



ALLIANCE™

[.https://www.globalseafood.org](https://www.globalseafood.org)Health &
Welfare

Evaluando la relación de densidad de siembra de camarón blanco del Pacífico a tres halófitas comestibles en un sistema de acuaponía marina

16 May 2022

By Yu-Ting Chu, Ph.D. and Paul B. Brown, Ph.D.

Resultados indican que la relación de densidad de siembra tuvo una influencia significativa en el crecimiento del camarón

Los sistemas integrados de producción de alimentos acuapónicos pueden producir más alimentos en menos tierra, utilizando menos agua y con un menor impacto ambiental que los sistemas convencionales de producción de alimentos. La adopción de un sistema acuapónico de agua salada o salobre aumenta significativamente el potencial de especies animales que podrían criarse, muchas de ellas con un buen reconocimiento y demanda en el mercado. La acuaponía marina también reduce la dependencia de los recursos de agua dulce. El uso de agua en un sistema acuícola de recirculación marina puede ser tan bajo como 16 litros por kg de pescado producido, mientras que el uso en un sistema acuícola de recirculación de agua dulce es de aproximadamente 50 litros por kg producido.



Los resultados de este estudio para evaluar la relación de densidad de siembra de camarón blanco del Pacífico a tres halófitas comestibles en un sistema de acuaponía marina mostraron que la relación de densidad de población tuvo una influencia significativa en el crecimiento del camarón, y que una relación de densidad de población de 3:1 con un C/N de 15 fueron óptimos para los sistemas acuapónicos marinos bajo techo para *L. vannamei* y las tres plantas halófitas analizadas. Foto de Fernando Huerta.

Las especies marinas y/o de agua salobre en promedio tienden a tener conversiones alimenticias más bajas y crecen más rápido que las especies de agua dulce. De las especies animales potenciales, el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) es un fuerte candidato para estos sistemas, con un rápido crecimiento, tolerancia a un amplio rango de salinidad y densidades de población, alto precio de mercado y fuerte demanda global.

Las halófitas (plantas tolerantes a la sal) solo representan el 2 por ciento de las especies de plantas terrestres y la mayoría de ellas no son productos comunes; sin embargo, se han utilizado para muchos fines, como cultivos alimentarios y forrajeros, semillas oleaginosas, fitorremediación y fines medicinales. El orache rojo (*Atriplex hortensis*), el okahijiki o alga terrestre (*Salsola komarovii*) y la minutina (*Plantago coronopus*) son halófitas comestibles que poseen altas concentraciones de nutrientes (proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales) y se han criado con éxito en acuaponía

marina. Sin embargo, la proporción de los componentes del subsistema, que afectará el flujo de nutrientes y la salud de los taxones del subsistema, no se ha evaluado en los sistemas de producción de alimentos acuapónicos marinos.

Este artículo – adaptado y resumido de la **publicación original** (<https://doi.org/10.3389/fmars.2021.771630>) (Chu, Y-T and P.B. Brown. 2021. Sustainable Marine Aquaponics: Effects of Shrimp to Plant Ratios and C/N Ratios. *Front. Mar. Sci.*, 07 December 2021) – reporta sobre un estudio para evaluar las proporciones críticas de la densidad de cultivos en los subsistemas de acuicultura e hidroponía, y proporcionar pautas operativas para la acuaponía marina. Los objetivos específicos fueron evaluar las densidades de población y la relación C/N sobre el crecimiento y la producción de camarones *L. vannamei* y las tres halófitas mencionadas anteriormente.



(<https://www.globalseafood.org/goal/>).

Configuración del estudio

Se construyeron dieciocho sistemas acuapónicos individuales en el Laboratorio de Investigación de Acuicultura de la Universidad de Purdue (IN, EE. UU.). Cada sistema tenía un tanque de acuicultura (113,6 litros), un tanque hidropónico (102,2 litros) y un tanque de biofiltro (18,9 litros; Fig. 1).

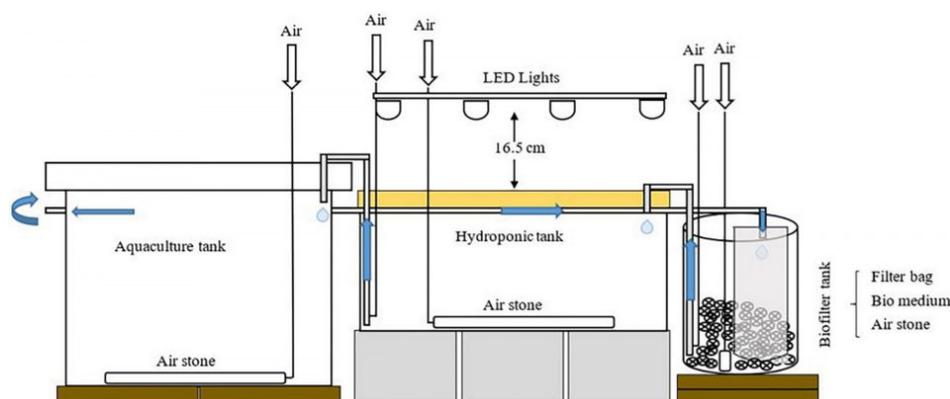


Fig. 1: Diagrama esquemático de una unidad de sistema de acuaponía (adaptado de Chu y Brown; <https://doi.org/10.3390/su13010269>).

