

Sistemas de recirculación de agua (RAS) en Piscicultura

The recirculation aquaculture system (RAS)

Vásquez Gamboa, L.¹

Resumen

Se estudió el efecto de la inclusión de cuatro mezclas de proteínas vegetales en la calidad del agua: una mezcla de harinas de soja y pescado (SP), harinas de soja y concentrado de guisante (SG), harinas de soja y girasol (SOL) y harina de gluten (HG). Las variables de la calidad del agua analizadas, en general eran acordes con las recomendaciones para el cultivo de *O. niloticus* y en RAS. La concentración de bicarbonatos fue mayor ($P < 0,05$) en el tratamiento SBSF. Los nitratos y sulfatos fueron altos ($P < 0,05$) en SBP; los fosfatos fueron altos ($P < 0,05$) en el tratamiento SBP y GM; mientras que el potasio y el magnesio fueron altos ($P < 0,05$) en SBP y SBSF. Se utilizó un modelo estadístico de medidas repetidas para conocer la evolución de la calidad del agua (evolución de los iones) en relación al tiempo.

Palabras clave: Sistemas de recirculación, calidad del agua, piscicultura.

Summary

We studied the effect of four plant protein mixtures on water quality. The four isoenergetic and isoproteic extruded diets contained soybean and fish meal (SBF), a mixture of soybean meal and pea protein isolate (SBP), gluten meal (GM) and a mixture of soybean and sunflower meal (SBSF). Water quality parameters were in agreement with the recommendations for *O. niloticus* cultivation in recirculation systems. The concentration of bicarbonates was higher ($P < 0,05$) in SBSF. Nitrates and sulphates were higher ($P < 0,05$) in SBP, phosphates higher ($P < 0,05$) in SBP and GM, while potassium and magnesium were higher ($P < 0,05$) in SBP and SBSF. A statistical model using repeated measures was used to analyse the evolution of water quality (evolution of the ions) in relation to time.

Key words: RAS, water quality, aquaculture.

Introducción

¹ Lucelena Vasquez Gamboa. Departamento de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Carrera 32 No. 12-00. Valle del Cauca. Colombia.+00 57 2 2868888. E-mail: lvasquezg@unal.edu.co

La piscicultura es uno de los sectores en la producción animal mundial con mayor crecimiento y provee una valiosa fuente de proteína y lípidos para la nutrición humana (FAO, 2004). Sin embargo la producción intensiva actual no es sostenible, en parte porque depende de peces carnívoros (que requieren harinas y aceites de pescado) y además produce efluentes contaminantes. Actualmente a nivel mundial muchos productores han optado por dirigir sus esfuerzos de investigación y producción en sistemas de recirculación de agua (RAS).

El manejo de la calidad del agua como uno de los parámetros más importantes en la piscicultura no solo afecta a la calidad de esta sino a los rendimientos productivos (Kaushik, 1998). Es importante mejorar la calidad de los efluentes de las piscifactorías, no sólo para evitar la contaminación ambiental, sino también para reducir el estrés producido sobre los peces, que es una de las causas principales de aparición de enfermedades.

Sistemas de recirculación en acuicultura (RAS). La producción de tilapia se puede llevar a cabo en diversos sistemas entre los que destacan piscinas en tierra, tanques en cemento, jaulas flotantes, canales cerrados (*raceways*) y sistemas de recirculación de agua denominados RAS, cuyo objetivo es lograr una producción eficiente. Estos sistemas se caracterizan por la necesidad de excelente calidad del agua, manejo de densidad animal y la alimentación proveniente del exterior (Fitzimmons, 2000, Boyd, 2000 Timmons *et al.* 2002).

