

VARIACION MENSUAL DEL INDICE GONADOSOMATICO DE *Colossoma macropomum* RELACIONADO A FACTORES AMBIENTALES EN CAÑAS, COSTA RICA

Nazira Gálvez y Jorge Boza

Escuela de Ciencias Biológicas
Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

RESUMEN

Con el fin de determinar la variación mensual en el índice gonadosomático de *Colossoma macropomum* en estanques, se tomaron muestras mensuales de 10 individuos desde setiembre de 1993 hasta setiembre de 1994. Se midieron además, durante todo el período experimental los siguientes parámetros ambientales: precipitación, temperatura del agua y oxígeno disuelto.

El índice gonadosomático (IGS) en las hembras presentó un rápido incremento de abril a mayo, permaneciendo alto de junio hasta agosto, decreciendo de setiembre hasta noviembre y mostrando los valores más bajos de diciembre hasta marzo. Esto indica que el desarrollo gonadal inicia un mes después del inicio de las lluvias (finales de abril) y que la regresión gonadal esta relacionada con la finalización de esta estación (noviembre), manteniéndose en reposo durante la estación seca (noviembre-marzo). Los valores en el índice gonadosomático para machos, muestran una tendencia similar al de las hembras. Para los otros parámetros obtenidos (temperatura del agua y oxígeno disuelto) no se observaron variaciones estacionales que pudieran inducir un cambio en el índice gonadosomático, ya que los valores presentan variaciones muy pequeñas.

ABSTRACT

The monthly variation of the gonadosomatic index of *Colossoma macropomum* in ponds was

determined. Monthly, from September 1993 to September 1994, gonad samples of ten individuals were weighed and preserved for histology. Other parameters (precipitation, water temperature and oxygen concentration) were taken during all the experimental period.

The Gonadosomatic Index (GI) increases rapidly from April to May, remains high from June to August, decreases again from September to November and the lowest values were observed from December to March. The ovarian maturation started one month after the first precipitation was registered (April) and the gonadal regression was related with the minimum monthly precipitation (November), with gonadal quiescency during the dry period from November to March. The values of the gonadosomatic index in males showed the same pattern. Other parameters (water temperature and oxygen concentration) were apparently not related to the gonadosomatic index, probably because of the very small variation during all year.

INTRODUCCION

Colossoma macropomum (Cuvier 1818), es un pez de importancia económica, debido a su fácil adaptación a las condiciones de cultivo, excelente crecimiento y conversión alimenticia, tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno, y aceptación por parte de la población como una fuente primaria de proteína (SAINT-PAUL 1985, 1986, 1992).

La información sobre la biología reproductiva de esta especie se basa en la inducción al desove (LOVSHIN 1980, BULHOSA y MARTÍNEZ 1985, ALCÁNTARA 1986, SALDAÑA y ASCORI 1988, FAO 1989, CASTAGNOLLI *et al.* 1993), así como la determinación de características externas de hembras maduras (GODINHO y GODINHO 1986, WOYNAROVICH 1986, ROMAGOSA *et al.* 1990) y la selección sobre la base del tamaño de los oocitos (ROMAGOSA *et al.* 1990), pero trabajos sobre la variación anual del índice gonadosomático son escasos. Sin embargo, GONZÁLEZ y HEREDIA (1989) relacionaron variables ambientales con el ciclo reproductivo de esta especie y GONZÁLEZ (1987) también reportó la actividad biológica de extractos hipofisarios y sus cambios con las variables ambientales. De esta manera, en Venezuela el desarrollo de las gónadas de *C. macropomum* coincide con el comienzo de la época de sequía (enero), aumentando progresivamente hasta el mes de junio. La maduración final y el desove ocurren entre mayo y agosto, sincronizados con la entrada de las lluvias y la disminución de la temperatura ambiental. Después ocurre un período de reposo (agosto hasta diciembre), donde el pez se prepara para el próximo proceso reproductivo (GONZÁLEZ y HEREDIA 1989). HERNÁNDEZ *et al.* (1992) presentan un resumen sobre la duración de la campaña reproductiva que se realiza en diferentes países latinoamericanos, que está directamente relacionada con la época reproductiva natural de esta especie.

