





## Impacto de la alimentación automática sobre la calidad del suelo en cultivo de *Litopenaeus vannamei*

### Impact of automatic feeding on soil quality in *Litopenaeus vannamei* cultivation

Erick Méndez-Macias<sup>1,2\*</sup> y Geovanna Parra-Riofrío<sup>1,2,3\*</sup>

 0000-0002-0677-1514

 0000-0001-5400-2181

1. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, 090601 Guayaquil, Ecuador. [erick.mendezm@ug.edu.ec](mailto:erick.mendezm@ug.edu.ec)\*, [geovanna.parrar@ug.edu.ec](mailto:geovanna.parrar@ug.edu.ec)

2. Laboratorio de Acuicultura, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, 090601 Guayaquil, Ecuador.

3. Departamento de Acuicultura, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Larrondo 1281, Coquimbo, Chile.

\* Autor de correspondencia / Corresponding author

#### RESUMEN

Uno de los aspectos más importantes para una acuicultura sustentable es el manejo adecuado del alimento, para lo cual la mejor estrategia es la implementación de alimentadores automáticos que permiten optimizar las raciones de alimento y optimizar el rendimiento productivo. El presente estudio evaluó el impacto de la alimentación automática sobre la calidad del suelo en el cultivo de *Litopenaeus vannamei* en tres piscinas experimentales en un periodo de tres meses; se evaluaron las cantidades de materia orgánica, carbono orgánico, pH, nitrógeno y la relación carbono-nitrógeno (C/N) para discernir si existen diferencias en los puntos de alimentación y de tipo pulmón. En los análisis finales no se observaron diferencias estadísticas ( $p \geq 0.05$ ) entre los puntos de alimentación y entre las piscinas. Estos resultados demuestran que la alimentación automática no provoca cambios en la calidad del suelo en el cultivo de *L. vannamei*.

**PALABRAS CLAVES:** materia orgánica, carbono orgánico, pH, nitrógeno, C/N.

#### ABSTRACT

One of the most important aspects for sustainable aquaculture is the proper management of feed, for which the best strategy is the implementation of automatic feeders that allow optimizing feed rations and optimizing productive performance. The present study evaluated the impact of automatic feeding on soil quality in the cultivation of *Litopenaeus vannamei* in three experimental pools in a period of three months; where were evaluated the amount of organic matter, organic carbon, pH, nitrogen and the carbon-nitrogen ratio (C/N) to evaluate if there are differences in the feeding and lung-type zones. In the final analyzes no statistical differences ( $p \geq 0.05$ ) were observed in the parameters between the feeding areas and between the pools. These results demonstrate that automatic feeding does not cause changes in soil quality in the cultivation of *L. vannamei*.

**KEYWORDS:** organic matter, organic carbon, pH, nitrogen, C/N.

## INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país con una enorme producción de camarón (López, 2016), que representa 90 % de su sector acuícola y es uno de los principales sustentos económicos del país (Gonzabay *et al.*, 2021). El camarón blanco *Litopenaeus vannamei* es el principal crustáceo cultivado a nivel mundial y tiene gran importancia para la seguridad alimentaria. El desarrollo de este crustáceo en cultivo depende de factores como calidad de agua y suelo, variables físico-químicas y alimentación (Gonzabay *et al.* 2021), este último es uno de los aspectos económicos principales, superando 50 % de los costos de producción totales (Castro y Ordinola, 2021).

En el suelo de los piscinas camaroneras los aportes de nitrógeno y fósforo, que ingresan principalmente por alimento no consumido y heces, se degrada en el sedimento y se incorpora a la columna de agua afectando todo el sistema ecológico ya que forman sustratos anaeróbicos (Zhu *et al.*, 2016; Juárez *et al.*, 2021). Debido al impacto negativo de la acuicultura sobre el medio ambiente se deben buscar formas para convertirla en una actividad sostenible y para esto se deben mejorar los procesos a través de la tecnología para disminuir los costos ambientales y de producción, especialmente en el alimento (Guevara *et al.*, 2022). Una de estas estrategias ha sido la implementación de alimentadores automáticos lo cual permite disminuir la pérdida de alimento que se concentra en el sedimento, mejorar la tasa de conversión alimenticia y reducir costos (FAO, 2020).

Sin embargo, la utilización de los alimentadores automáticos puede tener impactos negativos sobre la calidad del suelos (Beltrán, 2017), dado que existe el riesgo de que en los puntos de alimentación, el alimento balanceado no sea consumido en su totalidad, generando zonas específicas de acumulación de materia orgánica y deteriorando la calidad del suelos (Rojas *et al.*, 2017; Gilbert, 2021). Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar el impacto que tiene la alimentación automática en la calidad del suelo de un cultivo de *Litopenaeus vannamei* durante un ciclo de cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio fue en una finca camaronera ubicada en el km 18 vía a la Costa en el sector Chongón (607400.00 m E y 9756200.00 m S), cerca de la ciudad de Guayaquil, Provincia del Guayas (Figura 1).

## INTRODUCTION

Ecuador is a country with a vast shrimp production (López, 2016), which represents 90 % of its aquaculture sector and is one of the main economic supports of the country (Gonzabay *et al.*, 2021). The whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* is the main crustacean cultivated around the world and is of great importance for food security. The development of this crustacean during cultivation depends on factors such as water and soil quality, physicochemical variables, and feeding (Gonzabay *et al.*, 2021). The latter is one of the most relevant economic aspects, exceeding 50 % of the total production costs (Castro and Ordinola, 2021).

