

# Un Panorama de los Presupuestos de Nitrógeno para Cultivo de Camarón

Mayra L. González-Félix\*<sup>1</sup>, Martín Pérez-Velázquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora. Rosales y Niños Héroes S/N, A.P. 1819, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.  
E-mail: mgonzale@dictus.uson.mx

---

## Abstract

In recent years, aquaculture research has focused on the minimization of its impact on the environment as effluents produced by this activity contribute to the eutrophication of the receiving water bodies by the addition of organic matter and nutrients. Nitrogen is one of these nutrients; it is introduced into culture systems mostly through the addition of balanced feeds and incorporated into shrimp biomass. However, culture systems may be inefficient in transforming nitrogen into biomass, its efficiency can be determined through a nitrogen budget. Less efficient systems may incorporate close to 22% of nitrogen into biomass, while more efficient systems may incorporate up to 46.7%. The remaining nitrogen may be lost as organic nitrogen dissolved in the water and lost through effluents or it may be trapped in the sediments (14-57%); also it may be lost as inorganic nitrogen in the form of ammonia, nitrite or nitrate (12-37%). Some nitrogen may be unaccounted for at the end of a cycle (5.2-55%) and it may be lost through ammonia volatilization, N<sub>2</sub> gas removal, etc. Information provided by a nitrogen budget can help us identify areas or procedures within a shrimp farm that require improvement and allow for a reduction of excess nitrogen that causes pollution, and at the same time, maximize its retention by shrimp.

**Key words:** shrimp, *L. vannamei*, nitrogen budget, zero water exchange

## An Overview of Nitrogen Budgets for Shrimp Culture

Mayra L. González-Félix\*<sup>1</sup>, Martín Pérez-Velázquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora. Rosales y Niños Héroes S/N, A.P. 1819, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

E-mail: [mgonzale@dictus.uson.mx](mailto:mgonzale@dictus.uson.mx)

---

### Resumen

En los últimos años, la investigación en la acuicultura se ha enfocado a minimizar su impacto en el medio ambiente, ya que los efluentes producidos por esta actividad contribuyen a la eutroficación de los cuerpos de agua receptores debido a la adición de materia orgánica y nutrientes. El nitrógeno es uno de estos nutrientes; es introducido a los sistemas de cultivo principalmente a través de la adición de alimentos balanceados e incorporado en biomasa de camarón. Sin embargo, los sistemas de cultivo pueden ser ineficientes en transformar el nitrógeno en biomasa, su eficiencia puede ser determinada por medio de un presupuesto de nitrógeno. Los sistemas menos eficientes pueden incorporar cerca de 22% de nitrógeno en biomasa, mientras que los más eficientes pueden incorporar hasta un 46.7%. El resto del nitrógeno puede perderse en forma de nitrógeno orgánico disuelto en el agua y descargado en los efluentes o ser atrapado en los sedimentos (14-57%); también puede perderse como nitrógeno inorgánico en forma de amonio, nitritos o nitratos (12-37%). Parte del nitrógeno puede no ser recuperado al final de un ciclo de cultivo (5.2-55%) y se pierde por volatilización de amonio, remoción de gas N<sub>2</sub>, etc. La información que provee el presupuesto de nitrógeno de una granja puede ayudar a identificar áreas o procedimientos de cultivo que permitan la reducción del exceso de nitrógeno causante de contaminación y el mejorar su retención en biomasa de camarón.

## Introducción

Debido al tan conocido debate que el impacto nocivo del cultivo de camarón en áreas costeras ha suscitado en el mundo entero, hoy en día se hace necesario no solo el abordar el manejo de desechos y efluentes de las granjas como puntos trascendentales en la planeación de proyectos, sino también como un tema importante y apremiante de investigación. Esto no es exclusivo para la acuicultura. Por ejemplo, en algunos países la legislación requiere a los ganaderos un Plan Comprensivo del Manejo de Nutrientes, que se traduce en tomar las medidas necesarias para minimizar la contaminación del agua, de las instalaciones, la tierra y el aire. La contaminación se deriva del exceso de nutrientes que genera una granja, particularmente de nitrógeno (Young 2002).

