



ALLIANCE™

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



Health &
Welfare

Análisis bio-económico del cultivo cerrado super-intensivo de camarón en Japón

8 February 2021

By Junpei Shinji, Ph.D. , Nobuyuki Yagi, Ph.D. , Setsuo Nohara, Ph.D. and Marcy Wilder, Ph.D.

Evaluación revela factores que reducen la productividad, propone mejoras para una gestión eficiente



El análisis bio-económico de un cultivo de camarón cerrado super-intensivo en Japón mostró varios factores que disminuyeron la productividad y sugirió mejoras para un manejo más eficiente. Foto de Darryl Jory.

En los últimos años se han desarrollado sistemas cerrados para el cultivo del camarón para mitigar algunos problemas ambientales y reducir el riesgo de enfermedades del camarón. Los sistemas de cultivo super-intensivos que utilizan un intercambio mínimo de agua de producción están evolucionando y prometen nuevas tecnologías acuícolas que pueden conservar la tierra y los recursos hídricos y reducir los impactos ambientales. Algunos estudios recientes han intentado evaluar las condiciones óptimas para aumentar la producción de biomasa de camarón. Sin embargo, pocos estudios han examinado el equilibrio de costos y beneficios del cultivo de sistema cerrado bajo producción comercial. No se han explorado suficientemente las formas de lograr una gestión económica óptima y abordar problemas imprevistos cuando se adoptan estos sistemas.

Las simulaciones basadas en modelos numéricos pueden proporcionar información sobre cómo lograr mejores estrategias de gestión. La modelización bio-económica es uno de esos enfoques adecuados para estudiar las complejas interacciones entre los diferentes factores que afectan la producción acuícola. En esta línea, existen varios ejemplos de estudios recientes que utilizan enfoques bio-económicos que han sido útiles para mejorar las estrategias de cultivo de camarón en sistemas intensivos y semi-intensivos.

Este artículo, adaptado y resumido de la **publicación original** (<https://doi.org/10.1007/s12562-019-01357-5>) (Shinji, J. et al. 2019. Bio-economic analysis of super-intensive closed shrimp farming and improvement of management plans: a case study in Japan. *Fish Sci* 85, 1055–1065), describe un estudio que se centró en la utilidad de tales enfoques bio-económicos para mejorar la estrategia de gestión para la producción de camarón de cultivo cerrado super-intensivo utilizando la planta del Indoor Shrimp Production System (ISPS) que opera en la ciudad de Myoko, prefectura de Niigata (Japón) como un caso de estudio.



Bio-economic analysis of super-intensive closed shrimp farming in Japan

Analyzing population dynamics in a super-intensive, closed shrimp farm in Japan shows factors decreasing productivity, improvements for efficient management.



Global Seafood Alliance

Configuración del estudio

Utilizamos la planta de camarones Indoor Shrimp Production System (ISPS) ubicada en la ciudad de Myoko, prefectura de Niigata (Japón), como el sitio del estudio de caso (operado por IMT Engineering Inc., Tokio, Japón). Los datos de cría de ocho lotes de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) fueron proporcionados por el operador del sistema de acuicultura (IMT Engineering Inc.). El ISPS es un sistema de cultivo cerrado super-intensivo que recircula el agua de producción, prácticamente sin entrada ni salida de agua entre las líneas de producción y el exterior. Los factores ambientales se pueden mantener fácilmente, ya que el control de este sistema es más fácil que el de los sistemas acuícolas convencionales que no están cerrados.

Además, el precio del producto de camarón ya se ha definido mediante el comercio cruzado y no cambia con la oferta y la demanda del mercado, y los productos de camarón generalmente se venden en todos los ciclos de producción. Consideramos que este sistema contiene pocos factores inciertos tanto en términos de condiciones de cultivo como de mercado, por lo que es preferible para analizar los mecanismos de producción tanto acuícola como económica.

Para establecer un modelo con el propósito de optimizar los planes de producción en el sitio de estudio, realizamos un análisis de ruta utilizando el modelado de ecuaciones estructurales (SEM). Este proceso implica la detección de los factores críticos que determinan la dinámica de la producción de camarón en el sitio de estudio elegido mediante el análisis integral de las relaciones entre los cambios diarios en los factores ambientales, las condiciones de cría, las tasas de crecimiento y las tasas de mortalidad. Nos enfocamos en la etapa de crecimiento del proceso de engorde (después de la fase de vivero),

porque la biomasa de camarón aumenta principalmente durante esta fase y, por lo tanto, es la parte más importante del proceso a apuntar para lograr una eficiencia de producción mejorada en general. Luego establecimos modelos relacionados con la dinámica poblacional.

