



PERÚ

Ministerio  
de la Producción

Programa Nacional de  
Innovación para la  
Competitividad y Productividad

Innóvate Perú

**Artículo en Revisión para Publicación en revista Especializada**

**Revista: "El Manglar" Universidad Nacional de Tumbes**

**"Efecto del oxígeno y temperatura en el crecimiento de  
Corvina Cherela *Cynoscion phoxocephalus* en un sistema de  
recirculación en estanque circular"**

**MARINASOL S.A.**

**Convenio N° 360-INNOVATEPERU-PITEI-2017**

**MARINASOL S.A.**  
C. PITEI N° 360 - 2017

**EDISSA A. PALACIOS AGUILAR**  
Coordinadora General





**CARGO**

*"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"*

Tumbes, 22 de Julio del 2019

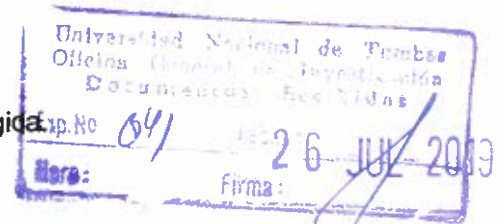
**CARTA N° 050/2018 MARINASOL S.A.**

**Sr:**

**Gerardo Cruz Cerro**

Dirección de Propiedad Intelectual y Transferencia Tecnológica

**Presente**



De mi consideración:

Me dirijo a usted para saludarlo y asimismo solicitar la publicación de un artículo denominado: **"Efecto del oxígeno y temperatura en el crecimiento de corvina Cherala *Cynoscion phoxocephalus* en un sistema de recirculación en estanque circular"** en la revista el Manglar, adjunto 01 ejemplar.

Sin otro en particular es propicia la oportunidad para expresar muestras de estima y consideración.

**MARINASOL S.A.**  
C. PITEI N° 300-2017

**EDISSA A. PALACIOS AGUILAR**  
Coordinadora General

**Edissa Palacios Aguilera**  
Coordinadora General



# Efecto del oxígeno y temperatura en el crecimiento de corvina cherela *Cysnoscion phoxocephalus* en un sistema de recirculación en estanque circular

Effect of temperatura and oxygen on the growth of corvina cherela *Cysnoscion phoxocephalus* in a circular pond recirculation system

Edissa Palacios<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MARINASOL SA. LABORATORIO DE PECES MARINOS. Rio Tumbes y Boca Grande S/N Terreno Ribereño - Corrales - Perú, Tumbes - Perú

## RESUMEN

El presente trabajo está basado en un ensayo realizado para monitorear la evaluación sobre el crecimiento de alevines de corvina cherela en función del oxígeno y temperatura acondicionado en un sistema de recirculación para que favorezca el cultivo de engorde en óptimas condiciones y presentarlo como una alternativa de producción sostenible. El acondicionamiento del sistema de recirculación esta acoplado a un sistema de tratamiento conformado por un filtro biológico, un filtro de malla, un filtro de arena, un filtro esterilizador ultravioleta, una columna desgasificadora y un chiller para controlar la temperatura. La densidad alcanzada durante el ciclo fue de 3 kg/m<sup>3</sup> con una biomasa de 6000 kg. La tasa de alimentación fue del 4% de la biomasa total y el FCA fue de 1,6 promedio.

Palabras clave: engorde; corvina-cherela; sistema recirculación; *Cysnoscion phoxocephalus*

## Abstract

The present work is based on an assay carried out to monitor the evaluation of the growth of corvina cherela fingerlings in function of the oxygen and temperature conditioned in a recirculation system to favor the fattening culture in optimal conditions and present it as a production alternative sustainable. The conditioning of the recirculation system is coupled to a treatment system consisting of a biological filter, a mesh filter, a sand filter, an ultraviolet sterilizer filter, a degassing column and a chiller to control the temperature. The density reached during the cycle was 3 kg / m<sup>3</sup> with a biomass of 6000 kg. The feeding rate was 4% of the total biomass and the FCA was 1.6 average.

