

Reproducción del pez *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Pacífico colombiano

Jenny Acevedo¹, Wilberto Angulo², Manuel Ramírez¹ & Luis A. Zapata³

1 Universidad de Puerto Rico, Campus Río Piedras, Departamento de Biología, P.O. Box 23360, San Juan, Puerto Rico; jennypatri@hotmail.com

2 Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder), Carrera 6 No 2-24, Buenaventura, Colombia; wilberto@latinmail.com

3 WWF Colombia, Programa Marino Costero, Carrera 35 No4 A 25, Cali, Colombia; lazapata@wwf.org.co; luchozapata2000@yahoo.com

Recibido 20-I-2006. Corregido 01-II-2007. Aceptado 11-IV-2007.

Abstract: Reproduction of the fish *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) in the Colombian Pacific. We studied the reproductive ecology of the fish *Brotula clarkae* based on 754 individuals obtained from the industrial and artisanal fisheries in the Colombian Pacific (March 1994 to December 1996). Histological sections (paraplast embedding and Harris's hematoxylin-eosin stain) were made from 151 females (26-100 cm total length). Additionally, mean diameter and particular features are described for oocyte phases and ovarian development stages. The mean size at initial sexual maturity of females was determined with two methods (graphic and statistic) in 61.3 cm and 62.3 cm respectively. The general sex ratio was 1:1. There are several spawn pulses between May and October. The mean fecundity by spawn pulse was 1 005 657 eggs. We recommend a fishing ban during the reproduction period and a minimal catch size above 62.3 cm. Rev. Biol. Trop. 55 (3-4): 957-967. Epub 2007 December, 28.

Key words: Reproduction, fishes, *Brotula clarkae*, Colombian Pacific.

En el Pacífico colombiano se conoce como merluza o corvina de altura a las especies del género *Brotula* (Cuvier, 1829). En el mundo existen por lo menos cinco especies de este género (Franke y Acero 1995), de las cuales hay tres en el continente americano, una en el Atlántico y dos en el Pacífico, siendo Colombia el único país en donde se conocen las tres especies americanas (Franke y Acero 1995). En el Pacífico colombiano *Brotula clarkae* (Hubbs, 1944) es la más importante por su talla y abundancia y *Brotula ordwayi* (Hildebrand y Borton, 1949) la cual es poco capturada. En el Atlántico se encuentra la especie *Brotula barbata* (Schnider, 1801) la que es más conocida en el resto del mundo.

En los últimos años *B. clarkae* ha adquirido importancia comercial en el Pacífico

colombiano, siendo capturada por los pescadores artesanales e industriales. Entre los años 1994 y 1996 se capturaron 9 924.48 ton de Pesca Blanca, representando merluza el 9.34 % (Zapata *et al.* 1998). Del total de los tres años, el subsector artesanal aportó 65 % y el industrial 35 %, ubicándose la especie entre las diez de mayor importancia comercial para la zona.

Sobre la biología y la taxonomía de la "merluza" se conoce poco. Levenez y Poltier (1983), discuten sobre la biología, la biometría y pesquería de *B. barbata* en Dakar, Senegal, Belyanina (1991a, b) describe e ilustra las larvas, los juveniles y los adultos del género *Brotula* capturados en el banco de Saya de Malha en Rusia. Massay *et al.* (1993), Chirichigno y Vélez (1998), y Chirichigno y Cornejo (2001) incluyen esta especie en los

MATERIALES Y MÉTODOS

listados taxonómicos de Ecuador y de Perú, respectivamente. Santos (1999), en Ecuador donde se conoce como corvina de roca, evalúa el recurso durante 1998 desde el punto de vista pesquero y lo describe como en plena explotación, pero no informa aspectos de tipo biológico. Estrella *et al.* (2000), reconocen su importancia en los desembarques artesanales del Perú (54 ton en el primer semestre del año 2000), donde se le denomina congrio rosado.

En el Pacífico colombiano, Rubio (1988) menciona sobre la ecología y taxonomía de las especies de «merluza». Franke y Acero (1995), presentan registros de las especies del género *Brotula* para Santa Marta en el Atlántico colombiano y la isla de Gorgona en el Pacífico. Puentes (1995), brinda algunos datos preliminares sobre la biología y la dinámica poblacional de *B. clarkae*, catalogándola como fauna acompañante en las pesquerías de la «Cherna café» *Epinephelus cifuentesis* (Lavenberg y Grove 1993). Villa *et al.* (1998) llevan a cabo una investigación exhaustiva sobre las principales especies ícticas colectadas en la isla Gorgona, entre las que destacan por el volumen de captura, la merluza *B. clarkae* y la cherna *Epinephelus acanthistiis*. Zapata *et al.* (1998), evalúan las principales especies de la pesca blanca en el Pacífico colombiano, incluyendo a la merluza. Muñoz (1999) sobre aspectos de la biología (crecimiento, hábitos alimenticios y reproducción) de *B. clarkae* y Rojas *et al.* (2004), analizan las pesquerías artesanales alrededor de la isla Gorgona y su área de influencia, incluyendo a la merluza. Sin embargo, ninguna profundiza sobre sus aspectos reproductivos.

El objetivo del presente trabajo es contribuir al conocimiento de la biología reproductiva de la especie *B. clarkae* en el Pacífico colombiano, y poder así brindar recomendaciones para la toma de decisiones en cuanto a estrategias de manejo de la pesquería que garanticen el uso adecuado y sostenible del recurso.