En Costa Rica se han iniciado prácticas en el cultivo de esta especie y se han detectado algunos problemas en la producción masiva de semilla, así como el lograr desoves mediante la inducción de la maduración gonadal por medio de hormonas, probablemente debido al desconocimiento del desarrollo gonadal durante el año.

Este trabajo tiene como principal objetivo el determinar la relación que existe entre algunos factores ambientales y el desarrollo gonadal espontáneo, con el fin de definir la época del año más apropiada para lograr con éxito la reproducción artificial. También determinar si existe alguna relación entre ciertas variables morfométricas y el estado de madurez para evitar el estrés del pez durante la canulación.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo fue realizado en la Estación Piscícola Enrique Jiménez Nuñez (Ministerio de Agricultura y Ganadería), ubicada en Cañas, Guanacaste, Costa Rica. Los reproductores provinieron de un desove inducido, realizado a reproductores traídos de Panamá. Estos reproductores se criaron hasta alcanzar un peso promedio de 5 kg y una edad de 4 años.

Ciento sesenta reproductores se colocaron en dos estanques de 3000 m². Se alimentaron con alimento peltizado comercial (30 % proteína) al 1 % de su peso corporal por día. Durante el período de experimentación (setiembre 1993-setiembre 1994) cinco peces de cada estanque fueron extraídos mensualmente con una malla de pesca. Los peces se anestesiaron con MS-222 para medir primero la longitud total (LT), longitud estándar (LE), circunferencia (LC), y el peso total (PT). Estas variables fueron medidas con el fin de determinar alguna relación con respecto al índice gonadosomático. También se determinó el índice de condición, según la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{PT \cdot 100}{L^3}$$

En donde: IC = Índice de condición

PT = Peso total (g)

L = Longitud total (cm)

Luego, los peces fueron disectados y se determinó el peso de la gónada (PG). El índice gonadosomático se calculó para cada individuo según la siguiente fórmula:

$$IG = \frac{PG \cdot 100}{PT}$$

En donde: PG = Peso de la gónada (g)

PT = Peso total individual (g)

La concentración de oxígeno y la temperatura del agua se registraron diariamente en la mañana y en la tarde en ambos estanques, y se obtuvo un

promedio mensual. Los datos de precipitación se registraron diariamente en la Estación Meteorológica Taboga (Instituto Meteorológico de Costa Rica), y con ellos se calculó la precipitación mensual (mm/mes).

Se realizó un análisis de correlación multivariable con el paquete estadístico Statgraphics (Versión 4.1), con el fin de determinar la relación entre las variables biométricas y el IG.

RESULTADOS

De los individuos muestreados (130), 56 resultaron hembras y 74 machos. En el cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos para las variables longitud total (LT), longitud estándar (LE), longitud de circunferencia (LC) y peso total (PT).

Tanto para las hembras, como para los machos se observó una alta correlación entre las variables de LT, LE y LC (hembras, LT-LE (0,928), LT-LC (0,829); machos, LT-LS (0,873) y LT-LC (0,766). La correlación entre el índice gonadosomático (IG) y longitud de circunferencia (LC) fue alta (0,581) para las hembras, sin embargo no es significativa ($P \geq 0,05$). En machos la correlación entre estas dos variables tampoco fue significativa ($P \geq 0,05$). En la relación PG-LC, la correlación fue alta (0,69) para las hembras, no así para los machos (-0,11). Los promedios mensuales en peso para hembras son mayores que para machos. Al calcularse el Índice de Condición y correlacionarlo con las diferentes variables no se encontró ninguna correlación significativa ($P \geq 0,05$). En la figura 1, se observan los valores de los IG de machos y hembras durante el período de setiembre 1993 a setiembre 1994. Se grafican asimismo la concentración de oxígeno (mg/l), temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$) y la precipitación (mm/mes).