Key words: growtning; corvina-cherela; recirculation system; *Cysnoscion phoxocephalus*

MARINASOL SA  
C. PITE/0310-2011

EDISSA A. PALACIOS AGUILAR  
Coordinadora General

INNOVAPERU - C.M. 360-317  
PITE  
Coordinador General

## INTRODUCCION

El oxígeno es un factor importante en el proceso de respiración y el metabolismo de los animales. En los peces, la tasa metabólica se ve muy afectada por la concentración de oxígeno en los ambientes de cultivo y a medida que disminuye la concentración de oxígeno disuelto, las actividades de respiración y alimentación también se ven disminuidas.

Como resultado de ello, el índice de crecimiento se reduce y se incrementan las posibilidades de enfermedades. Sin embargo, los peces no son capaces de asimilar el alimento cuando el OD (oxígeno disuelto) es bajo (Tallis et al., 2008). Las condiciones generales de salud y las fisiológicas son mejores si el OD se mantiene cercano a la saturación.

Cuando los niveles son menores que los mencionados anteriormente, el crecimiento de los peces se verá muy afectado por el incremento del estrés, la hipoxia tisular, la disminución de las actividades de nado y la reducción de la inmunidad a las enfermedades. Por lo tanto, prevalece la necesidad de mantener el nivel de OD en el nivel de saturación para que no afecten sus actividades fisiológicas o metabólicas y así poder obtener altas producciones en cualquier sistema de cultivo (Wedemeyer 1996).

También hay que tener en cuenta que los requerimientos de los niveles de oxígeno no solo dependen de las especies, sino del tamaño de los peces y de su actividad. De acuerdo con Tom (1998), los requerimientos de oxígeno por unidad de peso (de los peces) disminuye de manera significativa con el incremento del peso individual.

En la carpa esta reducción se puede expresar por los siguientes índices: edad = carpas de 1 a 2 años de edad = 0.5 - 0.7, carpa comercial = 0.3 - 0.4. también se encontraron diferencias significativas en la demanda de oxígeno entre las diferentes especies. Utilizando el coeficiente 1 para expresar los requerimientos de oxígeno de la carpa común, los valores comparativos para otras especies son los siguientes: Trucha 2.83, peled 2.20, lucioperca 1.76. Pez cucaracho 1.51, esturión 1.50, perca 1.46, brema 1.41, lucio 1.10 anguila 0.83 y la tenca 0.83.

Sin embargo, no hubo diferencias significativas ( $p < 0.02$ ) en la tasa de crecimiento de los peces durante el segundo período (SGR2). Por lo que podemos resumir que la tasa de crecimiento específica (SGR por sus siglas en inglés) de los peces cultivados al 100% de saturación fue significativamente mayor que el de los peces cultivados al 60 o 140 por ciento de saturación.

Los resultados del experimento, bajo diferentes niveles de oxígeno mostraron claramente que el nivel de saturación de oxígeno afecta el crecimiento. Durante el segundo período la tasa de crecimiento fue mayor con el 100 por ciento de saturación. La mejor FCR se obtuvo en los grupos con mayor tasa de crecimiento, aunque no hubo una diferencia significativa en los FCR de los peces cultivados a diferentes niveles de saturación de oxígeno.

El crecimiento de otras especies de peces como la tilapia y el salmón del Atlántico también se puede ver afectada por la saturación de oxígeno (Tsadik and Kutty 1987) (Crampton et al. 2003, Seymour et al. 1992, Forsberg and Bergheim 1996).

El oxígeno en forma de gas posee una baja solubilidad en agua; además la cantidad de oxígeno contenido en el agua varía con la temperatura y la salinidad de manera predecible. Se necesita menos oxígeno en el agua de mar cálida que en el agua dulce fría.

Si bien el contenido de oxígeno del agua establece la absoluta disponibilidad de oxígeno en el agua, es el gradiente de presión parcial de oxígeno la que determina la rapidez con que el oxígeno puede pasar del agua a la sangre del pez para apoyar su tasa metabólica.

