

Riles orgánicos pesqueros para el cultivo de *Chlorella* spp. y *Moina* sp. y sus características físico-químicas

Teresita de J. Romero López
Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP). La Habana.
email: tromero@cip.telemar.cu

RESUMEN

La repoblación de recursos pesqueros en Cuba, ha traído consigo la búsqueda de fuentes alternativas de alimentación, entre la que se cita *Moina* sp. alimentada con *Chlorella* spp. cultivada previamente en riles orgánicos de la pesca. Para ello se estudiaron las características físico-químicas del agua donde se cultivó el zooplancton, aplicando *Chlorella* spp. en suspensión como única fuente de alimentación. El estudio contempló las características del agua en acuarios y tanquetas donde se realizaron los experimentos, y del estanque de producción donde se colectó el zooplancton (temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno soluble, amonio, nitrito y fosfato). De acuerdo con los resultados, *Moina* sp. se desarrolla satisfactoriamente con el empleo de microalgas cultivadas con riles orgánicos de la industria pesquera, las que contribuyen a su vez al saneamiento del medio ambiente.

Palabras clave: riles orgánicos pesqueros, *Moina* sp., *Chlorella* spp., variables físico-químicas

Fishing organic riles to culture *Chlorella* spp. and *Moina* sp. and their physico-chemical characteristics

SUMMARY

Fishing resources repopulation in Cuba has led to a search of feeding sources alternatives, like *Moina* sp. feeded with *Chlorella* spp. previously cultivated in fishing organic riles. To this end a study was made analysing water physico-chemical characteristics where zooplankton was cultivated, applying *Chlorella* spp. in suspension as a single feeding source. The study took into account both the aquarium and tanks where experiments were carried out, and in the production tank where the zooplankton was collected (water temperature, pH, dissolved oxygen, soluble biochemical oxygen demand, nitrite, ammonium and phosphate). According to the results obtained, *Moina* sp. can be developed by employing microalgae cultured in fishing organic effluents, which at the same time contribute to environmental improvement.

Keywords: fishing organic riles, *Moina* sp., *Chlorella* spp., physico-chemical variables

INTRODUCCIÓN

La acuicultura a nivel mundial ha alcanzado un crecimiento importante y sostenido en los últimos años, a pesar de que uno de los problemas centrales que atenta contra el buen desenvolvimiento de esta actividad es la disponibilidad de alimento, especialmente para la cría intensiva.

Durante más de 30 años, la acuicultura cubana ha desarrollado un amplio plan de investigaciones para dar respuesta a la problemática productiva, lo que ha permitido resolver con éxito los retos que ha impuesto el progresivo ascenso de los niveles productivos. Desde un inicio, se ha garantizado un vínculo estrecho entre la ciencia y la producción, permitiendo la introducción inmediata de los avances científicos, como es el caso de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Piscicultura de Pavón (PISPAVÓN), granja acuícola cubana ubicada en Encrucijada, Villa Clara (figura 1) y que se dedica al cultivo de alevines y adultos de especies de agua dulce tales como el pez gato (*Clarias gariepinus*) y el bagre del canal (*Ictalurus punctatus*) fundamentalmente.

