



ALLIANCE™

[.https://www.globalseafood.org](https://www.globalseafood.org)

Intelligence

Cómo los alimentadores automáticos de camarones impactan la calidad del agua y el suelo de los estanques de engorde en Ecuador

25 July 2022

By João Reis, Ph.D. and Laurence Massaut, Ph.D.

Los resultados de las pruebas de dos etapas muestran que el oxígeno disuelto no se distribuye uniformemente en los estanques, incluso con el recambio de agua y aireadores mecánicos en funcionamiento



Los autores reportan sobre los efectos de la alimentación automática en la calidad del agua y del suelo de los estanques de engorde de camarones en Ecuador. Sus resultados muestran que el oxígeno disuelto no se distribuye uniformemente en los estanques, incluso con recambio de agua y aireadores mecánicos en funcionamiento. Este estudio es el primer informe que caracteriza las condiciones ambientales alrededor de las áreas de alimentación acústica de los estanques grandes de camarones, un paso importante para mejorar la eficiencia del modelo de producción actual con estanques grandes en América Latina.

Los alimentos balanceados acuícolas para camarones son esenciales para el desarrollo y crecimiento óptimos de los camarones a lo largo de su ciclo de cultivo, y representan el principal costo operativo de las granjas camaroneras en América Latina durante la fase de engorde. Aunque la industria camaronera ecuatoriana es heterogénea en cuanto a sus diversas condiciones de producción, las inversiones considerables en nuevas tecnologías han sido una fuerza innegable detrás del crecimiento continuo de sus volúmenes de producción.

El principal impulsor detrás de la tecnificación de la producción en estanques es la automatización de la dispersión del alimento en los sistemas de engorde (es decir, comederos automáticos), lo que permite aumentos significativos en las distribuciones diarias de alimento y los aportes generales de alimento. En muchos casos, con las mismas densidades de población, el número de alimentaciones diarias se amplió de 1 a 3 comidas por día a más de 100, y la entrada total de alimento aumentó en más del 50 por ciento al cambiar a comederos automáticos. En el contexto de los sistemas de producción de camarones ecuatorianos, los sistemas de alimentación basados en retroalimentación acústica son el ejemplo más evidente de los beneficios que ofrece la tecnología de alimentación automática.

En Ecuador, el camarón se produce típicamente a baja densidad (<35 ind./m²) en grandes estanques de tierra (>5 ha). En estos estanques, las áreas de alimentación (radio total alrededor de la unidad de alimentación automática sobre la cual se dispersa el alimento) representan menos del 5 por ciento del área total del estanque. Aunque los camarones se mueven constantemente en el estanque, tener lugares de alimentación específicos genera una concentración de biomasa de camarones en varios momentos del día. Se espera que los camarones exhiban tasas metabólicas más altas en estas áreas debido a las actividades de alimentación, digestión, hacinamiento y posiblemente estrés. En otras palabras, un sistema semi-intensivo general está segmentado en altas concentraciones en los lugares de alimentación (con biomásas de hasta 10 a 12 kg por metro cúbico) y grandes áreas en otras partes de los estanques con densidades de camarón mucho más bajas. Se espera que la concentración de alimentos y la actividad de los camarones alrededor de los comederos automáticos puedan afectar potencialmente la calidad del agua y el suelo de estas áreas.

Además, muchas de las granjas camaroneras que cambian a alimentadores automáticos reportan aumentos en la tasa de conversión alimenticia y un mayor riesgo de que los camarones mueran por asfixia hacia el final del ciclo, aunque rara vez observan una disminución en la demanda y el consumo de alimento. Por lo tanto, es importante comprender el efecto que tiene la concentración de las actividades de alimentación sobre la calidad del agua y del suelo, para que se puedan mejorar los protocolos de manejo.



(<https://globalseafood.typeform.com/podcastq124>).

El objetivo de nuestro estudio fue evaluar la calidad del agua (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto) y del suelo (materia orgánica) dentro y fuera de las áreas de alimentación de los estanques a lo largo de varios ciclos de producción. Muestreamos estanques camaroneros comerciales ubicados en dos ambientes diferentes (baja y alta salinidad) durante las dos estaciones climáticas del Ecuador. Todos los estanques se manejaron utilizando la misma tecnología de alimentación y protocolos de producción.