Entre marzo de 1994 y diciembre de 1996 se examinó la merluza *B. clarkae* del Pacífico colombiano (ubicado dentro de la región denominada “Ensenada de Panamá”, la cual hace parte del océano Pacífico Oriental Tropical), proveniente de la pesquería industrial (red de arrastre demersal y línea de anzuelos de fondo) y la pesquería artesanal (espinel). Para el muestreo biológico se tomaron individuos aleatoriamente, a los cuales se les registraron datos de longitud total (Lt) aproximando al cm más cercano, peso entero (± 0.1 kg), luego se evisceraron y se tomó el peso eviscerado (± 0.1 kg), el peso del hígado (± 1.0 g) y el peso de la gónada (± 1.0 g).

Las gónadas para cortes histológicos, fueron fijadas en formol al 10 % tamponado, usando como amortiguador el tampón fosfato calibrado con pH 7.0 a 7.2 (García del Moral 1993), utilizándose la técnica de inclusión en paraplasto y tinción con hematoxilina de Harris y eosina. Se determinaron las diferentes fases de desarrollo ovocitario a partir del examen histológico de 151 hembras colectadas durante 27 meses, entre julio de 1994 y diciembre de 1996, en un ámbito de tallas de 26 a 100 cm de Lt, teniendo en cuenta las fases descritas por Takashima y Hibiya (1995), relacionándolas con las planteadas por Vazzoler (1996). Para cada fase se midieron, con micrómetro ocular, 100 ovocitos, determinando el diámetro promedio y la desviación estándar; con ovocitos de forma irregular se tomó el diámetro mayor. La escala de desarrollo ovárico se hizo acorde con la descrita por Vazzoler (1996), centrándose en la presencia y frecuencia de las diferentes fases de desarrollo ovocitario, con el propósito de facilitar el diagnóstico.

Los posibles peridos de desove se determinaron de acuerdo a los Índices Gonadosomático (IGS), Hepatosomático (IHS) y al factor de condición (K) (Vegas 1977).

$$IGS = \frac{P_G}{P_E} * 100 \quad IHS = \frac{P_H}{P_E} * 100 \quad K = \frac{P_T}{L_T^3}$$

Donde: P_G = Peso de la gónada, P_H = Peso del hígado, P_E = Peso del pez eviscerado, P_T = Peso total (g) del pez, L_T^3 = Longitud total (cm) del pez al cubo.

Sobre la base de 151 hembras se obtuvo la talla en la cual el 50 % de las hembras inician su ciclo reproductivo (L_{50}), utilizando la función logística de mejor ajuste a la curva de la fracción de hembras maduras por clases de talla (método gráfico). También se realizó el cálculo de la talla promedio de primera madurez sexual (M) utilizando el método estadístico propuesto por Udupa (1986):

$$M = \text{anti log} \left[X_k + \frac{X}{2} - (X \sum p_i) \right]$$

donde X_k : logaritmo del punto medio de la clase de talla donde todos los individuos están completamente maduros, X : logaritmo del incremento promedio, P_i : Proporción de peces completamente maduros en el i-ésimo grupo.

Se emplearon los límites de confianza del 95 % dado por:

$$\text{anti log} \left[m \pm 1.96 \sqrt{X^2 \sum \left(\frac{p_i * q_i}{n_i - 1} \right)} \right]$$

donde: 1.96 = valor de la tabla normal, m = logaritmo de M , p_i = número de maduros en el iésimo grupo/tamaño muestreado para cada grupo, $q_i = 1 - p_i$, n_i = tamaño muestreado para cada grupo.

Se determinó la proporción de sexos en las capturas, estableciendo la variación mensual durante todo el periodo de estudio con 754 individuos, además la variación por clases de talla usando intervalos de 5 cm con una muestra de 750 especímenes. Se examinó el resultado de los análisis mediante la prueba de bondad de ajuste de Chi cuadrado (χ^2), estableciendo si las diferencias obtenidas eran estadísticamente significativas ($p < 0.05$) con relación a una proporción de 1:1. Para aquellos datos con $n \leq 5$ se

utilizó la misma prueba, pero con el χ^2 ajustado (Sokal y Rolf 1969).

$$\sum \frac{(|0 - e| - 0.5)^2}{e}$$

Para determinar la fecundidad por pulsos de desove se estableció el número de ovocitos hidratados en porciones de un gramo (± 0.0001) extraídas de gónadas maduras de siete hembras con ámbito de tallas entre 77 y 92 cm de L_t , que no mostraban evidencia histológica de desove reciente y extrapolando a la totalidad del peso de la gónada; adicionalmente se determinó el número de pulsos eliminados por periodo reproductivo según Morse (1980) y se examinó el posible tipo de desove de acuerdo a la distribución de frecuencias del diámetro de ovocitos en hembras en diferentes estadios de madurez.

RESULTADOS

Escala de madurez sexual

De acuerdo a la metodología descrita, las fases de desarrollo ovocitario se clasificaron en cinco:

Fase 1 Cromatina nuclear (células germinativas jóvenes): esta fase abarca los primeros pasos (Leptoteno a Paquiteno) de la primera división meiótica (Takashima y Hibiya 1995). El ovocito de forma irregular con un tamaño promedio de $34 \pm 15 \mu$ (Fig. 1), tiene un citoplasma fuertemente basófilo. El núcleo esférico, con poca afinidad por los colorantes, a excepción del material genético que se ve al microscopio óptico como fibras basófilas, posee un único nucleolo en la periferia.

