

UTILIZACION DE LA ACUICULTURA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Carnevia, D.

La utilización de aguas residuales para aumentar la productividad de los cultivos de organismos acuáticos es una práctica antigua en Asia, donde se realizaba un tanto empíricamente y fundamentalmente en cultivos "familiares" o de subsistencia. El encare actual, origen del presente trabajo, es un poco a la inversa: utilizar la acuicultura para mejorar el tratamiento de aguas residuales.

1- PROCESO INVOLUCRADO

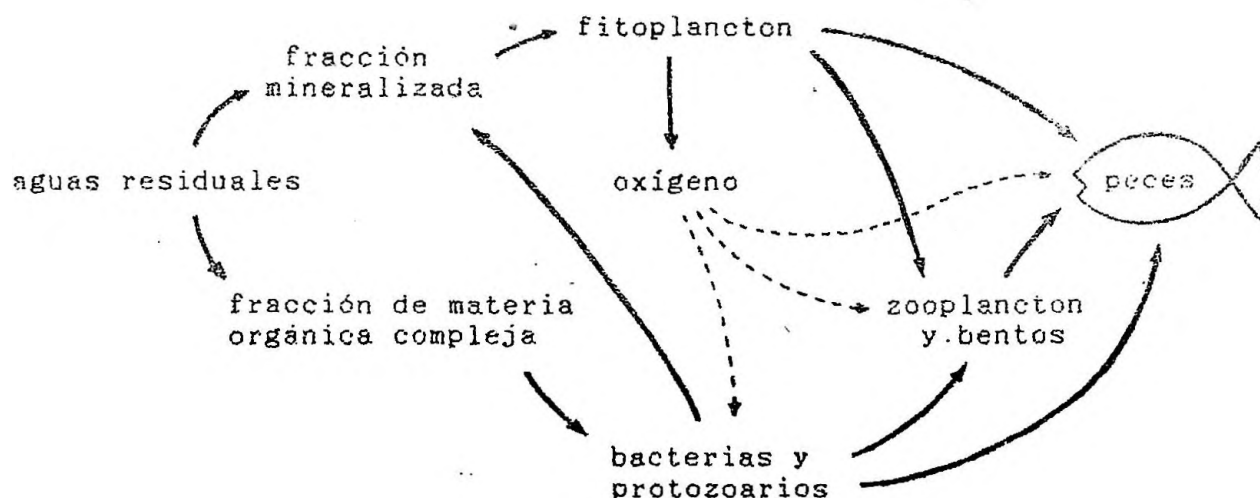
El agua con gran contenido de materia orgánica (pueden ser aguas negras de ciudades, aguas de industria frigorífica o pesquera, agua de lavados de tanbo, aguas de residuos de cervecerías, etc.) es colocada en estanques donde se practican cultivos de organismos acuáticos, fundamentalmente peces. Una vez volcada el agua al estanque, de la materia orgánica contenida en ella se obtiene una fracción mineralizada bastante soluble (sales de P, N, etc.) y una fracción de materia orgánica compleja. La primera es utilizada directamente por el fitoplancton para su crecimiento, produciendo oxígeno en el proceso; la segunda es atacada por bacterias y protozoarios fundamentalmente, los que transforman una parte en fracción mineralizada y otra en biomasa de bacterias y protozoarios. Estas bacterias y protozoarios sirven de alimento a algunos organismos del zooplancton y bentos, aumentando su biomasa de 10 a 1000 veces. Los peces que se cultivan aprovechan toda esta productividad aumentada del estanque, transformándola en una proteína directamente utilizable para consumo humano.

