta manera, su presencia está asociada al Agua Intermedia Antártica (AIAA), cuyo núcleo se ubica a 600 m y se caracteriza por mínimos relativos de salinidad menores a 34,3, oxígeno disuelto con máximos relativos mayores a 2 mL L⁻¹ y temperaturas de 5°C. Entre 200 y 400 m de profundidad, se asocia a la presencia de *P. rathbuni*, y se caracteriza por la presencia del Agua Ecuatorial Subsuperficial (AEES), que tiene un máximo relativo de salinidad de 34,5 y bajo contenido de oxígeno disuelto, menor a 2 mL L⁻¹ (Arana *et al.*, 2006). Por lo tanto, la presencia eventual de hembras de *C. chilensis* en torno a 300 m se asociaría a la profundidad de mezcla entre ambas masas de agua.

El lapso de once meses que abarcó el monitoreo, sugería la detección de procesos asociados a reproducción o muda. Sin embargo, la presencia esporádica de hembras impidió precisar el período de portación; no obstante, se registraron ejemplares con huevos en todos los meses, a excepción de febrero, obteniéndose la mayor CPUE en mayo (0,14 hembras portadoras por trampa), lo cual indicaría un largo período de portación, como en *Chaceon fenneri* (Erdman & Blake, 1988).

Igualmente, las capturas no mostraron signos claros que pudiesen dar indicios de períodos de muda. No obstante, la presencia recurrente de manchas y lesiones oscuras en la caparazón, que han sido detectadas también en *Chaceon quinquedens* y atribuidas a la acción de bacterias (Bullis *et al.*, 1988; Young, 1991), la distinta coloración del exoesqueleto y la presencia o ausencia de epibiontes, pudiesen ser utilizadas como futuros indicadores del proceso de ecdisis en esta especie.

La CPUE mensual, entre julio 2005 y mayo 2006, varió entre 11,7 y 24,3 ind trampa⁻¹, rango superior al obtenido por Arana & Vega (2000), quienes reportaron intervalos promedio entre 3,5 y 8,1 kg trampa⁻¹, equivalentes a 4,0 y 9,3 ind trampa⁻¹, durante pescas experimentales efectuadas de marzo a junio de 2007, entre 175 y 626 m de profundidad, empleando aparejos de similar diseño al actual. La diferencia anterior puede ser atribuida a incrementos en el poder de pesca, producto de mejoras en la eficiencia de captura, debido al desarrollo de la actividad comercial de pesca sobre este cangrejo.

Temporalmente, la CPUE aumentó entre julio de 2005 y mayo de 2006 (Fig. 1), pasando de 10,8 a 16,3 ejemplares comerciales por trampa. Dichos resultados deben ser examinados considerando las variaciones en el nivel de esfuerzo, y especialmente, conforme a la

incorporación de caladeros no explotados con anterioridad en el área sur de Robinson Crusoe, durante abril y mayo (Fig. 2). Según el peso promedio de cada ejemplar (0,937 kg), la CPUE expresada en peso, resultaría superior a los rangos medios reportados por Pezzuto *et al.* (2002) para la flota cangrejera en Brasil de *C. ramosae* y *C. notialis* (1,8 y 4,5 kg trampa⁻¹) en 2001 y 2002.

Con relación a la evaluación de biomasa vulnerable, se consideró las limitaciones impuestas, tanto por la distribución del recurso objetivo, como por las dificultades operacionales asociadas a una pesquería artesanal, lo cual llevó a descartar el empleo de opciones metodológicas utilizadas en otras especies de cangrejos, como marcaje o fotografía submarina (Miller 1975; Melville-Smith, 1985). Del mismo modo, los resultados de este trabajo se deben considerar de acuerdo a los diversos supuestos del método empleado (Arena *et al.*, 1994), destacando el área circular de influencia en torno al aparejo, además de factores que afectan las tasas de captura, como el tiempo de reposo, variaciones en el grado de atracción por la carnada, o la saturación de trampas, entre otros (Miller, 1990).

En este sentido, el radio estimado es inferior al considerado en evaluaciones directas de distintas especies de los géneros *Chaceon* y *Geryon*, el cual ha variado entre 25 y 35 m (McElman & Elner, 1982; Melville-Smith, 1986; Defeo *et al.*, 1990; Pezzuto *et al.*, 2001), que también es menor al estimado por Barea & Defeo (1985) en *C. quinquedens* (33 m) e idéntico al estimado por Aedo & Arancibia (2003) para *Cancer porteri* (13,5 m). Lo anterior se puede atribuir a la alta imprecisión del método de evaluación directa, a la escasez de experiencias específicas de estimación del radio de influencia, así como a diferencias conceptuales respecto de la definición del área de influencia del aparejo de pesca de los autores indicados, con relación a lo indicado por Aedo & Arancibia (2003).