Fase 2 Perinuclear (stock de reserva): el ovocito de forma irregular presenta un diámetro promedio de $56 \pm 26 \mu$ (Fig. 1). El citoplasma es aún fuertemente basófilo. El núcleo de posición

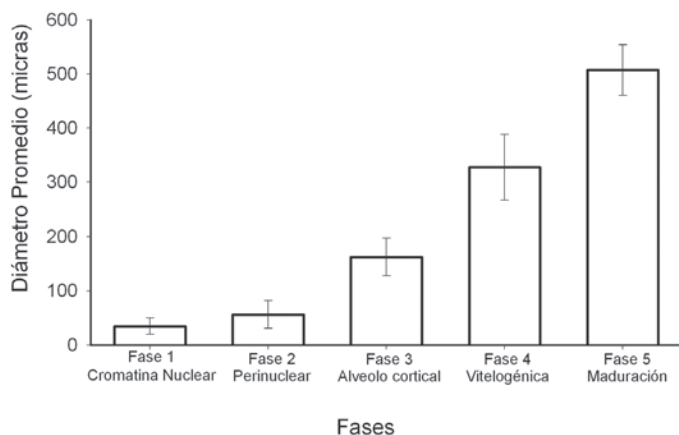


Fig. 1. Variación del diámetro promedio (μ) y desviación estándar de las fases de desarrollo ovocitario de *B. clarkae*.

Fig. 1. Variation of the average (μ) diameter and standard deviation of the maturation phases of *B. clarkae* oocytes.

central, abarca buena parte del volumen celular y en esta fase se torna ligeramente acidófilo, la característica más distintiva de esta fase es la aparición de múltiples nucleolos que se ubican en la periferia del núcleo.

Fase 3 Alvéolos corticales (ovocitos con vitelogénesis lipídica): el ovocito adquiere una forma esférica más regular, hay un notorio aumento del volumen celular, dado por el citoplasma, que en esta fase es menos basófilo. Aparecen en la región del citoplasma cercana al núcleo las primeras vacuolas y gotas de aceite. El ovocito tiene un diámetro promedio de $163 \pm 35 \mu$ (Fig. 1). El núcleo, ahora de bordes irregulares, presenta aún nucleolos en su periferia. Otra característica distintiva de esta fase es la notoriedad que adquiere la envoltura folicular alrededor del ovocito, formada por una capa de células alargadas de citoplasma acidófilo y núcleo fuertemente basófilo (pared folicular) y una zona acelular acidófila de aspecto acanalado (zona radiata).

Fase 4 Vitelogenesis (ovocitos con vitelogénesis lipídica y proteica): en esta fase continúa incrementándose el volumen del citoplasma, alcanzando el ovocito un diámetro

promedio de $327 \pm 61 \mu$ (Fig. 1). El citoplasma conserva aun atracción por la hematoxilina, aunque con el avance de esta fase, la presencia de gránulos de vitelo fuertemente acidófilos van cambiando la coloración después de la tinción; estos gránulos se generan en la periferia del citoplasma y van migrando hacia el centro de la célula. El núcleo, en posición central, presenta bordes más irregulares, aún se distinguen varios nucleolos. La envoltura folicular se hace ahora más evidente.

Fase 5 Maduración (ovocitos con vitelogénesis completa):

durante esta fase el ovocito alcanza un tamaño de $507 \pm 47 \mu$ (Fig. 1), los gránulos de vitelo han invadido por completo el citoplasma, el centro del ovocito esta ocupado por grandes gotas de aceite que se fusionan, la capa folicular acelular (zona radiata), conformada por canales que permiten las uniones gap con las células de la granulosa (Takashima y Hibiya 1995), es ahora más notoria, el núcleo no es visible (ha migrado hacia el polo celular). Hacia el final de esta fase y poco antes de la ovulación el ovocito absorbe agua incrementando su volumen, los gránulos de vitelo se fusionan dando la apariencia de una masa homogénea aunque con distintas tonalidades de naranja, el centro del ovocito es ocupado por una gran gota oleosa.

Estadios de desarrollo ovárico

Estadio A, Inmaduro o virgen: histológicamente al principio de este estadio se observa claramente la organización lamelar, dentro de las cuales se ubican las ovogonias y los primeros ovocitos en fase 1, con el desarrollo de los individuos, la gónada aumenta de tamaño y aparecen ovocitos en fase 2; en total se examinaron histológicamente 29 hembras que

se encontraban en este estadio de desarrollo gonadal, en un ámbito de tallas de 26 a 79 cm de Lt.

Estadio B, En maduración: en cortes histológicos la principal característica de este estadio es el inicio de la acumulación de sustancias en el ovocito con destino a ser liberadas en el espacio perivitelino durante la fertilización (Takashima y Hibiya 1995), es decir la aparición de ovocitos en fase 3 (alvéolo cortical). Se conserva aun muy claramente la organización lamelar dentro del ovario, son visibles ovocitos en las fases 2 y 3, hacia el final de este estadio se observa la aparición de ovocitos en fase 4 (Vitelogenesis). Este estadio se observó en 64 hembras, comprendidas en un ámbito de tallas de 54 a 92 cm de Lt.