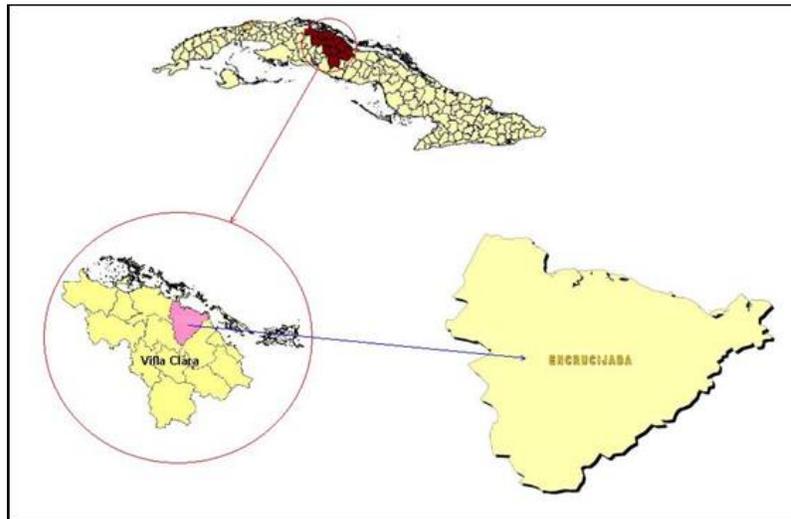


Figura 1. Ubicación de la granja acuícola PISPAVÓN

El ciclo de cultivo en esta granja, se corresponde desde el desove de los reproductores hasta la comercialización de los alevines hacia otras instalaciones productivas. El recurso principal en PISPAVÓN es el pez gato y hacia él están dirigidos los mayores esfuerzos.

Las larvas obtenidas en la entidad son alimentadas en sus primeros 10 días de vida con alimento natural, fundamentalmente zooplanctónico, entre los que se citan rotíferos, copépodos y cladóceros; de ahí la importancia de contar con los nutrientes que satisfagan las necesidades nutritivas de estos organismos.

En la cadena alimentaria, el zooplancton es antecedido por el fitoplancton, que es cultivado siguiendo dos métodos tradicionales en la acuicultura: el tailandés y el criollo. Ambos métodos precisan de sales inorgánicas tales como: superfosfato triple ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) y nitrato de amonio

(NH_4NO_3), además miel final, esta última carente en el mercado cubano por la inactivación de la mayoría de los centrales azucareros, lo que hizo que se comenzara la búsqueda de alternativas para suplir su déficit y poder continuar desarrollando el cultivo del cladóceros *Moina* mediante el empleo de microalgas desarrolladas con otras fuentes nutricionales.

Los especialistas del Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP) de La Habana, propusieron como opción el uso de la microalga *Chlorella* para el desarrollo satisfactorio de la especie zooplanctónica citada, con el empleo de riles orgánicos de la industria pesquera como medio de cultivo, motivado por la disponibilidad existente en la mayoría de los establecimientos pesqueros de Cuba, que aun no han sido beneficiados con ningún sistema de tratamiento.

A pesar que *Moina* se adapta a amplios intervalos de temperatura, aguas con cierta grado de contaminación orgánica y concentraciones de oxígeno desde cero hasta la sobresaturación, se realizó el presente trabajo, dirigido a evaluar las variables físico-químicas del medio donde se comprobó el desarrollo poblacional de la especie, con el auxilio de una suspensión de *Chlorella* y riles orgánicos pesqueros como fuente de nutriente.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la granja PISPAVÓN se efectuaron tres experiencias en condiciones no controladas de iluminación y temperatura, relativas al desarrollo de *Moina* sp. alimentada con *Chlorella* spp. en suspensión, esta última cultivada con riles orgánicos pesqueros derivado del proceso productivo de *C. garipepinus* e *I. punctatus* fundamentalmente (Romero 2009; Romero et al. 2010). El tiempo que duró cada experimento fue de siete días consecutivos.

El estudio se realizó en tres etapas diferentes, cada una de ellas con replicación:

E-I: en acuarios de 50 litros (figura 2A).

E-II y E-III en tanquetas de 180 litros (en área techada y al exterior) (figuras 2B y 2C).

En las tres etapas, se utilizó agua con salinidad cero.

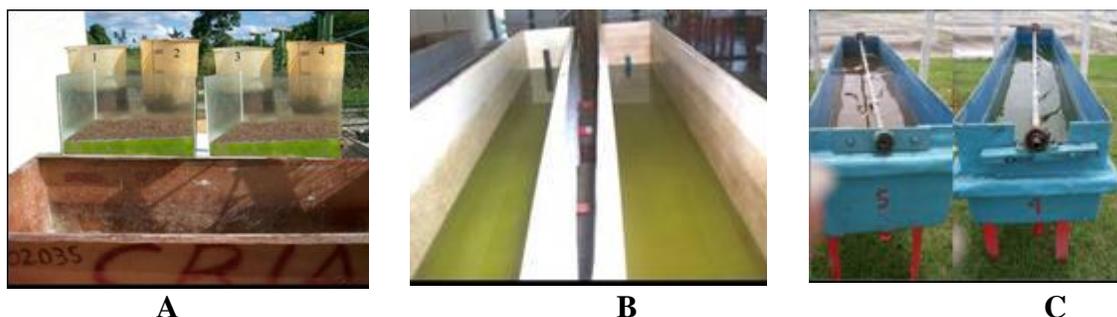


Figura 2. Experiencias de cultivo de *Moina* sp. realizadas en A: acuarios; B: tanquetas al interior; C: tanquetas al exterior

