



CARACTERIZACIÓN CARIOTÍPICA DEL YAMÚ (*Brycon siebenthalae*)

PARADA GUEVARA S. L. Biólogo Esp.; ARIAS CASTELLANOS J. A. Biólogo MSc. PhD.;
CRUZ-CASALLAS P. E. MVZ MSc PhD.

Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos iall@villavicencio.cetcol.net.co

(Recibido: 21 de noviembre de 2003 - Aceptado: 20 de diciembre de 2003)

RESUMEN

El yamú (*Brycon siebenthalae*) es un pez de escama, nativo de la Orinoquia Colombiana, con alto potencial para acuicultura. Sin embargo, el conocimiento sobre su biología es

aún muy limitado. En consecuencia, para determinar el número de cromosomas de esta especie, linfocitos de individuos juveniles y adultos fueron cultivados, empleando protocolos y

técnicas utilizadas con éxito en otras especies de peces nativos. El número cromosómico revelado fue $2n=50$ (24 m (metacéntricos), 26 sm/st (sububmetacéntricos / subtelocéntricos)

cos), el cual es similar al de otros *bryconidos* de la cuenca amazónica.

Palabras Claves: *Brycon siebenthalae*, yamú, número cromosómico.

ABSTRACT

The yamú (*Brycon siebenthalae*) it is a flake fish, native of the Colombian Orinoquia, with high potential for continental aquaculture. However, the knowledge on its biology is

even very limited. In consequence, to determine the number of chromosomes of the this species, lymphocytes from juvenile and adults individuals were cultivated, using protocols and

techniques used with success in other species of native fish. The chromosomal number was $2n = 50$ (24 m (metacentric) and 26 sm/st (sububmetacéntricos / subtelocéntricos), which is

similar to that of other *bryconidos* of the amazon basin.

Key Words: Yamú, *Brycon siebenthalae*, chromosomal number.

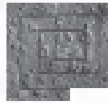
INTRODUCCIÓN

El incremento en la producción acuícola continental en Colombia a un ritmo anual cercano al 10% en la última década (INPA 2003), muestra como en el país se ha potencializado este subrenglón pecuario. Sin embargo, la producción actual se obtiene a partir de simples cruzamientos aleatorios de reproductores silvestres o mantenidos en confinamiento, sin que para

ello se haya emprendido en ninguna de las especies nativas programa alguno de mejoramiento genético. Lo anterior obedece, en parte, al limitado número de trabajos básicos sobre citogenética de peces nativos, punto de partida para el emprendimiento de programas de selección artificial (González 1989, Camacho et al 2002, Burbano 2001).

El yamú *Brycon siebenthalae* es un pez nativo de la cuenca del río Orinoco, conocido por su gran capacidad de producción de carne y alta demanda en los mercados regionales. Sin embargo, aún se desconocen sus características genotípicas básicas (Arias 2002). Por lo tanto, con el objetivo de aproximarse a la información cariotípica, fueron cultiva-

dos linfocitos, obtenidos de 20 ejemplares, juveniles y adultos, empleando métodos y técnicas utilizadas con éxito en otras especies de peces tropicales (De Almeida - Toledo et al. 1986, 1988, González et al. 1989, Camacho y Burbano 1999, Burbano 2001).



MATERIALES Y MÉTODOS

En el laboratorio de Ictiología del Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos, entre los años 2001 y 2002, mediante punción de la vena caudal, fueron obtenidos 1,5 mL de sangre de 20 ejemplares juveniles y adultos de yamú criados en confinamiento y previamente tranquilizados con 2-fenoxietanol al 0,05 %. Las muestras de sangre fueron recibidas al vacío en tubos heparinizados e inmediatamente centrifugadas a 5000 r.p.m. durante 5 minutos (Jiménez 2000). Del sobrenadante fueron sembrados 0,3 mL en 5 mL de un medio para cultivo *in vitro* de linfocitos, preparado con TC-199, antibiótico (penicilina/estreptomocina a razón de 10.000 UI.mL⁻¹), suplementado con suero fetal bovino al 10% y fitohemaglutinina (PHA-P) a concentraciones en cultivo de 6.25 x 10⁻⁵ % (p/v)