Hoy en día el interés se ha incrementado en la producción en los sistemas de recirculación en acuicultura SRA, que son sistemas de producción cerrados donde continuamente se filtra y recicla el agua, los peces son criados en tanques y el entorno es controlado totalmente. Esto posibilita que la piscicultura a gran escala requiera pequeñas cantidades de agua y libere poca o ninguna contaminación al medio ambiente. Los parámetros de calidad del agua son monitoreados y controlados continuamente; los residuos sólidos son filtrados y eliminados, el oxígeno es agregado para mantener suficientes los niveles de oxígeno disuelto en el agua, de acuerdo a la densidad de animales cultivados, los efluentes pasan a través de un biofiltro para la conversión biológica de N-amoniaco a N-nitrato (Timmons *et al.* 2002). Estos sistemas se están volviendo cada vez más común en todo el mundo, particularmente en zonas áridas que se enfrentan a la escasez de agua o donde los factores ambientales, como temperatura o salinidad, se encuentran fuera de los rangos de tolerancia de los peces (El-Sayed y Kawanna, 2003). La producción acuícola en sistemas de recirculación de agua requiere menos terreno y agua que los cultivos (*flow through*) y menos mano de obra para la alimentación y control ambiental para poder producir todo el año. Las inversiones de capital son importantes al principio, por lo cual es importante un buen manejo alimenticio para incrementar las ganancias (Beveridge y McAndrew, 2000).

Calidad del agua

El medio acuático en el que se cría el pez es de vital importancia, ya que influye directamente en la viabilidad económica (capital invertido, costes de mantenimiento, ritmo de producción, mortalidad), cada especie tiene su perfil idóneo, y conseguir este perfil es sumamente importante, ya que una mala calidad de agua repercutirá en la

calidad del producto final de forma directa (el amoníaco puede causar lesiones branquiales) e indirecta (cambios bruscos de temperatura provocan un menor nivel de reproducción y un mayor estrés). La Figura 1 muestra los efectos de los residuos de un pez en las bacterias de un biofiltro de un sistema de recirculación. De ahí la importancia de mantener una buena calidad de agua, lo que va a repercutir en un óptimo crecimiento de los peces y una mayor eficacia de las bacterias de los filtros. Para ello es necesario monitorizar y/o controlar periódicamente los diferentes parámetros del agua: temperatura, oxígeno, pH, amoníaco, nitritos, nitratos, alcalinidad, etc.

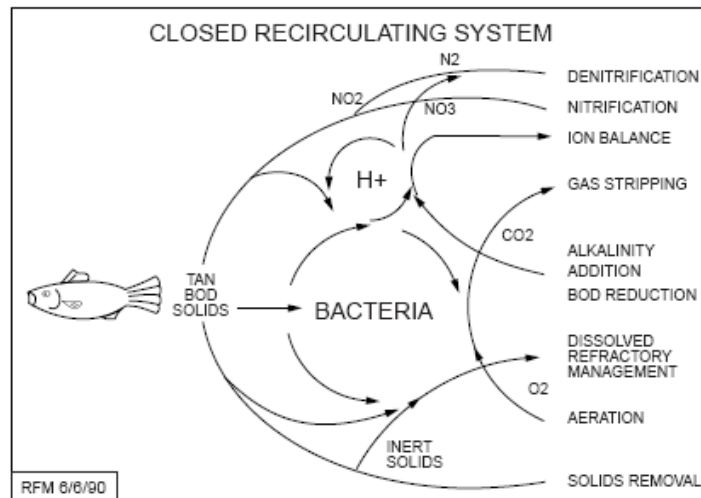


Figura 1. Diagrama de los efectos de los residuos del pez en un sistema de recirculación (Masser *et al.* 1999).

Material y métodos

La investigación se realizó en las instalaciones de acuicultura del Departamento de Producción animal de la Universidad Politécnica de Madrid, España.

Sistema de recirculación. El sistema de agua de recirculación usado en este estudio consistió de 28 tanques de fibra de vidrio con un volumen de 120 litros cada uno (Figura 2, 3), de 0,46 m de altura y 0.64 m de diámetro superior e inferior. Se utilizaron 28 filtros (EHEIM Classic; Mod. 2217, 6 L capacidad, 20 W y flujo de agua de 1000 Lh⁻¹), uno por cada 2 tanques (Figura 4) con el objetivo de crear un pequeño sistema de recirculación, con un caudal de 160 a 180 Lh⁻¹. El sistema de aireación para cada tanque se basaba en una bomba Million Air-MA 200 de 4 W de potencia que proporcionaba el aire necesario mediante un tubo de silicona insertado dentro de cada tanque por una abertura situada en la tapa. Así mismo se utilizaron termostatos en cada tanque, ATMAN N2867 (50-60 Hz, 20-34° C) de 150 W de potencia, graduados en 26°C para mantener una temperatura constante a lo largo del experimento. El fotoperiodo fue controlado mediante un programador horario para que los animales recibieran ciclos de 12 horas de luz (08h00-20h00) y 12 horas de oscuridad (20h00-08h00) durante todo el experimento.