Configuración del estudio

Nuestro estudio se realizó en dos etapas entre agosto de 2021 y marzo de 2022 en la Provincia del Guayas, Ecuador. El primero se realizó entre agosto y octubre de 2021 en una granja de baja salinidad (~5 ppt) en el sector de Taura, y el segundo se realizó entre octubre de 2021 y marzo de 2022 en una granja de camarones en el sector de Sabana Grande con salinidad ~30 pp. La granja camaronera en el ambiente de baja salinidad recirculaba entre el 15 y el 20 por ciento del volumen total de sus estanques todos los días dentro de la granja, mientras que la granja en el área de agua salobre intercambiaba alrededor del 15 por ciento del volumen total de sus estanques diariamente con el estuario cercano.

Cada estanque del estudio estaba equipado con cuatro alimentadores acústicos pasivos (AQ1 Systems Pty. Ltd., Tasmania, Australia) colocados a unos 40 metros del dique y a 100-150 metros de la compuerta de entrada de agua (Fig. 1). Además, todos los estanques tenían aireadores de rueda de paletas a diésel ubicados cerca de las áreas de alimentación, con el equivalente de 1,5 hp/ha en los estanques de baja salinidad y entre 1,1 y 3,2 hp/ha en la granja estuarina. Las dos granjas tenían diferentes estrategias con respecto a la colocación de los aireadores dentro de los estanques. En la

camaronera de baja salinidad, todos los aireadores se ubicaron de manera que generaran un flujo de agua paralelo al dique con mínima influencia directa en la zona de alimentación, mientras que en la granja estuarina los aireadores se instalaron en diagonal al dique con su flujo de agua apuntando hacia las áreas cubiertas por los auto-alimentadores.

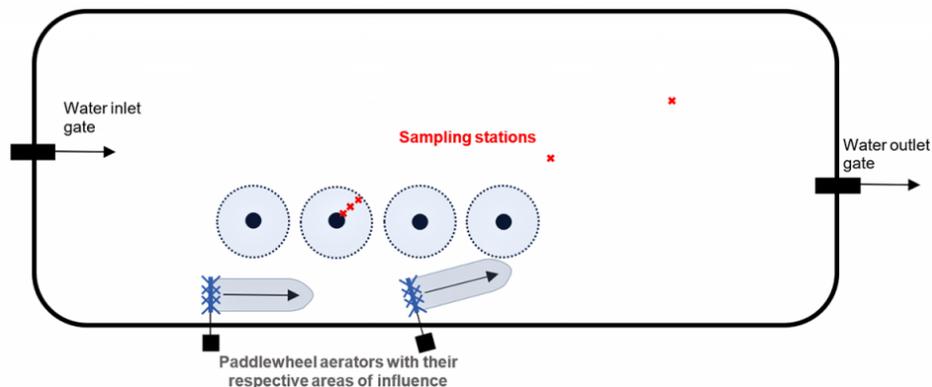


Fig. 1: Representación esquemática (no a escala) de los estanques muestreados en este estudio que muestra las ubicaciones de las compuertas de entrada y salida de agua, la ubicación de los cuatro alimentadores automáticos con sus respectivos halos de dispersión y la posición de los aireadores de paletas con sus respectivas áreas de influencia (la de la izquierda está colocada paralela al dique, mientras que la de la derecha está en diagonal y apuntando a las áreas de alimentación). Además, las cinco estaciones de muestreo están representadas por cruces rojas: tres estaciones de muestreo dentro de una de las zonas de alimentación a 3 metros, 8 metros y 12 metros de distancia de la tolva de alimentación, y dos puntos de muestreo fuera del área de alimentación.

Los tamaños de los estanques oscilaron entre 8,0 y 11,3 ha y se sembraron a una densidad de 15 a 20 camarones por metro cuadrado. Todos los camarones en estos estanques fueron alimentados durante todo el ciclo de producción con el mismo alimento y siguiendo el mismo protocolo de alimentación (es decir, usando una tabla de alimentación durante las primeras tres a cuatro semanas y luego cambiando al sistema de alimentación acústica pasiva aplicando el mismo programa de alimentación). El rendimiento final en todos los estanques osciló entre 2.800 y 3.500 kg/ha. Finalmente, ambas fincas aplicaron diversos productos orgánicos e inorgánicos a lo largo del ciclo de cultivo, para evitar la acumulación excesiva de materia orgánica en los sedimentos de los estanques y ayudar a reducir el tiempo de secado entre ciclos productivos consecutivos.