La colecta de *Moina* fue realizada en los estanques de alevinaje de PISPAVÓN. Las variables físico-químicas analizadas al agua a las 11:00 horas (horario con intensidad de luz buena para un proceso fotosintético adecuado) fueron: temperatura, pH y oxígeno disuelto

(OD), además, intensidad de luz incidente en los cultivos (IL). Al inicio y final de cada experimento se realizaron determinaciones de demanda bioquímica de oxígeno soluble (DBO-S), iones nitrito (NO_2^-), amonio (NH_4^+) y fosfato (PO_4^{3-}), todos ellos según los métodos estándares del APHA (1996).

El medio de cultivo en los acuarios y tanquetas, permanecieron sin agitación y sin recambio de agua durante el período de ensayo, manteniendo así las condiciones similares a las que presentan estos individuos en los estanques de producción de la granja acuícola.

Los mismos análisis físico-químicos fueron realizados al agua de los estanques donde se colectaron los cladóceros para su uso posterior en los ensayos diseñados. Se realizaron análisis de varianza a los datos referidos a temperatura y pH del agua para los tres tratamientos realizados.

RESULTADOS

Intensidad luminosa

La I L varió significativamente de un experimento a otro, debido a que E- I y E-II recibieron la luz de forma difusa, reportándose 5 500 lx como promedio. En E- III la intensidad luminosa fue de 50 klx, debido a la exposición de los cultivos a la radiación solar sin interferencia.

Durante los ensayos al exterior, la variación en la I L fue muy acentuada en el transcurso del día, aunque temporalmente constante en el tiempo, atendiendo a las características climatológicas de Cuba, de elevada incidencia de luz solar y clima relativamente estable.

En estas condiciones, los organismos se desarrollaron satisfactoriamente, alcanzando densidades similares a las reportadas por diferentes autores (Flores-Burgos *et al.* 2003) entre 7 y 8 org . L⁻¹; de ahí que se descartara la posibilidad de que la luz fuese un factor limitante para el desarrollo de *Moina* sp.

Temperatura

La temperatura del agua se mantuvo entre 23,5 y 31,7 °C (Tabla 1), presentándose diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$), verificado por un ANOVA de clasificación simple. A pesar de ello, ninguno de los valores reportados sugieren limitaciones para el desarrollo satisfactorio de *Moina* sp.

Lo anteriormente expuesto está avalado por numerosos reportes bibliográficos, donde se señala que *Moina* es resistente a variaciones extremas de temperatura que pueden oscilar entre 5 y 31 °C, aunque según Rottmann *et al.* (2003), la óptima se encuentra entre 24 y 31 °C.

Según reportes variados, la temperatura manifiesta su importancia en el efecto altamente marcado sobre la progenie total acumulada que produce una hembra durante todo su ciclo vital, afectando el desarrollo y metabolismo de los individuos, aspecto de notable repercusión para los fines de cultivo.

pH

El pH se presentó entre 7 y 8 sin diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$), verificado por el ANOVA de clasificación simple realizado, con ascensos o descensos en el tiempo que no fueron representativos para obstaculizar el desarrollo de *Moina* sp., tanto en condiciones de laboratorio como en el exterior, aunque existen reportes bibliográficos, donde se menciona al pH como uno de los factores que pudieran influir en la tasa de filtración de los cladóceros, mecanismo que está estrechamente relacionado con las condiciones alimentarias de los mismos.

Tabla 1. Valores medios de los parámetros físico químicos del agua utilizada para el cultivo de *Moina* sp., al inicio y fin de los experimentos, así como del agua donde se colectó el cladóceros empleado en los ensayos.