Se desarrollaron modelos de cosecha para estimar las ganancias; la cosecha también es un medio de controlar la dinámica de la población en un entorno acuícola al reducir la biomasa muerta en el futuro mediante el proceso de descarte. En consecuencia, el modelo de cosecha incluye el sacrificio selectivo como un medio para eludir el riesgo debido a la mortalidad y mejorar el rendimiento general, lo que genera ganancias económicas. El rendimiento económico se puede calcular directamente utilizando el modelo de captura independientemente de la influencia del mercado del camarón, porque el precio se fija mediante el comercio cruzado. El beneficio por lote y el beneficio anual se pueden calcular en función del equilibrio del rendimiento económico y el costo total requerido para la producción.

Para obtener información detallada sobre el sitio del estudio de caso; fuentes de datos; concepto de análisis y especificación del modelo; y metodología de simulación, consulte la publicación original.

Resultados y discusión

Muchos estudios biológicos, especialmente aquellos enfocados en aspectos fisiológicos y patológicos, han fortalecido y apoyado la expansión del cultivo comercial de camarón, pero la importancia del resultado económico final de la industria comercial ha sido menos considerada en el campo de la investigación. En nuestro estudio, nos propusimos formular una estrategia acuícola óptima mediante el uso de modelos bio-económicos. Este enfoque tiene la ventaja de que se puede utilizar para analizar interacciones complejas de varios factores en los procesos reales de producción acuícola comercial y, por lo tanto, tiene implicaciones para la gestión económica de la industria. Aplicamos la metodología a un sistema de cultivo interior, intensivo y cerrado, una opción de cultivo de camarón que está creciendo en todas partes.

Nuestro primer paso analítico utilizando SEM evaluó los problemas de la acuicultura en un sistema de cultivo super-intensivo cerrado bajo techo, porque es posible que problemas aún desconocidos en las condiciones de cría a floren en este tipo de sistema (Fig. 1). Muchos estudios se han centrado en la importancia de las condiciones ambientales químicas y físicas que limitan o disminuyen la productividad en el cultivo de camarón; tales condiciones incluyen salinidad, temperatura del agua, oxígeno disuelto y desechos nitrogenados.