Estadio C, Maduro: ya no es tan clara la organización lamelar, se observan ovocitos en fases 2, 3, 4 y 5 con una alta frecuencia de los dos últimos. Este estadio fue evidente en 38 peces de 61 a 95 cm de Lt.

Estadio D, Desovado “en recuperación”: en este estadio solo se encontraron ocho individuos entre 69 y 91 cm de Lt, seis de los cuales corresponden a individuos colectados entre junio y julio de 1996. La principal característica de este estadio es la presencia de estructuras post-ovulatorias y folículos atrésicos, así como la presencia de ovocitos en fase perinuclear.

Estadio E, En reposo: de aspecto muy similar al estadio A, se diferencia de este por el notable aumento del tamaño de las lamelas ovígeras, que presentan además grandes espacios. Hay una notoria irrigación sanguínea. En las lamelas se distinguen principalmente ovocitos en fase 2 (Perinuclear), siendo visibles algunos iniciando la fase 3 (Alvéolo cortical). Durante el presente estudio se encontraron 12 hembras en este estadio, que cubrían un ámbito de tallas de 67 a 100 cm de Lt.

Periodos de desove: los altos valores de índice gonadosomático (Fig. 2), muestran un prolongado periodo de maduración y desoves continuos con presencia de varios pulsos a lo largo de mayo a octubre (con un valor máximo de 5.58 en mayo de 1995). Por su parte el índice hepatosomático y el factor de condición K (Fig. 2) muestran la misma tendencia de comportamiento, es decir ascienden o descienden con el índice gonadosomático.

Talla media de inicio de primera madurez: de acuerdo a la ecuación obtenida de la función logística de mejor ajuste, la talla media resultante a la cual el 50 % de los individuos de *B. clarkae* inician el proceso de madurez sexual fue de 61.3 cm de Lt (Fig. 3).

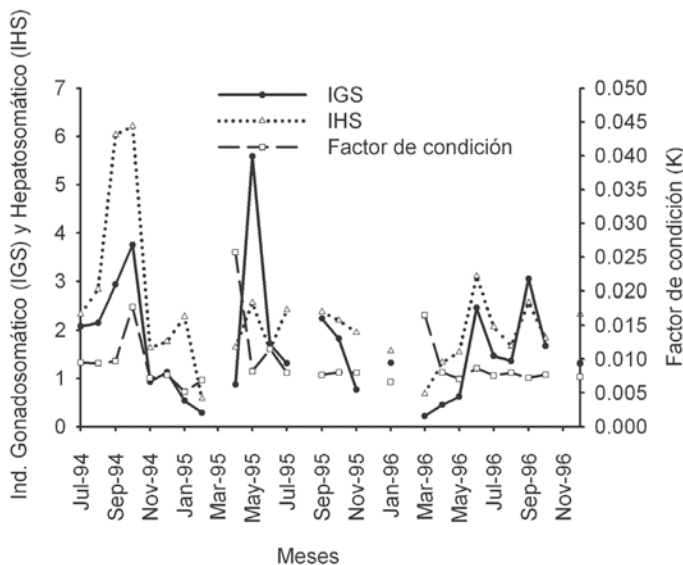


Fig. 2. Comportamiento mensual (julio de 1994 a diciembre de 1996) de los índices gonadosomático, hepatosomático y factor de condición para *B. clarkae*.

Fig. 2. Monthly (July 1994 to December 1996) behavior of the gonadosomatic and hepatosomatic index, and condition factor for *B. clarkae*.

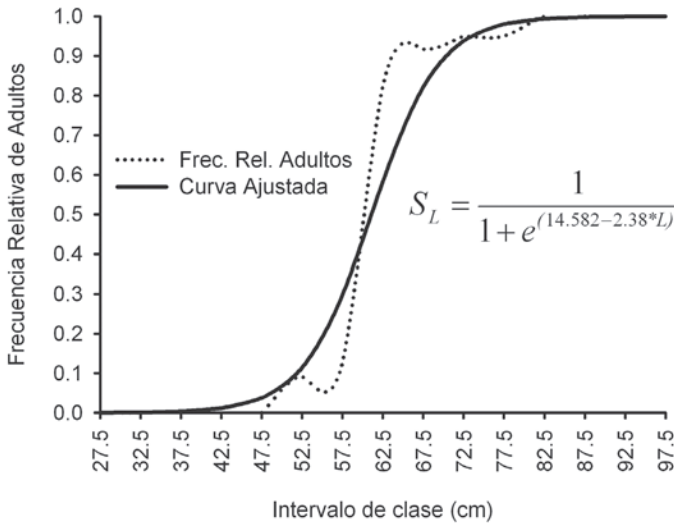


Fig. 3. Curva de frecuencia (valores ajustados) de individuos adultos (estadios B, C, D y E) por clases de talla (27.5-97.5 cm) y curva ajustada.

Fig. 3. Curve of mature individuals' (stage B, C, D and E) frequency (adjusted value) for size classes (27.5-97.5 cm) and adjusted curve.

Utilizando el método propuesto por Udupa (1986), la talla promedio de primera madurez sexual para *B. clarkae* es de 62.3 cm con

diferentes los intervalos 32.5, 62.5 y 67.5 cm (Cuadro 3); por el contrario, a partir de los 80 cm se observa una tendencia de predominio de

unos límites de confianza del 95 % de 60.7 cm a 63.8 cm (Cuadro 1).

