



## **Efecto de un limitado suministro de oxígeno disuelto sobre la utilización del alimento y el rendimiento del juvenil**

*Litopenaeus vannamei*

---

Autores: César Molina-Poveda  
Manuel Espinoza-Ortega  
Carlos Mora-Pinargote



## **El cultivo de camarón es una importante actividad económica a nivel mundial (FAO, 2022) y en el Ecuador, proporciona fuentes de ingresos y empleos para miles de personas (CNA, 2021).**

Los camarones son cultivados en piscinas expuestas, que requieren que las condiciones ambientales sean las adecuadas para lograr tasas óptimas de crecimiento y supervivencia.

El oxígeno disuelto (OD) es un importante parámetro abiótico esencial para muchos procesos fisiológicos en los camarones, que incluyen la respiración, inmunidad, muda y crecimiento (Allan y Maguire, 1991; Ulaje et al., 2020; Wei et al., 2009).

Uno de los principales desafíos que los productores de camarón pueden enfrentar son las caídas de oxígeno durante los ciclos de cultivo, pudiendo alcanzar concentraciones tan bajas como  $<1,5 \text{ mg L}^{-1}$ , considerados críticos (Chen, 1984; Guerrero-Galván et al., 1999). Estas condiciones generan estrés en el animal, lo cual afecta su rendimiento óptimo e influye en la incidencia y prevalencia de las enfermedades (Alonzo et al., 2017; Muniesa et al., 2017). Por esta razón, el control de los niveles de oxígeno de las piscinas camaroneras es fundamental para mantener la salud y la productividad del cultivo.

El bajo nivel de OD es la principal variable limitante de la calidad del agua en la acuicultura intensiva (Boyd, 1989). En exposición prolongada a bajas concentraciones de oxígeno, los organismos utilizan sus mecanismos de adaptación para mantener niveles normales de actividad para la búsqueda de alimento y la reproducción. Según Frey (1947), el OD es un factor metabólico regulador en los organismos acuáticos. OD puede limitar la capacidad metabólica y la producción de biomasa.

En general, los camarones peneidos son oxireguladores dentro de un limitado

intervalo de OD (Villarreal et al., 1994, Villarreal y Ocampo, 1993).

Por otro lado, la producción de OD está determinada por la presencia de microalgas a través de la fotosíntesis, el uso de aireadores y el recambio de agua (Boyd y Tucker, 1998). En promedio la óptima concentración de OD se encuentra entre 4,4 y 8,6  $\text{mg L}^{-1}$  (Chakravarty et al., 2016; Chen, 1984), donde la solubilidad del oxígeno va a depender también de la salinidad y la temperatura del agua (Boyd y Tucker, 1998).

Las caídas de oxígeno son evitadas por los camaroneros debido a la incidencia directa sobre el consumo del alimento, que en tiempo prolongado disminuye el crecimiento del camarón e incrementa el factor de conversión alimenticia (FCA) si no se considera este parámetro al momento de alimentar. El conocimiento del efecto de la composición nutricional como factor influyente en la fisiología del camarón es escasa bajo condiciones de baja concentración de oxígeno disuelto.

### **Descripción de lo realizado**

Camarones con peso inicial de  $5.29 \pm 0.02 \text{ g}$  fueron colocados en 24 tanques circulares de 500-L en donde se distribuyeron seis tratamientos por cuadruplicado a una densidad de 18 camarones  $\text{m}^{-2}$ . Luego de un período de aclimatación a las condiciones del estudio en los que se incluía niveles óptimos de oxígeno de  $6 \text{ mg L}^{-1}$ , los camarones fueron alimentados manualmente con las dietas experimentales a saciedad tres veces al día: 09h00, 12h00 y 17h00 durante 8 semanas. Una vez al día, el alimento consumido fue recolectado, secado y posteriormente pesado para calcular el FCA. Los camarones fueron alimentados con una dieta experimental nutricionalmente completa (AC) y otra con menor valor nutricional (AMN), cada una enfrentada a períodos de reducción de oxígeno ( $<2 \text{ mg}$

L<sup>-1</sup>) durante 4 horas consecutivas una vez a la semana en diferentes períodos que comprendieron las últimas 2 y 4 semanas de estudio como se detalla en la Tabla 1.

El peso final, la supervivencia, la biomasa final, la tasa de crecimiento específica (TCE) y FCA se evaluaron estadísticamente.

