

Condiciones tróficas y conducta de alimentación de alevinos obtenidos en reproducción artificial

Mónica Botero-Aguirre, Z., Dr.1; Carlos López-Escudero, Z1, Restrepo D1,2; Uribe M1,2.

1Grupo GRICA, Universidad de Antioquia. AA 1226
2Estudiantes Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias
mobotero@agronica.udea.edu.co; andreszoo@gmail.com

Introducción

La alimentación para larvas es uno de los grandes escollos que tiene la acuicultura en especial para especies que no reciben alimento inerte, trayendo como consecuencia una alta mortalidad debido a que las especies zooplanctónicas que proliferan no siempre satisfacen las necesidades de la especie debido a incapacidades morfológicas y fisiológicas que no les permiten hacer la mejor digestión y asimilación de los alimentos suministrados, de igual manera se producen en un volumen inferior a las necesidades de las larvas sembradas y otro efecto negativo que puede traer un mal manejo del zooplancton es la proliferación de especies de plancton que son depredadoras de larvas de peces.

En las primeras semanas de desarrollo larvario, el tamaño de la boca en las larvas una vez inician la alimentación exógena, restringe el tamaño de la presa. A su vez la incompleta actividad enzimática sobre algunos sustratos, lo que ocasiona daño en el epitelio intestinal de la larva y muerte de la misma como consecuencia de la lesión (Planas, 1999)

La utilización de fertilizantes orgánicos en la piscicultura tiene como objeto estimular la cadena alimenticia heterotrófica de los estanques de cultivo para mejorar las poblaciones de fitoplancton y aumentar la disponibilidad de nutrientes en el agua. El estiércol sirve principalmente como un sustrato para el crecimiento de bacterias y protozoos para otros animales (Urrego, 2003).

Los estanques abonados favorecen y estimulan el desarrollo de bacterias acuáticas, algas y protozoarios y por lo tanto una variedad de especies de fitoplancton y zooplancton que pueden ser ingeridas por los peces. Los componentes orgánicos (excretas) contienen componentes como nitrógeno, fósforo, potasio, así como materia orgánica y otros elementos como calcio, cobre, zinc, hierro y magnesio.

Gran cantidad de investigaciones han demostrado que la calidad del agua puede mejorarse con la adición de fertilizantes a los estanques, pues contienen los materiales necesarios para promover el crecimiento del plancton. Además de lograr una buena productividad ya que las características del agua afectan la sobrevivencia, reproducción, crecimiento e incluso el manejo de los organismos acuático.

El oxígeno disuelto es la variable más crítica en la calidad del agua, por eso es importante fomentar la fotosíntesis del plancton o productividad primaria que es la fuente de oxígeno disuelto en el estanque.

La fotosíntesis se desarrolla en el seno de las aguas y esta realizada por órganos autótrofos que pertenecen al plancton, esta producción primaria es el punto de partida de la materia viva. El fitoplancton es la comunidad que domina la población de las aguas ya que su hábitat es el mundo pelágico. Las algas bénticas o flotantes (algas filamentosas y diatomeas) y cierto tipo de bacterias fijas son también productores primarios acuáticos.

Los individuos de talla superior a 200 μm (mega, macro y mesoplancton). Las formas adultas de la mayoría de los copépodos pertenecen al macro o al mesoplancton.

El microzooplancton y el zooplancton de mayor tamaño pueden ser recogidos para la alimentación de las larvas cultivadas. La utilización de presas de diferentes tamaños, depende de la evaluación de la talla de la boca y aumenta por lo tanto a medida que estos crecen. Varias especies zooplanctónicas de una talla superior a veinte milímetros se pescan en una forma industrial y son utilizadas para cría de alevinos.

Con base en esto, las comunidades de vida son en realidad comunidades de alimentación en las que unos individuos, son la presa de otros y en las que cada uno de ellos depende también de los otros.