Proporción sexual: para todo el periodo de estudio se obtuvo una proporción de uno a uno, estadísticamente igual: 354 machos y 400 hembras ($p > 0.05$). Sin embargo, sí se observaron diferencias significativas en el mes de julio de 1996 con predominio de hembras, mientras en los meses de diciembre de 1995 y agosto de 1996 se observó predominancia de machos estadísticamente significativa (Cuadro 2).

La figura 4 muestra una aparente tendencia de predominio de hembras en las tallas inferiores a 70 cm, de las cuales son estadísticamente

CUADRO 1

Parámetros para resolver en la ecuación de Udupa (1986)

TABLE 1

Parameter to solve in the equation of Udupa (1986)

Marca clase (m.c.)	n	Indv. maduros	pi	Log. m.c.	pi*qi/ni-1	incremento del log. m.c.
52.5	11	1	0.09	1.720	0.0082	0.040
57.5	8	1	0.13	1.760	0.0161	0.036
62.5	17	14	0.82	1.796	0.0092	0.033
67.5	36	33	0.92	1.829	0.0021	0.031
72.5	20	19	0.95	1.860	0.0025	0.029
77.5	20	19	0.95	1.860	0.0205	0.027
82.5	16	16	1.00	1.916	0.0000	0.000
Totales	128	103	4.86		0.0406	

Pi= proporción de peces completamente maduros en el i-ésimo grupo, qi= 1-pi, ni= tamaño muestreado para cada grupo, log= Logaritmo en base 10.

CUADRO 2
Composición sexual discriminada mensualmente
para *B. clarkae*

TABLE 2
Monthly sexual composition of *B. clarkae*

Mes	Machos	Hembras	$\chi^2_{\text{calculado}}$
Jun-94	3	0	•1.33
Jul-94	4	9	1.92
Ago-94	7	6	0.08
Sep-94	5	5	0.00
Oct-94	5	6	0.09
Nov-94	15	19	0.47
Dic-94	4	6	0.40
Ene-95	11	13	0.17
Abr-95	4	3	0.14
May-95	4	6	0.40
Jun-95	4	4	0.00
Jul-95	10	8	0.22
Ago-95	2	0	•0.50
Sep-95	3	7	1.60
Oct-95	9	13	0.73
Nov-95	10	10	0.00
Dic-95	16	0	*16.0
Ene-96	10	19	2.79
Mar-96	33	27	0.60
Abr-96	22	32	1.85
May-96	19	33	3.77
Jun-96	16	20	0.44
Jul-96	49	79	*7.03
Ago-96	18	8	*3.85
Sep-96	43	35	0.82
Oct-96	11	11	0.00
Nov-96	4	6	0.40
Dic-96	15	13	0.14

*=diferencias estadísticamente significativas P(1, 0.05), • = Chi cuadrado ajustado.

machos, estadísticamente diferente solo en el intervalo 97.5 cm.

CUADRO 3
Proporción sexual de *B. clarkae* por clases de tallas

TABLE 3
Sexual proportion by size class of *B. clarkae*

Marca de clase	Machos	Hembras	$\chi^2_{\text{calculado}}$
17.5	1	4	•0.80
22.5	7	12	1.32
27.5	3	5	0.50
32.5	3	11	*4.57
37.5	6	3	1.00
42.5	6	0	*6.00
47.5	9	6	0.60
52.5	16	23	1.26
57.5	15	24	2.08
62.5	23	40	*4.59
67.5	28	70	*18.00
72.5	46	58	1.38
77.5	50	53	0.09
82.5	56	43	1.71
87.5	36	26	1.61
92.5	24	15	2.08
97.5	15	1	*12.25
102.5	7	2	2.78
107.5	3	0	•1.33

*=diferencias estadísticamente significativas P(1, 0.05), • = Chi cuadrado ajustado.

Fecundidad y tipo desove: con los siete individuos del análisis se obtuvo una fecundidad promedio por lote de ovocitos hidratados de 1 005 657 ovocitos por individuo con una desviación estándar de $\pm 313\ 766$, fluctuando entre 455 100 y 1 305 000. La figura 5 presenta la frecuencia de ovocitos agrupados según su diámetro en intervalos de 40 μ , tomado de gónadas en diferentes estadios del desarrollo; se observa que una vez iniciado el proceso de maduración (ovocitos con un diámetro promedio de 163 μ , fase de alveólo cortical), se presentan grupos de

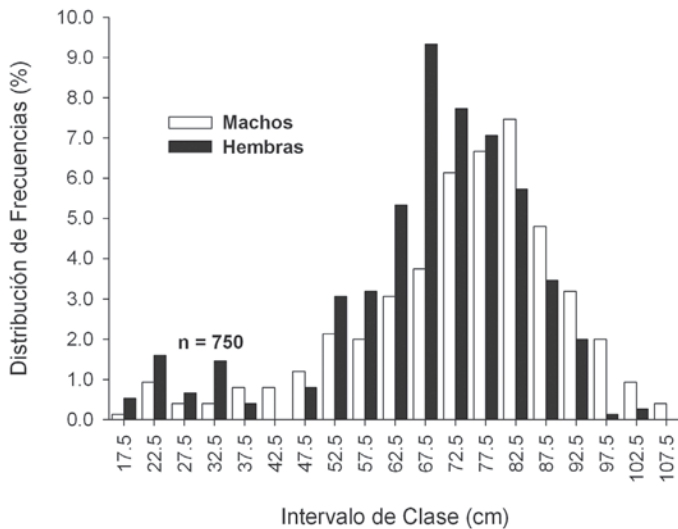


Fig. 4. Distribución de frecuencia (%) de machos y hembras por clase de tallas (17.5-107.5 cm) de *B. clarkae*.