Concentración de oxígeno disuelto. La concentración de oxígeno en los estanques durante la mañana varió entre 4,0 mg/l (julio) a 5,0 mg/l (marzo), mientras los valores por la tarde llegaron a 14,5 mg/l en el mes de mayo. El promedio mensual varía desde 6,5 mg/l (enero) a 9,4 mg/l (mayo). Durante los primeros meses del año el oxígeno permanece poco variable, en el mes de mayo ocurre un incremento en la concentración de

oxígeno. Durante el resto del año la concentración de oxígeno disminuye levemente.

Temperatura del agua. La temperatura del agua muestra los valores mensuales más bajos al inicio del año (enero y febrero, 27°C). En los siguientes meses, la temperatura aumenta hasta llegar a 30°C en mayo, manteniéndose por el resto del año entre $28-29^{\circ}\text{C}$.

Precipitación. A partir de diciembre 1994 ocurre la época seca en esta provincia de Costa Rica, que se extiende hasta Abril, siendo las primeras lluvias caracterizadas por aguaceros torrenciales.

Índice Gonadosomático. En las hembras el IGS aumentó de 1 % (abril) a 5 % (mayo), alcanzando su máximo en agosto (8 %). El IGS cayó bruscamente de octubre (3 %) a noviembre (0,5 %). Los valores mínimos para el IG se observaron durante noviembre hasta marzo. Para los machos de *C. macropomum* ocurre un patrón bastante parecido al de las hembras, pero el incremento en el IG ocurre después del de las hembras, y se extiende de julio ($\text{IG} = 0.2$) a octubre. En la figura 1 los valores de IG para machos fueron multiplicados por un factor de 10 para hacerlos más visibles.

DISCUSION

No se logró determinar una correlación significativa entre las variables morfométricas medidas y el IGS. Sin embargo, se pudo observar una tendencia con respecto a todas las variables. Las hembras poseen los valores más altos con respecto a los machos. En cuanto al índice de condición, tampoco se logró determinar alguna relación significativa.

Según los datos obtenidos en este trabajo con respecto a la variación en el IGS de *C. macropomum*, y en base a las mediciones realizadas de porcentaje mensual de la distribución de frecuencia del diámetro de oocitos y la apariencia macroscópica de las gónadas (BOZA y GALVEZ 1996), su ciclo reproductivo puede ser dividido en:

- a) un período preparatorio o de desarrollo gonadal, donde el pez se prepara para el "desove", que se inicia en el mes de enero hasta marzo,