Muestreo de estanques

Cada estanque fue muestreado cada 15 días desde la tercera hasta la 14 semana de cultivo, entre las 10 a. m. y las 12 p. m. Se identificaron cinco estaciones de muestreo en cada estanque (Fig. 1): tres estaciones dentro del radio de dispersión del alimento a 3 metros, 8 metros y 12 metros de la tolva principal conectada al hidrófono, y dos estaciones fuera de la zona de alimentación en la dirección de la compuerta de salida de agua. La profundidad de la columna de agua en estas cinco estaciones de muestreo varió entre 0,9 y 1,2 metros.

En cada punto de muestreo, los parámetros de calidad del agua se midieron a profundidades de 0,2 metros, 0,6 metros y 0,8 a 1,0 metros, que representan la superficie, el medio y el fondo de la columna de agua, respectivamente. Las concentraciones de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto y los niveles de saturación se midieron con un medidor de oxígeno YSI Pro 2030 (Yellow Springs, Ohio, EE. UU.).

Las muestras de suelo dentro del área de alimentación se componían de dos submuestras tomadas en cada punto de muestreo. Se recolectó una sola muestra en cada una de las dos estaciones fuera del área de alimentación, luego ambas se combinaron y analizaron como un único punto de referencia. Todas las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio BioMar en Durán (Guayas, Ecuador) para determinar su contenido de materia orgánica según el método de ignición (Boyd, 1995).

Los sistemas de alimentación basados en retroalimentación acústica son el ejemplo más evidente de los beneficios que ofrece la tecnología de alimentación automática a las camaroneras ecuatorianas.

Resultados y discusión

Región de baja salinidad (Taura), estación más fresca

La salinidad del agua del estanque se mantuvo estable durante el estudio, con valores entre 4,7 y 5,6 ppt ($5,2 \pm 0,2$ ppt), independientemente del estanque muestreado, la fecha de muestreo o la profundidad a la que se tomó la muestra. Esta salinidad es típica de la región de Taura y se considera en el extremo inferior del rango óptimo para el cultivo del camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*).

Las temperaturas del agua reflejan la estación fría en la costa ecuatoriana, con valores que fluctúan entre 24,1 y 26,8 grados-C en el momento de las mediciones (10 a. m. a 12 h). En este caso, observamos una diferencia a lo largo del período de muestreo con un ligero aumento en la temperatura del agua superficial (+1,5 grados-C) a medida que nos acercamos al final del año, cuando generalmente comienza la temporada más cálida en esta zona de Ecuador. Además, las temperaturas del agua fueron más bajas en la parte inferior de la columna de agua en comparación con la superficie (diferencia de 0,3 grados-C en promedio; $p = 0,001$, análisis de varianza de una vía, ANOVA). Esta diferencia de temperatura podría ayudar a formar dos capas de agua separadas, favoreciendo la aparición de diferencias en otros parámetros del agua entre la parte superior e inferior de la columna de agua (principalmente durante los períodos de bajo movimiento de agua).

Los resultados de las mediciones de oxígeno disuelto se resumen en la Tabla 1. Observamos una estratificación del oxígeno disuelto en la columna de agua en el momento de las mediciones, con concentraciones más bajas en el fondo de los estanques. Esta diferencia se debe en parte a la menor tasa de fotosíntesis a medida que la luz se desvanece al aumentar la profundidad en la columna de agua. Sin embargo, el déficit de oxígeno disuelto en el fondo del estanque es más marcado en los puntos de muestreo más cercanos al alimentador automático (3 metros y 8 metros), con solo dos de las 23 mediciones presentando niveles de saturación de 65 por ciento o más, mientras que en el otros puntos de muestreo se superó este nivel crítico en 15 de las 45 mediciones.