Esto se debe a que el oxígeno se transporta por difusión a través de las branquias de los peces. De acuerdo con la ley de difusión de Fick, el área branquial determina el índice de difusión de oxígeno a través de las branquias, la distancia de difusión a través del epitelio branquial, la constante de difusión y la diferencia de presión parcial de oxígeno a través de las branquias (Crampton et al. 2003).

En consecuencia, la presión parcial de oxígeno es el término más apropiado para expresar los niveles de oxígeno en el agua destinada a la acuicultura. Sin embargo, la concentración de oxígeno es el término más utilizado, y para

una temperatura y salinidad determinada, la presión parcial de oxígeno y el contenido de oxígeno en el agua están linealmente relacionados.

Otro método adecuado para expresar los niveles de oxígeno en la acuicultura es el porcentaje de saturación del aire (a menudo reducido a solo el porcentaje de saturación), el cual es directamente proporcional a la presión parcial y está presente en la mayoría de las sondas de oxígeno de los algoritmos destinados a medir la temperatura y la salinidad (Bergheim et al. 2012).

Durante la respiración, los peces, al igual que otros animales toman oxígeno y liberan dióxido de carbono.

En la mayoría de las especies de peces, las branquias trabajan debido a un flujo unidireccional de agua sobre la superficie del epitelio de las branquias, donde tiene lugar la transferencia de gases (entra O<sub>2</sub>, sale Co<sub>2</sub>). La razón de este flujo unidireccional de agua es la naturaleza energética del sistema. La energía que se pudiese necesitar para mover el agua hacia el interior y exterior de los órganos respiratorios podría ser mucho mayor a la utilizada para mover el aire debido a que el agua conserva poco oxígeno debido a su baja solubilidad (Groot et al. 2007).

La sangre que fluye debajo del tejido epitelial de las branquias se mueve en un flujo

contrario al que se mueve el agua. Esto permite que la mayor parte del oxígeno lo absorba la sangre debido a que el gradiente de difusión se mantiene alto, por lo que la sangre lo absorbe a medida que avanza, pero siempre en contacto con el agua que posee un contenido de O<sub>2</sub> mucho mayor.

Sin embargo, existen dos formas en que los peces ventilan sus branquias: bombeo bucal y opercular (ventilación activa) y ventilación ram (ventilación pasiva).

En la ventilación bucal/opercular el pez succiona el agua por la boca (cavidad bucal) y la empuja hacia las branquias, saliendo por el opérculo (donde se alojan las branquias). En este momento la presión en la cavidad bucal se mantiene más alta que la presión de la cavidad opercular para permitir que el agua pase continuamente hacia las branquias.

En la ventilación ram el pez nada con la boca abierta permitiendo que el agua enjuague las branquias. Este método de ventilación es común en los peces de movimiento rápido como el atún y permite mantener suficiente oxígeno en la superficie branquial mientras nadan a alta velocidad (Boyd and Tucker 1998). Durante este tiempo la sangre absorbe el oxígeno, mientras el dióxido de carbono contenido en ella se libera hacia el agua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los alevines se obtuvieron de un desove de un lote de reproductores en cautividad de *Cynoscion phoxocephalus* (peso de  $8.1 \pm 0.15$  kg y longitud de  $67.4 \pm 1.3$  cm) en el laboratorio de peces marinos de la empresa Marinasol, ubicado en la ciudad de Tumbes.

