

Efecto de la densidad de siembra sobre la larvicultura de guabina (*Rhamdia sebae* c.f.) en sistema de recirculación[¥]

Carlos Arturo David Ruales*, Germán David Castañeda Álvarez**, Claudia Isabel Cruz Segura***, Gustavo Adolfo Lenis Sucerquia****, Juan David Castro Rojas*****, Miguel Augusto Álvarez Vanegas*****, Neithan Lidueña Arrieta*****, Ever Segundo Martínez Morales*****

Resumen

Introducción. La fase de larvicultura es la etapa crucial en un sistema de producción de alevinos. La mayoría de peces nativos poseen larvas altriciales, caracterizadas por su poco desarrollo y a las cuales se les debe brindar las mejores condiciones. Los sistemas con recirculación son una herramienta tecnológica amigable con el medio ambiente que permite incrementar la productividad y la rentabilidad en larvicultura.

Objetivo. Evaluar tres densidades de contención y su efecto sobre el crecimiento y la sobrevivencia de larvas de *Rhamdia sebae*, en un sistema de recirculación. **Materiales y métodos.** Fueron utilizadas larvas de guabina (*Rhamdia sebae*), de 36 horas post-eclosión (HPE) y sembradas en tres densidades 25, 50 y 75 larvas L⁻¹ (T1, T2 y T3 respectivamente) por triplicado en contenedores de 80 L en un sistema de recirculación; en los diferentes tratamientos los animales fueron alimentados por primera vez y durante 17 días consecutivos con nauplios de *Artemia* salina y alimento concentrado del 35% de proteína bruta (PB). **Resultados.** Al final del experimento los resultados indicaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos con respecto a la ganancia de peso y sobrevivencia, se registró el mejor desempeño para T1 (21.72 ± 5.57 mg y $73.08 \pm 14.51\%$, respectivamente), incluyendo también para este tratamiento la mejor tasa de crecimiento específico (6,32%), seguido por T2 ($13 \pm 5,14$

[¥] Investigación realizada entre el 22 de julio y el 12 de agosto de 2010, dentro del desarrollo del convenio 0842 IDEA- CORPORACIÓN UNIVERSITARIA LASALLISTA.

* Biólogo, especialista, magíster en Acuicultura de Aguas Continentales. Docente Corporación Universitaria Lasallista. Grupo de investigación en producción, desarrollo y transformación agropecuaria. Correspondencia: cadavid@lasallista.edu.co

** Zootecnista, especialista, magíster en Acuicultura de Aguas Continentales. Investigador Asociado al convenio 0842.

*** Administradora de Empresas Agropecuarias, especialista, candidata a magíster en Administración. Docente Corporación Universitaria Lasallista.

mg y $44.33 \pm 12.04\%$) y T3 (8.12 ± 3.38 mg y $38.92 \pm 11.84\%$). **Conclusión.** La mejor densidad de siembra en este tipo de sistema fue de 25 larvas L⁻¹.

Seed density's effect on "guabina's" larviculture (*Rhamdia sebae* c.f.) in a recirculation system.

Abstract

Introduction. Larviculture phase is the most important stage in a fry production system. Most of native fish species have altricial larvae, which are known for their low development, and which require optimal conditions. Recirculation systems are a technological tool that is environmentally friendly and allows productivity and profitability increases in larviculture. **Objective.** To evaluate three containment densities and their effects on *Rhamdia sebae* larvae's growth and survival in a recirculation system. **Materials and methods.** "Guabina" (*Rhamdia sebae*) larvae with a post-hatching period of 36 hours were used. They were seeded in three densities, 25, 50 and 75 larvae L⁻¹ (T1, T2 y T3 respectively) in triplicate, in 80 liters containers, in a recirculation system. In the different treatments, the animals were fed for the first time and during a 17 days period with Artemia salina nauplii and concentrated food with a 35 % of brute protein. **Results.** At the end of the experiment, the results indicated significant differences ($p < 0.05$) between the treatments concerning the weight gain and the survival. The best performance was that of T1 (21.72 ± 5.57 mg and $73.08 \pm 14.51\%$, respectively), also including, for this treatment, the best specific growth rate (6,32%), followed by T2 ($13 \pm 5,14$ mg and $44.33 \pm 12.04\%$) and T3 (8.12 ± 3.38 mg and $38.92 \pm 11.84\%$). **Conclusion.** The best seeding density in this kind of system was 25 L⁻¹ larvae.