La carencia de información sobre resultados de experimentos y de referencias metodológicas para determinar los requerimientos nutricionales de las larvas de peces, evidencia la necesidad de entender los efectos de la dieta en la maduración del tracto digestivo de los poseccionados y las modificaciones de ésta de acuerdo a la secreción enzimática de las larvas, ya que no se conoce cómo es la regionalización del tracto digestivo ni su diferenciación bioquímica que generalmente antecede a la diferenciación morfológica (Meza-González et al., 2002) y con base en los resultados obtenidos tener un conocimiento sobre la nutrición esencial con el propósito de entender las capacidades digestivas de los órganos involucrados en el proceso alimenticio de las larvas en su primera alimentación y con ellos tratar de garantizar una mayor y una mejor preparación digestiva de la larva frente a los alimentos exógenos.

Por lo tanto evaluar la producción y el crecimiento del fitoplancton y zooplancton en estanques fertilizados con abonos orgánicos o mezclados con abonos inorgánicos, bajo diferentes condiciones ambientales indica la calidad del alimento producido, el cual se puede evaluar desde la respuesta en cuanto a peso y sobrevivencia de larvas de peces o de ejemplares adultos (ornamentales), como bioindicador de consumo al alimento producido en los estanques, igualmente permite y obliga a establecer la dinámica de desarrollo de plancton durante el período requerido para la alimentación de la poslarva y permite evaluar el contenido gástrico de las larvas y compararlo con el plancton presente en el cuerpo de agua y evaluar la correspondencia entre estos y las relaciones que se dan en la cadena trófica.

Experiencias de investigación

En un primer ensayo se emplearon ocho estanques de 3 m³ cada uno, cuatro réplicas/tratamiento. Se emplearon dos tipos de abono gallinaza de jaula seca y molida y humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

Para gallinaza el análisis bromatológico fue: humedad del 26,21 %, y contenidos de nitrógeno de 1,67%, calcio de 5,35% y el fósforo de 0,16%. Para el humus de lombriz el análisis bromatológico fue: humedad de 65,94%, nitrógeno de 0,79%, calcio de 0,23% y fósforo de 0,05%, con unas cenizas totales de 21%.

Las cantidades de abono fueron las siguientes para cada tratamiento fueron de 500 g/m³ del respectivo abono y 2.5 g/m³ de abono químico (10-30-10):

Se sembraron estanques con poslarvas de tilapia roja (*Oreochromis spp*) como bioindicador de consumo y calidad de plancton producido a través del peso y la sobrevivencia, además debido a su alta disponibilidad, con una densidad de 50 individuos/m² para un total de 150 individuos por estanque.

Los muestreos para peso, dinámica de producción de plancton y contenido estomacal se hicieron cada 3 días, de acuerdo a los protocolos requeridos para cada uno de los métodos de muestreo y de evaluación y mediante el empleo de muestras fijadas en formol al 0.4% y observadas al microscopio. Se empleó una red de plancton de 100 μ m.

En cuanto a la ganancia de peso en larvas, los alevinos demuestran una mayor producción de alimento vivo ofrecido por los estanques abonados con gallinaza, obteniéndose peso final promedio de las larvas de 0,307 \pm 0,041 g y para las larvas procedentes de los estanques abonados con humus de lombriz los valores obtenidos fueron de 0,153 \pm 0,070 g, observándose diferencia significativa (p

Lo anterior coincide con trabajos de otros investigadores (Meza-González y Figueroa, 2002), quienes concluyen que los rotíferos son un excelente alimento para el cultivo de larvas por su contenido nutricional y facilidad de cultivo, al comparar varias especies de rotíferos (*Brachionus rubens*, *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus plicatilis*) y su relación con el crecimiento y desarrollo mandibular en larvas de pez blanco (*Chiostoma humboldtianum*). Los rotíferos presentan cantidades adecuadas de proteínas y ácidos grasos para satisfacer la demanda energética (Oie y otros, 1997) y la sobrevivencia de las larvas (Meza-González y Figueroa, 2002), lo que coincidió con este trabajo, donde la sobrevivencia para ambos tratamientos fue del 100%, lo que puede demostrar las ventajas de emplear alimento vivo en la alimentación de larvas de peces y de otras especies acuáticas.