(E-I= acuario; E-II= tanquetas bajo techo; E-III= tanquetas al exterior;
Temperatura en °C. Concentraciones de OD; DBO-S; NO_2^- ; NH_4^+ ; P0_4^{3-} en mg.L^{-1})

Experimento		Indicadores del agua al inicio del experimento	Indicadores del agua al finalizar el experimento	Indicadores del agua de colecta de <i>Moina</i>
E-I	T	27,0	28,2	29,2
	pH	7,4	8,3	8,5
	OD	8,8	9,6	10,16
	DBO-S	12,2	4,8	13,9
	P0_4^{3-}	0,035	0,096	0,056
	NO_2^-	0,01	0,003	0,025
	NH_4^+	0,53	0,032	0,024
E-II	T	27,0	23,5	28,3
	pH	7,9	7,4	7,9
	OD	9,5	8,6	10,44
	DBO-S	14,0	3,8	8,0
	P0_4^{3-}	1,44	2,15	0,05
	NO_2^-	0,07	0,04	0,1
	NH_4^+	1,19	5,82	0,35
E-III	T	29,0	31,7	28,1
	pH	7,8	8,9	7,7
	OD	8,7	9,6	14,21
	DBO-S	7,6	3,6	13,0
	P0_4^{3-}	4,24	2,0	0,42
	NO_2^-	0,07	0,01	0,03
	NH_4^+	0,35	1,18	0,75

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto, que se mantuvo entre 8,6 y 9,6 mg.L⁻¹ en las series experimentales (Tabla I), no afectó el desarrollo de *Moina* sp. en el contexto de ensayo, demostrado entre otros, por el continuo aumento de la densidad poblacional que alcanzó valores de 3; 7 y 9 org.mL⁻¹ respectivamente, así como por reportes bibliográficos donde plantean que *Moina* puede vivir en aguas con concentraciones de oxígeno disuelto desde cero hasta la sobresaturación, capacidad relacionada, entre otros, con la habilidad del cladócero de sintetizar hemoglobina (Rottmann et al. 2003). No obstante, se comenta que es aconsejable mantener los cultivos con concentraciones de oxígeno disuelto por encima de 3,5 mg.L⁻¹.

Otro factor que debe destacarse y que se relaciona con las concentraciones de oxígeno disuelto, es el nivel competitivo de los cladóceros en los cultivos, que es por lo general dependiente del alimento, pero a su vez, también de los niveles de oxígeno disuelto del agua, de ahí que sea recomendable tener en consideración esta variable en el momento de desarrollar cultivos de determinadas especies acuícolas.

Nótese que las concentraciones de oxígeno disuelto del agua donde se realizó la colecta de *Moina* para su uso posterior, fue superior a las halladas en los experimentos diseñados, entre 10,1 y 14,2 mg.L⁻¹, hecho que hace pensar que evidentemente, este organismo se adapta a variaciones amplias de oxígeno disuelto.

Demanda bioquímica de oxígeno (soluble)

La DBO-S mantuvo un comportamiento similar durante todos los experimentos realizados, disminuyendo desde 12,2 hasta 4,8 mg.L⁻¹ en E-I; de 14,0 a 3,8 mg.L⁻¹ en E-II y de 7,6 a 3,6 mg.L⁻¹ en E-III con una reducción promedio de 63%.

Un aporte significativo a la reducción de la DBO-S pudo estar dado por los microorganismos presentes en el medio donde se desarrolló el cladócero, conformado por bacterias fundamentalmente. Estas, aunque cuantitativamente empobrecidas en el agua de abasto utilizada para el cultivo, se desarrollan paulatinamente al inocular las microalgas que están en suspensión en los riles pesqueros, que también contienen microorganismos biorremediadores.

Por otro lado, los cladóceros, así como otros ejemplares de la comunidad zooplanctónica (ciliados, rotíferos y copépodos) tienen la capacidad de vivir en ambientes altamente ricos en materia orgánica, incluyendo lagunas de estabilización (Rivera *et al.* 1987). Entre los mencionados organismo, los cladóceros están reportados como depredadores generalistas, capaces de filtrar bacterias, microorganismos particulados, algas e inclusive ciliados del medio donde habitan.