Introducción

Cuando el pez eclosiona y la yema es insuficiente para construir el fenotipo definitivo, es necesario un estado temporal de larva, que llegan a ser parte de su vida como un "dispositivo" para la adquisición de nutrientes externos hasta que tenga suficientes nutrientes para proceder con la formación del fenotipo definitivo^{1,2}.

**** Biólogo, magíster en Acuicultura de Aguas Continentales. Docente Universidad de Antioquia

***** Estudiantes de X semestre de Industrias Pecuarias, Corporación Universitaria Lasallista.

***** Estudiantes de X semestre de Industrias Pecuarias, Corporación Universitaria Lasallista.

***** Tecnólogo en Producción Acuícola, SENA

***** Tecnólogo en Producción Acuícola, SENA

La fase de larvicultura comienza en el momento de la eclosión (eleuteroembrión), el cual se nutre de su saco vitelino, compuesto principalmente por ácidos grasos y aminoácidos libres, que le brindan energía, y aminoácidos para la conformación de proteínas corporales. La fase de alimentación endógena determina la mayor parte del fenotipo final del individuo³.

La mayoría de peces nativos poseen larvas altriciales o de desarrollo indirecto, caracterizadas por su poco desarrollo en comparación con las larvas precociales o de desarrollo directo, como las de tilapia (*Oreochromis sp.*) y de trucha (*Onchorynchus sp.*), las cuales generalmente eclosionan con ojos diferenciados y una gran cantidad de vitelo que les permite su crecimiento y diferenciación de órganos y tejidos menos dependiente de la alimentación exógena⁴.

Varios autores afirman que el período crítico y el éxito en la producción de alevinos es el inicio de la alimentación exógena; por esta razón los cuidados en esta fase deben ser superiores⁵⁻⁷. Aunque un número de factores medioambientales tales como densidad de la población, refugios, claridad del agua, intensidad lumínica y frecuencia alimenticia, entre otros, están ligados al desarrollo de la larva, la disponibilidad y la calidad del alimento parecen ser los mayores factores a tener en cuenta para las actividades en larvicultura⁸.

Los sistemas de recirculación han sido desarrollados, entre otras utilidades, con el fin de conocer requerimientos ambientales durante esta etapa de vida. La tecnificación, implementando sistemas de recirculación, ha sido uno de los pilares para el desarrollo y la industrialización de la piscicultura. Es así como en Inglaterra, Europa, Taiwán, Japón, India y Brasil, en larvicultura de especies marinas y dulceacuícolas como hipogloso del Atlántico (*Hipoglossus hipoglossus*)⁹, lubina (*Dicentrarchus labrax*)¹⁰, bagre africano (*Clarias gariepinus*)¹¹, carpa mayor de la India (*Labeo rohita*)¹², pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*)¹³ entre otros, han centrado sus esfuerzos en esta etapa de vida. Este desarrollo tecnológico ha posibilitado incrementar la eficiencia y rentabilidad de las industrias piscícolas, con el valor agregado de la sostenibilidad ambiental y la utilización de estas técnicas en la preservación de especies nativas por repoblamiento y disminución en la presión de captura por sobrepesca y deterioro ambiental.