Para el caso de las poslarvas de tilapia deberá tenerse en cuenta que esta especie recibe alimento inerte y que para el ensayo sólo tuvieron acceso a alimento vivo y el peso obtenido en las mismas está acorde al compararlo con los valores de peso obtenidos en granja para la misma especie, durante la fase de larvicultura, donde reciben alimento inerte con proteína del 45%. Por lo anterior, el peso final obtenido, puede considerarse apropiado considerando las altas densidades manejadas y la manipulación excesiva por los continuos pesajes a que fueron sometidas.

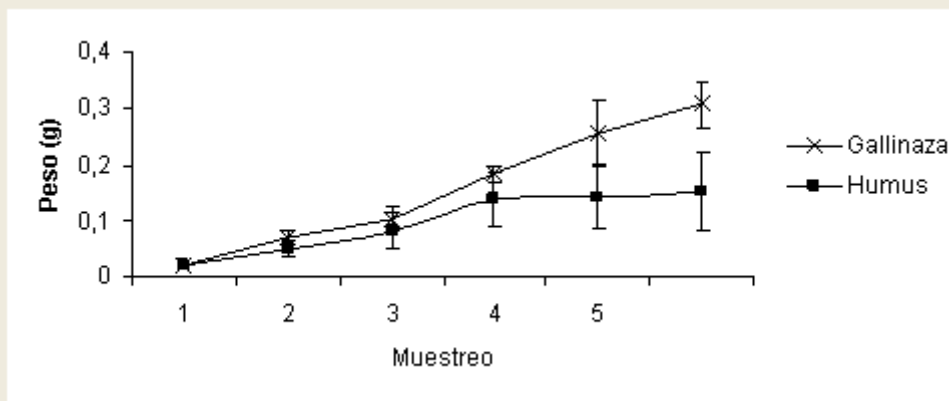
Este ensayo permitió comprobar cómo las ganancias de peso en las larvas durante los primeros días de vida son altas, para el ensayo con gallinaza las larvas aumentaron su peso 3.45 veces en un lapso de tres días y para el tratamiento con humus, este incremento fue de 2.55 veces, demostrando la capacidad que tienen las larvas de crecer durante sus primeros estadíos de vida, lo que obliga a ofrecérselos alimento de excelente calidad para aprovechar este potencial genético especie-específico. Se observó que las larvas del tratamiento gallinaza al fin del trabajo aumentaron en promedio 15 veces su peso y las del tratamiento con humus lo incrementaron en 7.5 veces, para el mismo período.

Se pudo concluir con base en estos experimentos y en pruebas piloto anteriores, como las ganancias de peso pueden disminuir, a partir del momento en el cual las larvas se van haciendo más exigentes máxime cuando no se hacen reabonamientos, lo que deberá tenerse en cuenta si adicionalmente coincide con bajo número de especies planctónicas de calidad, presentes en el agua..

Cuadro 1. Resumen sobre ganancia de peso en los tres ensayos para estanques abonados con gallinaza y humus de lombriz (promedio \pm desviación estándar).

Gallinaza	Muestreo					
	1	2	3	4	5	6
Ensayo 1		0,07 \pm 0,014	0,1 \pm 0,029	0,2 \pm 0,01	0,28 \pm 0,112	0,38 \pm 0,048
Ensayo 2	0,01 \pm 0	0,02 \pm 0	0,03 \pm 0,01	0,1 \pm 0,006	0,11 \pm 0,01	0,15 \pm 0,024
Ensayo 3	0,03 \pm 0	0,12 \pm 0,022	0,19 \pm 0,025	0,26 \pm 0,029	0,38 \pm 0,054	0,39 \pm 0,053
Resumen	0,02 \pm 0	0,069 \pm 0,012	0,103 \pm 0,021	0,185 \pm 0,015	0,255 \pm 0,058	0,307 \pm 0,042
Humus	Muestreo					
	1	2	3	4	5	6
Ensayo 1		0,07 \pm 0,08	0,08 \pm 0,039	0,15 \pm 0,057	0,19 \pm 0,084	0,2 \pm 0,108
Ensayo 2	0,01 \pm 0	0,02 \pm 0,005	0,03 \pm 0,01	0,08 \pm 0,014	0,07 \pm 0,012	0,09 \pm 0,01
Ensayo 3	0,03 \pm 0	0,06 \pm 0,013	0,14 \pm 0,047	0,18 \pm 0,075	0,17 \pm 0,082	0,18 \pm 0,096
Resumen	0,02 \pm 0	0,051 \pm 0,015	0,081 \pm 0,032	0,138 \pm 0,049	0,143 \pm 0,059	0,153 \pm 0,071