Schroeder (1980) describe varias formas en que la materia orgánica volcada al estanque puede ser aprovechada por los peces:

a- Consumo directo: fue demostrado el consumo directo de estiércol bovino y porcino en la carpa común (*C. carpio*), tilapia (*O. niloticus*), bagre de canal (*I. punctatus*) y goldfish (*C. auratus*). Si bien el estiércol presenta bajos niveles de proteína y poca energía metabolizable en un comienzo, luego que es colonizado por bacterias y protozoarios aumenta enormemente su valor como alimento.

b- Estimulación de la producción de fitoplancton: es debida a la liberación de la fracción mineralizada como ya se vió. La producción de fitoplancton en aguas tratadas con materia orgánica fue superior a la de aguas fertilizadas con fertilizantes químicos, ya que además de N, P, K y S, la materia orgánica aporta carbono y minerales. Este fitoplancton es consumido por el zooplancton y peces.

c- Estimulación de la producción de zooplancton: como ya vimos, la biomasa de zooplancton aumenta alimentándose de fitoplancton o de materia orgánica rica en bacterias y protozoarios. esta biomasa de zooplancton es consumida por los peces.



2- VENTAJAS DEL METODO

Las aguas residuales con exceso de materia orgánica constituyen un problema para los ecosistemas acuáticos naturales, porque al aportar una excesiva carga de nutrientes pueden ocasionar fenómenos de eutroficación; porque su exceso de materia orgánica aumenta la DBO reduciendo el contenido de oxígeno y porque generalmente su alta carga bacteriana tornan los ecosistemas en riesgosos para la salud pública.

La utilización de estas aguas para acuicultura permite primeramente mejorar la calidad del agua antes de vertirla al medio; en segundo lugar tener almacenados grandes volúmenes de agua que luego pueden utilizarse en el riego, y además producir proteínas a bajo costo.

Una vez utilizadas para acuicultura las aguas residuales sufren las siguientes transformaciones:

a- Disminuye la DBO

b- Aumenta enormemente el oxígeno disuelto por la fotosíntesis del fitoplancton.

c- Se reduce el nivel de materia orgánica por transformación de la misma en fracción mineralizada que va siendo utilizada por el fitoplancton en la fotosíntesis o por transformación bacteriana.

d- El nivel de fracción mineralizada disuelto se mantiene bajo, ya que es transformada en biomasa de fitoplancton, el que es luego transformado directa o indirectamente en biomasa de peces, dando posibilidad a que continúe el proceso.

e- Se reduce drásticamente la carga bacteriana, fundamentalmente debido al aumento de la concentración de oxígeno y al aumento del pH. Según Moscoso & Galecio (1987) se reduce la carga bacteriana en un 99.6%. Carpenter *et al.* (1974) observaron reducción de coliformes fecales desde 1000/100 ml a 10/100 ml en agua dulce y Songer *et al.* (1974) utilizando aguas residuales en cultivos marinos observaron reducción de coli fecales y enterococos a menos de 1/1000 ml y cantidades no detectables de *Salmonella*, *Shigella* y *Vibrio parahemoliticus*.

En cuanto a los volúmenes de peces producidos en estos estanques varían entre 865 a 1000 Kg/há/año en Alemania, 3000 Kg/há/año en Java, 3761 Kg/há/año en Israel, 3000 Kg/há/año en Madagascar, 672 Kg/há/año en Bengala, 1318 Kg/há/año en Polonia, 2729 a 4140 Kg/há/año en U.S.A., 7800 Kg/há/año en Taiwan y 9500 Kg/há/año con policultivos en India.

3- METODOS UTILIZADOS

Según Moscoso & Galecio (1978) existen tres métodos principales para utilizar aguas residuales en acuicultura:

3.1- Utilización directa: los estanques son llenados con agua pura y luego se agregan aguas residuales a una tasa de la centésima parte del volumen del estanque por día. Este método se emplea en Israel con estanques de 50 a 100 há, en los que puede procesarse unos 10'000 m³ de aguas residuales por día.

3.2- Utilización luego de tratamiento parcial: el agua residual se pasa primero por tanque o lagunas de sedimentación para retener gran parte de la materia orgánica compleja y reducir la DBO antes de verterla en los estanques con peces. Esta agua resultante se mezcla a una tasa de un 25% con el agua del estanque y al cabo de 10 a 20 días se estabiliza completamente.

3.3- Utilización luego de tratamiento total: el tratamiento puede realizarse mediante filtro goteante, lodos activados o sucesivos estanques.