(Camacho 1999). Luego incubado a 28° C durante 60 h. A la hora 50 de incubación le fue adicionado Colchicina en concentración en cultivo de 100 µg.mL⁻¹. Concluida la incubación se centrifugó a 1.200 r.p.m. durante 10 min., al precipitado se le adicionó 10 mL de una solución hipotónica de KCl al 0,075 N y 30 min. después se centrifugó a 1.200 r.p.m. Al precipitado se le adicionó solución de Carnoy 6:1, recién preparada (modificado de Camacho y Burbano 1999). En seguida la muestra fue sometida a tres centrifugaciones consecutivas (1200 ppm), previo lavado con Carnoy 3:1 a los 10, 30 y 45 min., respectivamente (modificado de Camacho y Burbano 1999). Finalmente, del precipitado fueron goteadas láminas portaobjeto frías y húmedas las cuales se colorearon con Giemsa al 2% en buffer fosfato a pH 6.8

durante 5 minutos (modificado de Camacho 1999).

Seis láminas fueron preparadas por ejemplar y luego leídas en cuatro recorridos horizontales con un microscopio de fotografía ZEISS. Se contabilizaron 16 campos microscópicos por lámina. Se analizaron células totales, células transformadas y número de metafases. En las metafases se analizó: dispersión, tamaño y número de cromosomas como también se estableció la estructura básica de los cromosomas (brazos, centrómero y telómeros). En las imágenes fotográficas impresas se midieron los brazos de los cromosomas y se clasificaron según el índice de relación de brazos en: metacéntricos (m), submetacéntricos (sm), subtelocéntricos (st) y acrocéntricos (a) según Brasessco (2000) y Burbano (2001).

RESULTADOS

El número cromosómico determinado para la especie *Brycon siebenthalae* es 2n = 50 cromosomas (24 m bien definidos y 26 sm / st; 0 a). Así mismo, se ob-

servó un par cromosómico metacéntrico de gran tamaño, distintivamente grande con respecto a los demás del complemento. Las figuras 1 y 2 presentan una

metafase y un cariotipo de yamú, destacándose un par cromosómico de gran tamaño.



DISCUSIÓN

Varios investigadores han reportado la obtención de cariotipos en peces a partir del cultivo de diversos tejidos frescos (Denton y Howell 1969; Gold, 1979; Hartley y Horne 1985; De Almeida - Toledo et al. 1996). Por su parte, Gonzáles et al. (1989) y Andreatta et al. (1993) y De Almeida-Toledo et al. (1996), estandarizaron técnicas para especies de peces nativas más precisas y confiables pero también de corta duración. Camacho (1999) consiguió cultivar *in vitro* linfocitos, demostrando que este método constituye una alternativa más eficiente para la obtención de cariotipos en peces.

Es reconocido por la mayoría de autores la importancia básica que constituye saber el número de cromosomas de una especie, ya que además de permitir conocer la individualidad específica permite relacionar las especies y diferenciarlas en un grupo taxonómico (Camacho 1999 y Burbano 2001). De otra parte, se sabe del significado evolutivo que puede llegar a tener el número de cromosomas dentro de un grupo de especies cercanas, dado que la mayoría de especies relacionadas, en especial en la jerarquía de género, son de una u otra manera producto, en muchos casos, de rearrreglos cromosómicos estructurales (delecciones, duplicaciones, inversiones y translocaciones) que modifican la estructura y (o) cantidad de material genético

(Andreatta et al. 1993 y Burbano 2001).

El número de cromosomas en peces es muy variable entre las especies. Por ejemplo, en tilapias el número es $2n = 44$, con amplias variaciones en la cantidad de cromosomas submetacéntricos y telocéntricos (Castorena et al. 1983; Crosetti et al. 1987), mientras que en *Notropis* sp es $2n = 50$ y en *Fundulus* sp $2n = 48$, con algunas variaciones entre géneros (Denton y Howell 1969). Finalmente, en carpas es ($2n = 50$) es similar al de *Notropis*, con especies y líneas variando en uno o dos cromosomas (alrededor de 6 m, 20 sm y 24 st) (Chiangiang et al. 1986).