Fig. 4. Distribution of frequency (%) of males and females by size class (17.5-107.5 cm); *B. clarkae*.

ovocitos en todos los intervalos de diámetro, lo que apoya la hipótesis que la especie presenta un desove fraccionado o múltiple. El número de lotes de ovocitos hidratados liberados en el periodo reproductivo (aproximadamente segundo semestre del año) fue de aproximadamente 3.1 a 4.5.

DISCUSIÓN

De acuerdo a lo observado en las fases y estadios de desarrollo ovárico, como también en el comportamiento del IGS se puede plantear que *B. clarkae* presenta un periodo de desove amplio, mas exactamente entre mayo y octubre, lo cual coincide con Zapata *et al.* (1998) quienes establecen dos picos reproductivos en el año, en los meses de junio y septiembre, mientras que Muñoz (1999), observa un pico fuerte del IGS para septiembre de 1998 y luego otro menos pronunciado en diciembre, los cuales se pueden traducir en dos épocas reproductivas; y finalmente Rojas *et al.* (2004) determinan un desove a lo largo del año, pero principalmente

en septiembre. Existiendo una coincidencia parcial con Franke y Acero (1995), quienes informan como posible periodo reproductivo diciembre-enero y julio a octubre. Esta gran extensión del periodo reproductivo podría estar asociada con las condiciones ambientales presentes en la zona, ya que es la transición entre el periodo de estación seca mayor o verano y el de estación húmeda mayor o invierno (Zapata *et al.* 1999), que inciden en el suministro de alimento, lo cual se sabe, es uno de los factores que influye notablemente en el desove.

El hecho que el IHS y el K muestren la misma tendencia o comportamiento, se

debe probablemente a que la especie no utiliza para la reproducción, sus reservas energéticas almacenadas en el hígado, además muy seguramente por la existencia de una oferta constante de alimento en el medio que permite mantener unas condiciones fisiológicas favorables durante el periodo reproductivo.

El presente trabajo muestra un ámbito de 60.7 a 63.8 cm como talla media de madurez (Tmm), mientras Zapata *et al.* (1998), informan 69 cm de Lt, Muñoz (1999) una talla media de 71 cm y Rojas *et al.* (2004) informan los 78 cm como la talla a la cual *B. clarkae* está suficientemente madura. El hecho que los dos últimos trabajos posean los valores más altos puede deberse a que corresponden a resultados obtenidos de muestras provenientes del Parque Nacional Natural Gorgona, que por su condición de área protegida se asume la especie este en un mejor estado.

La proporción sexual de 1:1 es diferente a la informada por Franke y Acero (1995) de 1.6 machos por hembra para la Isla de Gorgona también en el Pacífico colombiano, con capturas provenientes exclusivamente de anzuelos y

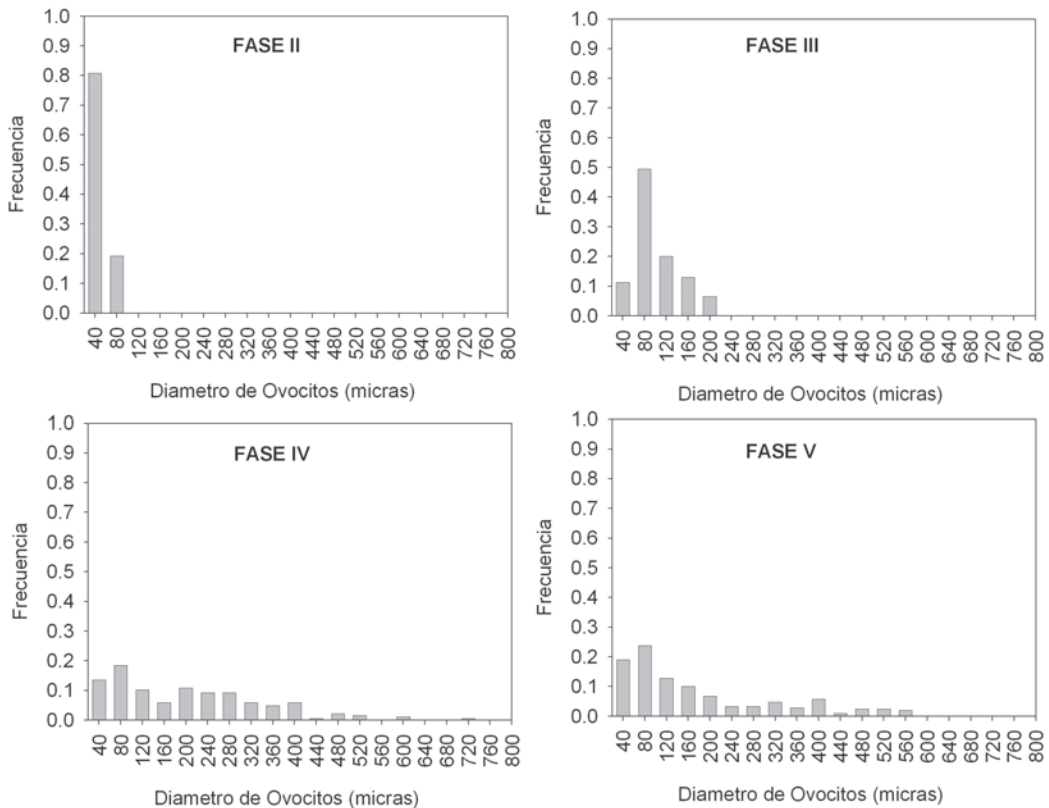


Fig. 5. Distribución de frecuencia (%) de diámetros (40-680 μ) de ovocitos presentes en gónadas en distintas fases de desarrollo.