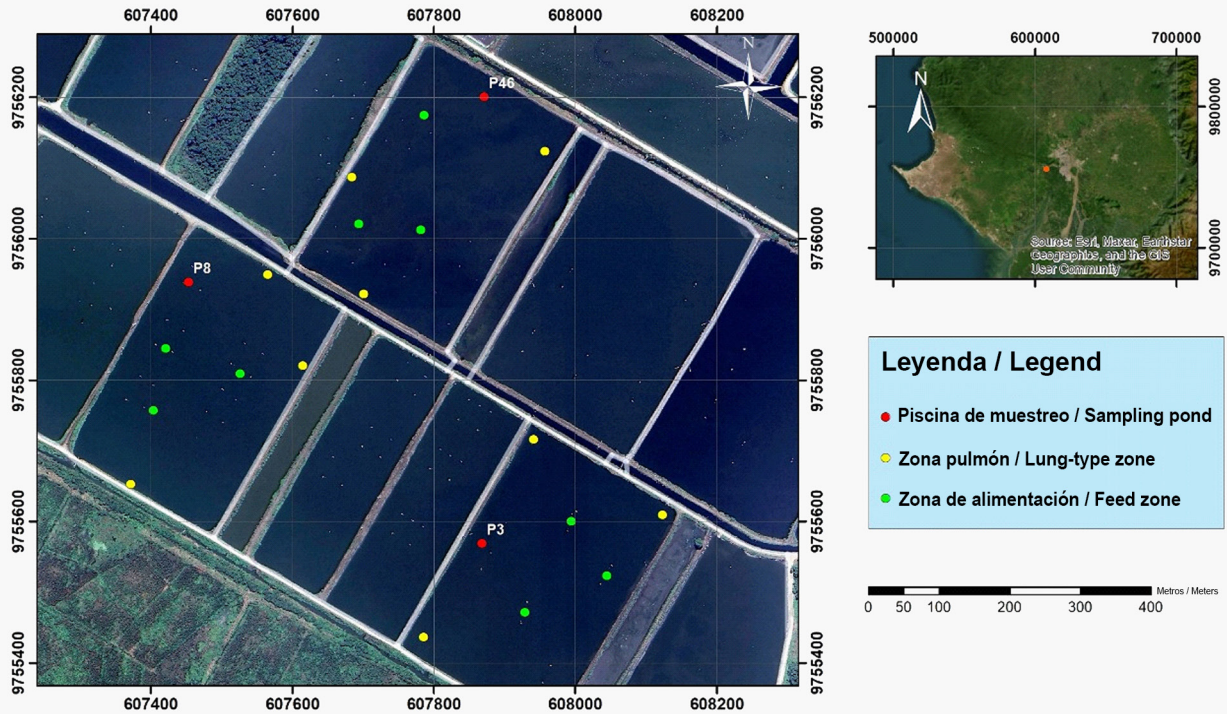
In the soil of shrimp ponds, nitrogen and phosphorous contributions – which mainly enter through unconsumed feed and feces – is degraded in the sediment and incorporated to the water column, affecting the entire ecological system, as this forms anaerobic substrates (Zhu *et al.*, 2016; Juárez *et al.*, 2021). Given its negative impact on the environment, ways to transform aquaculture into a sustainable activity must be sought. To this effect, the processes involved should be improved by means of technology, in order to reduce environmental and production costs, especially with regard to feed (Guevara *et al.*, 2022). One of these strategies has been the implementation of automatic feeders, which allows reducing the loss of feed concentrating in the sediment, as well as improving the feed conversion rate and reducing costs (FAO, 2020).

However, the use of automatic feeders can have negative impacts on soil quality (Beltrán, 2017), as there is a risk that the balanced feed is not completely consumed at the feeding points, which entails specific areas of organic matter accumulation, thereby deteriorating soil quality (Rojas *et al.*, 2017; Gilbert, 2021). Therefore, the objective of this study was to evaluate the impact of automatic feeding on the soil quality of a *Litopenaeus vannamei* culture over one cultivation cycle.

## MATERIALS AND METHODS

The study area corresponded to a shrimp farm located in km 18 of the road to the coast [Vía a la Costa] in the Chongón sector (607400.00 m E and 9756200.00 m S), near the city of Guayaquil, Guayas province (Figure 1).

## Localización del área de estudio / Location of area of study



**Figura 1.** Mapa de ubicación del área de estudio, puntos rojos muestran las piscinas de muestreo, puntos amarillos y verdes indican las muestras tomadas en los puntos pulmón y de alimentación, respectivamente.

**Figure 1.** Map of the location of the study area. Red dots show the sampling ponds. Yellow and green dots indicate the samples taken in the lung-type and feeding zones, respectively.

La camaronera tiene un total de 550 ha, las piscinas utilizadas para el ensayo fueron P3 (18.7 ha), P8 (17 ha) y P46 (17.5 ha); la época del cultivo fue durante marzo-junio de 2023 equivalente a un período lluvioso, las piscinas P3, P8 y P46 tuvieron una densidad de siembra de 155000 animales/ha, cosecha final de 95500; 93496 y 101000 animales/ha y sobrevivencia de 62 %; 60 % y 65 %, respectivamente. La alimentación automática fue de tipo sónico, con alimentadores Eruvaka de capacidad de tolva de 125 kg y radio de dispersión de  $13 \pm 2$  m, la periodicidad fue multirración a saciedad de los individuos.