Reis, Alimentadores automáticos de camarones, Tabla 1

Concentración de oxígeno disuelto (mg/L) – Sector de baja salinidad							
	3m	8m	12m	Ref. 1	Ref. 2	Promedio	ANOVA
Superficie	6.1 ± 1.8 ^a	5.9 ± 2.2	5.9 ± 2.5	6.8 ± 1.8 ^a	6.8 ± 2.0	6.3 ± 2.0	p=0.675
Medio	5.0 ± 1.6 ^{ab}	5.2 ± 1.7	5.0 ± 1.6	5.6 ± 1.1 ^{ab}	5.7 ± 1.2	5.3 ± 1.4	p=0.672
Fondo	3.5 ± 1.1 ^b	4.1 ± 1.3	4.6 ± 1.1	5.1 ± 1.1 ^b	5.2 ± 1.5	4.5 ± 1.3	P=0.011
Promedio	4.9 ± 1.8	5.1 ± 1.9	5.2 ± 1.8	5.9 ± 1.5	5.9 ± 1.7		
ANOVA	p=0.001	p=0.062	p=0.245	p=0.016	p=0.063		
Saturación de oxígeno disuelto (por ciento) – Sector de baja salinidad							
	3m	8m	12m	Ref. 1	Ref. 2	Promedio	
Superficie	77 ± 22	74 ± 29	74 ± 32	86 ± 23	86 ± 26	79 ± 26	
Medio	63 ± 20	65 ± 21	63 ± 20	70 ± 13	72 ± 16	67 ± 18	
Fondo	44 ± 13	51 ± 16	57 ± 14	64 ± 14	65 ± 19	56 ± 17	
Promedio	62 ± 23	63 ± 24	65 ± 24	73 ± 19	74 ± 22		

Tabla 1. Concentraciones de oxígeno disuelto y niveles de saturación en las distintas estaciones de muestreo dentro de los estanques del sector de baja salinidad de Taura, Guayas, Ecuador. Los valores se presentan como promedio ± desviación estándar de 11 o 12 mediciones. Medias en la misma columna con letras diferentes son significativamente diferentes (ANOVA de una vía, $p < 0.05$).

Los niveles relativamente altos de materia orgánica determinados en estos estanques se deben a varios factores, incluidas las altas tasas de alimentación y la historia agrícola de la tierra donde se encuentra esta granja camaronera relativamente nueva (alrededor de cinco años de producción).

Dado que las áreas de alimentación y las áreas inmediatamente adyacentes tienen una mayor densidad de camarones con una tasa metabólica individual más alta, estos también deberían ser puntos críticos para el consumo de oxígeno. Los camarones son en su mayoría bentónicos; por lo tanto, no sorprende que la estratificación de oxígeno ocurra en estas áreas. Es importante señalar que, dado que todos los estanques fueron alimentados de 10 a.m. a 10 p.m., es probable que la concentración de oxígeno disuelto en el fondo del estanque cerca de los comederos automáticos no haya sido la óptima para que los camarones conviertan el alimento durante las primeras dos o tres horas de alimentación.

Los niveles relativamente altos de materia orgánica determinados en estos estanques se deben a varios factores, incluidas las altas tasas de alimentación y la historia agrícola de la tierra donde se encuentra esta granja camaronera relativamente nueva (alrededor de cinco años de producción).

Las concentraciones de materia orgánica medidas en los sedimentos se presentan en la Fig. 2. Los valores fluctuaron entre 2,1 por ciento y 5,9 por ciento ($3,7 \pm 0,8$ por ciento) y el 35 por ciento de las muestras presentaron concentraciones de 4,0 por ciento o más. Los niveles relativamente altos de

materia orgánica en estos estanques se deben a varios factores, incluidas las altas tasas de alimentación y la historia agrícola de la tierra donde se encuentra esta granja camaronera relativamente nueva (~5 años de producción). Como tratamiento preventivo, los estanques recibieron varias dosis de biorremediadores cada semana, con especial énfasis en el tratamiento de las áreas de alimentación. Es posible que estos tratamientos, junto con los protocolos de aireación, hayan ayudado a prevenir una mayor degradación del suelo.

Fig. 2: Cambios a lo largo del ciclo de cultivo de la concentración de materia orgánica (porcentaje) en los sedimentos de tres estanques ubicados en el sector de baja salinidad (Taura), a 3 metros, 8 metros y 12 metros del alimentador, así como fuera del área de alimentación (punto de referencia).

Región de aguas salobres (Sabana Grande), estación cálida

En esta granja, la salinidad del agua se mantuvo entre 27,0 y 29,0 ppt durante gran parte del estudio, independientemente de la profundidad a la que se tomó la muestra. Sin embargo, se observó una disminución a 23,0 ppt en la última semana de muestreo, reflejando el efecto de las lluvias acumuladas entre finales de febrero y mediados de marzo de 2022 en esta zona del Ecuador.

La temperatura del agua fluctuó entre 24,4 y 30,8 grados-C en el momento de las mediciones (10 a. m. a mediodía), sin diferencias significativas entre las tres profundidades del agua. Nuevamente, observamos una diferencia en la temperatura del agua superficial a lo largo del período de muestreo, con un aumento pronunciado (+5 grados-C) entre las primeras semanas de muestreo (noviembre de 2021) y el final del estudio (marzo de 2022).