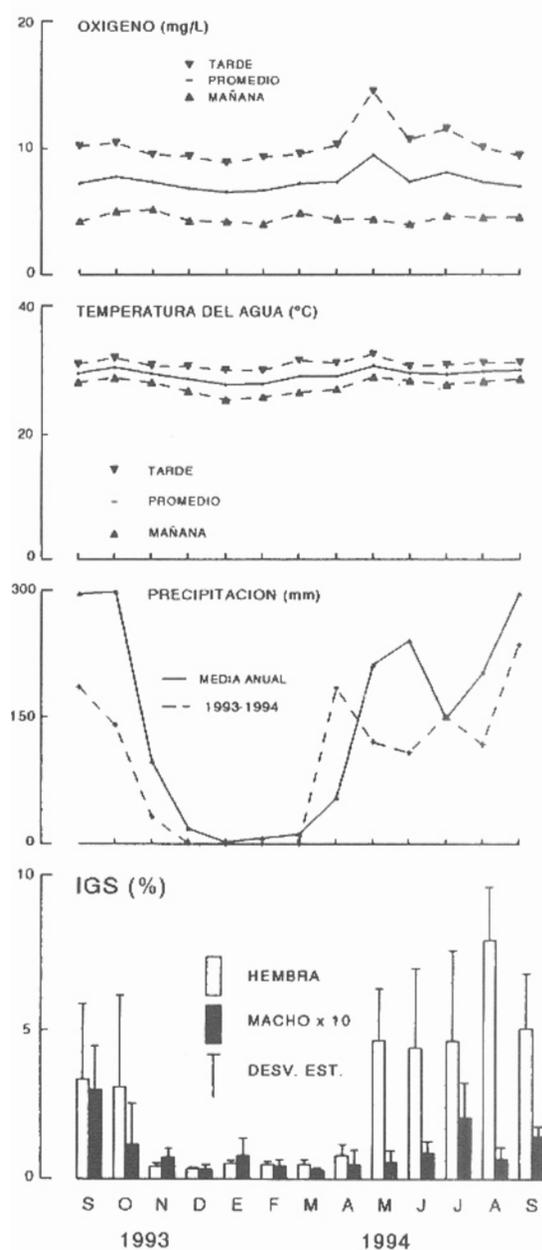


Figura 1: Variación mensual de oxígeno disuelto (mg/L), temperatura del agua (°C), precipitación (mm) e Índice Gonadosomático para hembras y machos de *C. macropomum* durante el período de Setiembre a Setiembre en la Estación Experimental Enrique Jiménez Nuñez, Cañas, Costa Rica. En machos los valores se multiplican por un factor de 10.

- b) un período de “predesove” entre abril y mayo, donde la gónada empieza a madurar,
- c) un período de “desove”, donde el IGS mantiene sus valores altos (junio hasta agosto) y un
- d) período de “posdesove” (setiembre hasta diciembre).

Sin embargo, en esta especie la maduración final y el desove no ocurren espontáneamente en cautiverio (SALDAÑA y ASCORI 1988), debido probablemente a que son especies reófilas (CASTAGNOLLI *et al.* 1993) y a que el estímulo ambiental que provoca la maduración final y el desove no se presenta en Costa Rica.

Sin embargo, existe una sincronía entre la llegada de las lluvias con el desarrollo gonadal (IGS) (figura 1). La reproducción en los peces teleósteos se desencadena primariamente por factores ambientales y es controlada endógenamente por un sistema endocrino (CASTAGNOLLI *et al.* 1993). Según LOVSHIN (1980) *C. macropomum* madura sexualmente como una respuesta aparente al agua de lluvia. En climas donde la estación lluviosa no está bien definida o es irregular, la transferencia cerca de la época de desove de los reproductores a estanques con agua fresca, ha estimulado la madurez sexual. HERNANDEZ *et al.* (1992) reportan que en la UCLA (Venezuela), variaciones de temperatura acuática y de flujo de agua en tanques de 6 m² de concreto, con aireación incorporada, son los factores que mayor influencia pueden tener en la inducción de la maduración final. En nuestro caso, la época lluviosa está bien definida, por lo que los reproductores han alcanzado la madurez sexual, lo cual se refleja en el incremento en el IGS. Por otro lado, el requisito de migración, el cual es realizado en el medio natural para el estímulo del sistema endocrino, culminando con la maduración final y el desove (BULHOSA y MARTINEZ 1985), no es posible realizarlo en los estanques, por lo que los reproductores se mantienen maduros, pero sin desovar.

GONZÁLEZ y HEREDIA (1989) trabajaron con *C. macropomum* en Venezuela, determinando el ciclo reproductivo, y coinciden en que el período de desove está sincronizado con la entrada de las lluvias. En Venezuela este período ocurre en los

Cuadro 1.

Promedios mensuales de longitud total (LT), longitud estándar (LE), longitud de circunferencia (LC) y peso total (PT) para hembras y machos de *C. macropomum* durante el período de setiembre 1993 hasta setiembre 1994, en la Estación Experimental Enrique Jiménez Nuñez, Cañas Costa Rica.