Se obtuvieron muestras de sedimento durante la siembra y cosecha en tres piscinas durante un ciclo de cultivo en dos zonas, la primera fue en una ubicación cercana a un alimentador automático (zona de alimentación) y la segunda fuera del radio de dispersión de los alimentadores automáticos (zona pulmón). Se realizó una toma directa de 1 kg de sedimento y se guardó en bolsas herméticas de polietileno, la extracción de las muestras se realizó en puntos cercanos a los alimentadores automáticos ( $n = 3$ ) y en la zona pulmón ( $n = 3$ ). En las muestras de sedimentos se analizaron:

The shrimp farm spans a total of 550 ha. The ponds used during testing were P3 (18.7 ha), P8 (17 ha), and P46 (17.5 ha). The cultivation period went between March and June 2023, which corresponded to a rainy period. The P3, P8, and P46 ponds had a stocking density of 155000 animals/ha; a final harvest of 95000, 93496, and 101000 animals/ha; and a survival rate of 62, 60, and 65 %, respectively. Automatic feeding was of the sonic type, using Eruvaka feeders with a hopper capacity of 125 kg and a dispersion radius of  $13 \pm 2$  m. The feeding frequency was multi-ratio to the satiety of the individuals.

Sediment samples were obtained during stocking and harvesting in three ponds over a cultivation cycle in two zones. The first zone was located near an automatic feeder (feeding zone), and the second one was outside the automatic feeders' dispersion radius (lung-type zone). 1 kg of sediment were directly taken and stored in airtight polyethylene bags. Sample extraction was carried out at points near automatic feeders ( $n = 3$ ) and in the lung-type zone ( $n = 3$ ). In the sediment samples, the following parameters were analyzed: pH (Skoog *et al.*, 1992), total nitrogen (Kjeldahl, 1883),

pH (Skoog *et al.*, 1992), nitrógeno total (Kjeldahl, 1883), materia orgánica (Davies, 1974) y carbono orgánico según el método NMX-AA-021, 1985.

Los resultados se analizaron a través del software Statistica (V.7). Se realizó un análisis de varianza de una vía (Anova), para determinar las diferencias significativas entre las tomas de muestras antes y después para los puntos de alimentación y pulmón para las variables materia orgánica, carbono orgánico, pH, nitrógeno total, C/N. Se realizó un test *a posteriori* de Tukey para identificar diferencias entre los grupos. La homogeneidad de las varianzas se comprobó a través del test de Levene y se consideró una significancia estadística de  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

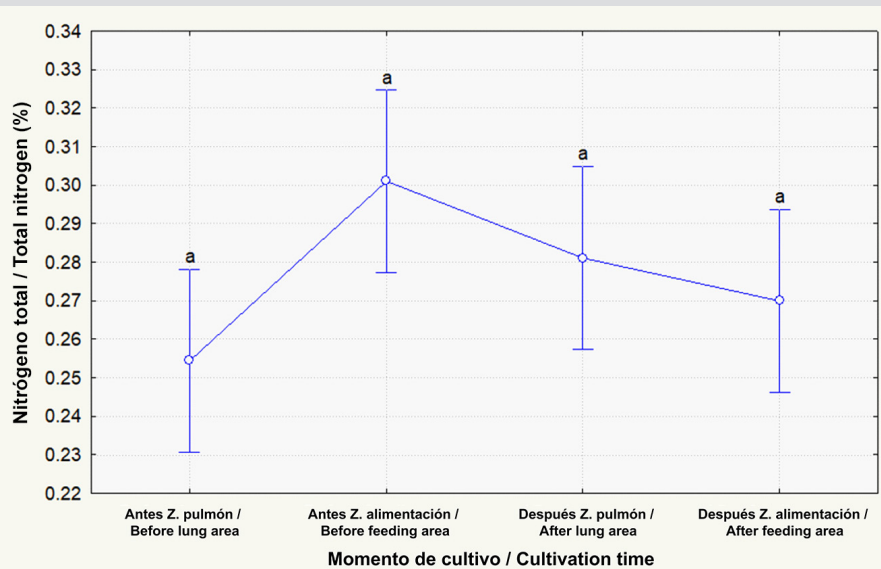
El porcentaje de carbono orgánico no mostró diferencias estadísticas entre las áreas tipo pulmón y alimentación tanto antes como después del cultivo de *L. vannamei* (Figura 2;  $p \geq 0.05$ ); el porcentaje de carbono orgánico se incrementó en 0.3 % en la zona pulmón después de finalizar el cultivo, pero en la de alimentación hubo una disminución de 0.04 %, pero sin mostrar diferencias significativas (Figura 2;  $p \geq 0.05$ ). Respecto al porcentaje de materia orgánica, no existieron diferencias entre los puntos pulmón y alimentación en ambos periodos del cultivo (Figura 3;  $p \geq 0.05$ ); en el pulmón el porcentaje de materia orgánica

organic matter (Davies, 1974), and organic carbon according to the NMX-AA-021 method (1985).

The results were analyzed using the Statistica (V.7) software. A one-way analysis of variance (Anova) was performed to identify significant differences in pre- and post-cultivation sampling for the feeding and lung-type zones regarding the following variables: organic matter, organic carbon, pH, total nitrogen, and C/N. An *a posteriori* Tukey test was carried out in order to identify differences between groups. Variance homogeneity was validated via the Levene test, considering a statistical significance of  $p < 0.05$ .

## RESULTS

The organic carbon percentage showed no statistical differences between feeding and lung-type areas both before and after *L. vannamei* cultivation (Figure 2;  $p \geq 0.05$ ). This percentage increased by 0.3 % in the lung-type zone after cultivation ended, but, in the feeding area, there was a 0.04 % decrease, albeit showing no significant differences (Figure 2;  $p \geq 0.05$ ). As for the organic matter percentage, there were no differences between the lung-type and feeding zones in both cultivation periods (Figure 3;  $p \geq 0.05$ ). In the lung-type zone, this percentage increased from 3.1 to 3.2, and, in the feeding area, it decreased from 3.4 to 3.1, albeit with no significant differences ( $p \geq 0.05$ ; Figure 3). Regarding the pH, no significant differences

