

## ARTÍCULOS

# Evaluación de productividad en estanques para cultivo de alimento vivo

## *Productivity evaluation in ponds for cultivation of live food*

### **Merari Castro Camaño**

CORREO: merari-castro07@hotmail.com

Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

### **Migdalia Díaz Vargas**

ORCID: 0000-0002-0510-8358/migdalia@uaem.mx

Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

### **Judith García Rodríguez**

ORCID: 0000-0001-6311-2091/garciaj@uaem.mx

Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

### **Elsah Arce Uribe**

ORCID: 0000-0002-9815-2525/elsah.arce@uaem.mx

Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

## RESUMEN

El fitoplancton y el zooplancton tienen un rol importante en los ecosistemas acuáticos. La continuidad de especies depende del equilibrio entre los diferentes niveles de la cadena trófica, así como del desarrollo y la supervivencia de larvas y juveniles de invertebrados y vertebrados. Por ello, el objetivo de esta investigación es evaluar la productividad primaria y secundaria en sistemas controlados; con ello, calcular las tasas de crecimiento del fitoplancton y del zooplancton y estimar el nivel de productividad que puede sustentar el cultivo de alimento vivo. La evaluación se realizó en un periodo de dos semanas, en estanques con fertilización orgánica.

## PALABRAS CLAVE

ecosistemas acuáticos, gallinaza, biomasa, fitoplancton, zooplancton

## ABSTRACT

Phytoplankton and zooplankton play an important role in aquatic ecosystems. The continuity of species depends on the balance between the different levels of the food chain, as well as the development and survival of larvae and juveniles of invertebrates and vertebrates. Therefore, the objective of this research is to evaluate the primary and secondary productivity in controlled systems, allowing the calculation of the growth rates of phytoplankton and zooplankton, and estimating the level of productivity that can support the cultivation of live food. The evaluation was carried out in a period of two weeks in ponds with organic fertilization.

## KEY WORDS

aquatic ecosystems, chicken droppings, biomass, phytoplankton, zooplankton

## **Introducción**

Los ecosistemas acuáticos presentan propiedades importantes, como la energía fijada por los organismos fotosintetizadores y por los subsidios de energía y materia obtenidos de otros sistemas circundantes. En los sistemas se alojan comunidades de distintos tipos: productores, consumidores y degradadores, todos ellos interrelacionados en la dinámica propia del cuerpo de agua (Hernández et al., 2003; Hernández y Gocke, 2016).

La productividad primaria en los ecosistemas acuáticos es llevada a cabo por los organismos autótrofos denominados fitoplancton, por medio del proceso bioquímico conocido como fotosíntesis. Este proceso, también llamado fijación de carbono, se produce por la concentración de clorofila *a* contenida en los cloroplastos de estos organismos. La clorofila *a* es un pigmento utilizado como una medida de la biomasa de las microalgas que constituyen el fitoplancton; por lo tanto, sirve para calcular la productividad primaria que ocurre en el ecosistema de acuerdo con una escala temporal (Montecino y Pizarro, 2006). La importancia de este proceso a nivel ecológico es que permite el flujo de energía en la red trófica.

Por otro lado, el zooplancton es el que crea la productividad secundaria, ya que acumula una gran parte del carbono obtenido a partir del fitoplancton. Se considera el primer eslabón en la cadena alimentaria acuática que realiza la transferencia de energía a niveles superiores, así como el ciclo de los nutrientes. El zooplancton es considerado una parte fundamental para evaluar la sustentabilidad en la explotación de una población pesquera, ya que proporciona la energía necesaria para el crecimiento y la reproducción de la población piscícola (Andrade et al., 2009).

La comunidad zooplanctónica está conformada principalmente por rotíferos y crustáceos, que se dividen en braquiópodos y copépodos; estos últimos generalmente son los más abundantes en el medio acuático (Conde-Porcuna et al., 2004). Debido a la importancia de estos organismos tanto en los sistemas acuáticos naturales como en los artificiales, la evaluación de su tasa de crecimiento brinda información relevante para el uso y aprovechamiento de los recursos, ya sea en vías de producción o para el mantenimiento de poblaciones.