Fig. 5. Distribution of diameter (40-680 μ) frequency (%) of ovocites present in different gonad development phases.

sobre rangos de tallas superiores. La diferencia entre las dos proporciones se debe posiblemente a que el ámbito de tallas cubierto en este trabajo es más amplio, además, como se discute adelante, la especie presenta un mayor número de machos en tallas superiores.

Aunque a lo largo del periodo de estudio se obtuvo una proporción sexual de 1:1, esta relación cambia levemente durante el periodo de reproducción de la especie (mayo a octubre), de manera que este momento puede afectar la proporción sexual de la población, posiblemente debido a la segregación espacial de los sexos, situación similar a la informada por Chong y González (1995) en el lenguado *Hippoglossina macrops*. Franke y Acero (1995), mencionan un resultado similar al obtener una mayor

proporción de machos en las tallas superiores. Por el contrario en las tallas inferiores el efecto de la segregación espacial generaría una aparente predominancia de hembras.

Esta aparente tendencia de predominio de hembras en tallas inferiores a 70 cm y de machos a partir de los 80 cm, es probable que se deba a una disminución de la tasa de crecimiento de las hembras una vez iniciado su ciclo reproductivo (alrededor de 62 cm de Lt o Tmm) mientras que los machos alcanzan tallas mayores.

Zapata *et al.* (1998), informan una fecundidad promedio para *B. clarkae* de 1 019 228 huevos por hembra, la cual se encuentra en el ámbito de fecundidad promedio (455 100 a 1 305 000 ovocitos por individuo) hallado en el presente estudio.

Las posibles medidas de ordenamiento pesquero para *B. clarkae* que se desprenden de los resultados obtenidos, indican que es necesario mantener una estrecha vigilancia para que la talla media de captura no sea inferior a la talla media de inicio de madurez (62.3 cm), pues de esta manera se aseguraría el desove de la especie. Otro factor importante que podría utilizarse en la estrategia de manejo de la pesquería, es el establecimiento de vedas que protejan el periodo reproductivo, para lo cual debería considerarse los meses de mayo-junio y/o septiembre - octubre.

Como estrategia de manejo resultante de la presente investigación, se considera necesario una evaluación por separado de la pesquería de arrastre que se efectúa tanto en camarón de aguas someras como profundas y la que se desarrolla con long line, con miras a establecer cual puede estar capturando en mayor proporción, ejemplares por debajo de la talla media de madurez, es decir impidiendo la reproducción de una buena parte de la población de merluza. Resultados que permitirían establecer en cual de las dos pesquerías generaría mayor impacto positivo para la especie, un periodo de veda.

Por ser la merluza una especie capturada en una pesquería multiespecífica, conocida como pesca blanca, resulta conveniente conocer los periodos reproductivos de las otras especies tales como tiburones, chernas y meros, entre otras; de manera que se seleccione un periodo que pueda brindar amplios beneficios a la mayoría de ellas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos al Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA (actualmente Instituto Colombiano de Desarrollo Rural-INCODER, como resultado de su fusión con otras tres entidades gubernamentales) y al Instituto Colombiano para el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas" COLCIENCIAS, por el apoyo logístico y

económico, brindado al trabajo; el cual esta enmarcado dentro del Proyecto de investigación "Estudio Biológico pesquero de las principales familias que conforman la Pesca Blanca en el Pacífico colombiano" código (3135-09-026-93). Asimismo al Programa de Pesca UE/VECEP por el apoyo brindado al facilitar los laboratorios en la ciudad de Buenaventura. A Mauricio Valderrama por los comentarios a la versión preliminar del trabajo y a los evaluadores anónimos, por sus valiosos aportes.

RESUMEN

Con el fin de desarrollar estrategias de uso sostenible del recurso pesquero, se evaluó la reproducción de la merluza (*Brotula clarkae*), proveniente de las pesquerías industrial y artesanal del Pacífico colombiano (marzo de 1994 a diciembre de 1996). Se examinaron 754 individuos, obteniendo una proporción sexual global de 1:1. Se realizaron cortes histológicos (inclusión en paraplasto y tinción con hematoxilina-eosina) de 151 hembras que se encontraban en un ámbito de tallas de 26 cm a 100 cm de longitud total, determinándose el diámetro promedio y las características particulares de las diferentes fases de desarrollo ovocitario, estableciendo también las distintas etapas de desarrollo ovárico. Se determinó la talla media de inicio de madurez sexual para las hembras por medio de dos métodos (gráfico y estadístico), obteniéndose 61.3 cm y 62.3 cm, respectivamente. Se encontró que la especie presenta desove fraccionado con varios pulsos durante su periodo reproductivo, el cual se estableció entre mayo y octubre, estimándose la fecundidad absoluta promedio por pulso de desove en 1 005 657 huevos. Se sugieren como posibles medidas de ordenamiento pesquero el mantener la talla media de captura por encima de la talla media de inicio de madurez y establecer vedas que protejan el periodo reproductivo.