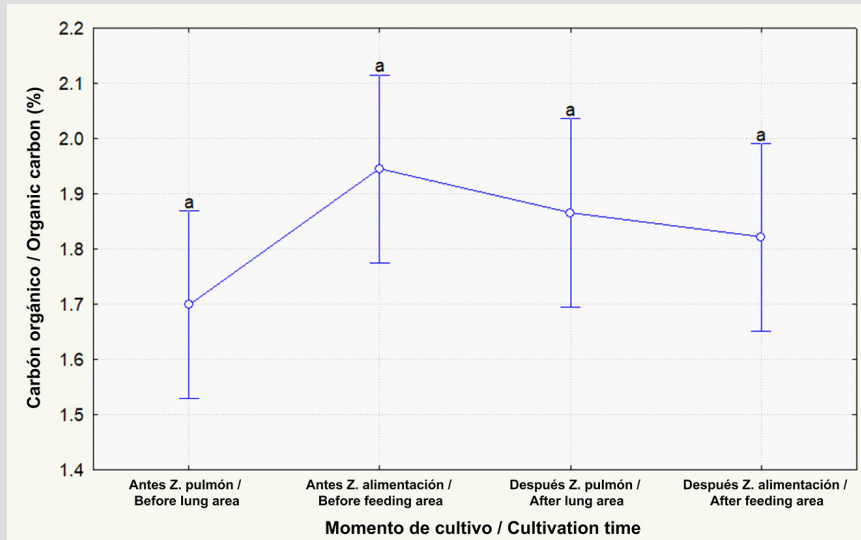


**Figura 2.** Porcentaje del carbono orgánico antes y después del cultivo de *L. vannamei* en las áreas tipo pulmón y alimentación. Los datos representan el promedio  $\pm$  error estándar ( $n = 3$ ). Letras distintas indican diferencias significativas (Anova, test Tukey  $p < 0.05$ ).

**Figure 2.** Organic carbon percentage before and after *L. vannamei* cultivation in lung-type and feeding zones. The data represent the average  $\pm$  standard error ( $n = 3$ ). Different letters indicate significant differences (Anova, Tukey test,  $p < 0.05$ ).

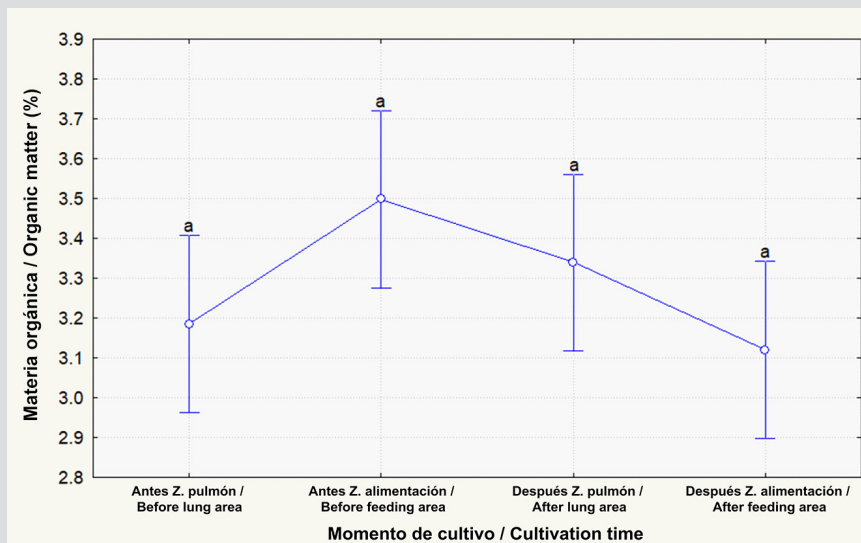
aumentó de 3.1 a 3.2 y en la zona de alimentación disminuyó de 3.4 a 3.1, pero sin diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ; Figura 3). En la variable pH se observó que no hay diferencias significativas antes y después del cultivo respecto a las zonas pulmón y alimentación ( $p \geq 0.05$ ; Figura 4); sin embargo, al finalizar el cultivo, en el punto pulmón el pH aumenta 0.41 y en la de alimentación 0.20 unidades, pero sin diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ).

were observed before and after cultivation in the lung-type and feeding zones ( $p \geq 0.05$ ; Figure 4). However, when cultivation ended, the pH at the lung-type point increased by 0.41, as well as by 0.20 in the feeding area, albeit with no significant differences ( $p \geq 0.05$ ).



**Figura 3.** Porcentaje de materia orgánica antes y después del cultivo de *L. vannamei* respecto a las áreas tipo pulmón y alimentación. Los datos representan el promedio  $\pm$  error estándar ( $n = 3$ ). Letras distintas indican diferencias significativas (Anova, test Tukey  $p < 0.05$ ).

**Figure 3.** Organic matter percentage before and after *L. vannamei* cultivation for the lung-type and feeding areas. The data represent the average  $\pm$  standard error ( $n = 3$ ). Different letters indicate significant differences (Anova, Tukey test,  $p < 0.05$ ).