Gráfico 1. Peso de larvas de peces para los tratamientos con gallinaza



Dinámica de producción de plancton

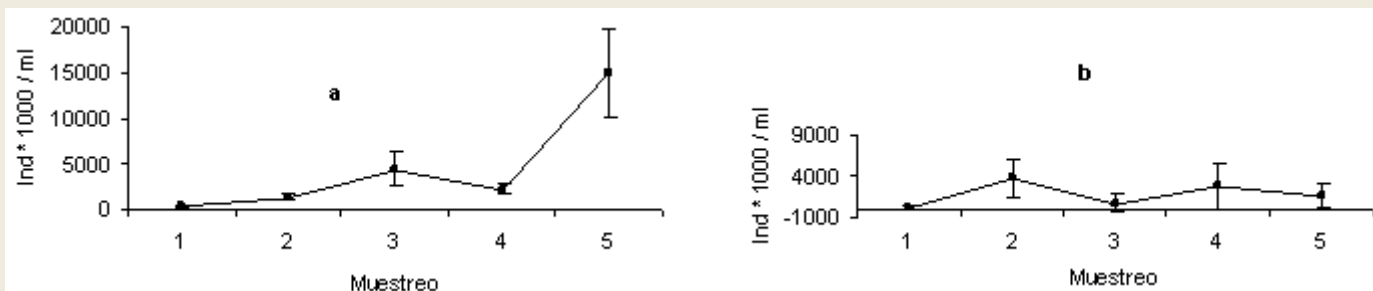
La proliferación de organismos acuáticos se modifica de acuerdo al tipo de abono empleado, es así como la dinámica de producción de plancton, en las diferentes experiencias que ha desarrollado el grupo, ha arrojado diferentes resultados en virtud de esto. Para el experimento donde se emplearon como abono gallinaza o humus de lombriz, la producción de plancton fue mayor en el tratamiento con gallinaza encontrándose mayoritariamente rotíferos, como puede apreciarse en el Cuadro 2.

Durante los períodos de crecimiento de plancton, se observan con frecuencia, períodos de alta emergencia seguidos de períodos de notoria disminución, lo que puede ser atribuible a gran proliferación de encapsulados (estadios no eclosionados) o al deterioro en cuanto a oferta de nutrientes para conservar poblaciones persistentes. En los ensayos realizados, se ha observado tal comportamiento, (Cuadro 2; Gráfico 3), que son organismos inmóviles donde no se logró observar a qué especie correspondían y que no alcanzan a ser atractivos para las larvas de peces, lo que se demuestra, al no ser consumidos (Cuadro 3); sin embargo, en cuanto a la ganancia de peso de las larvas, esta situación puede o no verse reflejada, posiblemente porque la disminución en la oferta de rotíferos, puede verse compensada por el consumo que hagan las poslarvas de otros organismos acuáticos como larvas de zancudo (Cuadro 3); los cuales tienden a proliferar, por qué sus requerimientos nutricionales son más bajos, por formar parte de los invertebrados misceláneos de agua dulce, cuya composición orgánica presenta baja proteína cruda (INPA, 1996), lo que se traduce en una mayor proliferación en el contenido gástrico de las larvas de peces procedentes de estanques con bajo aporte de nutrientes, como pudo observarse en el experimento en el caso del humus de lombriz.