El nitrógeno es un nutriente que limita el crecimiento, tanto en ecosistemas terrestres como marinos. Junto con el fósforo por ejemplo, es el factor más importante que limita el crecimiento de las algas en el agua dulce y marina, de manera que contribuye en procesos de eutroficación, especialmente en aguas donde este nutriente es limitante, como en áreas costeras (Paerl y Whitall 1999; Tyrell 1999). También es uno de los nutrientes más limitantes para el crecimiento de camarón. El suministro de nitrógeno a los estanques de cultivo de camarón proviene principalmente de la proteína que se suministra en el alimento balanceado; sin embargo, muchos sistemas de cultivo son ineficientes en transformar este nitrógeno en biomasa de camarón. Esto nos permite entonces vislumbrar la importancia de conocer el balance de nitrógeno de una granja de camarón, y de usar esta información para identificar áreas o procedimientos de cultivo que permitan la reducción del exceso de nitrógeno causante de contaminación y el mejorar su retención en biomasa de camarón.

Cada granja es única, pero el presupuesto de nitrógeno de cada una de ellas contribuye al conocimiento de los procesos y establece una referencia para su comparación con otras granjas (Young 2002). Aunado a la particularidad de cada granja con respecto al presupuesto de nitrógeno y los procesos que este nutriente sufre dentro de la misma, existe también el desarrollo de nuevas oportunidades de cultivo de camarón en forma alternativa al cultivo costero tradicional, tal como el cultivo tierra adentro usando agua de baja salinidad proveniente de pozos. Esto es viable para especies como el camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone), que puede ser cultivado en salinidades de hasta  $0.5 \text{ gL}^{-1}$  (Smith y Lawrence 1990). Por otra parte, una medida de bioseguridad que está siendo adoptada por muchas granjas para evitar la introducción de patógenos al sistema de cultivo es la reducción del intercambio de agua (Schuur 2003), que además de reducir costos de bombeo y uso de agua, puede en cierta medida reducir costos de alimentación pues se promueve un mayor desarrollo de productividad natural que contribuye a la alimentación del camarón. Al minimizar el recambio de agua, los nutrientes no consumidos y los metabolitos de desecho son retenidos dentro del sistema y promueven el desarrollo de la productividad primaria, ya que son incorporados por bacterias, fitoplancton y zooplancton, que a su vez constituyen una fuente de alimento suplementario para el camarón (Tacon et al. 2002).

Las bacterias nitrificantes y desnitrificantes, así como el fitoplancton, juegan un papel muy importante en la reutilización del nitrógeno y en reducir su pérdida (Burford et al. 2002). Evidentemente, en sistemas de cultivo tradicionales una gran cantidad de nitrógeno se pierde

durante el recambio, de manera que en sistemas cerrados o con mínimo recambio la pérdida de nitrógeno se ve considerablemente reducida (Thakur y Lin 2003). El nitrógeno que no es incorporado en biomasa de camarón o en productividad primaria, *e.g.* bacterias, fitoplancton o zooplancton, permanece dentro del sistema de cultivo en diferentes formas, tales como nitrógeno orgánico ó inorgánico disuelto, también puede ser retenido en el sedimento o en sólidos suspendidos en la columna de agua e incluso pudiera perderse por volatilización de amonio (Thoman et al. 2001).

En vista de estas recientes alternativas o modalidades de cultivo, se plantean entonces presupuestos de nitrógeno particulares para condiciones de cultivo que utilicen agua dulce, o bien, sistemas cerrados con mínimo recambio de agua. A continuación se presenta en este trabajo una revisión de varios estudios publicados sobre presupuestos de nitrógeno para camarón realizados bajo diferentes condiciones de cultivo.

### **Nitrógeno Incorporado en Biomasa de Camarón**

Dado que un estudio del presupuesto de nitrógeno constituye una evaluación de la eficiencia de la utilización de este elemento, su incorporación en biomasa de camarón es el rubro de mayor importancia para un productor. Jackson et al. (2003) analizaron el presupuesto de nitrógeno para una granja intensiva de camarón, con densidades de siembra de *Penaeus monodon* (Fabricius) de 32-35 camarones/m<sup>2</sup>. La granja de 48 estanques de 1.2 ha utilizó agua de mar y no se realizó recambio, o muy poco, durante los primeros 2 meses del ciclo; posteriormente se realizaron recambios parciales dependiendo de los requerimientos, que fue estimado en un 3.9% de recambio de agua diario. Los autores reportaron que solamente un 22% del nitrógeno fue incorporado en biomasa de camarón. Por su parte Thakur y Lin (2003) encontraron que un 23-31% del nitrógeno fue incorporado en biomasa de camarón, *P. monodon*, que se cultivó en tanques de concreto durante 90 días utilizando agua de 20‰ de salinidad sin recambio de agua durante todo el periodo experimental, donde evaluaron dos densidades de siembra (25 y 50 camarones/m<sup>2</sup>) y dos sustratos (concreto y tierra). Burford et al. (2002) también evaluaron el presupuesto de nitrógeno para un cultivo intensivo (25 camarones/m<sup>2</sup>) de *P. monodon* en tanques de fibra de vidrio de 1000 L con y sin sedimento en un experimento de 14 días, con un solo recambio de agua (aproximadamente de 32‰) de 20% en el día 4. Encontraron que un 33% y un 24% del nitrógeno del alimento fueron retenidos en biomasa de camarón en los tanques con y sin sedimento, respectivamente.