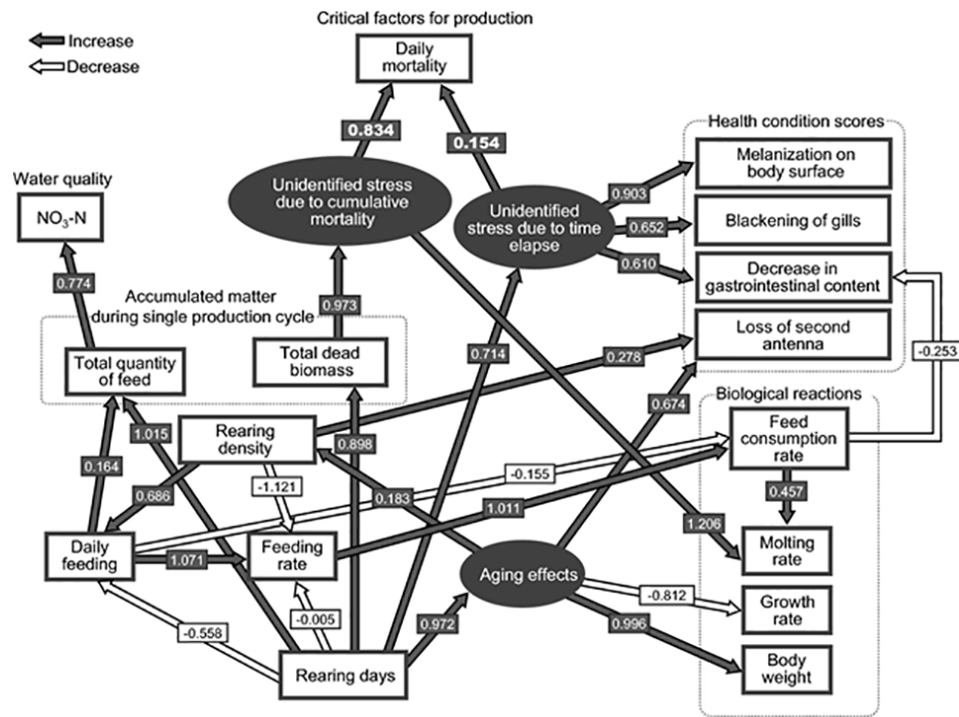


Fig. 1: Modelo SEM que evalúa los mecanismos que causan la mortalidad diaria y los cambios en las condiciones de salud de los camarones en piscinas del sitio de estudio. Los cuadrados sólidos indican variables observables y los círculos representan variables latentes. Las condiciones de salud se expresan como puntajes. Las flechas grises indican efectos positivos y las flechas blancas indican efectos negativos. Los números en los cuadros son los coeficientes de estandarización en cada ruta respectiva. Los términos de error no se muestran en esta figura por motivos de simplicidad.

Sin embargo, nuestro modelo SEM indicó que ninguna de estas condiciones funcionó para disminuir la productividad, ya que la mayoría de estos parámetros se mantuvieron dentro de niveles aceptables en los carriles de producción utilizados en nuestro estudio. El punto notable en nuestro modelo SEM fue el principal efecto previsto de la mortalidad acumulada sobre la mortalidad diaria. La predicción dada por el modelo SEM fue apoyada por nuestro análisis de regresión múltiple. Esto significa que la mortalidad conduce a una mayor mortalidad y que la pérdida de producción aumenta en una reacción en cadena una vez que se desencadena la mortalidad en la población.

No hay información sobre los factores ambientales no identificados críticos para este tipo de sistemas de cultivo de camarón. Si se quiere promover el uso de sistemas cerrados super-intensivos, entonces debemos aceptar que será fundamental en el futuro aclarar cuáles son estos factores ambientales no identificados.

Las simulaciones que cambian los parámetros que comprenden la dinámica de la población mostraron la importancia del manejo de la población y sus detalles. La primera parte de la curva de mortalidad fue sensible a un aumento inesperado de la mortalidad. Por tanto, es importante controlar la mortalidad manteniendo las condiciones de cría. Nuestra simulación también mostró la importancia del control del crecimiento. Nuestros resultados enfatizaron la seria pérdida productiva causada por

una disminución accidental del crecimiento, más que la ganancia productiva predicha por la mejora del crecimiento. La disminución del crecimiento retrasa el inicio de la cosecha. Este retraso prolonga el cronograma de cultivo para una sola corrida y aumenta el riesgo de pérdida de producción por mortalidad.

Nuestras simulaciones mostraron la importancia de controlar la dinámica de población a escala de biomasa para evitar pérdidas de producción de tipo reacción en cadena. La sustracción artificial de poblaciones puede ser uno de los métodos de gestión más eficaces para controlar las poblaciones. El efecto estimado es alto cuando la curva de mortalidad es sensible al aumento inesperado de la mortalidad, lo que sugiere la eficacia de utilizar la remoción de población durante el período crítico. Nuestros resultados mostraron la importancia de tener un plan de cosecha adecuado para lograr un manejo exitoso de la población biológica. Los efectos de la población sembrada en la producción es un interés común que se encuentra en los estudios biológicos y bio-económicos acuícolas. Esto se muestra de manera similar en nuestros resultados, pero nuestro hallazgo difiere en que indica la utilidad del control de la población como método para prevenir la pérdida de producción exponencial.

Nuestros planes de cosecha optimizados recomendaron una cosecha más temprana y concentrada para asegurar una mejora económica (Figs. 2-3). Estos planes maximizan la diferencia entre el rendimiento económico por crecimiento y la pérdida de producción por muerte. Los planes optimizados que acortaron el período total requerido para una sola corrida de cultivo indicaron que una rotación más rápida también conducía a mejores ganancias económicas. Un plan de rotación más rápido produjo un aumento del 68 por ciento en el rendimiento económico anual a cambio de un aumento del 26 por ciento en cada costo de funcionamiento. A menudo se ha indicado una rotación de producción más rápida como un medio eficaz para lograr una mejora económica en el cultivo comercial de camarón, aunque los detalles de las estimaciones difieren.

Fig. 2: Patrones de cosecha para maximizar las ganancias por lote (a) y las ganancias anuales (b). Las líneas de puntos indican los patrones de cosecha optimizados en la temporada de primavera / otoño cuando se cambian los patrones de cosecha optimizados en la temporada de verano o invierno.