Cuadro 2. Organismos presentes en agua abonada con gallinaza

Especie	Tipo de organismo	Muestreo (ejemplares/ml)									
		Gallinaza					Humus de lombriz				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<i>Beauchampiana</i>	Rotífero	143			71	15357	0	0	286	0	0
<i>Cephalodella</i>	Rotífero	71	518	1679	625	1215	0	840	0	71	161
<i>Dicranophorus</i>	Rotífero						0	0	18	0	0
<i>Euchlanis</i>	Rotífero						0	286	0	0	0
<i>Hexarthra</i>	Rotífero			6250	429	19500	0	571	2500	1000	89
<i>Lecane</i>	Rotífero	143		1447	2214	4875	143	804	1589	0	999
<i>Lepadella</i>	Rotífero	518	1626	2446	2464	375	18	0	5590	429	0
<i>Ptygura</i>	Rotífero					143	18	0	0	0	0
<i>Squatinella</i>	Rotífero	18	232	71			36	0	0	0	0
<i>Testudinella</i>	Rotífero	89	1054	54	18		54	0	0	0	0
<i>Trichocercas</i>	Rotífero		786	1357	821	3357	0	0	18	54	36
Total		327,3	1.405,3	4.434,7	2.214	14.940,7	89,7	833,7	3.333,7	518,0	428,3
Desviación estándar		166,7	363,1	1766,6	535,2	4813,7	52,0	259,3	695,0	272,5	189,6
<i>Vorticella</i>	Ciliado	411	4982	54	321	0	0	71	0	0	36
Org. no clasificados		0	6.071	2.107	8.018	5.053	643	1.161	696	1.000	2.250
Total		137	3.684,3	720,3	2.779,7	1.684,3	214,3	410,7	232	333,3	762
Desviación estándar		205,5	2.377,5	1.044,8	2.900,1	1.459,1	454,7	309,5	401,8	577,4	1.077,5

Gráfico 2. a. Dinámica de producción de rotíferos con gallinaza. b. Dinámica de producción de plancton con gallinaza