Los 278,000 individuos se mantuvieron en tanques 10 tanques de larvicultura de fibra de vidrio de 3.5 m<sup>3</sup> durante 35 días a una densidad de 20 larvas por litro, durante los primeros 22 días se alimentaron de rotíferos, copépodos y artemia enriquecida y después se procedió a alimentarlos con alimento extruido Otohime, luego se obtuvo una población final de 16,680 alevines de 1 cm con una sobrevivencia final del 6%. al obtenerse los alevines de  $5.1 \pm 0.8$  cm se seleccionaron 5000 individuos y se colocaron en un estanque

circular de 1500 m<sup>3</sup> a una densidad de 3,3 individuos x m<sup>3</sup>, el estanque fue revestido con geomembrana negra HDPE y acondicionado con un sistema de recirculación equipado con un difusor de aire de 5 HP para mantener a los alevines; la temperatura se mantuvo en 27 °C con un chiller/heater 15 HP (Aqualogics).

Previamente el estanque circular fue llenado con agua salada a 34 ppt salinidad proveniente de agua de well point horizontal. El sistema de recirculación se ensambla con un dren central de 200 mm desde el estanque circular y que se conecta con un codo en la base del estanque hasta un tanque sump de 3.10 m de altura de fibra de vidrio color celeste y de 20 m<sup>3</sup> de capacidad.

El sump (almacena el agua) se conecta una electrobomba de 10 HP mediante una tubería de 200 mm que descarga el agua hasta

MARINAZUL S.A.  
C. PITEIN° 960 - 2017

EDISSA A. PALACIOS AGUILAR  
Coordinadora General



## E. Palacios

los filtros mecánicos, biológicos, torre de desgasificación, filtro esterilizador UV y chiller para que luego el agua retorne filtrada al estanque de engorde.

El flujo de succión y descarga del sump es de 104 Lps lo que representa el ingreso de 9000 m<sup>3</sup> diarios de recambio del sistema de engorde.

El biofiltro consiste en un tanque de 5 m<sup>3</sup> de capacidad con 2 m de diámetro de forma circular y fabricado en fibra de vidrio de color celeste; el empaque del filtro utilizado consistió de cartuchos de manguera plástica corrugada, con una superficie específica de 414 m<sup>2</sup> /m<sup>3</sup> dispuestos alternadamente con una inclinación de 60° y con un espesor total de 1.0 m.

EL tritón de fibra de vidrio de 5 m<sup>3</sup> de volumen contiene en el interior vidrio molido reciclado provisto de partículas pequeñas de 10 µm de diámetro.

La lámpara UV (Aqualogics, USA) de 900 W es usada para remover o eliminar patógenos del agua. Está equipada con fluorescentes ultravioleta que mediante un proceso de distribución de vida microbiana esteriliza el agua contaminada utilizando radiación. Y soporta un caudal de 150 gpm.

La calidad de agua del cultivo fue monitoreada diariamente usando un Fotómetro 9500 (YSI USA), para la medición de amonio, nitrato y nitrato. El pH se monitoreo usando un pHmetro portátil (Hanna Instrument, USA). La Salinidad fue evaluada con un refractómetro (Aquafauna, USA). La temperatura y oxígeno fueron evaluados con un Oxímetro 550A (YSI, USA).

El acondicionamiento se realizó ajustando los caudales de succión y descarga de los filtros de arena, el biofiltro, filtro esterilizador ultravioleta, chiller/heater y la torre de aireación para que sea eficiente al momento del retorno del agua al sistema de engorde.

Se cuidó que la concentración de oxígeno en el agua no estuviera por debajo del valor crítico reportado por la literatura (5 mg/l, Timmons et al., 2009; Blanco, 1995) mediante dos difusores de aire conectados a un compresor o blower en el estanque; la temperatura que se tuvo en los estanques durante el periodo de investigación estuvo dentro del intervalo de 22 – 24 °C para el engorde de corvina-cherela. Con este tipo de sistema en las primeras semanas se pudo estimar que la remoción de contaminantes en el estanque fue de 71,43; 33,44; 66,51 y 88,33% para amonio, nitritos, DQOT y SST, respectivamente.