Es por esto que especialistas de varios países, hayan realizado investigaciones dirigidas a determinar la dinámica poblacional de distintos cladóceros, derivado de los conocimientos existentes acerca de la capacidad de los mismos para biorremediar aguas negras (Nandini et al. 2005; Roche 1998). En la figura 3A se aprecia gráficamente el comportamiento de la DBO-S en los tres experimentos efectuados, así como las concentraciones existentes en los estanques donde se colectó *Moina* sp., valores que oscilaron 8 y 14 mg.L⁻¹.

Iones nitrito

Los iones nitrito en todos los tratamientos fueron del orden de las décimas de mg.L^{-1} o menores (Tabla 1), aspecto muy favorable en los cultivos, por estar reportado este ión como muy tóxico (Camargo y Alonso 2007) y responsable principal de la toxicidad de los organismos acuáticos, cuando la concentración supera el valor de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$.

Según la figura 3B, se observa que existe un pico de concentración de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$, correspondiente al estanque donde se colectó *Moina* para proceder a la realización del experimento II. Esto puede ser debido a la presencia de organismos que excretan heces fecales, y que son promotores de contaminación de carácter fecal reciente. Nótese que el nitrito es un estado de oxidación intermedio entre el amonio y el nitrato y para que los iones nitrito ocasionen problemas de toxicidad, la concentración debe estar entre $0,1$ y $0,9 \text{ mg.L}^{-1}$.