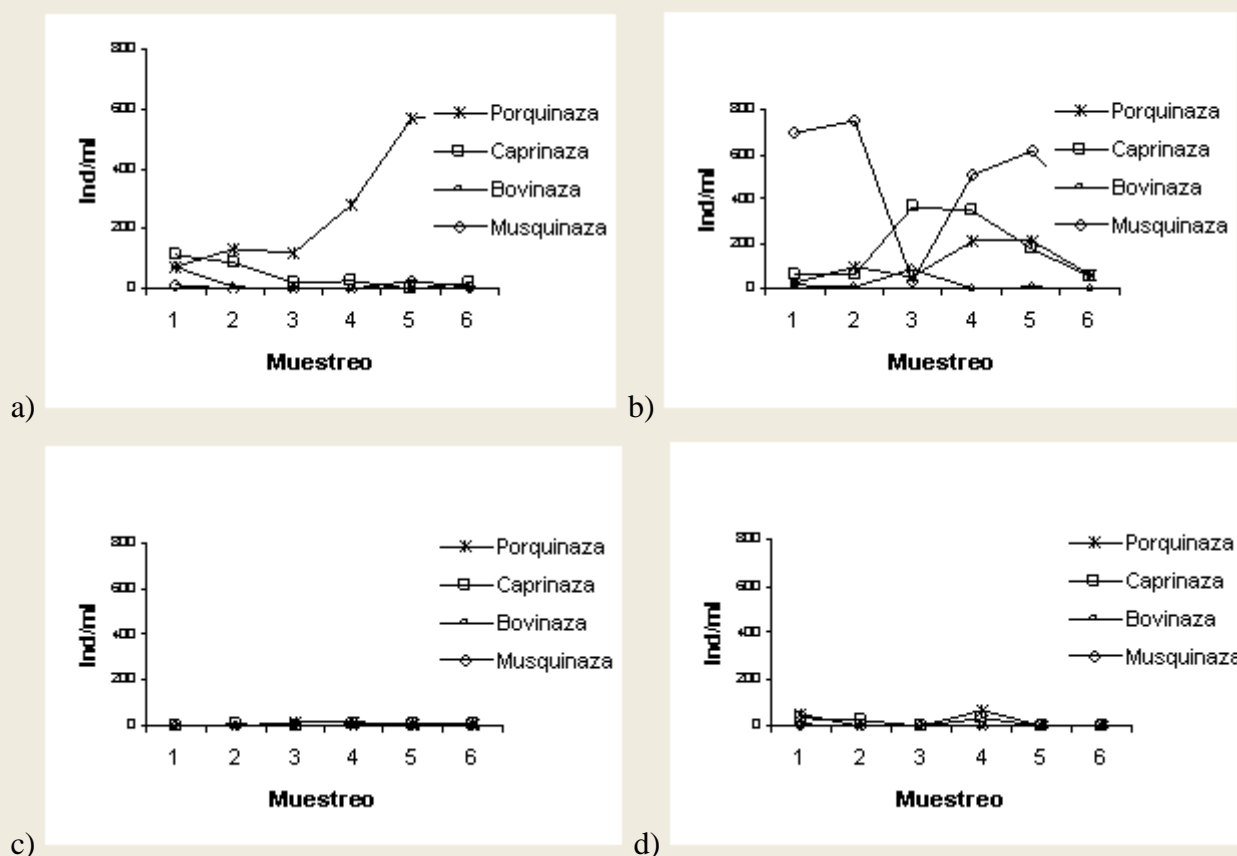
Algunas veces no es posible observar en el agua de cultivo presencia de branquiópodos (subclase cladóceros) en el cuerpo de agua, sin embargo, sí son observables en contenido gástrico, lo anterior puede deberse a los intervalos de muestreo en agua y es factible que durante los períodos del año en los cuales se hagan los muestreos, las pulgas de agua cambien su forma, lo que puede darse de generación en generación y de muda en muda, fenómeno llamado cicломorfosis, que no permiten fácil reconocimiento y que son aún un misterio para los investigadores (Streble y Krauter, 1987)..

En otro de los ensayos realizados se trabajó con cuatro diferentes tipos de abonos orgánicos 1: estiércol de cerdo, 2: estiércol de cabra, 3: estiércol de bovino y 4: musquinaza, cada uno a razón de 500 g/m² con reabonamientos cada 5 días.

En este ensayo se encontraron igualmente protozoos dentro de los cuales estaban principalmente *Paramecium caudatum*, *P. bursari*, *P. trichium* y *P. aureli*; ciliados peritricos como *Vorticella microstoma*, *Stylonychia mytilus*, *Plagiopyla nasuta*, *Chilodonella cucullatus* y *Chilodonella uncinata*; Rotíferos de los géneros *Pompholyx*, *Philodina*, *Lecane* y *Brachionus*; e infusorios de los géneros *Tokophrya* y *Podophrya*, donde en el tratamiento con musquinaza, se presentó la mayor población de protozoos no clasificados/ml y en caprinaza la mayor proliferación de paramecios, propios de aguas con alta contaminación orgánica.

En los tipos de abonos empleados (Gráfico 3), proliferaron siempre los protozoarios (Gráfico 3a) y entre ellos los ciliados, explicable por la contaminación orgánica. Los rotíferos (Gráfico 3c) no tuvieron buen crecimiento con ninguno de los abonos empleados y a su vez las algas fueron más abundantes empleando bovinaza (Gráfico 3d). Lo anterior indica que la variedad de plancton presente en el cuerpo de agua, variará notoriamente de acuerdo al tipo de abono, y aún entre muestreo y muestreo, lo que quiere significar la dinámica de la cadena heterotrófica.

Gráfico 3. a. Producción de paramecios. b. Producción de ciliados peritricos. c. Producción de rotíferos. d. Producción de algas.