## **Importancia del fertilizante orgánico**

Las excretas de aves de corral como las gallinas presentan un alto contenido de nutrientes, en particular proteínas y aminoácidos (Soriano Salazar et al., 2007). Su uso en la acuicultura tiene la finalidad de propiciar la producción de alimento de forma natural, con lo que se obtiene un alto grado de proteínas con un elevado valor biológico; asimismo, el abono se convierte en carne para el pez a través de las cadenas tróficas naturales, lo que contribuye a aumentar la producción autótrofa y heterótrofa.

El abono orgánico acelera los procesos biológicos en los sistemas de producción y, por lo tanto, promueve una mayor densidad fitoplanctónica (Bermúdez et al., 2012). La producción

exitosa de peces con fines acuícolas depende en gran medida de que organismos fito y zooplanctónicos se produzcan de manera natural con la adición de fertilizantes orgánicos (Prieto et al., 2006).

### **Evaluación de parámetros fisicoquímicos del agua**

Los parámetros fisicoquímicos dan información extensa de la naturaleza de las propiedades químicas y físicas del agua; la medición de estos parámetros suele ser rápida y éstos pueden ser monitoreados con frecuencia, lo que ayuda a conocer la calidad del agua en la que se desarrollan los organismos (Samboni et al., 2011).

Una forma de evaluar tanto la productividad primaria como la secundaria es cuantificando los organismos que constituyen ambos eslabones o grupos, es decir, el fitoplancton y el zooplancton. El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento del efecto de los fertilizantes orgánicos en el desarrollo de las comunidades vegetales y animales a través del tiempo, pues con el monitoreo de estos organismos desde el primer día de fertilización se puede contar con registros respecto al crecimiento de las microalgas y de forma subsecuente del zooplancton, para determinar el momento en el que la producción de alimento vivo alcanza su punto óptimo y cuando comienza a decrecer.

### **Materiales y métodos**

#### *Estanques*

La fase experimental se llevó a cabo en tres estanques de fibra de vidrio con capacidad para 590 litros, los cuales se ubicaron a cielo abierto en las coordenadas 18° 55' 91' N, 99° 12' 98' W, a una altitud de 2 252 msnm.

En el día cero, cada estanque fue fertilizado con un kilogramo de gallinaza; posteriormente, se inició el conteo de fitoplancton y zooplancton a partir del día uno. La toma de muestras, tanto de fitoplancton como de zooplancton, se realizó diariamente de manera directa, ambas con un matraz de Erlenmeyer con capacidad para 250 mL; de la parte central del estanque se tomó una muestra de sólo 100 mL para su posterior análisis. Adicionalmente, se registraron las lecturas de temperatura, pH, conductividad y total de sólidos disueltos diariamente al momento de la toma de muestras, con un multiparamétrico HANNA HI 9829.

#### *Laboratorio*

De la muestra colectada se tomaron alícuotas para la preparación de laminillas y la observación al microscopio del fitoplancton, realizando conteos; del zooplancton se tomó una alícuota de 2 mL para el conteo en una cámara Sedgewick Rafter (Samanez et al., 2014).

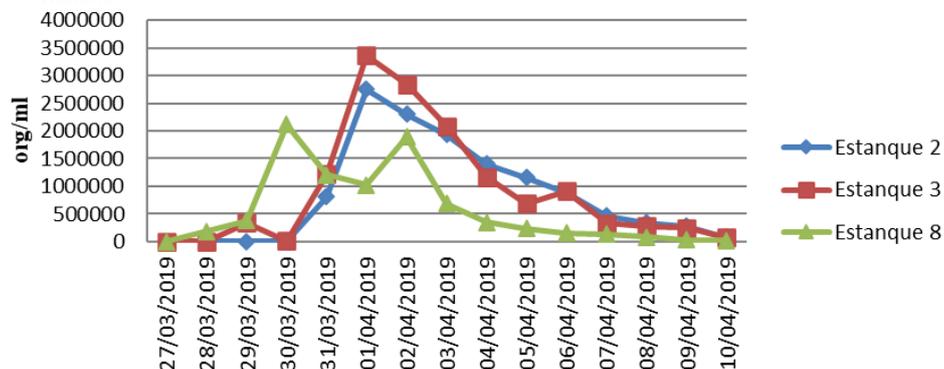
Ambas muestras se analizaron con la ayuda de un microscopio compuesto marca Leica DM500 ICC 50 HD con cámara. Los conteos se realizaron diariamente durante dos semanas.