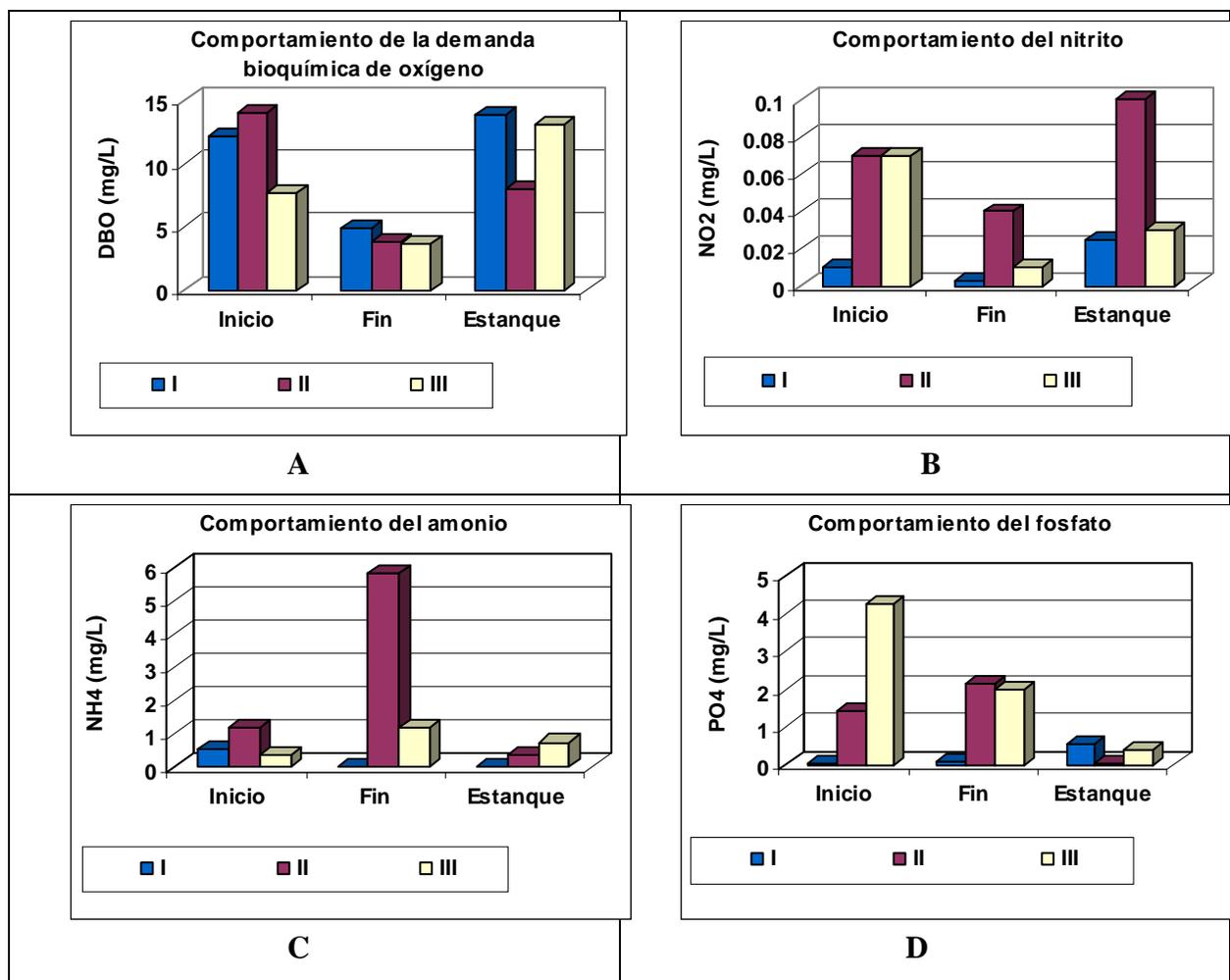


Figura 3. Comportamiento de los diferentes indicadores químicos analizados en el medio empleado para los ensayos de *Moina* sp., así como del agua de los estanques donde se realizó la colecta del cladóceros

Por encima de este valor, se produce toxicidad aguda, representando un impedimento para el desarrollo de la vida piscícola y humana. FACTS (2008) reporta que estos niveles de nitrito pueden ocasionar trastornos en los pigmentos respiratorios hemoglobina y hemocianina, convirtiéndose en formas que son incapaces de transportar y liberar oxígeno, como la meta-hemoglobina y la meta-hemocianina, causando asfixia o muerte de los individuos que conviven en estos ecosistemas.

Iones amonio

El ión amonio en el experimento I presentó una disminución muy acentuada, desde 0,53 al inicio de los ensayos hasta $0,032 \text{ mg.L}^{-1}$ al término de los mismos, comportamiento que fue contrario para las experiencias II y III, donde hubo incrementos desde 1,19 hasta $5,82 \text{ mg.L}^{-1}$ en II y desde 0,35 hasta $1,18 \text{ mg.L}^{-1}$ en III.

El aumento tan marcado referido en el experimento II no queda claro, debido a que en todos los casos se presentaron competidores del zooplancton, aunque siempre mayoritariamente en los estanques donde se colectaron los cladóceros (rotíferos, copépodos y ciliados), reconocidos como dominantes en los ecosistemas de agua dulce (Rivera *et al.* 1987), y como uno de los responsables de la variación del ión amonio.

No obstante, Hargreaves (1998) plantea que los niveles de amonio en los cuerpos de agua pueden ser tan elevados como 5 mg.L^{-1} debido a la excreción por el zooplancton, peces y otros organismos acuáticos que habitan en los mismos, demostrándose que sí es posible cierto desarrollo de los organismos en esas concentraciones, semejante a lo sucedido en este estudio.

Contrario a lo señalado anteriormente, en los estanques donde se colectó *Moina*, las concentraciones de amonio fueron bajas y generalmente inferiores a las halladas en los experimentos realizados (figura 3C), lo que pudo estar sujeto al desarrollo natural del fitoplancton en esos sistemas, que demandan amonio como fuente de nitrógeno.

Es importante tener en cuenta que el amonio es un ión al que debe prestársele gran atención en los sistemas de cultivo, ya que en correspondencia con lo planteado por Sipaúba-Tavares y Rocha (2003), pueden afectar la densidad de los cladóceros, más aun cuando este ión está estrechamente relacionado con el amoniaco (NH_3).

Iones fosfato

Los iones fosfato mantuvieron un comportamiento desigual en los casos de estudio. En los experimentos I y II aumentaron, a pesar de que los valores fueron completamente diferentes; es decir, de 0,035 a $0,096 \text{ mg.L}^{-1}$ en I y de 1,44 a 2,15 en II. En III fue contrario, de 4,24 disminuyó a $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (Tabla 1).