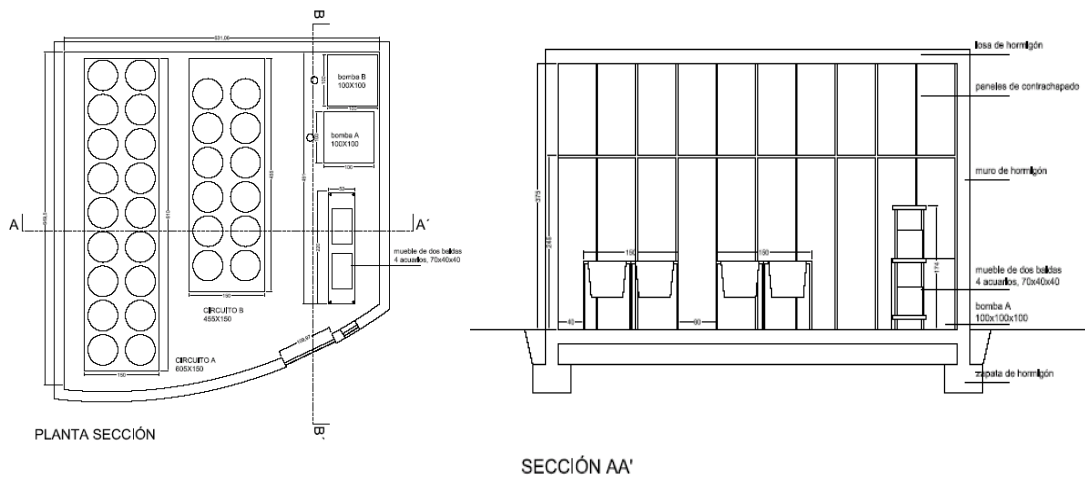


Figura 2. Esquema de disposición de los tanques Laboratorio de Acuicultura UPM-España.



Figura 3. Instalaciones de Acuicultura UPM.

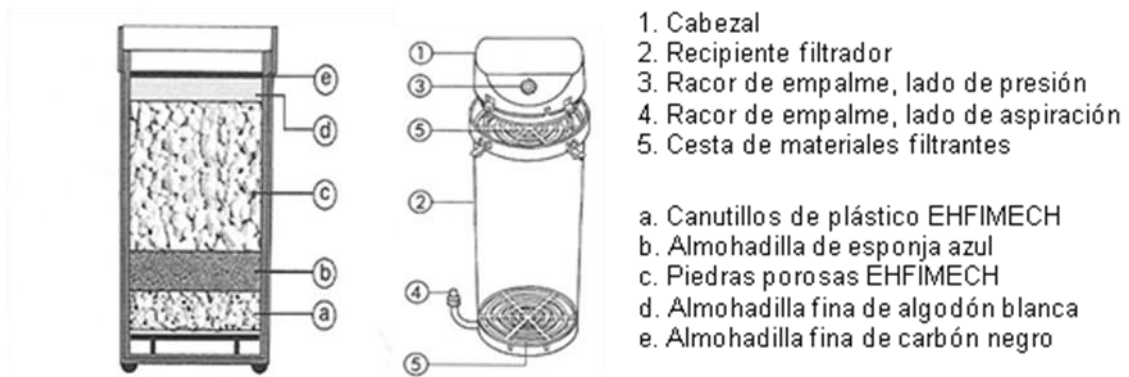


Figura 4. Esquema de los filtros utilizados. EHEIM Classic Mod.2217

En el experimento se utilizaron peces *Oreochromis niloticus* genéticamente macho GMT[®] Swansee, producidos por R. Barrera de Valenciana de Acuicultura, (Puçol, Valencia-España).