## Resultados

### Fitoplancton

Las abundancias totales se reportan en org/mL; se obtuvieron por día en cada estanque por el método semicuantitativo, realizando una identificación de la única especie presente, *Chlorella* sp., con base en un conteo aleatorio de un campo visual estimado de al menos 3 a 5 laminillas. Los estanques 2 y 3 registraron un crecimiento ascendente a partir del quinto día; el estanque 8 lo registró a partir del cuarto día; sin embargo, se observó una disminución los siguientes dos días, pero se recuperaron en el séptimo. A partir del día 12 y hasta el final del experimento, los tres estanques mostraron baja abundancia (figura 1).

**Figura 1**  
**Abundancia total de fitoplancton**

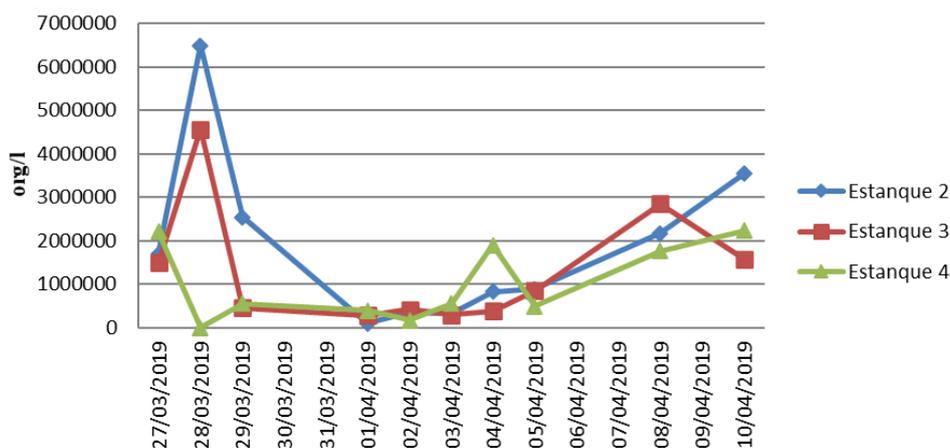


Fuente: Elaboración propia.

### Zooplancton

Presentó su desarrollo en forma sucesional; al inicio del cultivo dominaron los rotíferos y enseguida se desarrollaron cladóceros y larvas de dípteros; estos últimos fueron los dominantes. Sin embargo, las abundancias registradas del grupo de rotíferos mostraron valores altos desde el primer y segundo día, aun cuando el estanque 4 reportó valores fluctuantes (figura 2, ver página 5).

**Figura 2**  
**Abundancia total de zooplancton**



Fuente: Elaboración propia.

#### Parámetros fisicoquímicos del agua

Indican condiciones de pH neutro a ligeramente alcalino, lo que cataloga al agua como ligeramente dura y cálida. De acuerdo con los parámetros registrados, durante los 15 días de muestreo contaron con los valores normales que este líquido requiere para el desarrollo de los organismos acuáticos y para el establecimiento de cultivos (tabla 1).

**Tabla 1**  
**Valores registrados de la fisicoquímica del agua durante el periodo de estudio**

Temperatura	24.9	25	24.8
pH	8.4	7.8	8.7
Conductividad (µS)	471	477	393
Total de sólidos disueltos (ppm)	235	239	196

Fuente: Elaboración propia.