Este último método se utilizó en URSS, Polonia y USA con buenos resultados. En uno de los casos se utilizaron estanques sucesivos, en los dos primeros se colocó aereación para reducir la DBO y en los cuatro últimos se cultivaron peces. Los datos de los parámetros del agua se muestran en el cuadro siguiente:

Propiedades	agua	con aereación			con peces		
	res.	1	2	3	4	5	6
pH	7.3	7.8	8.2	8.6	8.9	8.4	8.3
turbidez	55	15	23	25	42	17	9
DBO (mg/litro)	184	47	24	17	14	9	8
sólidos susp. tot. (ppm)	197	79	71	52	54	26	12
Nitrógeno total (ppm)	18.9	10.5	7.0	6.6	3.9	3.2	2.7
Nitrógeno org. (ppm)	6.1	4.0	3.3	2.7	2.6	2.3	2.1
Fósforo total (ppm)	9.0	9.8	7.9	5.8	3.6	3.0	2.1
Coliformes fecales	3 x 10 ⁶	10880	1380	322	15	15	20

4- ESPECIES UTILIZADAS

Las especies aptas para estos cultivos deben: alimentarse de fitoplancton o zooplancton para aprovechar mejor la productividad del estanque; resistir bajas concentraciones de oxígeno; tener un crecimiento rápido y un mercado aceptable. Normalmente estos sistemas se explotan en policultivo utilizándose las siguientes especies: *Cyprinus carpio*, *Hyphothalpnichtys molitrix*, *Ctenopharingodon idella*, *Arystichthys nobilis*, *Oreochromis niloticus*, *Mugil spp.*, etc..

5- FACTORES LIMITANTES

Los principales factores limitantes del empleo de aguas residuales en la acuicultura fueron citados así por Moscoso & Galecio (1978):

- 5.1-No se pueden utilizar directamente en grandes volúmenes por la elevada DBO.
- 5.2-Pueden aportar elementos tóxicos para los peces, como ser aceites y detergentes en aguas residuales urbanas; plaguicidas en aguas residuales rurales; ácidos, fenoles, metales pesados y otros tóxicos en aguas residuales industriales, etc..

- 5.3-Riesgos de salud pública, ya que si bien normalmente se acepta que los peces producidos en estas circunstancias pueden portar enterobacterias sólo en piel y tracto intestinal, trabajos de Quines *et al.* (1986) reportan que en el 9-27% de los peces se detectaron *E. coli* en músculo. Todos los investigadores coinciden en que los peces portan pasivamente estas bacterias y que en 7-10 días colocados en agua limpia quedan totalmente depurados. Los países que están utilizando estos sistemas aconsejan someter a los peces a 2-3 semanas de depuración en agua limpia antes de su comercialización.
- 5.4-Problemas de rechazo de los consumidores, los que se deben a malos sabores si hay cantidades elevadas de fenoles en las aguas residuales; o simplemente a rechazo psicológico por el empleo de estas aguas.

6-BIBLIOGRAFIA

- Carpenter, R.; H. Malons; A. Roy; A. Mitchum; H. Beauchamp & M. Coleman (1974). The evaluation of microbial pathogens in sewage and sewage grown fish. *Proc. U.S. Env. Prot. Techn. Ser.* EPA/660/2-74-041: 46-55.
- Moscoso, J. & F. Galecio (1978). Reutilización de las aguas residuales para piscicultura. *Univ. Nac. Agraria Lima*. 93 p.
- Nash, C. & C. Brown (1980). A theoretical comparison of waste treatment processing ponds and fish production ponds receiving animal wastes. in *Proc. Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems*; Manila, Philippines: 87-98.
- Quines, O.; R. Vargas & V. Ibarra (1986). Fecal coliforms as index of pollution in an integrated pig-fish farm system. in Maclean, Dixon & Hosillos (eds) *The first Asian fisheries forum*. Manila, Philippines: 145-147.
- Schroeder, G. (1980). Fish farming in manured-loaded ponds. in *Proc. Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems*; Manila, Philippines: 73-86.
- Songer, J. ; R. Smith & N. Trieff (1974). Sewage treatment by controlled eutrophication: bacterial study. *Applied Microb.* (28): 359-361.