Las variables de la calidad del agua se analizaron acordes con las recomendaciones para cultivo de peces en sistemas de recirculación. Se utilizó un modelo estadístico de medidas repetidas para conocer la evolución de la calidad del agua (evolución de los iones) en relación al tiempo.

Resultados y discusión

Los valores promedio de las variables de la calidad del agua analizados (Tabla 1) se encuentran en general dentro de los rangos idóneos establecidos para la piscicultura de *Oreochromis niloticus*.

Tabla 1. Efecto de la fuente de proteína en el pienso granulado sobre los parámetros de calidad del agua en un sistema de recirculación a escala experimental.

	SBF	SBP	GM	SBSF	SEM ¹	P trt	P fecha	P t*f
pH	6,26 ^c	6,46 ^b	6,45 ^b	6,68 ^a	0,10	0,001	<,0001	0,230
CE	0,27	0,31	0,26	0,27	0,02	0,12	<,0001	0,007
HCO ₃ ⁻	22,0 ^c	34,21 ^b	30,37 ^{bc}	44,94 ^a	4,59	0,0004	<,0001	0,130
CO ₂	23,42	22,42	21,40	22,10	1,65	0,54	<,0001	0,017
Cl ⁻	12,06	12,20	12,66	11,47	0,43	0,086	<,0001	0,009
NO ₃ ⁻	79,42 ^b	99,98 ^a	66,6 ^b	66,95 ^b	9,24	0,002	<,0001	<,0001
H ₂ PO ₄ ⁻	3,33 ^b	6,82 ^a	5,72 ^a	3,65 ^b	1,10	0,005	<,0001	<,0001
SO ₄ ²⁻	6,16 ^b	7,9 ^a	6,94 ^{ab}	6,86 ^b	0,54	0,024	<,0001	0,003
NH ₄ ⁺	0,04	0,06	0,21	0,26	0,19	0,31	0,035	0,170
Na ⁺	23,97	33,54 ^a	27,65 ^b	28,35 ^{ab}	2,32	0,019	<,0001	<,0001
K ⁺	9,73 ^{ab}	15,42 ^a	5,4 ^b	13,39 ^a	3,14	0,005	<,0001	<,0001
Ca ²⁺	13,72	14,01	14,53	13,26	1,07	0,39	0,0031	0,005
Mg ²⁺	3,79 ^b	4,12 ^a	3,33 ^b	3,81 ^a	0,26	0,002	<,0001	0,001

*Todas las concentraciones son en mg/L excepto pH, y CE=conductividad eléctrica en mS/cm.

¹Error estándar de la media (n = 6 tanques por tratamiento). SBF = harinas de soja y pescado, SBP = harinas de guisante y pescado, GM = harina de gluten, SBSF = harinas de girasol y pescado. ^{a-c}Valores de medias dentro de la misma fila con superíndice diferente difieren (P<0,05). P_{trt}=nivel de significancia del tratamiento; P_{fecha}=nivel de significancia de la fecha; P_{t*f}= nivel de significancia de la interacción del tratamiento*fecha.

Los resultados proporcionados por el Laboratorio de Calidad de aguas del Departamento de Producción vegetal-Fitotecnia de E.T.S.I.A de la UPM, se presentan en la Tabla 1. Existen diferencias significativas (P<0,05) para los valores de pH y aunque estos índices se encuentran en un rango óptimo para la especie, los mayores valores se observaron en SBSF (6,7) y SBP (6,5) con respecto a GM (6,4) y SBF (6,3), que tuvo el valor menor.