Los camarones *L. vannamei* se compraron en una granja comercial de camarones (RDM Aquaculture, Fowler, IN, EE. UU.) y se transportaron al Laboratorio de Investigación de Acuicultura. Se compraron semillas de orache rojo, okahijiki y minutina de una fuente comercial (Johnny's Selected Seeds, Winslow, ME, EE. UU.) y se sembraron en horticubos, medio de espuma sin suelo (OASIS® Grower Solutions, Kent, OH, EE. UU.).

Se utilizó un diseño experimental de 3 × 2 en este estudio de cuatro semanas: tres proporciones de camarones a plantas (2:1, 3:1 o 5:1) y dos proporciones C/N (12 o 15). Los tratamientos se designaron 2:1–12 (relación de densidad de población 2:1 con relación C/N 12), 2:1–15, 3:1–12, 3:1–15, 5:1–12 y 5:1–15.

Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a tres sistemas experimentales repetidos. El estudio se llevó a cabo durante cuatro semanas. Los camarones (peso promedio de 1,5 gramos) se sembraron a razón de 200 camarones por metro cuadrado (40 camarones por tanque), 300 camarones por metro cuadrado (60 camarones por tanque) o 500 camarones por metro cuadrado (100 camarones por tanque). La densidad de siembra de plantas fue de 100 plantas por metro cuadrado, lo que equivalía a 24 plantas (8 plantas por especie) en cada tanque hidropónico.

Antes de que comenzara el experimento, todos los sistemas experimentales se sembraron con un probiótico comercial (Zeigler Brothers, Gardners, PA, EE. UU.) para controlar la calidad del agua y la comunidad microbiana dentro de cada sistema. No se descargó ni intercambió agua, excepto para reposición debido a la evaporación. Se utilizó sal marina (Instant Ocean®, Blacksburg, VA, Estados Unidos) para ajustar la salinidad a 15 ppt. Se suministró un alimento comercial para camarones (Zeigler Brothers) dos veces al día con una cantidad diaria total de 3,0 por ciento del peso corporal dividido en alícuotas iguales.

Para obtener información detallada sobre el diseño experimental, el manejo del sistema y la cría de animales; recopilación y análisis de datos, consulte la publicación original.

Resultados y discusión

Nuestros resultados indican que un aumento en la densidad de siembra fue un factor negativo en el crecimiento del camarón. Además, el FCR aumentó con el aumento de la densidad de siembra, lo que aumenta el costo de producción. Se observaron resultados similares en otros estudios que investigaron el efecto de la densidad de siembra en la producción de camarones. Sin embargo, la supervivencia de los camarones en nuestro experimento fue superior al 95 por ciento, mientras que otros investigadores reportaron que la supervivencia disminuyó con el aumento de la densidad.

Brown, halófitas, Tabla 1

Tratamiento relación SD	Tratamiento relación C/N	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Ganancia de peso (%)	SGR	FCR	Supervivencia (%)
2:1	12	1.51±0.07	2.68±0.25a	73.9±10.9a	1.97±0.22a	1.50±0.22c	1
2:1	15	1.50±0.26	2.59±0.27ab	71.3±12.0ab	1.92±0.25ab	1.55±0.24bc	9
3:1	12	1.51±0.09	2.38±0.22b	58.0±5.2abc	1.63±0.12abc	1.89±0.17abc	9
3:1	15	1.50±0.09	2.55±0.14ab	64.8±1.6abc	1.78±0.03abc	1.67±0.03bc	9
5:1	12	1.49±0.09	2.37±0.17b	50.2±3.8c	1.45±0.09c	2.14±0.15a	9
5:1	15	1.49±0.12	2.39±0.15b	53.2±3.2bc	1.52±0.07bc	2.01±0.12ab	9

Tabla 1. Respuesta de camarones en acuaponía marina a tres relaciones de densidad de siembra (relación SD) de camarón a planta y dos relaciones C/N durante cuatro semanas. Adaptado del original. Los valores son

medias \pm desviación estándar (DE). Las medias dentro de las columnas seguidas de letras diferentes son significativamente diferentes.