Al respecto, los parámetros estimados de la función utilizada para calcular la CPUE asintótica presentaron varianzas importantes (Tabla 4), reflejando la multiplicidad de factores que pueden afectar su estimación, como la presencia y variación de corrientes marinas, o la correcta operación de los aparejos sobre el fondo marino, entre otros. La mayor parte de la información disponible relativa a la aplicación del método en Geryonidae (McElman & Elner, 1982; Defeo *et al.*, 1990; Pezzuto *et al.*, 2001), no considera estimaciones específicas del radio de atracción, a excepción de Barea & Defeo (1985) y Melville-Smith (1986), quienes calculan el área efectiva relacionando la CPUE mediante trampas, con fotografía submarina.

El enfoque empleado en la estimación del área de atracción del aparejo difiere del tradicional, expuesto

por Arena *et al.* (1994), autores que consideran como equivalentes los radios de atracción y efectivo de pesca. En este sentido, se puede demostrar que conforme a la aproximación metodológica de Aedo & Arancibia (2003), dado que $n = \ln(0,02)/r_{atr}$, se verifica que $r_{ef} = 0,25 r_{atr}$, lo cual podría explicar la similitud entre los radios estimados por dichos autores para *C. porteri*, aplicado en el presente estudio, debido a la baja variación del radio efectivo, ante un cambio unitario en el radio de atracción.

De acuerdo al radio de influencia estimado (13,4 m), la densidad de *C. chilensis* alcanzaría 181,9 ind ha⁻¹. Al tomar en cuenta un radio de 30 m, ésta correspondería a 36,8 ind ha⁻¹.

Sin embargo, el comparar la estimación de densidad respecto a lo indicado por otros investigadores para Geryonidae, lamentablemente no contribuye a la discusión. En efecto, los valores publicados presentan alta variabilidad, por cuanto en *C. maritae* se han reportado densidades de 145,2 ind ha⁻¹ (Melville-Smith, 1986), de 40 a 230 ind ha⁻¹ mediante muestreo con trampas, y sobre 350 ind ha⁻¹ empleando fotografía submarina (Melville-Smith, 1985). Igualmente, Wener & Barans (1990) reportan sólo 1,9 ind ha⁻¹ en *C. fenneri* mediante observaciones directas con sumergibles.

Como alternativas futuras, se podría considerar opciones de evaluación directa de *C. chilensis* tales como marcaje, método que ha sido considerado como el más preciso en *C. maritae* (Melville-Smith, 1988; Le Roux, 2001) o la fotografía submarina, enfoque de mayor costo. Así, el marcaje podría ser un método directo de estimación, o utilizarse como validación del radio de influencia, ya sea contrastando sus resultados con las densidades estimadas con trampas, o permitiendo la estimación de los parámetros de la curva de probabilidad de captura al interior del área de atracción (McQuinn *et al.*, 1988).

De acuerdo a lo expuesto, tanto la existencia de una actividad comercial incipiente a la fecha, así como los niveles de biomasa vulnerable estimadas, indican que la explotación de *C. chilensis* es una opción viable de diversificación para la pesca artesanal en el archipiélago de Juan Fernández. En este sentido, dado que la extracción a la fecha ha estado circunscrita a una fracción de la distribución del recurso, de aproximadamente 45,8 km², sin que ésta se realice alrededor a la totalidad de los fondos marinos con profundidades aptas para la presencia del cangrejo alrededor a Robinson Crusoe y Santa Clara, existen posibilidades de expansión de las faenas a potenciales caladeros de pesca localizados al sur y oeste de ambas islas, a la isla Alejandro Selkirk y además, a los montes submarinos adyacentes del cordón submarino de Juan Fernández.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todos quienes facilitaron las labores de recopilación de datos en la isla Robinson Crusoe. En especial, a quienes desarrollaron tareas de muestreo a bordo, Sres. Waldo Chamorro P., Oscar Schiller C., Daniel Chamorro B., Julio Chamorro S., Daniel de Rodt S., David de Rodt S., Francisco Gallardo P., Maikel Pérez G., Robinson González A. y Manuel Chamorro R., y Srtas. Ana Jesús Contreras R. y María A. Erices O., además de los patronos de las embarcaciones “Margarita”, “Guaitecas” y “Don Pedro”, Sres. Pedro Chamorro, Mario Llanquín y Danilo Rodríguez, respectivamente, en cuyas naves se realizó gran parte del presente estudio. Igualmente, al Oceanógrafo, Sr. Pedro Apablaza B., quien tuvo a su cargo las tareas de jefe de base en Robinson Crusoe durante el desarrollo de este proyecto, y a los evaluadores del presente trabajo por sus oportunos aportes y recomendaciones.