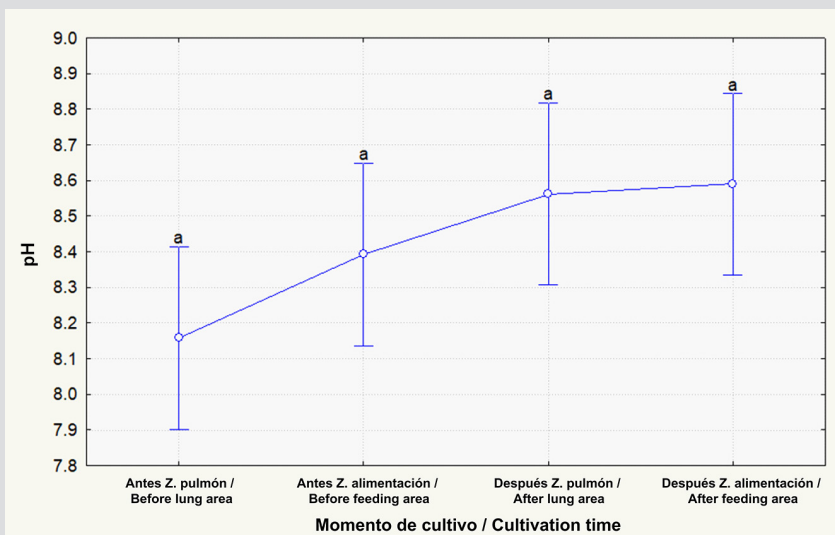


**Figura 4.** Niveles de pH de las tres piscinas antes y después del cultivo de *L. vannamei* respecto a las zonas de tipo pulmón y alimentación. Los datos representan el promedio  $\pm$  error estándar ( $n = 9$ ). Letras distintas indican diferencias significativas (Anova, test Tukey  $p < 0.05$ ).

**Figure 4.** pH levels in the three ponds before and after *L. vannamei* cultivation for the lung-type and feeding zones. The data represent the average  $\pm$  standard error ( $n = 9$ ). Different letters indicate significant differences (Anova, Tukey test,  $p < 0.05$ ).

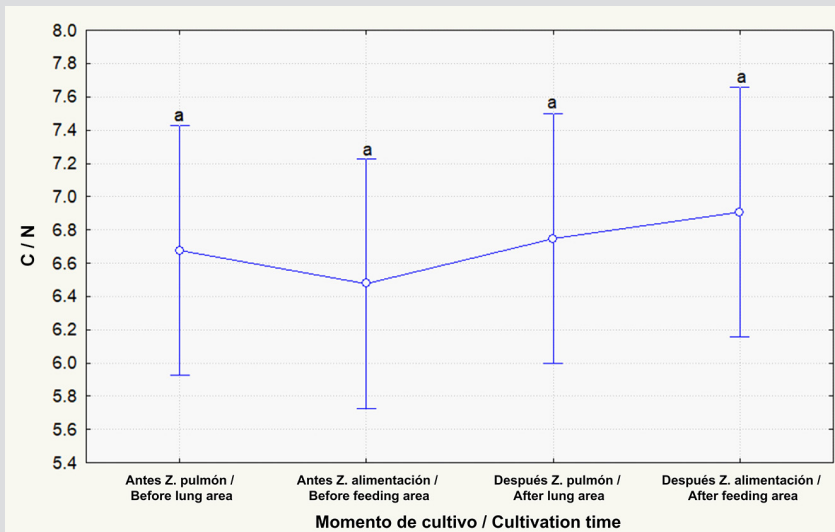
El porcentaje de nitrógeno total tampoco mostró diferencias entre las áreas pulmón y alimentación (Figura 5;  $p \geq 0.05$ ). En la figura 6 se observa que no existieron diferencias significativas con respecto a la relación C/N entre las áreas pulmón y alimentación antes y después del cultivo de *L. vannamei* ( $p \geq 0.05$ ); los niveles de concentración en la pulmón fueron similares siendo de 6.6 y 6.7, mientras en la de alimentación hubo un incremento de 6.4 a 6.9, pero sin diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ).

The total nitrogen percentage also showed no differences between the lung-type and feeding areas (Figure 5;  $p \geq 0.05$ ). Figure 6 indicates that there were no significant differences regarding the C/N ratio between lung-type and feeding areas before and after *L. vannamei* cultivation ( $p \geq 0.05$ ). The concentration levels in the lung-type area were similar (*i.e.*, 6.6 and 6.7), whereas, in the feeding zone, they increased from 6.4 to 6.9, albeit with no significant differences ( $p \geq 0.05$ ).



**Figura 5.** Porcentaje de nitrógeno total antes y después del cultivo de *L. vannamei* respecto a los puntos de tipo pulmón y alimentación. Los datos representan el promedio  $\pm$  error estándar ( $n = 3$ ). Letras distintas indican diferencias significativas (Anova, test Tukey  $p < 0.05$ ).

**Figure 5.** Total nitrogen percentage before and after *L. vannamei* cultivation at the lung-type and feeding points. The data represent the average  $\pm$  standard error ( $n = 3$ ). Different letters indicate significant differences (Anova, Tukey test,  $p < 0.05$ ).



**Figura 6.** Relación carbono-nitrógeno (C/N) antes y después del cultivo *L. vannamei* respecto a las zonas tipo pulmón y alimentación. Los datos representan el promedio  $\pm$  error estándar ( $n = 3$ ). Letras distintas indican diferencias significativas (Anova, test Tukey  $p < 0.05$ ).

**Figure 6.** Carbon-nitrogen (C/N) ratio before and after *L. vannamei* cultivation in the lung-type and feeding areas. The data represent the average  $\pm$  standard error ( $n = 3$ ). Different letters indicate significant differences (Anova, Tukey test,  $p < 0.05$ ).

## DISCUSIÓN

Esta investigación pudo determinar que el porcentaje de la materia orgánica fluctuó entre 3.12 y 3.49 %. Estos valores son diferentes a los obtenidos por Jewel *et al.* (2021), quienes determinaron una concentración de  $2.39 \pm 0.06$  de carbono orgánico en cultivo de camarón blanco. Esta diferencia puede ser atribuida a los recambios de agua (2.5 m) diarios que se efectuaron en la investigación antes mencionada, mientras que en esta fue de 2 m diarios, lo que disminuyó la cantidad de materia orgánica que puede sedimentarse. Por el contrario, Islam *et al.* (2016) encontraron valores que fluctuaron entre 4.81 y 6.59 %, posiblemente estos valores altos se debieron a que el cultivo tuvo una duración de 12 meses, superior al período de cultivo de este estudio tres meses, lo que afectaría la capacidad de sedimentación de la materia orgánica.