La supervivencia y el crecimiento reducidos de los camarones a densidades de población más altas pueden estar relacionados con varios factores, incluida la disponibilidad de espacio para el crecimiento, la competencia por el alimento, el canibalismo y el aumento de la excreción de desechos que conducen a la degradación de la calidad del agua. La alta supervivencia a alta densidad de población en este estudio podría atribuirse a la aplicación de probióticos y melazas, ya que los probióticos mejoran la resistencia a ambientes adversos y la capacidad de tolerar el estrés.

El uso de melaza incrementó la relación C/N en el ambiente, lo que proporcionó un entorno beneficioso para que los probióticos asimilaran los desechos nitrogenados y compitieran con patógenos, como *Vibrio* spp. El aumento de la relación C/N también condujo a la generación de biofloc, que puede ser un alimento complementario para los camarones. Además, la aplicación de melaza mejoró la capacidad de las plantas para absorber nutrientes de la columna de agua. El efecto combinado de la aplicación de probióticos y melaza mantuvo la calidad del agua y condujo a una mayor supervivencia en nuestro estudio, aunque con un crecimiento reducido. No está claro si el aumento de la densidad y los aumentos potenciales en el camarón comercializable compensarían el crecimiento más lento y los mayores costos de alimentación asociados con el cultivo de súper alta densidad, pero esta posibilidad debe ser explorada.

En general, el rendimiento de crecimiento de las tres halófitas fue mejor con el aumento de la proporción de siembra y la relación C/N. El equilibrio de nutrientes es uno de los factores clave para el éxito de la acuaponía; muy pocos animales (nitrógeno inadecuado) limitan a las plantas, y la densidad excesiva de animales dará como resultado una excreción de nitrógeno superior a la capacidad de las plantas para absorber compuestos, y puede conducir a una toxicidad crónica o incluso aguda tanto para los animales como para las plantas.

Las halófitas cultivadas durante este estudio. Izquierda: orache rojo (*Atriplex hortensis*); foto de Stickpen (Dominio público, a través de Wikimedia Commons). Centro: okahijiki o alga terrestre (*Salsola komarovii*); foto de Aomorikuma (あおもりくま) vía Wikimedia Commons. Derecha: minutina (*Plantago coronopus*); foto de jacilluch, vía Wikimedia Commons.

En nuestro estudio, las plantas se beneficiaron de una mayor densidad de siembra y población de los camarones, en la que se proporcionan más nutrientes para las plantas. Todas las plantas tuvieron mayor rendimiento en el tratamiento 5:1. Otros investigadores también informaron una tendencia similar: la producción de plantas fue mayor en la proporción de peces a plantas de 1:1, seguida de 1:2 y luego 1:3. Además, la concentración de macronutrientes (N, P y K) en los tejidos de las plantas también fue mayor en ambos tratamientos 5:1 que en los otros tratamientos con relación de densidad de población. Las concentraciones más altas de nitrógeno amoniacal total (TAN), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-}) que se encontraron en el tratamiento 5:1 probablemente fueron el resultado de los mayores aportes de alimento en esos tratamientos. El aumento constante de NO_3^- y PO_4^{3-} en todos los tratamientos puede indicar la saturación de los límites de asimilación de la planta. Se necesita más investigación para evaluar una mayor duración del cultivo o una estrategia diferente en la cosecha de plantas (población secuencial) ya que la concentración de todos los compuestos de N y P en el agua probablemente aumentará después de cada cosecha, lo que podría ser una preocupación para el cultivo de camarones.

Si bien no fue tan pronunciado como el efecto de la densidad de población de camarones, la relación C/N también tuvo un impacto en las características de producción de las plantas. El carbono adicional para modificar el entorno de crecimiento mejora la absorción de nutrientes por parte de las plantas, aumenta el rendimiento de los cultivos y alivia la fitotoxicidad causada por metales traza, salinidad, pesticidas, fitotoxinas o aleloquímicos. En general, el efecto de la relación C/N sobre el crecimiento de las plantas, el rendimiento y las concentraciones de nutrientes minerales en las plantas fue relativamente menor en comparación con la densidad de población.

Para gestionar bien la calidad del agua, una comunidad microbiana robusta es indispensable en la acuaponía. Promover el establecimiento de la flora microbiana mediante la inoculación de probióticos o inoculaciones de agua madura, biomedios usados o biofloc de sistemas estabilizados a nuevos sistemas son prácticas eficientes. En nuestro estudio, la concentración de TAN y NO_2^- se mantuvo por debajo de 0,2 mg/L durante todo el experimento, incluso en los tratamientos de alta densidad de población. Es necesario realizar investigaciones adicionales que examinen la frecuencia de la aplicación de probióticos y los diferentes escenarios de cosecha, ya que después de cada cosecha de plantas, es probable que aumenten el TAN y el NO_2^- .