En especies de peces suramericanos los de la Familia Curimatidae (géneros *Cyphocharax*, *Steindachnerina*, *Curimatella*, *Psectrogaster* y *Potamorhina*), poseen $2n = 54$, variando en la distribución de heterocromatina y en las regiones organizadoras de nucleólos. Estas últimas variaciones se presentan en general en un solo par cromosómico y son muy inestables, tanto en la posición que ocupan en el cromosoma como en relación con los pares del complemento en los que aparecen las marcaciones (Brasessco 2000).

Las comparaciones entre especies de la Subfamilia Myleinae (*Colossoma macropomun* y *Piaractus mesopotamicus*) y sus híbridos

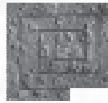
interespecíficos (Kossowski et al. 1983 y De Almeida - Toledo et al. 1988), muestran $2n = 54$, variando en la cantidad y proporción de cromosomas metacéntricos y submetacéntricos. En la misma familia García-Parra (2000), pudo separar tres grupos cromosómicos: $2n = 54$ cromosomas para *Colossoma macropomun*, *Mylossoma aureum*, *M. duriventris* y *Piaractus brachipomus*; $2n = 58$ cromosomas para *Myleus asterias*, *M. pacu* y *M. schomburgkii* y $2n = 62$ cromosomas para *Myleus rhomboidalis* y *Metynnis lippincottianus*. Lo anterior ha permitido precisar sobre la estabilidad del número de cromosómicos y sobre las diferencias que se pueden encontrar, por rearrreglos cromosómicos, entre especies estrechamente emparentadas.

Similar a lo anterior, puede decirse para especies de bagres suramericanos: en *Pseudoplatystoma fasciatum* $2n = 56$ (8 m, 14 sm, 28 st, 6 a) y en *Leiarus marmoratus* $2n = 56$ (8 m, 13 sm, 28 st, 7a) Quero y Kossowski (1993). González et al. (1989) en *Eremophilus muttisi* y *Grundulus bogotensis*, con $2n = 54$, hacen otro tanto. Para *Pseudoplatystoma fasciatum* y *P. tigrinum*, Camacho y Burbano (1999), encontraron similitud en los números cromosómico ($2n = 56$) y en sus fórmula cariológica (9 m, 8 sm, 5 st, 6 a), pero diferencias importantes en los patrones

de bandas G lo que permite inferir que son especies diferentes (Burbano, 2001). Lo anterior, en conjunto, ilustra la gran diversidad cromosómica que puede encontrarse en peces, al igual que los cambios visibles, a través de estudios citogenéticos, que se pueden dar entre especies muy cercanas.

Muy pocos datos disponibles se encuentran para el género *Brycon* (Arias 2002). El número cromosómico $2n = 50$ encontrado en este estudio es similar al hallado por De Almeida-Toledo et al. (1996) para *Brycon* cf. *reinhardti*, *B. insignis* y *B. cephalus*. Sin embargo, la fórmula (24 m, 26 sm/st) de *B. siebenthalae* es diferente de *B. cf. reinhardti* (22m, 28 sm/st) y *B. insignis* (26 m, 24 sm/st), pero similar a la de *B. cephalus*. Las comparaciones permiten observar que los cariotipos difieren en la posición de los centrómeros y consecuentemente en la morfología de los cromosomas comprometidos. Estas diferencias pueden ser atribuidas a cambios causados por rearrreglos o condensación diferencial de los brazos (De Almeida-Toledo et al. 1996).

En todos los casos la presencia de un par cromosómico metacéntrico de gran tamaño, distintivamente grande con relación a los demás del complemento, hace pensar que esta es una característica de marca del género.