Por su parte, Páez-Osuna (2001) señala que un 46.7% del nitrógeno total añadido con el alimento se puede recuperar en biomasa de *L. vannamei* en un sistema de cultivo semi-intensivo, lo que concuerda con Islam et al. (2004), quienes reportaron en un presupuesto de nitrógeno para *P. monodon* en cultivo semi-intensivo un 40% del nitrógeno asimilado en biomasa de los organismos. Esta mayor eficiencia de asimilación puede explicarse al considerar la mayor participación de la productividad natural como fuente de alimento suplementario en sistemas de cultivo semi-intensivos, que se refleja a su vez en una mayor eficiencia en la utilización de nitrógeno suministrado en forma de alimento. En este sentido, pudiéramos entonces aventurar que un sistema cerrado sin recambio de agua quizás también sea también más eficiente en la incorporación de nitrógeno en biomasa de camarón por la misma razón.

González-Félix et al. (2006) evaluaron el presupuesto de nitrógeno para *L. vannamei* cultivado en un sistema experimental cerrado constituido de acuarios (0.23 m<sup>2</sup> de área superficial) con agua de 4.6‰ durante 4 semanas. Se utilizaron dietas con 25, 30, 35 y 40% de proteína y se observó que los camarones alimentados con 25% de proteína asimilaron un 42.9% en biomasa, mientras que aquellos alimentados con 40% de proteína solamente asimilaron un 31.5%. Por su parte, Miramontes-Higuera (2004) también evaluó el presupuesto de nitrógeno para la misma especie en un sistema experimental de las mismas características a una salinidad de 4.0‰ utilizando dietas del mismo contenido proteico, pero ajustando la tasa de alimentación para suministrar una alimentación isonitrógena, *i.e.*, una misma cantidad de proteína dietética (PD) por unidad de peso corporal húmedo (PCH) por día, la cual fue de 60 g de PD/kg de PCH/día. Los valores de porcentaje de nitrógeno incorporado a biomasa de camarón fluctuaron entre 39 a 46% del nitrógeno del alimento suministrado.

Estos reportes evidencian que, ciertamente, un sistema de cultivo con bajo o cero recambio donde la productividad natural juega un papel importante como alimento suplementario, permite una mayor eficiencia en la incorporación del nitrógeno en biomasa de camarón. Inclusive, las tasas de crecimiento de camarones cultivados en sistemas sin recambio de agua suelen ser similares o mayores a las de aquellos cultivados de manera semi-intensiva convencional, y han sido explicadas con base en el aporte nutricional de la productividad natural (Browdy y Bratvold 2001; Tacon et al. 2002; Burford et al. 2003).

### Nitrógeno Orgánico

Diversos estudios del presupuesto de nitrógeno muestran que un porcentaje importante del nitrógeno suministrado en forma de alimento suele permanecer en forma de nitrógeno orgánico dentro del sistema al final de un ciclo de cultivo. Thakur y Lin (2003) reportan en su estudio que la mayor pérdida de este nutriente, 14-53%, se observó al verificar su hundimiento y acumulación en los sedimentos del fondo de los tanques de concreto y enfatizan la importancia del sustrato (tierra) en la retención de este nutriente. En este sentido, Briggs y Funge-Smith (1994) mencionan que en estanques de cultivo de camarón con bajo recambio hay una rápida acumulación de sedimentos, presumiblemente materia orgánica, y que la pérdida de nutrientes a través del agua es menor debido a este fenómeno. Jackson et al. (2003) encontraron que la mayor forma de nitrógeno en los estanques de una granja intensiva de camarón, 57%, estaba en forma de nitrógeno disuelto que fue descargado en los efluentes. De esta fracción, un 37-43% estaba representado por nitrógeno orgánico disuelto (NOD). Además, mencionan que un 14% del nitrógeno entrante permaneció en los sedimentos de los estanques. González-Félix et al. (2006) reportan para un sistema experimental cerrado que el nitrógeno orgánico total, que incluyó el NOD, el nitrógeno en sólidos suspendidos y sedimentados, varió de 22.5-32.8%, las mayores concentraciones observadas en tratamientos donde se alimentó a *L. vannamei* con dietas de mayor contenido proteico (35 y 40% de proteína). Adicionalmente, Miramontes-Higuera (2004) menciona que, bajo condiciones experimentales muy similares, el nitrógeno orgánico total representó la segunda fracción más importante (23-27%) en el balance del presupuesto de nitrógeno de su estudio. Burford y Williams (2001) caracterizaron y cuantificaron el nitrógeno disuelto producto del desecho de la alimentación de *P. monodon*. Las altas concentraciones de NOD que observaron se deben probablemente a lixiviación del alimento y heces. Los autores mencionan que ambas formas pueden tener un efecto importante en la calidad de agua de los