Las concentraciones de TAN y NO_2^- fueron más altas en los tratamientos con mayor C/N, mientras que las concentraciones de NO_3^- fueron más bajas. Resultados similares han sido reportados en otros estudios. El carbono orgánico adicional facilita el crecimiento de bacterias heterótrofas, que compiten por los nutrientes y el espacio dentro de la biopelícula o biomedio con las bacterias nitrificantes (NB), que están compuestas por bacterias oxidantes de amoníaco (AOB) y bacterias oxidantes de nitrito (NOB). La tasa de reproducción de bacterias heterótrofas es mucho más rápida que NB, mientras que la tasa de reproducción de AOB es más rápida que NOB. Debido a la competencia con las bacterias heterótrofas y la tasa de crecimiento más lenta de AOB y NOB, la eficiencia de la nitrificación disminuye con el aumento de la relación C/N, lo que resulta en una disminución de la tasa de eliminación de TAN y de la productividad de NO_3^- . Sin embargo, en nuestro estudio, todos los productos de desecho nitrogenados permanecieron por debajo de las concentraciones consideradas tóxicas.

La acidificación oceánica no es solo una historia de carbono, también se trata de nitrógeno

El Dr. Barry Costa-Pierce habla sobre la conexión entre el nitrógeno, el dióxido de carbono y la acidificación de los océanos, y la importancia de la acuicultura restaurativa.



Global Seafood Alliance

Las concentraciones de PO_4^{3-} continuaron acumulándose a lo largo del experimento, de manera similar a los resultados anteriores, y fueron más altas en los tratamientos con densidades de siembra y relación C/N más altas, probablemente debido a mayores aportes de alimento. Otra explicación podría ser que las relaciones C/N más altas dieron como resultado bioflocs dominados por bacterias heterótrofas y menos algas. Además, la acumulación de PO_4^{3-} sugiere la saturación de la capacidad de asimilación de las plantas. El PO_4^{3-} , uno de los compuestos que causa la eutrofización, es un problema para la acuaponía; por lo tanto, se requiere más investigación para mejorar el manejo de PO_4^{3-} en acuaponía y determinar cómo mejorar la capacidad de la planta para asimilar PO_4^{3-} .

En acuaponía, el pH es otro parámetro vital que puede verse afectado por la nitrificación, la asimilación de nutrientes por parte de plantas y bacterias heterótrofas, y la excreción de dióxido de carbono (CO_2) por parte de animales acuáticos, entre otros factores. El proceso de nitrificación y asimilación de los desechos nitrogenados por parte de las bacterias y el CO_2 liberado a través de la respiración de los animales acuáticos y los microorganismos tiende a disminuir el pH. Por el contrario, la eliminación de CO_2 y la asimilación de nutrientes por parte de la planta tiende a elevar el pH. Esto puede explicar por qué el nivel de pH fue más bajo en la densidad de población de 5:1, seguida de 3:1 y luego de 2:1. Además, el pH más bajo puede ser otra posible razón para un mejor crecimiento de la planta en tratamientos con mayor densidad de siembra, porque la disponibilidad de nutrientes aumenta con la disminución del pH.

Perspectivas

La relación de densidad de población y la relación C/N ejercieron un impacto significativo en el rendimiento de los camarones y las plantas en nuestro estudio de acuaponía marina. El camarón se desempeñó mejor en las densidades de siembra de 2:1 y 3:1, sin impacto de la relación C/N. Por el contrario, las plantas se desempeñaron mejor en densidades de siembra de 3:1 y 5:1 con una relación C/N de 15. Por lo tanto, se sugiere como condición óptima una relación de densidad de siembra de 3:1 con una relación C/N de 15 para camarones y las tres halófitas en un sistema de producción de alimentos acuapónico marino bajo techo.

Inocular el agua con biofloc y aplicar probióticos con regularidad puede mejorar la gestión de la calidad del agua y la salud de los camarones y las plantas en acuaponía. Aunque la calidad del agua se mantuvo en niveles seguros para los camarones y las halófitas durante el experimento, se necesitan más estudios con un período de cultivo más prolongado para comprender mejor la acuaponía marina que use a estas especies.

Authors



YU-TING CHU, PH.D.

Department of Forestry and Natural Resources, Purdue University, West Lafayette, IN, USA



PAUL B. BROWN, PH.D.

Corresponding author
Department of Forestry and Natural Resources, Purdue University, West Lafayette, IN, USA

pb@purdue.edu (<mailto:pb@purdue.edu>)

Copyright © 2022 Global Seafood Alliance

All rights reserved.