En cuanto a los parámetros del ciclo del carbono se presentaron diferencias significativas (P<0,05) en la concentración de bicarbonatos (HCO₃⁻), siendo mayor en SBSF (44,9) con respecto a los tratamientos SBP (34,21), GM (30,4) y el valor más bajo para SBF (22); los fosfatos fueron mayores significativamente en SBP (6,8) y GM (5,7) con respecto a SBSF (3,6) y SBP (3,3) (P<0,05); los sulfatos fueron significativamente mayores en SBP (7,9) con respecto a GM (6,9) y SBSF (6,8) y SBF (6,2) con los valores menores (P<0,05); los iones de K⁺ y Mg²⁺, fueron significativamente superiores en SBP (15,4 y 4,1 respectivamente), seguidos por SBSF (13,4 y 3,8) con respecto a SBF (9,7 Y 3,8) y GM

(5,4, 3,3) con los valores más bajos ($P < 0,05$). El potasio (K^+) a excepción del tratamiento GM superó las recomendaciones establecidas para la producción de Tilapia del Nilo. Se observó una tendencia ($P = 0,08$) en el ión cloro, siendo el valor más alto para GM (12,7) con respecto a los otros tratamientos SBP, SBF respectivamente (12,2 y 12,1) y SBSF con el valor más bajo (11,5) (Tabla 16). En cuanto a los iones del ciclo del nitrógeno, el ciclo sin peces produjo un pico en la concentración de N-amoniaco y en nitritos antes de iniciar el experimento, lo que sugirió un adecuado crecimiento de las bacterias autotróficas *Nitrosomas* y *Nitrobacter* en el biofiltro. Posterior a este ciclo los niveles de amonio descendieron a 0 e igual los niveles de nitritos y respectivamente se incrementaron los niveles de nitratos, que tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo mayor en SBP (99,9) con respecto a SBF (79,4), SBSF (66,9) y GM (66,6) que no difirieron entre sí ($P < 0,05$).

La calidad del agua es determinante en la producción de peces y varía de una especie a otra, asegurando la salud de los peces y un crecimiento adecuado. Los valores medios de las variables analizadas muestran en general que la calidad del agua para este experimento estuvo acorde con las recomendaciones para la especie.

Conclusiones y recomendaciones

Las variables de la calidad del agua analizadas se encuentran en general dentro de los rangos idóneos establecidos para la piscicultura de *O. niloticus*, estando claramente influenciadas por los diferentes tratamientos en los sistemas de recirculación. A pesar de que el SRA utilizado en esta investigación es de pequeña escala, puede dar una idea del crecimiento de cada ion de forma individual en relación al tipo de alimentación.

Agradecimientos

Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Dr. Morris Villarroel R. Universidad Politécnica de Madrid-España. Fundación Carolina España. Ministerio Español de Educación y Ciencia (Proyecto AGL2005-07571-C02).

Referencias

1. Beveridge, M.C.M. and Mc Andrew, B.J. (eds.). Tilapias: Biology and Exploitation. Fish and Fisheries Series 25. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 2000.
2. Boyd, C.E. Water quality an introduction. Kluwer academic publishes group. Norwell, Massachusetts, USA. 2000.
3. El-Sayed, A.T., A. Moñino and M. Jover. Primeros ensayos de determinación del consumo de oxígeno de juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) bajo diferentes condiciones de temperatura y frecuencia alimentaria. CIVA: 885-890. 2003.

4. FAO. Collation, analysis and dissemination of global and regional fishery statistics. FI Programme Websites, FAO Fishery Information Data and Statistics Unit (FAO-FIDI). FAO, Rome. Retrieved on 20/02/2007 from http://www.fao.org/figis/servlet/static?dom=org&xml=FIDI_STAT_org.xml. 2004.
5. Fitzsimmons, K. Future trends of tilapia aquaculture in the Americas. In eds. B.A. Costa - Pierce and J.E. Rakocy. Pp. 252-264. Tilapia aquaculture in the Americas, Vol. 2. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA. 2000.
6. Kaushik, S.J. Nutritional bioenergetics and estimation of waste production in non-salmonids. Aquatic Living Resources 11:211-217. 1998.
7. Timmons, M. B. Ebeling J. M., Wheaton, F. W. Summerfelt, S. T. and B. J. Vinci. Recirculating aquaculture systems, 2nd edition. Northeastern Aquaculture Center. NRAC Publ. No. 01-002. Cayuga Aqua Aventures, Ithaca, N. Y. 2002.