**Tabla 1. Tratamientos evaluados en el presente estudio.**

Código	Tratamiento	Semanas en la que se redujo el oxígeno	Horas por semanas de reducción de oxígeno	Horas totales de oxígeno <2 mg L <sup>-1</sup>
AC 1	Alimento completo	-	0	0
AC 2	Alimento completo	7 y 8	4	8
AC 3	Alimento completo	5, 6, 7 y 8	4	16
AMN 1	Alimento con menor valor nutricional	-	0	0
AMN 2	Alimento con menor valor nutricional	7 y 8	4	8
AMN 3	Alimento con menor valor nutricional	5, 6, 7 y 8	4	16

**Tabla 2. Resumen del análisis ANOVA dos-vías de los parámetros zootécnicos del camarón alimentado con dos alimentos de diferente procesamiento y nutrición expuesto a períodos de restricción de oxígeno.**

Variables	Peso Final	Biomasa final	TCE	Supervivencia	FCA
Tipo de alimento	9,0E-04	0,4729	6,0E-04	0,8583	0,9689
Restricciones de oxígeno	2,19E-02	0,8496	1,17E-02	0,4733	0,1536
Interacción alimento x oxígeno	0,1248	0,9080	0,1416	0,8865	0,6461

Valores <0,05 representa diferencias significativas. TCE= ((Ln Peso final-Ln Peso Inicial)\*100)/Número de días

**Tabla 3. Parámetros zootécnicos (Media ± SD) de camarón blanco del Pacífico (Litopenaeus vannamei) alimentado con dos alimentos bajo diferentes regímenes de restricción de oxígeno (0, 2 y 4 semanas) \*.**

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Supervivencia (%)	FCA
AC1	5,62 ± 0,12	19,16 ± 1,89 <sup>a</sup>	80 ± 14 <sup>a</sup>	1,85 ± 0,30 <sup>a</sup>
AC2	5,45 ± 0,09	19,34 ± 0,33 <sup>a</sup>	80 ± 10 <sup>a</sup>	1,95 ± 0,22 <sup>a</sup>
AC3	5,45 ± 0,18	17,23 ± 0,55 <sup>b</sup>	93 ± 5 <sup>a</sup>	2,25 ± 0,12 <sup>a</sup>
AMN 1	5,44 ± 0,20	17,15 ± 0,41 <sup>b</sup>	87 ± 15 <sup>a</sup>	1,99 ± 0,22 <sup>a</sup>
AMN 2	5,45 ± 0,12	17,18 ± 0,18 <sup>b</sup>	80 ± 26 <sup>a</sup>	1,94 ± 0,33 <sup>a</sup>
AMN 3	5,53 ± 0,12	16,76 ± 0,37 <sup>b</sup>	90 ± 14 <sup>a</sup>	2,13 ± 0,10 <sup>a</sup>

\*Valores en la misma columna con diferentes superíndices son significativamente diferentes (p < 0,05) Alimento AC: alimento extruido nutricionalmente completo / Alimento AMN: dieta pellet de mantenimiento 1, 2 y 3 significan: 1 sin restricción de oxígeno, 2 las 2 últimas semanas restringido y 3 las últimas 4 semanas con restricción.

El efecto de las restricciones de oxígeno y el tipo de alimento se presentan en la Tabla 2. Un análisis ANOVA dos-vías reveló que existe una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en el peso final, TCE dada por el tipo de alimento, las restricciones de oxígeno y las interacciones de estas dos variables.

Con el objetivo de encontrar diferencias entre los tratamientos un análisis ANOVA de una-vía y posteriormente la prueba post-hoc LSD Fisher se llevó a cabo para cada uno de los parámetros zootécnicos que mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos. En la Tabla 3 se observa el efecto que tuvo la reducción de OD en las poblaciones de camarón a lo largo del tiempo. Aquellos camarones alimentados con un mismo alimento crecieron de forma similar hasta cuando fueron expuestos a caídas de oxígeno durante 2 semanas, mientras que si se prolongaban a 4 semanas consecutivas, más pronunciada fue la disminución (11%) en rendimiento que se observaba en los camarones alimentados con un alimento completo (AC), comparado con el otro de menor valor nutricional que disminuyó a un 3% con respecto a aquellos camarones que soportaron bajones de oxígenos durante 2 semanas, lo que indicaba que el camarón no lograba sacar el máximo provecho del alimento con mayor contenido nutricional por las continuas caídas de oxígeno.