El plan de producción optimizado aquí mostró la posibilidad de mejorar drásticamente los beneficios. Sin embargo, el porcentaje de camarón perteneciente a la talla corporal que se vendió a precios más altos fue extremadamente bajo, especialmente en el caso de maximizar la ganancia anual. Esto indica que los rendimientos económicos de los camarones más grandes y de mayor precio no pueden compensar los mayores costos de crecimiento y las pérdidas de producción causadas por la mortalidad durante el período prolongado de cría de estos camarones más grandes. La cosecha real en el sitio de estudio fue más similar al plan de cosecha que maximizó la producción por lote en lugar de

la ganancia anual (Fig. 3). Esto sugiere que el plan de cosecha en el sitio de estudio no se ha optimizado para obtener ganancias económicas. Sin embargo, el operador del sitio de estudio ha tendido a producir camarones más grandes sin considerar la pérdida económica, y ha repetido este plan de producción sin cambiar su dirección durante al menos dos años.

Fig. 3: Cantidades de cosecha reales y patrones de cosecha para maximizar la producción anual, las ganancias anuales, las ganancias por lote y la producción por lote. Cada marca indica cosecha real.

Los trabajadores de granjas creen que la producción de camarones más grandes crea poder de marca. La “marca” es un atributo que es eficaz para aumentar los precios comerciales y el tamaño del producto es un factor que respalda la imagen de la marca de productos del mar. La compañía ha logrado establecer su propia marca original con precios más altos a través de su sistema de producción original. En tal caso, a menudo existe una ventaja competitiva de primer movimiento.

Sin embargo, no está claro en este caso si los beneficios obtenidos de la imagen de marca son equivalentes o más valiosos que el costo oportunista previsto para mantener la imagen de marca. Mientras el operador de la planta crea en el poder de la marca que aporta la producción de camarones más grandes, existe otro problema: ¿cuánta producción se requiere para mantener la imagen de la marca? Este es un punto importante para aclarar por qué el operador de la planta eligió repetidamente la estrategia actual y es importante en relación con la aceptación futura del operador de la planta de los planes sugeridos para mejorar la gestión económica.

Perspectivas

Usamos simulaciones basadas en modelos bio-económicos para mostrar los factores que se predicen causarán la mortalidad del camarón en un sistema de cultivo cerrado super-intensivo, y generamos planes mejorados para maximizar las ganancias en el sitio de estudio. Nuestro estudio sugiere que un factor aún no identificado relacionado con la mortalidad acumulada en el sistema cerrado es especialmente crítico para causar la muerte, y proponemos que la identificación de este factor será un tema de investigación importante para el futuro.

Otro hallazgo importante fue que el manejo económico en sí mismo funciona como una forma de control de la población de camarones que es eficaz para reducir las pérdidas de producción en presencia del factor no identificado. Nuestro análisis sugiere que la empresa en el sitio del estudio tenía un posible desajuste entre las mejores estrategias económicas y la producción real. El programa de producción mejorado sugerido aquí podría lograr un aumento dramático en las ganancias del cultivo de camarón mediante una cosecha más temprana y concentrada en sistemas de cultivo cerrados super-intensivos.

En conclusión, este estudio de caso ha demostrado la utilidad de la información bio-económica en el análisis de dichos sistemas de producción; nuestro enfoque puede abrir nuevas posibilidades para el uso de modelos bio-económicos, por ejemplo, para diseñar y desarrollar un paquete algorítmico para controlar la producción real de camarón en el sitio.

Authors



JUNPEI SHINJI, PH.D.

Department of Global Agricultural Sciences
Graduate School of Agricultural and Life Sciences
The University of Tokyo
1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8657, Japan



NOBUYUKI YAGI, PH.D.

Department of Global Agricultural Sciences
Graduate School of Agricultural and Life Sciences
The University of Tokyo
1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8657, Japan



SETSUO NOHARA, PH.D.

IMT Engineering, Inc.
1-23-1 Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo, 160-0022, Japan



MARCY WILDER, PH.D.

Corresponding author
Japan International Research Center for Agricultural Sciences
1-1 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki, 305-8686, Japan

marwil@affrc.go.jp (<mailto:marwil@affrc.go.jp>).

Copyright © 2023 Global Seafood Alliance

All rights reserved.