En cuanto al porcentaje de carbono orgánico sus valores se hallaron entre 1.69 %, y 1.94 %, los cuales difieren de los obtenidos por Mustafa *et al.* (2018), quienes registraron porcentajes entre 2.19 y 5.22. El nivel alto de carbono orgánico de la investigación antes mencionada puede estar asociado al tiempo de un año que duró el cultivo aumentando la capacidad de sedimentación; por otro lado, Anna y Dinesh (2021) obtuvieron valores bajos de 1.28 % de carbono orgánico sin el uso de alimentadores automáticos. Sin embargo, los resultados de este estudio muestran valores cercanos, lo que podría indicar que en tres meses de cultivo y una densidad de siembra de 15 animales/m<sup>2</sup> no se observa una acumulación significativa de materia orgánica.

Los resultados del análisis del pH concuerdan con los valores obtenidos en el estudio realizado por Vinothkumar *et al.* (2018), en el cual esta variable fue en aumento durante las dos etapas del cultivo con valores que corresponden a 7.8 y 8.3, antes y después de la cosecha. Por su parte, en el presente proyecto el pH fluctuó entre 8.15 y 8.59, mientras que Islam *et al.* (2016) obtuvieron un pH entre 6.22 y 8.58 durante todo el periodo de cultivo; dicha fluctuación se explica porque las piscinas estaban en una zona inundable por el efecto de las mareas. En el presente estudio las piscinas no están en áreas inundables, el nivel de agua fue controlado con recambios diarios de 2 m, lo cual pudo influir que las variaciones de pH no sean amplias, puesto que hubo una renovación constante.

En cuanto al porcentaje de nitrógeno total observado fue menor a lo encontrado por Vinothkumar *et al.* (2018), en la fase del pre-cultivo, el cual obtuvo 0.63 % siendo

## DISCUSSION

This research could determine that the organic matter percentage fluctuated between 3.12 and 3.49 %. These values are different from those obtained by Jewel *et al.* (2021), who observed an organic carbon concentration of  $2.39 \pm 0.06$  in whiteleg shrimp cultivation. This difference can be attributed to the daily water exchanges (2.5 m) that were carried out in the aforementioned study, in contrast to this study's 2 m per day, which reduced the amount of organic matter that could be sedimented. On the other hand, Islam *et al.* (2016) found values that fluctuated between 4.81 and 6.59 %. These high values might be due to the fact that the cultivation period lasted 12 months, which is higher than that of this study (three months), thus affecting the organic matter's sedimentation capacity.

As for the organic carbon percentage, the values were between 1.69 and 1.94 %, differing from those obtained by Mustafa *et al.* (2018), who recorded percentages between 3.19 and 5.22. The high organic carbon levels reported in the aforementioned research may be associated with the duration of the cultivation period (one year), which increased the sedimentation capacity. On the other hand, Anna and Dinesh (2021) obtained low organic carbon values (1.28 %) without the use of automatic feeders. Nevertheless, the results of this study show similar values, likely indicating that, over three months of cultivation and with a stocking density of 15 animals/m<sup>2</sup>, no significant organic matter accumulation is observed.

The results of the pH analysis agree with the values obtained in the study conducted by Vinothkumar *et al.* (2018), who reported an increase in this variable over the two cultivation stages, with values corresponding to 7.8 and 8.3 before and after harvesting. In this project, the pH fluctuated between 8.15 and 8.59, whereas Islam *et al.* (2016) obtained values between 6.22 and 8.22 throughout the cultivation period. This fluctuation is explained by the fact that the ponds were in a floodable area due to the effect of the tides. In this work, the ponds were not located in floodable areas; the water level was controlled via daily water exchanges of 2 m. This could have influenced the fact that the pH variations were not wide, since there was constant renewal.

The total nitrogen percentage observed was lower than that found by Vinothkumar *et al.* (2018) in the pre-cultivation phase, these authors obtained 0.63 %, more than two times the values obtained in this research. However,

más del doble de lo obtenido en la actual investigación. Sin embargo, esos mismos autores al final del cultivo registraron que el porcentaje de nitrógeno total fue de 0.35 %, valor cercano a lo que se obtuvo en este proyecto (0.30 %); esto puede atribuirse al hecho que en el estudio de Vinothkumar *et al.* (2018), se utilizaron fertilizantes ricos en nitrógeno para promover el crecimiento de algas antes de comenzar el cultivo, lo que provocó un aumento inicial del porcentaje de nitrógeno. Durante el tiempo que transcurrió hasta la cosecha, el nitrógeno tuvo que ser asimilado por los microorganismos hasta quedar en valores entre 0.05 y 0.4 %; según Mustafa *et al.* (2018), las concentraciones mencionadas se pueden hallar en el sedimento después de finalizar e iniciar un ciclo de cultivo de *L. vannamei* en una piscina.

Por otra parte, un estudio realizado por Poersch *et al.* (2020) obtuvo concentraciones menores a 0.07 % de nitrógeno total en piscinas; esas concentraciones estarían influenciadas por la cantidad de carbono orgánico y al alto grado de porosidad del sedimento. Además, determinaron que la constante aireación artificial sumada al contenido arenoso predominante en el sedimento pudo haber mejorado la descomposición de la materia orgánica, evitando la acumulación de carbono en el sedimento. En esta investigación la cantidad de carbono orgánico fluctuó entre 1.69 a 1.94, lo que en conjunto con una estructura porosa menor del suelo podría explicar que el contenido de nitrógeno total fluctuará entre 0.25 y 0.30, ya que de acuerdo con Pelletier *et al.* (2011) una mayor porosidad aumenta el proceso de volatilización del nitrógeno.