#### Discusión

En la producción de la biomasa se presentan generalmente dos ciclos: uno de materia y otro de energía. El primero implica el consumo de materia orgánica viva y el segundo consiste en la degradación de la materia orgánica muerta, que forma parte de un organismo vivo. Estas relaciones mantienen el material y el flujo energético dentro del ecosistema y proporcionan lo

necesario para la subsistencia de éste. Estos ciclos conforman las cadenas tróficas y dan origen a los tres niveles tróficos: autótrofos, herbívoros y carnívoros (Yubi Armendáriz et al., 2008).

Los resultados indican que los productores primarios se desarrollan a partir de la disponibilidad de nutrientes y condiciones adecuadas de incidencia de luz, promoviendo, a su vez, el desarrollo de productores secundarios. En la etapa final en las cadenas tróficas se lleva a cabo la liberación de nutrientes. Se considera que una cantidad de la producción primaria no la consumen los herbívoros directamente; sin embargo, la llegan a aprovechar otros organismos heterótrofos, con lo que se conforma la denominada biomasa microbiana. Estos microorganismos actúan como un vínculo entre los procesos de producción primaria y secundaria, propician la reintroducción de compuestos inorgánicos en el sistema y producen biomasa susceptible, que es alimento de organismos detritívoros (Álvarez-Solís et al., 2010).

Los parámetros fisicoquímicos del agua son importantes en la presencia de organismos tanto del fitoplancton como del zooplancton, ya que ciertas condiciones permitirán o no que las comunidades planctónicas se establezcan. Ejemplo de ello es el pH, factor relevante para su desarrollo, pues el fitoplancton se reproduce principalmente con un pH de 7 a 9 (Samboni et al., 2007); esto se presentó durante el desarrollo del cultivo, lo que propició que las microalgas iniciaran su proceso de reproducción desde el inicio de éste, pues la calidad del agua así lo permitió.

La temperatura de 25 °C en promedio se mantuvo durante los 15 días en los tres estanques, lo que generó las condiciones adecuadas para el desarrollo de cultivos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018). Por otra parte, la fertilización es una acción fundamental para el establecimiento de los productores primarios; en este caso se utilizó gallinaza, fertilizante aplicado en los tres estanques y que, como lo indica Chisholm (1992), ofrece resultados rápidos respecto al establecimiento de los productores primarios y, a su vez, al desarrollo de productores secundarios.

El fitoplancton fue el grupo más abundante durante el estudio, ya que tuvo el mayor crecimiento a partir del sexto día; posteriormente presentó una disminución respecto al conteo de organismos por mililitro. El grupo del zooplancton presentó condiciones de desarrollo sucesional; al inicio del cultivo estuvo dominado por rotíferos y posteriormente iniciaron su desarrollo cladóceros y dípteros de forma dominante respecto a sus abundancias.

Ambas situaciones se pueden explicar desde el punto de vista de madurez del cultivo, lo que también se presenta en ambientes artificiales mayores e incluso en ambientes naturales; ya que al inicio del cultivo, cuando la disponibilidad de nutrientes es mayor, los primeros organismos en aparecer son los fotosintetizadores; posteriormente aparecerán de forma casi inmediata los productores secundarios, quienes se encargarán de alimentarse de los productores primarios y transferir la biomasa o energía a los niveles tróficos superiores, es decir, se establece una serie de interacciones bióticas. A lo largo de la sucesión, la biomasa y la

producción se incrementan, pero con tasas diferentes, lo que supone una disminución de organismos entre producción primaria neta y biomasa; en otras palabras, la biomasa de heterótrofos se incrementa con relación a la biomasa total asimilada (Walker, 2005).

### Conclusión

Con los resultados de esta investigación se destaca que la abundancia del fitoplancton indica un desarrollo a partir del primer día de cultivo, con un crecimiento continuo hasta el día 6, para después disminuir progresivamente su biomasa hasta el día 15. Por su parte, la abundancia del zooplancton indica un crecimiento sucesional: al inicio del cultivo se registraron rotíferos y posteriormente cladóceros y larvas de dípteros. Los parámetros fisicoquímicos del agua indican condiciones de pH neutro a ligeramente alcalino, lo que la cataloga como ligeramente dura y cálida.