Palabras clave: reproducción, peces, *Brotula clarkae*, Pacífico colombiano.

REFERENCIAS

- Belyanina, T.N. 1991a. Larval and juvenile *Brotula* (*Brotula* sp., Ophidiidae) from the Saya de Malha Bank. J. Ichthyol. 31: 129 -133.
- Belyanina, T.N. 1991b. Larval and fry of *Brotula* sp., Ophidiidae from the Saya de Malha Bank. J. Ichthyol. 31: 336-338.

- Chirichigno, N. & M. Cornejo. 2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. IMARPE, Callao, Perú. 314 p.
- Chirichigno, N. & J. Vélez. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú. IMARPE, Callao, Perú. 496 p.
- Chong, J. & P. González. 1995. Ciclo reproductivo del lenguado de ojos chicos, *Paralichthys microps* (GUNTHER, 1881) (Pleuronectiformes: Paralichthyidae) frente al Litoral de Concepción, Chile. Biol. Pesq. 24: 39-50.
- Estrella, C., J. Palacios, W. Avila, A. Medina & R. Guevara-Carrasco. 2000. Informe estadístico de los recursos hidrobiológicos de la pesca artesanal marina por especies, artes, meses y lugares de desembarque durante el primer semestre del 2000. IMARPE, Callao, Perú. 157 p.
- Franke, R. & A. Acero. 1995. Las especies colombianas del género *Brotula* (Pisces: Ophidiidae). Caldasia 17: 597-602.
- García del Moral, R. 1993. Laboratorio de anatomía patológica. McGraw-Hill, Madrid, España. 654 p.
- Levenez, J.J. & M. Poltier. 1983. Premiers elements sur la biometrie et la pêche de la Brotule *Brotula barbata* (Block et Sneider 1801) au Senegal. CRODT, Inst. Senegalais Rech. Agric. N°88, Dakar, Senegal. 43 p.
- Massay, S., J. Correa & E. Mora. 1993. Catálogo de peces, crustáceos y moluscos de mayor importancia comercial en Ecuador. Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador. 122 p.
- Morse, W.W. 1980. Spawning and fecundity of Atlantic Mackerel, *Scomber scombrus*, in the Middle Atlantic Bight. Fish. Bull. Nat. Mar. Fish. Serv. U.S. 78: 103-109.
- Muñoz, O.F. 1999. Aspectos de la biología (crecimiento, hábitos alimenticios y reproducción) de *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el PNN Gorgona, Colombia. Tesis de grado, Universidad del Valle, Cali, Colombia. 60 p.
- Puentes, V. 1995. Evaluación de la cherna café *Epinephelus cifuentesi* (Lavenberg y Grove, 1993) (Pisces: Serranidae) en el Pacífico colombiano y datos preliminares sobre su fauna acompañante y alternativa temporal de pesca. Convenio INPA-COLCIENCIAS, Buenaventura, Colombia. 106 p.
- Rojas, P.A., B.C. Castillo, C.I. Acevedo, L.A. Zapata, J.H. Loaiza & E.A. Rubio. 2004. Parque Nacional Natural Gorgona – Área de influencia. Uso y conservación del recurso peces. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales y FUNDEMAR, Cali, Colombia. 12 p.
- Rubio, E.A. 1988. Peces de importancia comercial para el Pacífico colombiano. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 499 p.
- Santos, M. 1999. La corvina de roca en el sur de Manabí, evaluación inicial (*Brotula clarkae*). Pesca Blanca. 2: 13-16.
- Sokal, R. & J. Rolf. 1969. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Blume, Madrid, España. 832 p.
- Takashima, F. & T. Hibiya. 1995. An atlas of fish histology: normal and pathological features. Gustav Fischer, Stuttgart, Alemania. 195 p.
- Udupa, K.S. 1986. Statistical method of estimating the size at first maturity in fishes. Fishbyte 4: 8-10.
- Vazzoler, A.E.A. de M. 1996. Biología da reprodução de peixes teleosteos: Teoria e prática. EDUEM, São Paulo, Brasil. 169 p.
- Vegas, M. 1977. Ictiología. Texto experimental. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 271 p.
- Villa, A.A., M.X. Zorrilla, C.F. Gutiérrez & V. Puentes. 1998. Proyecto "Evaluación integral de la incidencia de la Pesca Artesanal sobre los recursos ícticos del Parque Nacional Natural Gorgona". Ministerio del Medio Ambiente, UAESPNN y PNN Gorgona, Cali, Colombia. 120 p.
- Zapata, L.A., G. Acevedo, A.E. Gómez, W. Angulo, J.P. Acevedo & G. Gómez. 1998. Estudio biológico pesquero de las principales familias que conforman la pesca blanca en el Pacífico colombiano. Convenio INPA-COLCIENCIAS, Buenaventura, Colombia. 6 p.
- Zapata, L.A., G. Rodríguez, B. Beltrán-León, G. Gómez, A. Cediell, R. Avila & C. Hernández. 1999. Evaluación de recursos demersales por el método de área barrida en el Pacífico colombiano. Inst. Nac. Pes. y Acuic. -INPA-. Boletín Científico 6: 177-226.