En Colombia, la información sobre el proceso de larvicultura en especies nativas de aguas cálidas es escasa o inexistente, en especial cuando esta actividad se realiza en sistemas de recirculación. El objetivo de este trabajo fue el de evaluar tres densidades de contención y su efecto sobre el crecimiento y la sobrevivencia de larvas de *Rhamdia sebae*, en un sistema de recirculación.

Materiales y métodos

En la estación piscícola de la Universidad de Antioquia, ubicada en el corregimiento de San José del Nus, municipio de San Roque, a 735 metros sobre el nivel

del mar y a una temperatura promedio de 24°C se realizó una reproducción de *Rhamdia sebae* c.f. (Guabina), para la cual fueron escogidos por sus características externas de madurez, tres hembras con peso promedio de 216±11 g y tres machos de 150±7 g. Solo se realizó inducción para las hembras con una dosis de 0,02 ml de OVAPRIM®. Los huevos fueron colocados en una incubadora Woyarovich, y un tercio de los mismos fueron incubados en un tanque del sistema de recirculación.

Fue diseñado un sistema de recirculación con 16 contenedores circulares de 80 L de volumen efectivo, dos filtros de sólidos de 60 L cada uno, dos biofiltros de 250 L cada uno, un esterilizador UV de 25 L min⁻¹, un reservorio principal de 500 L con nivel magnético unido a una electrobomba de 1,5 HP (320 L min⁻¹) la cual eleva el agua filtrada a un tanque de 250L del cual se distribuye el agua por gravedad a los contenedores; el caudal manejado dentro del sistema fue de 2 L min⁻¹ que proveía un 1,5 recambios por hora. Las características físicas y químicas del agua recirculada fueron registradas con equipo multiparámetros (Hach FF1A®) y se mantuvieron dentro de los siguientes rangos: temperatura 25,84±0,54°C; oxígeno disuelto 6,75±0,42 mg L⁻¹; pH 7,5±0,0; dureza 76,95±9,37 mg L⁻¹ CaCO₃; alcalinidad 79,8±8,83 mg L⁻¹ CaCO₃ y amonio total 0,79±0,28 mg L⁻¹.

Larvas al inicio de la alimentación exógena (36 HPE) fueron contenidas en densidades de 25 (T1), 50 (T2) y 75 (T3) larvas L⁻¹, para 2000, 4000 y 6000 larvas/contenedor, hasta el día 20 post-eclosión (DPE). El protocolo de alimentación utilizado fue el siguiente:

Del total de larvas disponibles para el experimento y, luego de cada tratamiento, se tomaron muestras estadísticamente representativas, para pesarlas al inicio y al final del estudio, utilizando una balanza analítica (Mettler Toledo AB 204-S sensibilidad de 0,0001. La ganancia de peso (GP) se determinó de los datos finales de peso después del período establecido, menos los iniciales del mismo. La mortalidad fue medida cada 24 horas, antes de la medición de los parámetros físico-químicos de calidad de agua. La tasa de crecimiento específica (TCE) fue calculada de acuerdo con la fórmula $TCE=100(\ln Pf - \ln Pi)/(Tf-Ti)$,¹⁴ donde Pf y Pi son los pesos finales e iniciales; Tf y Ti es el tiempo en días, final e inicial.

El experimento fue organizado en un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y tres réplicas por tratamiento. Los resultados fueron analizados aplicando ANOVA con el 95% de confianza; se empleó la prueba de Tukey para separar los efectos promedio al mismo nivel de probabilidad del 5% y se realizó transformación de datos por arc-seno para el análisis de sobrevivencia. Las pruebas se realizaron con el paquete estadístico SAS V. 8.2.