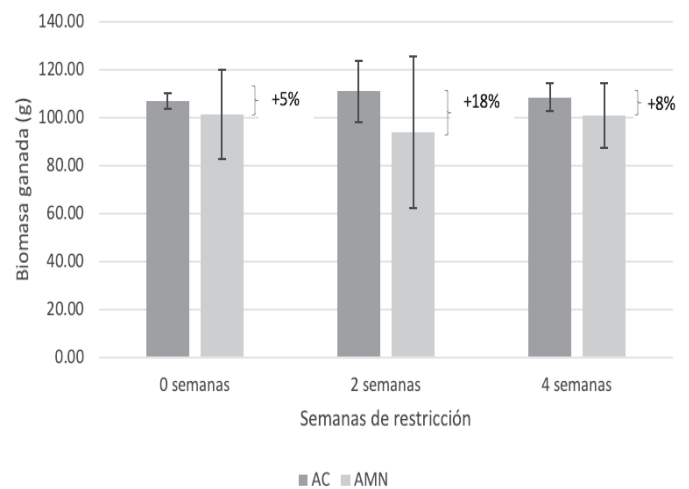
El tratamiento de 4 semanas con caídas de OD  $< 2 \text{ mg L}^{-1}$ , mostró que los organismos no son capaces de obtener suficiente energía de los alimentos y metabolizar el efecto limitado sobre el nivel crítico de OD.

Los datos de supervivencia no presentan una relación con el tiempo de restricción de oxígeno a los niveles ensayados, tampoco se detectaron tendencias por tipo de alimento durante estas semanas.

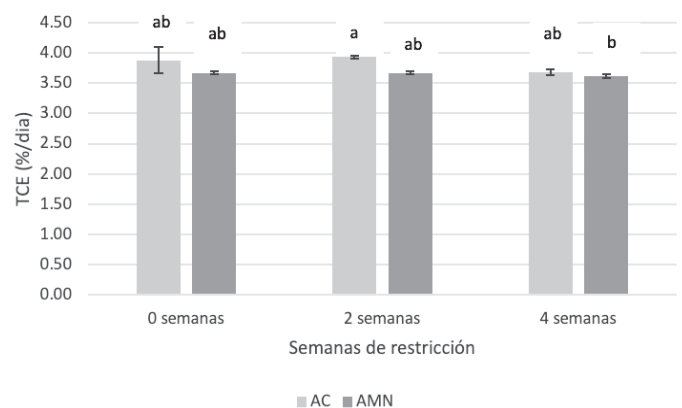
Aunque no se detectaron diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) en cuanto a eficiencia alimenticia entre tratamientos, una tendencia al aumento del FCA sí fue observada (Tabla 3) cuando el nivel de OD se restringió en un

período de cuatro semanas, comparado con la restricción en 2 semanas (Tabla 3); resultados similares en términos de eficiencia de conversión alimenticia fueron reportados por Wei et al. (2009) en *Fenneropenaeus chinensis* a niveles de OD de  $2 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$ .

Cuando se analizó la biomasa ganada (Fig. 1) no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos; sin embargo, cuando el oxígeno fue restringido en 2 semanas, un incremento del 18% fue observado usando alimento nutricionalmente completo en comparación al alimento AMN. Una restricción más prolongada a 4 semanas afectó



**Figura 1. Biomasa ganada obtenida al final de las 2 y 4 semanas con alimentos AC Y AMN**



**Figura 2. Tasa de crecimiento específico obtenida al final del periodo de alimentación con los alimentos AC y AMN en diferentes periodos de restricción de oxígeno disuelto.**

negativamente a la ganancia en biomasa; bajo estas circunstancias, los camarones mantenidos con el alimento completo AC se vieron afectados al reducir su rendimiento al

8% en comparación con aquellos alimentados con la dieta de menor contenido nutricional.

Diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) fueron observadas (Fig. 2) cuando se analizaron los datos de TCE correspondientes a las semanas en las que se restringió el oxígeno. La tasa más alta se consiguió con el alimento nutricionalmente completo en el periodo corto de restricción (2 semanas), mientras que, a mayor tiempo de restricción (4 semanas), la tasa de crecimiento con alimento de AC dio un menor valor, muy similar a la alcanzada por el alimento AMN.