En cuanto a estudios de relación C/N en sedimentos de piscinas, hay información escasa que se puede utilizar para realizar comparaciones con el presente estudio; la mayor parte de los trabajos donde se han realizado análisis de C/N están relacionados a sistemas biofloc. Algunos autores como Xu *et al.* (2022) han realizado experimentos con diferentes concentraciones de C/N en los que han obtenido como resultado una mejor asimilación de compuestos nitrogenados ( $\text{NO}_3\text{-N}$ , TN, TAN) cuando las relaciones C/N aumentaron de 8:1 a 16:1; además otros autores como Xu *et al.* (2016) y Panigrahi *et al.* (2018) experimentaron el efecto de diferentes relaciones C/N para reducir las concentraciones de nitratos ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), nitritos ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), nitrógeno total (TN) y nitrógeno amoniacal total (TAN), obteniendo como resultado mejores tasas de reducción al aumentar las concentraciones en la relación, siendo más favorable relaciones C/N de 20:1.

Sin embargo, Boyd *et al.* (2001), sugieren que relaciones superiores a 10:1 en el sedimento son adecuadas para evitar una descomposición acelerada de la materia

after cultivation, they recorded a total nitrogen percentage of 0.35 %, a value close to that of this project (0.30 %); this can be attributed to the fact that, in the study by Vinothkumar *et al.* (2018), nitrogen-rich to promote algae growth before cultivation started, this caused an increase in the initial nitrogen percentage. During the time that elapsed until harvest, nitrogen had to be assimilated by microorganisms, resulting in values between 0.05 and 0.4 %; according to Mustafa *et al.* (2018), the aforementioned concentrations can be found in the sediment after completing and starting an *L. vannamei* cultivation cycle in a pond.

On the other hand, a study conducted by Poersch *et al.* (2020) obtained total nitrogen concentrations lower than 0.07 % in ponds; these concentrations could be influenced by the amount of organic carbon and the sediment's high degree of porosity. In addition, said authors determined that constant artificial aeration, coupled with the predominantly sandy contents of the sediment, could have enhanced the decomposition of organic matter, preventing the accumulation of carbon in the sediment. In this research, the amount of organic carbon fluctuated between 1.69 and 1.94, which, together with a less porous soil structure, could explain the total nitrogen content's fluctuation between 0.25 and 0.30, given that, according to Pelletier *et al.* (2011), a greater porosity enhances the nitrogen volatilization process.

As for studies on the C/N ratio in pond sediments, usable information for use in comparisons with this study is scarce; most of the works that have conducted C/N analyses are related to biofloc systems. Some authors like Xu *et al.* (2022) have performed experiments with different concentrations of C/N, obtaining a better understanding of assimilation of nitrogenated compounds ( $\text{NO}_3\text{-N}$ , TN, TAN) when increasing C/N ratios from 8:1 to 16:1; in addition, other authors such as Xu *et al.* (2016) and Panigrahi *et al.* (2018) experimented with the effect of different C/N ratios to reduce the concentrations of nitrates ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), nitrites ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), total nitrogen (TN), and total ammonia nitrogen (TAN), reporting better reduction rates when increasing the concentrations in the ratio, with the most favorable being the 20:1 C/N ratio.

The relationships presented in this study agree with Boyd (1995), who found ratios between 6:1 and 12:1 in pond souls, albeit lower than those reported by Boyd *et al.* (2001). These authors suggest that ratios higher than 10:1 in sediments are adequate for preventing an accelerated decomposition of organic matter and the occurrence of parasitic nematodes, even though they





orgánica y aparición de nemátodos parásitos. Sin embargo, Boyd (1995) señaló que relaciones C/N que se encuentran en suelos de piscinas entre 6:1 a 12:1 están dentro de los resultados hallados en la presente investigación, la cual encontró relaciones C/N de 6:1, justificando que las piscinas experimentales de este estudio estén dentro del rango aceptable, pero con una baja tasa de reducción de compuestos nitrogenados si se le compara con un sistema biofloc (Xu *et al.*, 2016, 2022; Panigrahi *et al.*, 2018). Con base a lo observado en las anteriores investigaciones se infiere que la relación C/N de 6:1 hallada en el presente estudio, según lo explicado por Boyd (1995), justifica que las piscinas experimentales se encuentren dentro del rango óptimo para una correcta mineralización de la materia orgánica.

## CONCLUSIONES

La alimentación automática no provoca cambios en la calidad del suelo del cultivo de *L. vannamei* entre las zonas de alimentación y pulmón con respecto al antes y después del cultivo: no se observaron diferencias significativas en el porcentaje de carbono orgánico, materia orgánica, pH y nitrógeno total lo que conllevó a que la relación carbono-nitrógeno no muestre variación con los alimentadores automáticos manteniéndose en niveles adecuados para los procesos de mineralización de la materia orgánica.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al grupo camaronero Granmar por permitir el análisis de sus datos y piscinas para la presente investigación.

provide a low nitrogenated compounds reduction rate when compared against a biofloc system (Xu *et al.*, 2016, 2022; Panigrahi *et al.*, 2018). Based on that observed in previous research, it is inferred that the C/N ratio of 6:1 found in this study, according to Boyd (1995), demonstrates that the experimental ponds are within the optimal range for an adequate mineralization of organic matter.

## CONCLUSIONS

Automatic feeding does not cause changes in soil quality before and after the cultivation of *L. vannamei* in both feeding and lung-type areas. No significant differences were observed in the organic carbon percentage, organic matter, pH, and total nitrogen, leading the carbon-nitrogen ratio to show no variations related to automatic feeders, reporting adequate levels for the mineralization of organic matter.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the Granmar shrimp group for allowing us to analyze their data and ponds within the framework of this research.