Finalmente, este tipo de estudios permiten cuantificar las tasas de crecimiento tanto del fitoplancton como del zooplancton y así evaluar el nivel de productividad que puede sustentar el cultivo de alimento vivo.

### Referencias

- Álvarez-Solís, J. D., Gómez-Velasco, D. A., León-Martínez, N. S. y Gutiérrez-Miceli, F. A. (2010). Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*, 44(5), 575-586. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30215550007.pdf>
- Andrade, C., Montiel, A. y Quiroga, E. (2009). Estimación de producción secundaria y productividad para una población intermareal de *Trophon geversianus* (Bahía Laredo, Estrecho de Magallanes). *Anales del Instituto de la Patagonia*, 37(1), 73-84. <https://doi.org/10.4067/s0718-686x2009000100007>
- Bermúdez, A., Muñoz-Ramírez, A. P. y Wills, G. A. (2012). Evaluación de un sistema alimentación orgánico sobre el desempeño productivo de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) cultivada en estanques de tierra. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 59(3), 165-175. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407639232005>
- Chrisholm, S. W. (1992). Phytoplankton size. En P. G. Falkowski, A. D. Woodhead y K. Vivirito (Eds.) *Primary productivity and biogeochemical cycles in the sea*. (Environmental Science Research, vol. 43, pp. 213-237). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0762-2\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0762-2_12)
- Conde-Porcuna, J. M., Ramos-Rodríguez, E. y Morales-Baquero, R. (2004). El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. *Ecosistemas. Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 13(2), 23-29. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/204>

- Hernández J., C. A. y Gocke, K. (2016). Productividad primaria en la ciénaga grande de Santa Marta, Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 19-20, 101-119. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemmar.1990.19.0.430>
- Hernández García, M. A., Granados Sánchez, D. y Sánchez-González, A. (2003). Productividad de los ecosistemas en las regiones áridas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(2), 113-123. <https://www.researchgate.net/publication/313146314>
- Montecino, V. y Pizarro, G. (2006). Productividad primaria, biomasa y tamaño del fitoplancton en canales y fiordos australes: patrones primavera-verano. En N. Silva y S. Palma (Eds.), *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos* (pp. 93-97). Comité Oceanográfico Nacional-Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <http://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>
- Prieto, M., Castaño, F., Sierra, J., Logato, P. y Botero, J. (2006). Alimento vivo en la larvicultura de peces marinos: copépodos y mesocosmos. *Revista MVZ Córdoba*, 11(1), 30-36. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69309904>
- Samanez, I., Rimarachín, V., Palma, C., Arana, J., Ortega, H., Correa, V. e Hidalgo, M. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/publicaciones/direccion-de-conservacion-sostenible-de-ecosistemas-y-especies/especies-cites-y-amenazadas/especies-de-fauna-cites/>
- Samboni, N. E., Carvajal E., Y. y Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 1-172. <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v27n3/v27n3a19.pdf>
- Samboni, N. E., Reyes T., A. y Carvajal E., Y. (2011). Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta. *Ingeniería y Competitividad*, 13(2), 49-60. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291323530004>
- Soriano Salazar, M., Figueroa Torres, J., Anguiano Linares, H. y Luna-Figueroa, J. (2007). Efecto de diferentes fertilizantes orgánicos sobre el cultivo en laboratorio del camarón duende de agua dulce *Streptocephalus mackini* (Crustácea: Anostraca). *AquaTIC*, (26), 16-22. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49413960003>
- Walker, L. R. (2005). Margalef y la sucesión ecológica. *Ecosistemas*, 14(1). <https://www.redalyc.org/pdf/540/54014111.pdf>
- Yubi Armendáriz, M. Á., Navarrete Salgado, N. A., Elías Fernández, G., Vázquez Gómez, G. y Urrieta Zapiain, E. S. (2008). Relaciones tróficas de los peces del embalse San

Miguel Arco, de Soyaniquilpan, Estado de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(1), 33-38. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-40182008000100006&lng=en&tlng=.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182008000100006&lng=en&tlng=)