Mes	LT (cm)		LE (cm)		LC (cm)		PT (cm)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
SET	76,4	73,6	68,0	64,8	63,6	61,6	9,90	8,7
OCT	77,0	70,6	68,2	63,2	63,8	58,0	9,34	7,9
NOV	78,2	75,7	67,0	66,0	65,7	61,5	10,25	9,3
DIC	78,7	75,2	68,7	65,3	68,7	61,5	11,37	8,7
ENE	79,2	75,14	69,3	69,4	66,5	62,2	10,33	8,7
FEB	79,3	76,3	70,6	68,7	69,6	62,7	11,71	10,2
MAR	79,3	75,1	70,7	67,1	71,0	63,4	12,83	9,8
ABR	80,2	77,6	72,4	69,2	68,2	61,0	11,72	9,9
MAY	84,7	79,7	73,7	70,0	70,3	63,0	13,00	10,3
JUN	82,8	78,8	74,0	70,0	70,8	64,2	14,00	11,1
JUL	83,8	75,8	76,0	68,8	73,0	62,4	14,90	10,8
AGO	84,0	78,3	75,7	70,3	77,5	63,2	15,00	9,58
SET	81,3	78,1	71,3	69,4	68,3	61,2	11,33	9,64

Cuadro 2.

Duración del período reproductivo de *C. macropomum* en diferentes localidades según HERNÁNDEZ *et al.* (1992)

País	Estación	ENE—FEB—MAR—ABR—MAY—JUN—JUL—AGO—SET—OCT—NOV—DIC
BRASIL	Netume (Noreste)	*****
	Goias	*****
	Sureste	*****
PERU	Iquitos	*****
COLOMBIA	Lorica	*****
	Repelón	*****
	San Silvestre	*****
	Llanos orientales	*****
PANAMA	Divisa y Gualaca	*****
VENEZUELA	F. La Salle	*****
	Tucupita	*****
	Otras	*****
COSTA RICA (este trabajo)	Enrique Jiménez N.	*****

* Período reproductivo de *C. macropomum*

meses de mayo y agosto. En Brasil se ha reportado que ocurre de noviembre a febrero para *C. macropomum*. BERNARDINO *et al.* (1987) observaron que *C. mitrei* experimenta una época de desove de noviembre hasta febrero, siendo los mayores valores en el IGS en noviembre y diciembre. HERNÁNDEZ *et al.* (1992) resume la duración del período reproductivo de *C. macropomum* en diferentes estaciones y países (cuadro 2) y menciona que esta variación en los períodos de desove ocurren por la gran diversidad en las condiciones ambientales de los microclimas. En Costa Rica el período de "desove" (no ocurre como tal, pero son los meses en que el IGS se mantiene alto y las características morfológicas de la gónada lo confirman), lo podemos ubicar de junio a agosto, por lo que coincide con el observado para Colombia, Venezuela y Panamá, pero difiere con el de Brasil y Perú.

En nuestro caso, las condiciones de temperatura del agua, permanecen casi constantes durante todo el año (figura 1), debido a la cercanía de nuestro país con el Ecuador. Además en Costa Rica ocurren una época seca y lluviosa muy marcadas, siendo la lluvia el factor que más varía estacionalmente. En la región ecuatorial y/o tropical, donde las variaciones de fotoperíodo y temperatura son pequeñas, los cambios ambientales, como la fuerte precipitación podrían desencadenar el desarrollo gonadal, pero no así la maduración final y el desove. La variación en el IGS observada en este trabajo coincide con este criterio, ya que durante la época seca (figura 1) el IGS presenta los valores más bajos. En la época lluviosa es cuando va a ocurrir el "desove", debido a que hay un aumento favorable de las condiciones ambientales, sin embargo, el estímulo no es lo suficientemente fuerte o falta algún otro factor en combinación, por lo que no se llega a la maduración final y el desove. En conclusión, la mejor época para proceder al desove inducido de *C. macropomum* en Costa Rica es probablemente de junio a agosto.