Tabla 1. Protocolo de alimentación desde el inicio de la alimentación exógena hasta 20 DPE

DPE	Horas alimentación				
	07:00	11:00	14:00	17:00	21:00
3	A	A	A	A	A
4	A	A	A	A	A
5	A	A	A	A	A
6	A	A	A	A	A
7	A	A	A	A	A
8	A	C	A	A	A
9	A	A	A	C	A
10	A	A	A	C	A
11	A + C	A + C	C	A	C
12	A + C	A + C	A	A + C	A + C
13	C	C	C	A	A
14	C	C	C	A	A
15	C	C	C	A	A
16	C	C	C	A	A
17	C	C	C	A	A
18	C	C	C	A	A
19	C	C	C	A	A
20	C	C	C	A	A

A = *Artemia salina*

C = alimento concentrado 35% PB

Resultados

A las 12 horas, luego de la primera inducción con temperatura promedio de 24 grados, estaban listas para desove en seco. De las tres hembras, 2 liberaron todos los huevos y una solo liberó una pequeña cantidad, fueron obtenidos 108.000 huevos fertilizados L⁻¹.

A las 8 HPF, tanto los ovocitos de la incubadora como los del contenedor registraron un 93,4% de fertilización y la eclosión se registró entre las 22 y las 24 HPF, a 26 grados centígrados en promedio, con un porcentaje de eclosión superior al 90%, sin diferencia en los dos sistemas. Las larvas, al momento de la

eclosión, pesaron $0,801 \pm 0,2$ mg. El inicio a la alimentación exógena se produjo a las 47 HPE con una temperatura promedio de $25,5$ grados, y un peso promedio inicial de $1,57 \pm 0,17$ mg.

Como se muestra en la figura 1, el mejor resultado en ganancia de peso (GP), se observó para T1 con 21.72 ± 5.57 mg, con diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en relación a T2 y T3 ($13 \pm 5,14$ mg y 8.12 ± 3.38), respectivamente. Los pesos finales obtenidos fueron 23.3 ± 5.57 mg, 14.58 ± 5.14 mg y 9.7 ± 3.38 mg, respectivamente. La figura 2 muestra los resultados de sobrevivencia, los cuales fueron consecuentes con los de crecimiento. Los mejores porcentajes en sobrevivencia se presentaron para T1 y T2, sin diferencia significativa entre ellos ($73.08 \pm 14.51\%$ y $44.33 \pm 12.04\%$ respectivamente); se presentó diferencia estadística significativa entre T1 y T3 ($p < 0.05$), pero no entre T2 y T3; el menor valor porcentual se presentó en T3 con $38.92 \pm 11.84\%$. Con respecto a la TCE, la figura 2 indica que T1 expresó el máximo valor porcentual de crecimiento diario (6.32%), seguidos por T2 y T3 (5.22 y 4.27% , respectivamente).

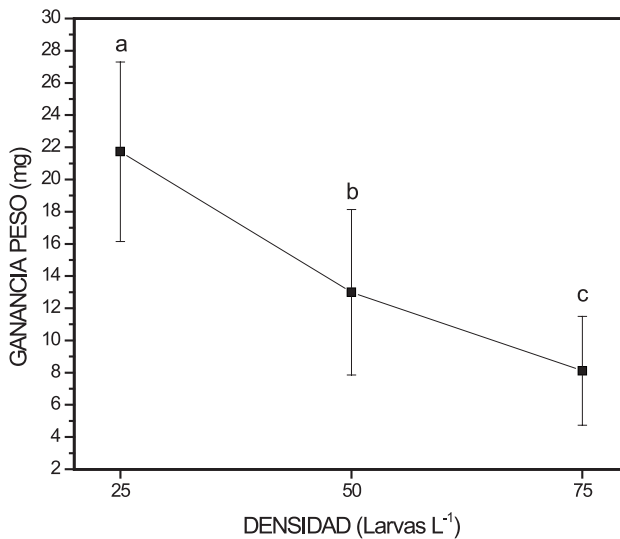


Figura 1. Relación entre ganancia de peso y densidad de contención

La tabla 2 muestra la relación entre biomasa y densidad de siembra, donde la biomasa obtenida fue inversa a la densidad, y registró el mayor valor (mg L⁻¹) en la menor densidad (T1), la cual es 1,81 veces superior a la registrada en T2 y 1,5 veces superior a T3. Sin embargo, la biomasa obtenida en T3 es 1,2 veces mayor que en T2, debido a que no hubo diferencia estadística entre la sobrevivencia.