El hecho de haberse encontrado diferentes concentraciones de fosfato en los experimentos, puede explicarse por el intercambio de elementos que se produce en la interfase sedimento-agua. Si la interfase está oxigenada, los iones fosfatos precipitan y no difunden (Vila 2003), como es el caso de los valores hallados en el agua donde se colectó el cladócero para su posterior estudio, de 0,056; 0,05 y $0,42 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente. Otro aspecto que pudo favorecer esas bajas

concentraciones fue la presencia de fitoplancton en los estanques, que requieren de este ión para incorporarlo a su metabolismo (figura 3D).

Se debe tener en cuenta, a la hora de interpretar las concentraciones de fosfato en un medio determinado, que cuando las formas solubles de este elemento son elevadas, se podría alcanzar cierta eutrofia en dicho medio, nivel que estará determinado por la cantidad de fosfato y otros nutrientes (Vila 2003), de ahí que a pesar de haberse presentado cierta eutrofización en los cultivos, se evidencia que *Moina* es capaz de sobrevivir en estos ambientes, sin alterar de forma extrema su desarrollo.

CONCLUSIONES

Las concentraciones de las variables físico químicas halladas en estas experiencias, donde se llevó a cabo el cultivo de *Moina* sp. con la adición de *Chlorella* spp. en suspensión, previamente cultivada con riles orgánicos de la industria pesquera, demuestran que este organismo es capaz de sobrevivir y desarrollarse satisfactoriamente en condiciones cambiantes, justificado por las densidades alcanzadas durante el período de experimentación y las concentraciones de los distintos indicadores físico químicos.

La calidad del efluente al finalizar cada experimento, cumple con las normas de vertimiento para su deposición a los diferentes cuerpos que acopian el agua destinada al cultivo.

REFERENCIAS

- APHA (1996). “Métodos estándares para el examen de aguas y aguas de desecho”. Ed. Interamericana. S. A. Nueva York. 430 pp.
- Camargo J.A. y Alonso A. (2007). “Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: Problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático”. Ecosistema, 16:002. Asociación Española e Ecología Terrestre Alicante, España. <http://redalys.uaemex.mx>. Consulta en línea 17 Abril 2008.
- FACTS (2008). “Nitrato y nitrito en el agua potable”. Consulta en línea 16 de Abril de 2008. http://www.state.nj.us/health/eoh/hhazweb/nitrate_sp.pdf.
- Flores-Burgos, J., Sarma S.S.S y Nandini S. (2003). “Population growth of zooplankton (Rotifers and Cladocerans) fed *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus* in different proportions”. Acta Hydrochim. and Hydrobiol. 31:3, 240-248.
- Hargreaves J.A. (1998). “Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds”. Aquaculture. 166, 181-212.
- Nandini S., Hernández V.M. y Sarma S.S.S. (2005). “Life history characteristics of cladocerans (Cladocera) fed on wastewaters”. Acta Hydroch. and Hydrob. 33:2, 133-141.
- Rivera F., Sánchez M.R., Lugo A., Ramírez P., Ortiz P. y Calderón, A. (1987). “Ciliates in a waste stabilization pond system in Mexico”. Water, Air, Soil Pollut. 34, 245-262.
- Roche K.F. (1998). “Growth potential of *Daphnia magna* Straus in the water of dairy waste stabilization ponds”. Water Res. 32, 1325-1328.
- Romero, L. T. (2009). “Desarrollo de *Moina* sp en condiciones de laboratorio alimentada con microalgas cultivadas en residuales pesqueros”. REDVET Rev. Electrón. Vet. 10 (4) – <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040409.html>

- Romero, T. de J., Manso, B., López, R., Martínez, F., Moreno M.** (2010). “Producción de *Moina* sp alimentada con *Chlorella* spp. cultivada con riles orgánicos de la industria pesquera cubana”. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121210.html>. REDVET Rev. Electrón. Vet. 11 (12).
- Rottmann R.W., Graves J.S., Watson C., y Yanong R.E.** (2003). “Culture techniques of *Moina*: the ideal *Daphnia* for feeding freshwater fish fry”. Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Circular 1054.
- Sipaúba-Tavares L. y Rocha O.** (2003). “Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos”. São Carlos: RIMA, 106 p.
- Vila P. I.** (2003). El agua en Iberoamérica, Tópicos Básicos y Estudios de Caso, 11-21.