Los peces se alimentaron de acuerdo a la biomasa (15 al 18%) con una frecuencia de alimentación diaria de 5 veces por día con raciones de alimento Skretting con 45% proteína para salmón y tamaño de pellet de 2-6 mm

Se sifoneo el estanque para remover heces y restos de comida. Los organismos se mantuvieron con un fotoperiodo de 13L:11O h, hasta llegar a los 230 g

La evaluación biométrica de los ejemplares, se realizó al inicio del experimento y posteriormente cada 24 días, la longitud se midió en centímetros utilizando un ictiómetro y el peso con una balanza electrónica Ohaus® (0,01g).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los juveniles se cultivaron durante 354 días bajo estas condiciones.

Los indicadores de crecimiento se calcularon de acuerdo a Hashim et al. (2002): peso promedio inicial (g); peso promedio final (g); ganancia de peso (g semana-1), longitud promedio inicial (cm); longitud promedio final (cm), tasa específica de crecimiento (TCE; % día-1) =  $[(\ln(\text{peso final del cuerpo húmedo}) - \ln(\text{peso inicial del cuerpo húmedo})) / \text{tiempo (días)}] * 100$ ; factor de conversión de alimento (FCA) = alimento consumido (g)/ganancia en peso vivo (g); factor de condición de Fulton (K) = peso

individual (g)/(longitud total; cm)<sup>3</sup> y supervivencia (%).

La relación del peso total-longitud total se calculó a partir de la siguiente ecuación alométrica  $WT = a LT^b$  (Ricker, 1975), donde el WT corresponde al peso corporal total (g), LT a la longitud total (cm), a y b son coeficientes de la regresión funcional entre WT y LT.

**Tabla 1.** Parámetros de la relación entre la longitud (Lt) - Peso (Wt) en sistema de recirculación para cultivo de juveniles de corvina-cherela a diferentes temperaturas y oxígeno.

T °C	24	25	26	27
O <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup>	6	4.5	5	5.5
Ecuación	WT= 0,02L <sup>t</sup>	WT= 0,0Lt	WT= 0,04Lt	WT= 0,01Lt
b*	3,16	2,82	3,03	2,99
R <sup>2</sup>	0,89	0,96	0,95	0,91

Nota: Se muestran los valores de pendiente (b), factor alométrico y R<sup>2</sup> coeficiente de determinación.

El sistema de recirculación fue sido diseñado para soportar una carga de 20-50 alevines de 5 cm por m<sup>3</sup>.

La media y desviación estándar de las variables de calidad del agua (temperatura, oxígeno disueltos, pH, amonio, nitrato y nitrito) se calcularon para cada prueba y para el grupo total de pruebas. Se analizó la homogeneidad de varianzas y distribuciones normales de las variables físicas, químicas y biométricas del experimento.

**Tabla 2.** Parámetros de calidad de agua en sistema de recirculación para cultivos de juveniles de corvina-cherela a diferentes temperaturas y oxígeno.

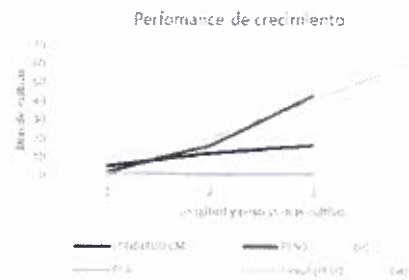
T °C	24	25	26	27
O <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup>	6	4.5	5	5.5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	0,05 ± 0,1	0,05 ± 0,2	0,05 ± 0,1	0,05 ± 0,4
NH <sub>3</sub> mg L <sup>-1</sup>	0,01 ± 0,1	0,01 ± 0,1	0,01 ± 0,3	0,01 ± 0,1
NO <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup>	0,02 ± 0,2	0,02 ± 0,1	0,02 ± 0,3	0,02 ± 0,4
NO <sub>3</sub> mg L <sup>-1</sup>	0,04 ± 0,3	0,04 ± 0,4	0,04 ± 0,5	0,04 ± 0,6
O <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup>	5,89 ± 0,4	4,52 ± 0,5	4,94 ± 0,6	5,71 ± 0,7
T °C	24,1 ± 0,9	25,3 ± 0,10	26,4 ± 0,11	27,8 ± 0,12
pH	7,8 ± 0,1	7,8 ± 0,2	7,8 ± 0,1	7,8 ± 0,2

Nota: No presentaron diferencias significativas.