Tabla 2. Biomasa obtenida en relación a la densidad de siembra

Densidad	alevinos cosechados	Peso (mg)	Total biomasa (mg)	Biomasa final (mg L ⁻¹)
25 L ⁻¹	4385	23,3	102170,50	425,71
50 L ⁻¹	3860	14,58	56294,24	234,56
75 L ⁻¹	7006	9,70	67965,21	283,19

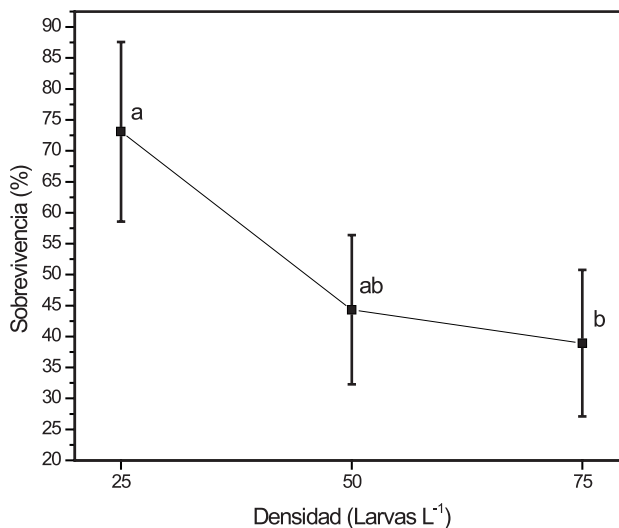


Figura 2. Porcentajes de sobrevivencia en relación con la densidad de siembra

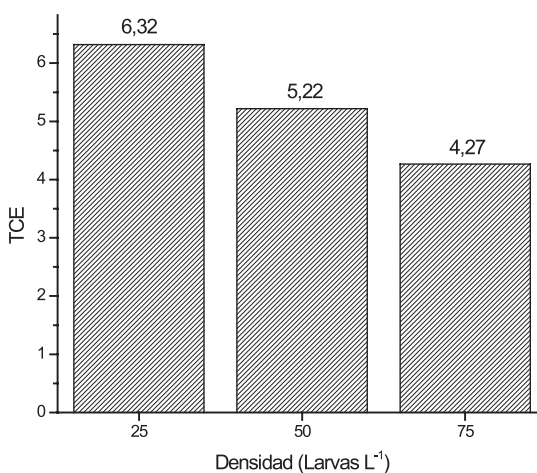


Figura 3. Tasa de crecimiento específico en relación a la densidad de contención

Discusión

La densidad de siembra puede causar efectos que van en detrimento del crecimiento del pez, pero, a su vez, es difícil determinar si las disminuciones en el crecimiento resultan del estrés generado por cambios metabólicos probablemente influenciados por el consumo de alimento y jerarquías sociales o efectos directos asociados con niveles alterados de hormonas, enzimas y factores del crecimiento¹⁵. En el presente trabajo, el incremento en la densidad de siembra implicó una reducción significativa en la ganancia de peso y el porcentaje de sobrevivencia; similares hallazgos son reportados para las especies *Catla catla* (22.37 ± 1.20 mg y $78 \pm 1.02\%$) y *Labeo rohita* (80.90 ± 0.9 mg y $30.43 \pm 0.80\%$)¹⁶, respectivamente, aunque trabajando con densidades de siembra menores (6, 8 y 10 larvas L⁻¹) a las del presente estudio; en otro estudio con larvas de *Clarias gariepinus*, manejadas a altas densidades (25 a 250 larvas L⁻¹), se observó un igual comportamiento, teniendo en cuenta que las TCE reportadas no fueron superiores al 1% día⁻¹¹⁷.