estanques, por su acumulación y por estimular el crecimiento de la comunidad microbiana. Esto plantea entonces la posibilidad de mejorar la calidad de agua de los sistemas de cultivo y la reducción de la carga de nutrientes en los efluentes mediante la disminución de episodios de sobrealimentación y de la mejora en la retención del alimento por los camarones.

### **Nitrógeno Inorgánico**

El nitrógeno inorgánico es otra fracción importante del presupuesto de nitrógeno en las granjas de camarón. Del 57% del nitrógeno que fue descargado en los efluentes de la granja, Jackson et al. (2003) mencionan que el nitrógeno amoniacal total en su estudio representó un 12-21%. Los nitritos y nitratos estuvieron presentes en concentraciones relativamente bajas ( $\text{NO}_2\text{-N}$ : 0.004 mg/l;  $\text{NO}_3\text{-N}$ : 0.091 mg/l) por lo que no fueron considerados importantes componentes del presupuesto de nitrógeno de este estudio en particular. Thakur y Lin (2003) mencionan que el agua del sistema de cultivo cerrado que evaluaron contenía al final del experimento un 14-28% del nitrógeno suministrado, aunque no especifican que proporción de nitrógeno inorgánico contenía esta fracción. Sin embargo, para un sistema de cultivo experimental cerrado, González-Félix et al. (2006) mencionan que el nitrógeno inorgánico al final de su experimento, que incluyó amonio, nitritos y nitratos, varió de 14.5-24.4%, en tanto que el nitrógeno inorgánico representó un 4-37% en el estudio realizado por Miramontes-Higuera (2004) en un sistema experimental similar.

### **Nitrógeno No Recuperado**

Esta fracción del presupuesto es sumamente variable y difícil de explicar, pues el destino del nitrógeno no recuperado es incierto. Thakur y Lin (2003) reportan que el nitrógeno no recuperado en su estudio varió entre 5.2-36.0% del nitrógeno total suministrado al sistema de cultivo cerrado, mientras que González-Félix et al. (2006) y Miramontes-Higuera (2004) reportan para sus sistemas experimentales cerrados valores de 21.5-39.5% y 8-26% de nitrógeno no recuperado, respectivamente. Por su parte, Jackson et al. (2003) solamente reportan un 3% de nitrógeno no recuperado en los estanques de la granja donde realizaron su estudio, y en contraste, Daniels y Boyd (1988, 1989) estimaron que más del 55% del nitrógeno que entra en los estanques en forma de alimento puede no recuperarse de los estanques. En general, en los estudios anteriores se ha asumido que dicha fracción corresponde a procesos de desnitrificación y/o volatilización de amonio al ambiente, que pudiera intensificarse por efecto de la aireación vigorosa y alto pH. Thoman et al. (2001) reportaron una pérdida de nitrógeno de 9-21% de su sistema de recirculación y lo atribuyen a la remoción de gas  $\text{N}_2$  por medio de desnitrificación, ya que, según estos autores, las tasas de volatilización de amonio basadas en el modelo de intercambio de gas a través de una película delgada indican que la ocurrencia de este proceso contribuye muy poco al déficit de nitrógeno de los sistemas de cultivo. Jackson et al. (2003) mencionan que también es posible que parte del nitrógeno no recuperado sea secuestrado en los sedimentos acumulándose en forma de materia orgánica. Asimismo, la estimación del nitrógeno incorporado por el fitoplancton y la comunidad bacteriana, así como el monitoreo preciso de las pérdidas de nitrógeno en los efluentes, son sumamente importantes y probablemente pudieran explicar gran parte del nitrógeno que no se recupera, aunque estas estimaciones suelen ser difíciles de precisar.