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Acuicultura y al Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana por el apoyo financiero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREATA, A.A., FORESTI, F., DE ALMEIDA-TOLEDO, L., OLIVEIRA, C., DE ALMEIDA-TOLEDO, F. 1993. Chromosome studies in Hypoptopomatinae (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). II. ZZ/ZW sex-chromosome system, B chromosomes, and constitutive heterochromatin differentiation in *Microlepidogaster leucofrenatus*. Cytog. Cell Genet. 63: 215-220.
- ARIAS, C.J.A. 2002. *Biología reproductiva del yamú Brycon siebenthalae en cautiverio*. Univ. Del Valle, 125p. (Tesis de Doctorado).
- BRASESSCO, M.S. 2000. Análisis Cariológico de Peces de la Familia CURIMATIDAE (CHARACIFORMES) BECNBIC, 2 (14): en <http://ar.geocities.com/licengen/restesis/brasessco.htm>. 2000.
- BURBANO, C. 2001. Citogenética Aplicada en Peces. En: Fund. Acuic. Cont. Rodríguez, H., Victoria, P., Carrillo, M. INPA. pp. 219-231.
- CAMACHO, G.J. 1999. *Caracterización citogenética y relaciones biogeográficas en poblaciones colombianas de Pseudoplatystoma fasciatum y Pseudoplatystoma tigrinum (Pisces: Siluriformes: Pimelodidae)* Univ. Nal. Col. 143 pp. (Trab. de grado).
- CAMACHO, G.J., BURBANO, C. 1999. Técnica para el cultivo *in vitro* de linfocitos de peces. Dahlia. Vol 3 pg 69-79.
- CAMACHO, G.J., MONTAÑO, A.D., FOREIRO, A.C., SANDOVAL, E.P., VERGARA, C. 2002. Estudios de la biodiversidad y del recurso genético en Bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) y Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) mediante técnicas electroforéticas y citogenética. UNAD. www.unad.edu/estudio/genetico/unad.pdf. 10 p.
- CASTORENA, I., URIBE, M., ARREGUÍN, J. 1983. Estudio cromosómico de poblaciones del género Tilapia Smith (Pisces, Cichilidae), provenientes de tres regiones de México. Veterinaria Méx. 14:137-143.
- CHINGJIANG, W. U., YUZHEN, Y.E., RONGDE, C. 1986. Genome manipulation in Carp *Cyprinus carpio* L. Aquaculture, 54: 57-61.
- CROSSETTI, D., SOLA, L., BRUNNER, P., CATAUDELLIA, S. 1987. Cytogenetical Characterization of *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* and their hybrid. Pag 143-151. The second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM. Conf. Proceeding 15.
- DE ALMEIDA-TOLEDO, L.F., BIGONI, A.P., BERNARDINO, G., FORESTI, F., DE ALMEIDA-TOLEDO, F.S.A. 1996. Karyotype and NOR conservatism with heterochromatin reorganization in Neotropical Bryconids. Caryologia. 49,1: 35-43.
- DE ALMEIDA-TOLEDO, L.F., FORESTI, F., RAMOS, S.M., ORMANEZI, R., CAROSFELD, V.J.S., DE ALMEIDA TOLEDO, F.S.A. 1988. Estudios citogenéticos de híbridos entre femeas de Pacu *Piaractus mesopotamicus* e macho de tambaqui *Colossoma macropomum*. Bol. Tec. CEPTA. Pirassununga, 1(2):11-17.
- DE ALMEIDA-TOLEDO, L.F., FORESTI, F., TOLEDO, S.A., BERNARDINO, G., FERRARI, W., ALCÁNTARA, R.C.G. 1986. Cytogenetic studies of *Colossoma mitrei*, *Colossoma macropomum* and their interespecific hybrid. In: Proc. World Symp. on Select., Hybrid. Genetic Engin. in Aquaculture, Bordeaux 27-30 May, Vol. I. 190-195. Berlín.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DENTON, T., HOWELL, W. A. 1969. Technique for obtaining chromosomes from the scale epithelium of teleost fishes. *Copeia*, 392-393.

GARCÍA-PARRA, W.J. 2000. *Citogenética comparativa de peces de la subfamilia Myleinae (Serrasalminae, Characiformes) de la Amazonia Central*. INPA-UA. Manaus, (Tesis de Doctoramento). Resumen En BECNBIC, 2(14) En http://www.mat.unb.br/~ayala/boletin/Nu%202_2000/WGARCIA_02_2000.html

GOLD, J.H. 1979. Cytogenetics. In: *Fish Physiol.* Vol 8:353-405: Acad. Press. N.Y. In: Amemiya, C.T., Gold. J.R. (Edts). *Cytog. Stud. North Am. (Cyprinidae)*. XVII. Chromosomal

NOR phenotypes of 12 species, with comments on cytosystematic relationships among 50 species. *Hereditas* 112: 231-247.