Los resultados muestran que el crecimiento está limitado por el incremento en la densidad de siembra; los datos de TCE ratifican esta conclusión; similares hallazgos se encontraron en un experimento con larvas de *Brycon cephalus*¹⁸, pero para la especie *Gadus morhua*, la TEC no fue influenciada por la densidad de siembra¹⁹. En un estudio sobre crecimiento de larvas de *Rhamdia quelen*, alimentadas con raciones granuladas e hidrolizados, las TEC encontradas estuvieron en el rango del 9,38 al 16,42%; para el presente estudio el rango estuvo entre 4,27 y 6,32; las diferencias obtenidas pueden obedecer a características propias de cada especie (genética) y que en el estudio con *Rhamdia quelen*, la densidad de siembra utilizada fue menor (11 larvas L⁻¹)²⁰.

Para *Rhamdia quelen*, la larvicultura en un sistema de recirculación en una densidad de 11 larvas L⁻¹ por 21 días se obtuvo una sobrevivencia de 66,2% y 34,20 mg de peso promedio, alcanzando una biomasa final de 572,12 mg L⁻¹ (Cardoso et al, 2004). De forma similar, al contener larvas de la misma especie a una densidad de 33,33 larvas L⁻¹ por 20 días se obtuvo una sobrevivencia de 79,72% y 98,8 mg de peso promedio, alcanzando una biomasa final de 2625,44 mg L⁻¹²¹. Sin embargo, esta especie es de mayor tamaño que *Rhamdia sebae*.

Se puede inferir que el sistema de recirculación y su sistema de filtración fueron efectivos para mantener rangos de calidad de agua dentro de los parámetros de confort para la especie, y que las mortalidades encontradas para T2 y T3 estarían relacionadas con el incremento en la densidad de siembra; ya ha sido reportado que se pueden discutir causas endógenas como la piscivoría, el cuidado parental y las diferencias de tamaño y exógenas como la disponibilidad de alimento y la densidad poblacional²².

Conclusión

Se observó claramente que la mejor densidad de siembra en este tipo de sistema fue la de 25 larvas L⁻¹, datos que son soportados por su máxima ganancia de peso,

su mayor porcentaje en sobrevivencia y su mejor valor porcentual en la TCE. Se recomienda hacer ensayos con densidades en el rango entre 25 y 50 larvas L-1, para encontrar el punto máximo de densidad sin perder condición en la larva.

Agradecimientos

Esta investigación hace parte del convenio IDEA – CORPORACIÓN UNIVERSITARIA LASALLISTA No. 0842, donde participan también la UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL DE ANTIOQUIA Y EL SENA. Agradecemos muy especialmente a Osvaldo Morales, administrador de la Estación Piscícola de la Universidad de Antioquia y a todos los operarios de la estación.