Respecto al consumo de alimento vivo por parte de las larvas, en los ensayos que se realizaron para gallinaza y humus de lombriz, se pudo observar que las larvas modifican su hábito alimenticio a través del tiempo no sólo por la disponibilidad

de alimento, sino también por factores como tamaño, forma y movimiento que favorezcan su crecimiento, adaptación al consumo de nuevos alimentos para garantizar sobrevivencia, así como a la relación costo-beneficio que la toma del alimento les implique.

En este ensayo realizado se observó claramente que el consumo de rotíferos fue mayor en los estanques abonados con gallinaza (Cuadro 3, Gráfico 4) y por lo tanto guardó directa relación con el peso final de las mismas (Cuadro 2). En general cualquiera que sea el tipo de abono empleado, habrá aparición de larvas de zancudo (*Anopheles*) y consumo del mismo (Cuadro 3) en alta proporción para ambos tratamientos (Gráfico 4 y Gráfico 5).

Considerando que las larvas de peces en su mayoría no están adaptadas a consumo de alimento inerte, el alimento vivo debe ser un estímulo lo suficientemente alto para que las guías visuales determinen la selección de la presa: el tamaño, la forma, la motilidad y la visibilidad los cuales son los más importantes estímulos que usan los depredadores visuales.

El zooplancton emite débiles campos eléctricos producto de su actividad muscular al nadar y al comer y estas débiles señales pueden ser detectadas por algunos peces que disponen de electro-receptores; sin embargo, para estimular estos receptores, se requiere que haya una suficiente cantidad de plancton para activarse, como sucede con la *Daphnia*, que presenta un espectro de ruido con una densidad adecuada, que unido a la señal, permiten inclusive predecir un patrón de ataque específico (Freund y otros, 2002), por lo tanto, es posible que en los ensayos que se hayan realizado el consumo de estos cladóceros haya sido poco, en virtud de la escasa presencia de los mismos, que inclusive no pudo ser observado en los muestreos de agua.

Cuadro 3. Consumo por larva de diferentes organismos para estanques abonados con gallinaza.

Especie	Tipo de organismo	Muestreo (Nº organismos promedio/larva)									
		Gallinaza					Humus de lombriz				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Lepadella	Rotífero	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0
Lecane	Rotífero	1	1	0	5	14	2	3	1	0	0
Hexarthra	Rotífero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cephalodella	Rotífero	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichocercas	Rotífero	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Testudinella	Rotífero	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Total rotíferos		1	7	2	5	14	2	3	1	1	0
Encapsulados		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva de zancudo	Insectos	8	11	11	13	3	10	15	15	13	11
Diatomeas	Fitoplancton	0	0	18	0	0	0	0	1	6	0
Daphnia (Pulga)	Cladóceros	0	0	5	0	0	0	0	0	0	3
Total		9	18	36	18	17	12	18	17	20	14

Gráfico 4. Consumo de alimento vivo para el tratamiento con gallinaza.

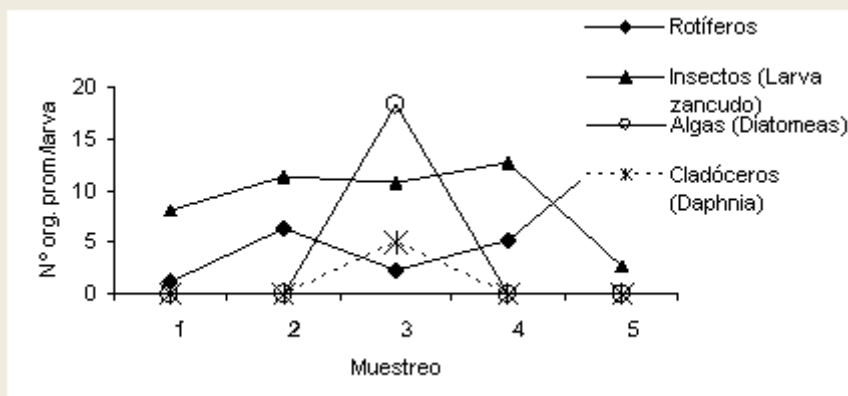
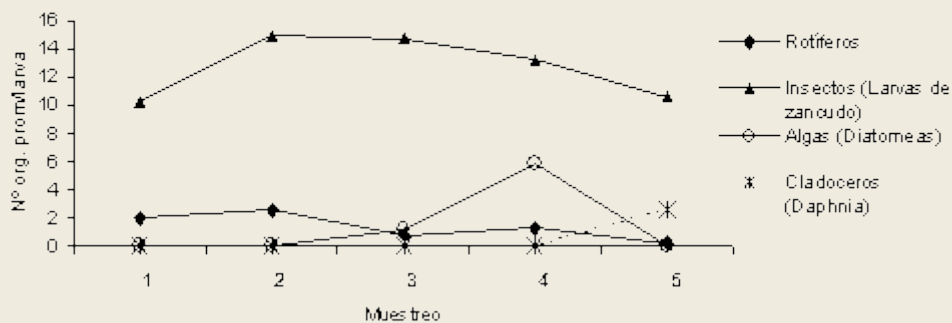