### Conclusiones

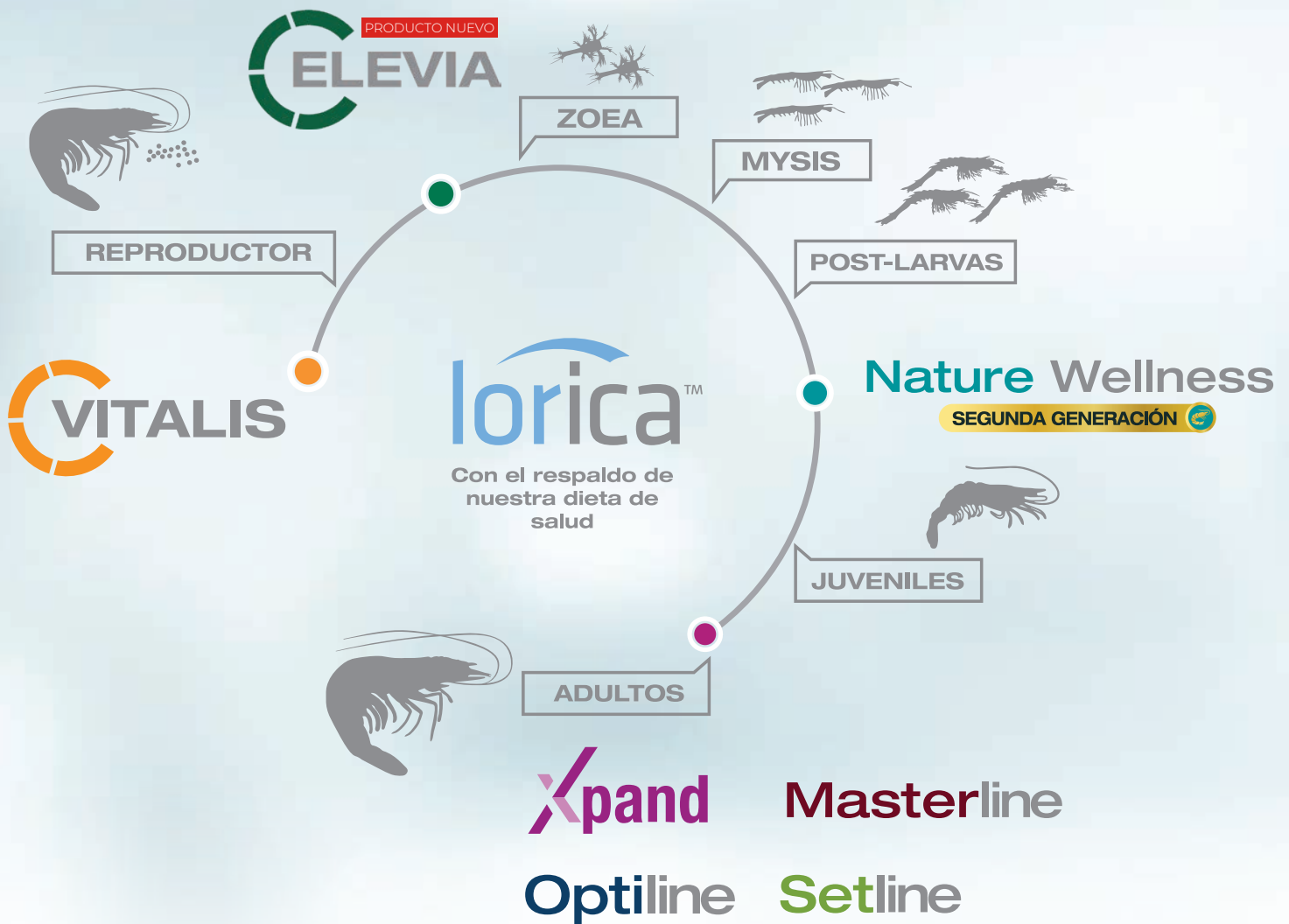
En el presente estudio, las restricciones temporales de oxígeno sugieren que existe un 12% de mejor rendimiento del alimento nutricionalmente completo en términos de peso final y TCE comparados con el alimento de menor valor nutricional, hasta cuando hubo

restricciones de OD en las últimas 2 semanas. Sin embargo, esta diferencia en peso final cae al 3% cuando las restricciones temporales de OD fueron durante las últimas 4 semanas del ensayo de alimentación. Esto indicaría que las exposiciones crónicas a bajas concentraciones no letales de OD por poca horas afectan el rendimiento de *L. vannamei* al destinar más energía para el balance bioenergético y trabajo metabólico que para el crecimiento, como por ejemplo, concentraciones de OD  $< 2 \text{ mg L}^{-1}$  por períodos de 4 horas una vez a la semana no se traducen necesariamente en mortalidad; no obstante, los efectos se hacen evidentes en los parámetros zootécnicos y por ende en la rentabilidad del cultivo, más aún cuando se está suministrando un alimento de mayor valor nutricional.

Puede obtener las referencias que necesite contactando a: [Cesar.Molina@skretting.com](mailto:Cesar.Molina@skretting.com)



# SOLUCIONES NUTRICIONALES PARA CADA ETAPA DE CULTIVO DEL CAMARÓN



OUR PURPOSE

*Feeding the Future*

**SKRETTING**  
a Nutreco company