Bibliografía

1. WASSERSUG, R.J. The adaptive significance of the tadpole stage with comments on the maintenance of complex life cycles in anurans. En: American Zoology. Vol.15. (1975); p. 405-417.
2. WASSERSUG, R.J. Why tadpoles love fast food. En: Natural History. Vol.93. (1984.); p. 60-69.
3. BALON, E. Types of feeding in the ontogeny of fishes and the life-history model. En: Environmental Biology of Fishes. Vol.16. (1986.); p. 11-24.
4. Ibid., p. 11.
5. ATENCIO, G.V. Producción de alevinos de especies nativas. En: Revista MVZ-CÓRDOBA. Vol. 6. No. (1) (2001); p. 9-14.
6. ARIAS, J.A., CLAVIJO-AYALA, J.A., AYA, B.E. Crecimiento de Barbilla (*Rhamdia sebae* c.f.) con tres diferentes niveles de proteína en la ración. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol. 18(4). (2005); p. 331-333.
7. HECHT, T. An alternative life history approach to the nutrition and feeding of Siluroidei larvae and early juveniles. En: Aquatic Living Resource. Vol. 9. 1(1996); p. 21-133.
8. CONCEIÇÃO, L.E.C., OZÓRIO, R.O.A., SUURD, E.A., VERRETH, J.A.J. Amino acid profiles and amino acid utilization in larval African catfish (*Clarias gariepinus*): effects of ontogeny and temperature. En: Fish Physiology and Biochemistry. Vol. 19. (1998); p. 43-57.
9. SHIELDS, R., GARA, B., GILLIESPIE, M.J.S., A UK perspective on intensive hatchery rearing methods for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). En: Aquaculture. Vol. 176. (1999); p. 15-25.
10. OLIVAR, M.P., AMBROSIO, P.P., CATALÁN, I.A. A closed water recirculation system for ecological studies in marine fish larvae: growth and survival of sea bass larvae fed with live prey. En: Aquatic Living Resources. Vol. 13. (2000); p. 29-35.
11. HAYLOR, G.S., MOLLAH., M.F.A. Controlled hatchery production of African catfish, *Clarias gariepinus*: the influence of temperature on early development. En: Aquatic Living Resources. Vol. 8. (1995); p. 431-438.

12. SHARMA, J., CHAKRABARTI, R. Role of Stocking Density on Growth and Survival of Catla, *Catla catla*, and Rohu, *Labeo rohita*, Larvae and Water Quality in a Recirculating System. En: Journal of Applied Aquaculture, Vol. 14. (2003); p. 171-178.
13. LUNDSTEDT, L.M. Aspectos adaptativos dos processos digestivo e metabólico de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) arra oados com diferentes níveis de proteína e energia. Tese de Doutorado Programa de Pós-gradua ao em Genética e Evolu ão do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos. Brasil. (2003); p. 140 p.
14. RICKER, W.E. Growth rates and models. En: HOAR, W.S.; RANDALL, D.J., and BRETT, J.R., Eds. fish physiology. Bioenergetics and growth. Academy press, New York. Vol VIII. (1979); p. 677-743.
15. BARTON, B.A., IWAMA, G.K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. En: Annual Review of Fish Disies. Vol. 10. (1991); p. 3 –26.
16. SHARMA, J., CHAKRABARTI, R. Op. Cit. p. 174
17. HAYLOR, G.S. Controlled hatchery production of *Clarias gariepinus* (Burchell): growth and survival of larvae at high stocking density. En: Aquaculture and Fisheries Management. Vol. 23. (1992); p. 303-314
18. GOMES, L.G, BALDISSEROTTO, B. AND SENHORINI, J. A. Effects of stocking density on water quality, survival, and growth of larvae of the matrinxa, Brycon cephalus (Characidae), in ponds. En: Aquaculture. Vol. 183. (2000); p. 73-81.
19. BASKERVILLE-BRIDGES, B., AND L.J. KLING. Larval culture of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at high stocking densities. En: Aquaculture. Vol. 181. (2000); p. 61-69.
20. PAZ- CARDOSO, A.; RADÜNZ-NETO, J.; DOS SANTOS-MEDEIROS, T.; KNÖPKER, M.A. e LAZZARI, R. Criação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentadas com rações granuladas contendo fígados ou hidrolisados. En: Acta Scientiarum Animal Sciences. Vol. 26. (2004); p. 457-462.
21. BEHR, E.R.; TRONCO, A.P; RADÜNZ- NETO, J. Ação do tempo e da forma de suplementação alimentar com artemia franciscana sobre a sobrevivência e o crescimento de larvas de jundiá. En: Ciência Rural. Santa Maria. Vol. 30. (2000); p. 503-507.
22. ATENCIO-GARCIA, V. Y ZANIBONI-FILHO, E. El canibalismo en la larvicultura de peces. En: Revista.MVZ Córdoba. Vol. 11. (2006); p. 9-19.