GONZÁLEZ, J.A., BUENO, M.L., FORERO, J.E. 1989. Caracterización cromosómica de dos especies ícticas nativas; Guapucha, (*Grundulus bogotensis*) y Capitán, (*Eremophilus mutisii*). *Acta Biológica Colombiana*, 7-8: 45-54.

HARTLEY, S.E., HORNE, M.T. 1985. Cytogenetic techniques in fish genetics. *J. Fish Biol.* 26: 575-582.

INPA. 2003. Estadísticas Oficiales en producción acuícola. en www.inpa.gov.co/hinside/3servicio/serinfo7.htm. Octubre 2002.

JIMÉNEZ, L. 2000. La citogenética en medicina Veterinaria. Univ. Nal. Col. 168 pp.

KOSSOSWSKI, C., OTTOLINA, N., QUERO V.J. 1983. Cariotipo del híbrido de *Colossoma macropomum* (hembra) (Cuvier 1818) por *Mylossoma duriventis* (macho) (Cuvier 1818) y sus progenitores (Pisces, Cypriniformes, Characidae). *Acta Cient. Venezolana*, 34: 173-175.

QUERO V.J., KOSSOWSKI, C. 1993. Cariotipos del híbrido de *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) hembra por *Leiaris marmoratus* (Gill, 1871) macho y sus especies progenitoras (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae). *Biollania*, 9:11-16.

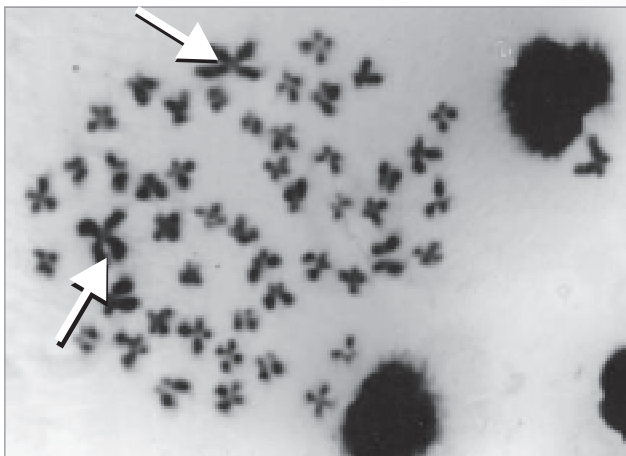


Figura 1. Metafase de *Brycon siebenthalae*. Grandes metacéntricos (flechas). Coloración Giemsa. 1000x.

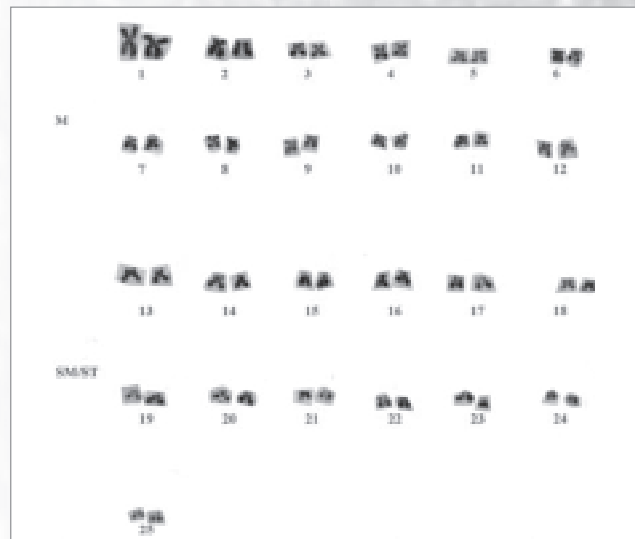


Figura 2. Cariotipo de *Brycon siebenthalae*