La tasa de alimentación final fue del 4% de la biomasa total y el FCA fue de 1.6 promedio.

Se suministraron dietas de 30% proteína ya que es lo único que había en el mercado, se utilizó al inicio alimento para cobia al 65% proteína, pero al agotarse el stock se compró alimento de 30% proteína para salmón.

**Tabla 3.** Días de cultivo comparativo con el crecimiento.

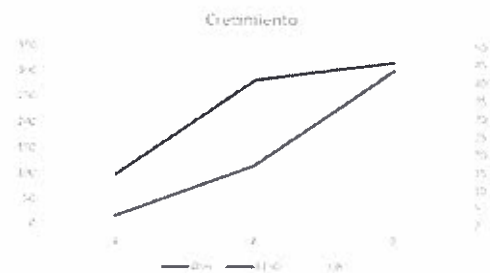


Nota: Se puede observar el crecimiento y la línea de tendencia de peso ascendente a los 70 días de cultivo de los alevines de corvina cherela.

En la primera fase de los 70 días, se observó el crecimiento de los alevines con una tasa de crecimiento de 3 ± 2,61 gr por día y con un FC 1,7.

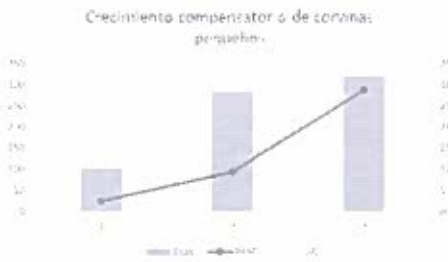
Esto nos indica que el crecimiento fue ralentizado debido a las fluctuaciones de oxígeno y principalmente por el alimento, ya que no hay alimento específico para corvina cherela, solo se pudo conseguir alimento para salmón A.B AQUATECH 35% PREMIUN 2,5 X 3,5MM, el control que se tenía en otro tanque a la misma densidad, creció un 30% más con un alimento japonés OTOHIME 2mm.

**Tabla 4.** Curva de crecimiento comparado con los días de cultivo.



Nota: Se observa el crecimiento a los 300 días de cultivo y el peso promedio es mayor a 40 gr

**Tabla 5.** Crecimiento compensatorio de corvinas que no crecieron al mismo ritmo.



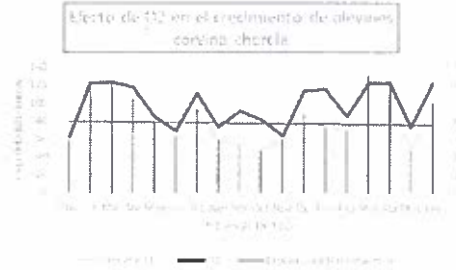
Nota: Se observa que no existe crecimiento compensatorio entre los alevines de crecimiento lento en el cultivo en 300 días crecieron hasta 30 gr.

Se encontraron durante las biometrías peces con disparidad de tallas a razón del 8% durante el primer mes y luego de 37% debido al tipo de alimento lo que se ha mantenido durante los primeros 300 días.

Es probable que exista una variabilidad de tamaño y diferente tasa de crecimiento en juveniles de corvina que parece tener un origen genético, pero no está definido. Con respecto a otros índices de desempeño, se evidencia una relación directa entre el crecimiento de los juveniles y la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, a menor nivel de oxígeno menor crecimiento. Con respecto a la temperatura, se mantuvo constante durante todo el ensayo por lo que

También se ha observado ausencia de opérculo en el 22% de la población, es probable que se deba a desnutrición.