Este artículo fue generado como parte de los proyectos “Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández (FIP N°2004-48) y “Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández (FIP N°2005-21).

REFERENCIAS

- Aedo, G. & H. Arancibia. 2003. Estimating attraction areas and effective fishing areas for Chilean lemon crab (*Cancer porteri*) using traps. *Fish. Res.*, 60: 267-172.
- Arana, P. 2000a. Pesca exploratoria con trampas alrededor de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, archipiélago de Juan Fernández, Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 28: 39-52.
- Arana, P. 2000b. Estimación de abundancia y biomasa del cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), en el archipiélago de Juan Fernández, Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 28: 53-68.
- Arana, P. & R. Vega. 2000. Pesca experimental del cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) en el archipiélago de Juan Fernández, Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 28: 68-81.
- Arana, P. & C. Toro. 1985. Distribución del esfuerzo, rendimiento por trampa y composición de las capturas en la pesquería de la langosta de Juan Fernández *Jasus frontalis*. In: P. Arana (ed.). *Investigaciones marinas en el archipiélago de Juan Fernández*, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, pp. 157-185.
- Arana, P., M. Ahumada, A. Guerrero, V. Espejo, E. Yáñez, C. Silva, B. Ernst & J.M. Orensanz. 2006. Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el archipiélago de Juan Fernández (Proyecto FIP N°2005-21). Informe Final. *Estud. Doc., Pont. Univ. Católica Valparaíso*, 27/2006: 257 pp.
- Arena, G., L. Barea & O. Defeo. 1994. Theoretical evaluation of trap capture for stock assessment *Fish. Res.*, 60: 349-362.
- Barea, L. & O. Defeo. 1985. Primeros ensayos de captura del cangrejo batial *Geryon quinquedens* Smith en el Area Común de Pesca Argentino-Uruguay (1982-1984). *Contribuciones Departamento de Oceanografía (F.H.C.)*, Montevideo, 2(8): 189-203.
- Bullis, R., L. Leibovitz, L. Swanson & R. Young. 1988. Bacteriological investigation of shell disease in the deep-sea red crab, *Geryon quinquedens*. *Biol. Bull.*, 175: 304.
- Burden, R. & D. Faires. 2002. *Análisis numérico*. Thomson Learning, New York, 839 pp.
- Carvalho, T.B., R.R. Oliveira & T.M.C. Lotufo. 2009. Note on the fisheries and biology of the golden crab (*Chaceon fenneri*) off the northern coast of Brazil. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37(3): 571-576.
- Defeo, O., V. Little & L. Barea. 1990. Estimaciones del stock del cangrejo rojo (*Geryon quinquedens*) en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguay. *Frente Marítimo*, 6(Secc. A): 53-66.
- Erdman, R. & N. Blake. 1988. Reproductive ecology of female golden crabs, *Geryon fenneri* Manning and Holthuis, from southeastern Florida. *J. Crust. Biol.*, 8(3): 392-400.
- Kelly, P., S. Sulkin & W. Van Heukelem. 1982. A dispersal model for larvae of the deep sea red crab *Geryon quinquedens* based upon behavioral regulation of vertical migration in the hatching stage. *Mar. Biol.*, 72: 35-43.
- Kendall, D. 1990. An assessment on the Georgia golden crab fishery. In: W.J. Lindberg & E.L. Wenner (eds.), *Geryonid crabs and associated continental slope fauna: a research workshop report*. South Carolina Sea Grant Consortium, Florida Sea Grant College Program Technical Paper, 58: 18-19 pp.
- Lawton, P. & D. Duggan. 1998. Scotian shelf red crab. DFO Science Stock Status Report C3-11. Department. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, Nova Scotia, Canadá, 6 pp.
- Le Roux, L. 2001. The impact of emigration on population estimates of deep-sea red crab *Chaceon maritae* off Namibia. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 23: 61-63.
- Lindberg, W. & F. Lockhart. 1993. Depth-stratified population structure of geryonid crabs in the eastern of Gulf of Mexico. *J. Crust. Biol.*, 13(4): 713-722.
- López-Abellán, L., E. Balguerías & V. Fernández-Vergaz. 2002. Life history characteristics of the deep-