Los resultados de las mediciones de oxígeno disuelto se presentan en la Tabla 2. En promedio, los niveles de saturación de oxígeno fueron más altos que para la granja camaronera en el sector de baja salinidad. Entre el 40 y el 80 por ciento de las lecturas mostraron niveles de saturación superiores al 65

por ciento en el fondo de los estanques. Estas mayores concentraciones de oxígeno disuelto reflejan, entre otros factores, la mayor luminosidad (y fotosíntesis) de la estación más cálida en comparación con la estación más fría.

En esta granja no se observaron diferencias significativas entre las concentraciones de oxígeno disuelto en la superficie y en el fondo de los estanques. Un factor que podría haber contribuido a mantener una columna de agua más homogénea es la ubicación de los aireadores que apuntan al área de alimentación en esta granja camaronera. En un estudio de seguimiento, será importante medir el beneficio real de la orientación y ubicación de los aireadores en estos estanques grandes, no solo sobre la calidad del agua en el área de alimentación, sino también sobre los parámetros de producción (tasa de crecimiento de camarón). y tasa de conversión alimenticia).

Otro factor que ayuda a tener una columna de agua más homogénea es el hecho de que los estanques camaroneros en el sector de agua salobre son menos profundos (0.3 a 0.4 metros menos de columna de agua que los estanques en el área de baja salinidad). Sin embargo, es importante resaltar que una columna de agua menos profunda representa un menor volumen de agua y por lo tanto una menor capacidad de suministro de oxígeno para el cultivo de camarón, lo que podría resultar en una mayor recurrencia de episodios de baja concentración de oxígeno durante el ciclo de cultivo.

Aunque no se observaron diferencias significativas, los resultados resumidos en la Tabla 2 sugieren tendencias similares en las dos granjas camaroneras, con concentraciones de oxígeno más bajas en el fondo de los estanques, así como dentro de las áreas de alimentación. Esta última observación se debe a una mayor biomasa de camarones alrededor de los comederos, alimentándose activamente durante las mediciones.

Reis, Alimentadores automáticos de camarones, Tabla 2

Concentración de oxígeno disuelto (mg/L) – Sector agua salobre							
	3 metros	8 metros	12 metros	Ref. 1	Ref. 2	Promedio	ANOVA
Superficie	6.0 ± 1.8	6.1 ± 2.1	6.3 ± 1.8	6.9 ± 2.1	7.0 ± 2.3	6.5 ± 2.0	p=0.458
Medio	5.2 ± 1.6	5.1 ± 1.7	5.5 ± 1.6	6.2 ± 2.0	6.7 ± 2.3	5.7 ± 1.9	p=0.067
Fondo	4.6 ± 1.7	4.7 ± 1.9	5.3 ± 1.9	5.8 ± 2.0	6.2 ± 2.1	5.3 ± 2.0	P=0.094
Promedio	5.3 ± 1.8	5.3 ± 2.0	5.7 ± 1.8	6.3 ± 2.1	6.6 ± 2.2		
ANOVA	p=0.085	p=0.097	p=0.228	p=0.292	p=0.549		
Saturación de oxígeno disuelto (porcentaje) – Sector de agua salobre							
	3 metros	8 metros	12 metros	Ref. 1	Ref. 2	Promedio	
Superficie	88 ± 27	90 ± 31	93 ± 28	102 ± 33	104 ± 36	95 ± 31	
Medio	77 ± 23	75 ± 25	81 ± 24	91 ± 30	99 ± 34	84 ± 29	
Fondo	68 ± 26	69 ± 27	77 ± 28	85 ± 30	91 ± 32	78 ± 29	
Promedio	78 ± 26	78 ± 29	84 ± 27	93 ± 31	98 ± 34		

Tabla 2. Concentraciones de oxígeno disuelto y niveles de saturación en las distintas estaciones de muestreo dentro de los estanques en el sector de agua salobre de Sabana Grande, Guayas, Ecuador. Los valores se

presentan como promedio \pm desviación estándar de 17 mediciones.

Las concentraciones de materia orgánica en los sedimentos de la camaronera en el área de agua salobre se presentan en la Fig. 3. Estas concentraciones fluctuaron entre 1,0 por ciento y 11,0 por ciento ($2,6 \pm 1,8$ por ciento), presentando el 15 por ciento de las muestras valores de 4,0 por ciento o superior. Los resultados promedio fueron ligeramente más bajos que para la granja de baja salinidad. Además, se observó mayor variabilidad entre muestras de un mismo estanque, así como entre muestras de diferentes estanques. Esta mayor variabilidad se explica en parte por los años de uso del cultivo de camarón (más de 35 años de operación continua) y la constitución irregular del suelo en comparación con la otra granja.