Gráfico 5. Consumo de alimento vivo en el tratamiento con humus de lombriz.



El consumo de alimento vivo (número total de especímenes consumidos) puede no presentar diferencia al analizar los contenidos gástricos, sin embargo, la calidad de los mismos podrá evaluarse de manera indirecta a través de las ganancias de peso, como ya se mencionó.

Conclusiones

La dinámica de las producciones de microorganismos acuáticos, ha sido variable en los ensayos realizados, por lo tanto ninguno de ellos mostró la misma tendencia y adicionalmente no hubo persistencia en la producción de los mejores microorganismos o los más importantes.

En su mayoría los ensayos no mostraron producciones importantes en cuanto a la producción de rotíferos como *Brachionus*, copépodos y cladóceros, que son las especies más deseadas y utilizadas para alimentación de peces en estado larvario, por lo que se hace necesario continuar las investigaciones al respecto.

Las condiciones medioambientales son factores determinantes para la producción primaria de los estanques siendo las horas de sol tal vez uno de los factores de mayor importancia en la producción de plancton. Las condiciones pueden ser muy variables en la producción primaria de un estanque a otro, abonados con el mismo producto orgánico, y bajo condiciones muy similares.

El contenido gastro-intestinal encontrado en las larvas diseccionadas generalmente no correspondía con la producción de plancton de los estanques, debido a las cadenas tróficas del medio, dando como resultado un alto consumo de otros organismos como larvas de zancudo.

Las condiciones físico-químicas y productivas de los estanques han garantizado la sobrevivencia de las larvas sembradas además de crecimiento.

Bibliografía

- Barnabe G. 1996 Bases Biológicas y Ecológicas de la Acuicultura. Editorial Acribia. España.
- Freund JA, Schimansky-Geier L, Beisner B, Neiman A, Russell DF, Yakusheva T, Moss F. Behavioral stochastic resonance: how the noise from a *Daphnia* swarm enhances individual prey capture by juvenile paddlefish. *J Theor Biol* 2002; 214(1):71-83.
- Koste W. 1987 Rotatoria, Gebruder Borntraeger. Berlín.
- Meza-González O., Benitez Jc., Paredes B., Gonzales Mr. 2002. Descripción histológica del sistema digestivo en larvas de *Chirostoma humboldtianum* en la primera alimentación exógena. CIVA, 313-322, México.
- Oie G, Makridis P, Reitan KI, Olsen Y. 1997. Protein and carbon utilization of rotifers (*Brachionus plicatilis*) in first feeding of turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*. v. 153, pp. 103-122.
- Peláez V. 2004. Informe Profundización Alimentación y Nutrición en Peces.
- Streble H y Krauter D. 1987. Atlas de los Microorganismos de agua dulce. La vida en una gota de agua. Barcelona: Omega. 357 p.
- Urrego O, Uso de la porcina en piscicultura. *Revista Porcicultura Colombiana* Nº 88 Nov-Dic 2003.
- Wedler E. 1988 Introducción a la acuicultura con énfasis en los neotrópicos. Primera edición. Colombia.