REFERENCIAS

- Alcántara, F. 1986. Avances en el cultivo de la gamitana, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, en el Laboratorio de Iquitos del IMARPE. Rev. Lat. Acuí. 27: 27-32.
- Bernardino, G., R. de C. Gimenes de Alcántara y R. Ormanezi. 1987. Observações preliminares sobre o ciclo reproductivo do *Colossoma mitrei* e suas relações com factores abióticos. En CEPTA (eds.). Síntese dos trabalhos realizados com espécies do género *Colossoma*. São Paulo, Brasil, p. 38.
- Boza, J. y N. Gálvez. 1996. Descripción de los estados de madurez y patrón mensual de la distribución de frecuencia del diámetro de los oocitos de *Colossoma macropomum* en estanques, Cañas, Costa Rica. En: Acuicultura en Latinoamérica. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. Editores: A. Silva y G. Merino, Universidad Católica del Norte. Coquimbo, Chile. 373 pp.
- Bulhosa, A.T. y F. Martínez. 1985. Reproducción inducida y levante del pie de cría de cachama *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818, en la Estación de Guanapito, Estado Guarico, Venezuela.
- Castagnolli, N., M.V. Val-Sella y A.A.M. Rosa E Silva. 1993. Reproducción inducida del "pacu" (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887) y del "tambaqui" (*Colossoma macropomum* Cuvier 1818) con LH-RHa y gonadotropina bruta y purificada de hipófisis de peces. En: J. Günther y K. Kleijn (eds.), Actas del simposio investigación acuícola (Acuicultura y Pesca) en Centroamérica. Heredia, Costa Rica. 181 p.
- FAO, 1989. Avances en el cultivo de peces del género *Colossoma*. Proyecto AQUILA, Documento de campo No. 5, 235 p.
- Godinho, H.P. y A.L. Godinho. 1986. Induced spawning of the pacu, *Colossoma mitrei* (Berg 1895), by hypophysation with crude carp pituitary extract. Aquaculture 55: 69-73.
- González, J.A. 1987. Actividad biológica de extractos hipofisarios de teleósteos y sus cambios con los ciclos reproductivos y ambientales. Trabajo de Grado, Msc., Univ. Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Biología, Caracas, Venezuela. 66 p.
- González, J.A. y B. Heredia. 1989. El cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*). FONAIAP, Estación Experimental Guárico, Sub-estación Guanapito, Maracay, Venezuela, 124 p.
- Hernández, A.R., D. Muñoz, J.A. Ferraz de Lima, R. de Fex, W. Vásquez, R. González, R. Morales, F. Alcántara, T. Luna, C. Kossowski, L. Pérez, J.A. Mora, P.J. Contreas, F. Díaz, E.M. Fadul y P. Montoya. 1992. Estado actual del cultivo de *Colossoma* y *Piaractus* en Brasil, Colombia, Panamá, Perú y Venezuela. Documento 2da

- Reunión Internacional Grupo de Trabajo Técnico de *Colossoma* y *Piaractus*. En Boletín de la Red Regional de Acuicultura de América Latina 6:1-28.
- Lovshin, L.L. 1980. Situación del cultivo de *Colossoma* sp. en Sud América. Rev. Lat. Acui., 5: 1-36.
- Romagosa, E., P. De Paiva y H.M. Godinho. 1990. Pattern of oocyte diameter frequency distribution in females of the pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887)(= *Colossoma mitrei* (Berg 1895), induced to spawn. Aquaculture 86: 105-110.
- Saint-Paul, U. 1985. The neotropical serrasalmid *Colossoma macropomum*, a promising species for fish culture in Amazonia. Animal Research and Development 22: 7-35.
- Saint-Paul, U. 1986. Potential for aquaculture of South American fishes: a review. Aquaculture 54: 205-240.
- Saint-Paul, U. 1992. Status of aquaculture in Latin America. J. Appl. Ichthyol. 8: 21-39.
- Saldaña, G.B.R. y G.D. Ascari. 1988. Ensayo sobre reproducción inducida de gamitana, *Colossoma macropomum* (Cuvier 1918) con gonadotropina coriónica humana. Rev. Lat. Acui. 35: 35-45.
- Woynarovich, E. 1986. Tambaqui e pirapitinga: Propagação artificial e criação de alevinos. CODEVASF, Brasília, Brasil. 68 p.