**Tabla 6.** Efecto del oxígeno en el crecimiento de alevines de corvina cherela.



Nota: Se observa que existe relación directa entre el crecimiento en gr vs el nivel de oxígeno en el estanque.

no es un indicador relevante de desempeño, solamente recalcar que en temperaturas superiores a 28 °C se observa un incremento de bacterias totales en el agua del estanque que no es corregido con el biofiltro y una ligera mortalidad lo que provoca un detenimiento en el crecimiento como consecuencia de la suspensión de la alimentación.

**CONCLUSIONES**

Los resultados de esta investigación, demuestran que la variación de los parámetros de oxígeno y temperatura inadecuadas afectan el crecimiento de juveniles de *Cynoscion phoxocephalus*.

Se observa que a mayor nivel de oxígeno hay mayor crecimiento ya que la respuesta de los individuos a estos niveles no altera el metabolismo ni los procesos fisiológicos.

El conocimiento de la tolerancia a la temperatura de los peces es importante en

aspectos fisiológicos y de manejo productivo. Aunque el cultivo de esta especie se realiza en forma incipiente, los resultados obtenidos sugieren que puede crecer con éxito en temperaturas de 24 a 27 °C, ya que se ha observado mortalidad en temperaturas superiores a 28 °C lo que sugiere un incremento de bacterias en el estanque, bajos niveles de oxígeno como consecuencia y se respalda con los controles microbiológicos obtenidos.

MARINAZUL S.A.  
C. PITEI N° 360, 2017  
EDISSA A. PALACIOS ACUJAR  
Coordinadora General  
UNIONATE PERU - C.N. 360-2017  
PITEI  
V.B.  
Coordinador General

## AGRADECIMIENTOS

La ejecución del estudio fue financiada por la empresa Marinazul S.A. y el Programa Nacional de Innovación para la

Competitividad y Productividad - Innóvate Perú.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bergheim, A. 2012. Recent growth trends and challenges in the Norwegian aquaculture industry. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(3): 800-807

Boyd, C.E. and Tucker, C.S.; 1998. Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers, Boston.

Crampton, V., Holland, P.M., Bergheim, A., Gausen, M. and Naess, A., 2003. Oxygen effects on caged salmon. *Fish Farming International*, June, 26-27.

Fosberg, O.I., A. Bergheim 1996. The impact of constant and fluctuating oxygen concentrations and two water consumption rates on post-smolt atlantic salmon production parameters. *Aquacultural Engineering Volume 15, Issue 5, August 1996*, Pages 327-347.

Groot, J.C.J., Rossing, W.A.H., Jellema, A., Stobbelaar, D.J., Renting, H., Van Ittersum, M.K., 2007. Exploring multi-scale trade-offs between nature conservation, agricultural profits and landscape quality—a methodology to support discussions on land-use perspectives. *Agric. Ecosyst. Environ.* 120, 58-69.

Hashim, R., A.S.C. Chong, N.A. Fatan, N. Layman & A. Ali. 2002. Production of hybrid red tilapia *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* at varying stocking densities in portable canvas tanks. *J. Appl. Aquacult.*, 12(3): 1-12.

Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 191: 1-382

Tallis, H., Kareiva, P., Marvier, M., Chang, A., 2008. An ecosystem services framework to support both practical conservation and economic development. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A* 105, 9457-9464

Timmons M.B., Ebeling J.M., Wheaton F.W., Summerfelt S.T. y Vinci B.J., 2002. Recirculating aquaculture systems. Northeastern Regional Aquaculture Center. E.U.A. 769pp.

Tsadik G.G., M.N Kuty., 1987. Influence of ambient oxygen on feeding and growth of the tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). African Regional Aquaculture centre port Harcourt, Nigeria and United Nations development programme food and agriculture organization of the United Nations Nigerian Institute for Oceanography and marine research Project Raf/82/009.

Wedemeyer G., 1996. *Physiology of Fish in Intensive Culture Systems*. Springer US. XVII, 232

MARINAZUL S.A.  
C. PITEI N° 000-2017

EDISSA A. PALACIOS AGUILAR  
Coordinadora General

INNOVATEPERU - CA° 360-2017  
PITEI  
V.B.  
Coordinador General