Fig. 3: Cambios a lo largo del ciclo de cultivo de la concentración de materia orgánica (porcentaje) en los sedimentos de tres estanques ubicados en la zona de agua salobre (Sabana Grande), a 3 metros, 8 metros y 12 metros del auto-alimentador, así como fuera del área de alimentación (punto de referencia).

Conclusión

El personal técnico de las granjas camaroneras en Ecuador asume que hay una mayor concentración de camarones alrededor de los comederos automáticos durante los períodos de alimentación. Ese conocimiento está respaldado por observaciones durante los muestreos de población. Sin embargo, gran parte de la información sobre el uso de la tecnología en el cultivo de camarón se basa en conocimiento empírico, celosamente protegido ya que se generó en base a datos sensibles dentro de un mercado competitivo, como los rendimientos en la cosecha y la tasa de conversión alimenticia. Los datos presentados aquí se generaron durante un programa de muestreo sistemático junto con varios ciclos de cultivo y representan un primer intento de caracterizar las áreas de alimentación de grandes estanques camaroneros equipados con comederos acústicos.

Los datos generados durante el estudio mostraron que el oxígeno disuelto no se distribuye uniformemente en los estanques, incluso con el agua entrando y saliendo de los estanques o los aireadores en funcionamiento.

En ambas camaroneras, en las estaciones de muestreo ubicadas fuera de las áreas de alimentación, observamos mayores concentraciones de oxígeno disuelto en el agua (en la parte media y baja de la columna de agua) y menores concentraciones de materia orgánica en los sedimentos. Para la mitad de los estanques muestreados, se observó un aumento de materia orgánica a lo largo del ciclo de cultivo en las estaciones ubicadas más cerca de los comederos automáticos. Además, determinamos un aumento en el consumo de oxígeno disuelto en la mitad inferior de la columna de agua cerca de los comederos automáticos, debido a la alta concentración de camarones alrededor de las unidades de alimentación.

La tendencia actual es interpretar un déficit de oxígeno disuelto como un problema global en el estanque y generalmente asociado a las horas nocturnas y de madrugada. En cambio, los datos presentados aquí demuestran que el oxígeno disuelto no se distribuye uniformemente, a pesar de que el agua entra y sale de los estanques o los aireadores están en funcionamiento. Además, los niveles de saturación de oxígeno podrían ser deficientes en el fondo de la columna de agua dentro de las áreas de alimentación, a pesar de tener sobresaturación en la superficie o niveles cercanos a la saturación fuera de estas áreas.

En cada punto y momento de un estanque camaronero, la concentración de oxígeno disuelto refleja el equilibrio entre los procesos que generan oxígeno (principalmente la fotosíntesis) y los diversos procesos que lo consumen (respiración de la columna de agua, sedimentos y camarones). Ser capaz de asegurar niveles aceptables de oxígeno durante el ciclo de cultivo es importante para maximizar el uso de alimentos manufacturados por parte de los camarones (alta tasa de crecimiento, baja tasa de conversión alimenticia) y apoyar una rápida oxidación de compuestos orgánicos en el sedimento (lo que conduce a una menor probabilidad de acumulación de compuestos tóxicos y la propagación de bacterias patógenas como los vibrios).

La implementación de mediciones en tiempo real de la concentración de oxígeno disuelto en las áreas de mayor concentración de camarones debería ayudar a controlar mejor este importante parámetro abiótico.

Los datos presentados aquí son un paso importante para mejorar la eficiencia de la camaronicultura bajo el modelo de producción implementado en América Latina.

Referencias disponibles de los autores.

Siga al *Advocate* en Twitter [@GSA_Advocate](https://twitter.com/GSA_Advocate) (https://twitter.com/GSA_Advocate).

Authors



JOÃO REIS, PH.D.

Shrimp Innovation LATAM, BioMar – Ecuador

joato@biomar.com (<mailto:joato@biomar.com>).



LAURENCE MASSAUT, PH.D.

Shrimp Innovation LATAM, BioMar – Ecuador

lamas@biomar.com (<mailto:lamas@biomar.com>).

Copyright © 2024 Global Seafood Alliance

All rights reserved.