## BIBLIOGRAFÍA / LITERATURE CITED

- Acebo Plaza, M., M. Álvarez, F. Marcillo, J. Rodríguez, S. Menéndez y J. Quijano. 2018. Orientación estratégica para la toma de decisiones. Industria de Acuicultura. Ecuador. Esc. Superior Politécnica del Litoral.
- Anna, A. and K. Dinesh.. 2021. Feasibility study and seasonal variations in physico-chemical parameters of water and soil quality analysis and management of the Vannamei shrimp farms in Kerala, India. *Int. J. Fish. Aquat. Stud.*, 9(6): 113-119.
- Beltrán, M. 2017. Innovación en el sector acuícola. *Ra Ximhai*, 13(3): 351-364.
- Boyd, C.E. 1995. Bottom soils sediment, and pond aquaculture. Springer, New York.
- Boyd, C.E., G. Treece, R.C. Engle, D. Valderrama, C.R. Lightner, C.R. Pantoja, J. Fox, D. Sánchez, S. Otwell, L. Garrido y V. Garrido. 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica, 30 p.
- Castro, J. y A. Ordinola. 2021. La estrategia de ayuno y realimentación, una alternativa viable para optimizar el consumo de alimento balanceado en el cultivo semi-intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 32(5): e19546.
- Davies, B. 1974. Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J. Proc.*, 38(1): 150-151.
- FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.

- Gilbert, R. 2021. Sistemas de alimentación: Cómo evitar la degradación del alimento en la alimentación automatizada con sistemas neumáticos. *Aqua Feed*, 24(2): 42-45.
- Gonzabay, A., H. Vite, V. Garzón y P. Quizhpe. 2021. Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el periodo 2015-2020. *Pol. Con.*, 6(62), 1-9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094522>
- Guevara, Y., R. Terán, A. Achicanoy e Y. Maigual. 2022. Implementación de nuevas tecnologías en la acuicultura. *REVIP*, 8(1). <https://doi.org/10.22267/revip.2181.27>
- Islam, M., M. Tarek, M. Bhuyan and H. Zamal. 2016. Assessment of soil quality of coastal shrimp culture pond at Chakaria, Cox's Bazar. *J. Asiat. Soc. Bangladesh Sci.*, 42(1), 21-27.
- Jewel, M., M. Haque, M. Rahman, M. Khatun, S. Akter and M. Bhuyain M. 2021. Shrimp polyculture: An economically viable and environmentally friendly farming system in low saline coastal region of Bangladesh. *Iran. J. Fish. Sci.*, 20(6): 1649 -1663.
- Juárez, J., J. Ponce, A. Román, E. Otazo, G. Pulido, Y. Marmolejo, R. Tapia y M. Benítez. 2021. Factores técnicos del manejo de la calidad agua y sedimento en policultivo camarón-tilapia en piscinas. *Rev. MVZ Córdoba*, 27(1): e2147.
- López, J. 2016. Desarrollo de indicadores de sostenibilidad para la maricultura del Ecuador. *Rev. Int. Inv. y Doc.* 1: 20-32.
- Kjeldahl, J. 1883. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Z Anal Chem.* 22 (1): 366-383.
- Mustafa, A., O. Hishamuddin and C. Boyd, 2018. Physical and chemical characteristics of soil from tiger shrimp aquaculture pond at Malacca, Malaysia. *J. App. Aqua.* 30(1): 47-72
- Panigrahi, A., C. Saranya, M. Sundaram, S. Kannan, R. Das, R. Kumar, P. Rajesh and S. Otta, S. 2018. Carbon: Nitrogen (C/N) ratio level variation influences microbial community of the system and growth as well as immunity of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in biofloc based culture system. *Fish Shellfish Immunol.* , 81(1), 329-337.
- Pelletier, M., D. Campbell, K. Ho, R. Burgess, C. Audette and N. Detenbeck. 2011. Can sediment total organic carbon and grain size be used to diagnose organic enrichment in estuaries? *Environ. Toxicol. Chem.* , 30(3): 538–547.
- Poersch, L., W. Bauer, M. Kersanach, M and W. Wasielesky. 2020. Assessment of trace metals, total organic carbon and total nitrogen of a shrimp farm system in southern Brazil. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, 101452. doi:10.1016/j.rsma.2020.101452
- Rojas, L., V. Tique y J. Bocanegra, J. 2017. Uso de herramientas tecnológicas en la producción piscícola: Una revisión sistemática de literatura. *Rev. Ing., Inv. Desar.*, 17(2), 47-57.
- Skoog, D., F. Holler y T. Nieman. 1992. Principios de análisis instrumental (Quinta edición): Mc Graw Hill
- Vásquez, W., M. Ingae e I. Betalleluz. 2022. Inteligencia artificial en acuicultura: fundamentos, aplicaciones y perspectivas futuras. *Scient. Agropec.*, 13(1), 79-96.
- Vinothkumar, R., A. Sen, A and M. Srinivasan. 2018. Analysis of bottom soil quality parameters of shrimp pond culture in modified extensive method. *JETIR*, 5(7): 123-126.
- Xu, W., T. Morris and T. Samocha. 2016. Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. *Aquaculture*, 453(1): 169-175.
- Xu, W., G. Wen, H. Su, Y. Xu, X. Hu and Y. Cao. 2022. Effect of input C/N ratio on bacterial community of water biofloc and shrimp gut in a commercial zeroExchange system with intensive production of *Penaeus vannamei*. *Microorganisms*, 10(1): 1060.
- Zhu, Z., X. Lin, J. Pan and Z. Xu. 2016. Effect of cyclical feeding on compensatory growth, nitrogen and phosphorus budgets in juvenile *Litopenaeus vannamei*. *Aquac. Res.*, 47(1): 283-289.

RECIBIDO / RECEIVED: 13/01/2024

ACEPTADO / ACCEPTED: 16/05/2024