## Conclusiones

El presupuesto de nitrógeno puede ser considerado como una herramienta útil para conocer la eficiencia del sistema de cultivo, mediante el cual se estima que cantidad de nitrógeno introducido en forma de alimento que se convierte en biomasa de camarón. Las dificultades que suelen enfrentar los investigadores al realizar un presupuesto de nitrógeno han propiciado el desarrollo de estrategias y metodologías para ayudarse en esta labor, y que todavía son factibles de perfeccionar. En la medida en que la utilización de los presupuestos de nitrógeno y de otros nutrientes sirva para mejorar el manejo y la eficiencia de las granjas de camarón con vistas a optimizar los sistemas de producción, la investigación realizada hasta el momento servirá para proveer las bases para la investigación futura.

## Referencias

- Briggs, M.R.P., Funge-Smith, S.J. (1994) A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand. *Aquaculture and Fisheries Management* **25**, 789-811.
- Browdy, C.L. & Bratvold, D. (2001) Effects of sand sediment and vertical surface (AquaMats(TM)) on production, water quality, and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. *Aquaculture* **195**, 81-94.
- Burford, M.A., Preston, N.P., Glibert, P.M., Dannison, W.C. (2002) Tracing the fate of <sup>15</sup>N-enriched feed in an intensive shrimp system. *Aquaculture* **206**, 199-216.
- Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C. (2003) Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* **219**, 393-411.
- Burford, M.A., Williams, K.C. (2001) The fate of nitrogenous waste from shrimp feeding. *Aquaculture* **198**, 79-93.
- Daniels, H.V., Boyd, C.E. (1988) Pond bottom degradation. *Coastal Aquaculture* **5**, 2-5.
- Daniels, H.V., Boyd, C.E. (1989) Chemical budgets for polyethylene-lined brackishwater ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* **20**, 53- 60.
- González-Félix, M.L., Gómez-Jiménez, S., Perez-Velazquez, M., Davis, D.A., Velasco-Rameños, J.G. (2006) Nitrogen budget for a low salinity zero water exchange culture system: I. Effect of various dietary protein levels on the biological performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*, submitted.
- Islam, M.S., Sarker, M.J., Yamamoto, T., Wahab, M.A., Tanaka, M. (2004) Water and sediment quality, partial mass budget and effluent N loading in coastal brackishwater shrimp farms in Bangladesh. *Marine Pollution Bulletin* **48** (5-6), 471-485.
- Jackson, C., Preston, N., Thompson, P.J., Burford, M. (2003) Nitrogen Budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. *Aquaculture* **218**, 397-411.
- Miramontes-Higuera, N. (2004) Alimentación isonitrógena de diferentes niveles de proteína dietética para *Litopenaeus vannamei* Boone 1931 (Crustacea: Penaeidae) en sistema de cultivo estático en baja salinidad: Efecto sobre el presupuesto de nitrógeno y parámetros de producción. Universidad de Sonora, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Hermosillo, Sonora, México. 55p.
- Paerl, H.W. & Whitall, D.R. (1999) Anthropogenically-derived atmospheric nitrogen deposition, marine eutrophication and harmful algal blooms expansion: is there a link? *Ambio* **28**, 307-311.
- Pérez-Osuna, F. (2001) Camaronicultura y medio ambiente. Instituto de ciencias del Mar y Limnología, Estación Mazatlán, UNAM, Programa Universitario de Alimentos y El Colegio de Sinaloa. México D.F. 451 p.
- Schuur, A.M. (2003) Evaluation of biosecurity applications for intensive shrimp farming. *Aquacultural Engineering* **28**, 3-19.
- Smith, L.L. & Lawrence, A.L. (1990) Feasibility of penaeid shrimp culture in inland saline groundwater-fed ponds. *The Texas Journal of Science* **42**, 3-12.
- Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conquest, L.D., Divakaran, S., Forster, L.P., Decamp, O.E. (2002) Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition* **8**, 121-137.
- Thakur, D.P. & Lin, C.K. (2003) Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquacultural Engineering* **27**, 159-176.

- Thoman, E.S., Ingall, E.D., Davis, D.A., Arnold, C.R. (2001) A nitrogen budget for a closed, recirculating mariculture system. *Aquacultural Engineering* **24**, 195-211.
- Tyrell, T. (1999) The relative influences of nitrogen and phosphorus on oceanic primary production. *Nature* **400**, 525-531.
- Young, A. (2002) Nitrogen budgets for your dairy. Utah State University Extension. *Electronic Publishing AG/Dairy-02*, 1-4.