- sea crab *Chaceon affinis* population off Tenerife (Canary Islands). *Fish. Res.*, 58: 231-239.
- Lux, F., A. Ganz & W. Rathjen. 1982. Marking studies on the red crab *Geryon quinquedens* Smith off southern New England. *J. Shellfish Res.*, 2(1): 71-80.
- McElman, J.F. & R.W. Elner. 1982. Red crab (*Geryon quinquedens*) trap survey along the edge of the Scotian shelf, September 1980. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 1084: 1-12.
- McQuinn, I., L. Gendron & J. Himmelman. 1988. Area of attraction and effective area fished by a whelk (*Buccinum undatum*) trap under variable condition. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 2054-2060.
- Melville-Smith, R. 1985. Density distribution by depth of *Geryon maritae* on the northern crab grounds of South West Africa/Namibia determined by photography in 1983, with notes on the portunid crab *Bathynectes piperitus*, South West Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 3: 55-62.
- Melville-Smith, R. 1986. Red crab (*Geryon maritae*) density in 1985 by technique of effective area fished per trap on the northern fishing grounds off south west Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 4: 257-263.
- Melville-Smith, R. 1988. Comparative population size estimates for a portion of the red crab *Geryon maritae* stock off the South West African coasts. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 6: 23-31.
- Miller, R. 1975. Density of the commercial spider crab, *Chionoecetes opilio*, and calibration of effective area fished per trap using bottom photography. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32(6): 761-768.
- Miller, R. 1990. Effectiveness of crab and lobster traps. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 1228-1251.
- Otwell, W.S., J. Bellairs & D. Sweat. 1984. Initial development of a deep-sea crab fishery in the Gulf of Mexico. Florida Sea Grant College Report, 61: 1-29.
- Perez, J.A., R. Wahrlich, P. Pezzuto, P. Schwingel, F. Lopes & M. Rodrigues-Ribeiro. 2003. Deep-Sea fishery off southern Brazil: recent trends of the Brazilian fishing industry. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 31: 1-18.
- Pezzuto, P., J. Alvarez, R. Wahrlich, W. Guimaraes & F. de Alcantara. 2002. Avaliação da pescaria dos caranguejos de profundidade no sul do Brasil anos 2001-2002. Convenio UNIVALI-MAPA, 121 pp.
- Pinho, M.R., J. Gonçalves, H. Martins & G. Menezes. 2001. Some aspects of the biology of the deep-water crab, *Chaceon affinis* (Milne-Edwards and Bouvier, 1894) off the Azores. *Fish. Res.*, 51: 283-295.
- Poupin, J., P. Buat & T. Ellis. 1991. Les crabes profonds des Iles Marquises (*Chaceon* sp. nov. - Decapoda - Geryonidae). Service Mixte Control Biologique, Rapport Scientifique et Technique, 40: 1-21.
- Retamal, M.A. & P. Arana. 2000. Descripción y distribución de cinco crustáceos decápodos recolectados en aguas profundas en torno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara (archipiélago de Juan Fernández, Chile). *Invest. Mar. Valparaíso*, 28: 149-163.
- Steimle, F.W., C.A. Zetlin & S. Chang. 2001. Red deep-sea crab, *Chaceon (Geryon) quinquedens*, life history and habitat characteristics. NOAA Tech. Memo. NMFS-NE-163. U.S. Dept. of Commerce, NOAA, NMFS, Woods Hole, MA, 27 pp.
- Wenner, E.L. & C.A. Barans. 1990. *In situ* estimates of density of golden crab, *Chaceon fenneri*, from habitats on the continental slope, southeastern U.S. *Bull. Mar. Sci.*, 46(3): 723-734.
- Young, R. 1991. Prevalence and severity of shell disease among deep-sea red crabs *Chaceon quinquedens* Smith 1879 in relation to ocean dumping of sewage sludge. *J. Shellfish Res.*, 10: 499-504.

Received: 1 January 2008; Accepted: 10 August 2008