

EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE MANANOLIGOSACARIDOS Y GLUTAMINA SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y ECONÓMICOS DE ALEVINOS DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*).

Dueños Orjuela Jhosimar Andrés¹; Lesmes Forero Natalia¹; Aguilar Fredy²;
Moreno Marcela³

¹Estudiantes de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales; ²Docente de cátedra de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales; ³Docente de planta de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales

RESUMEN

Con el objetivo evaluar el efecto de la inclusión de mananoligosacaridos (MOS) y glutamina (GLU) sobre los parámetros productivos y económicos de alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) se realizó un experimento en el municipio de Monguí - Boyacá, en un sistema de producción comercial utilizando 72.051 alevinos de 8 semanas de edad con un peso promedio de 0,42 g , en su totalidad hembras, las cuales fueron distribuidas aleatoriamente en 32 canaletas de 0.20 m³, donde los parámetros de calidad de agua se mantuvieron óptimos para la especie (10.02°C± 1.03 de temperatura y 7.23± 0.38 ppm de oxígeno disuelto). El periodo experimental tuvo una duración de 30 días, tiempo en el cual se evaluaron 4 tratamientos (Tratamiento control (CON): Alimento balanceado de 50% proteína bruta (PB) sin aditivos; tratamiento 2: Alimento balanceado de 50% PC + MOS al 0.5%; tratamiento 3: Alimento balanceado de 50% PC + GLU al 0.5%; tratamiento 4: Alimento balanceado de 50% PC + MOS al 0.5% + GLU al 0.5%.) cada uno con 8 repeticiones, el alimento fue suministrado a saciedad aparente 9 veces al día, a partir de las 8am cada hora hasta las 4pm. Se realizaron pesajes semanales y control del consumo de alimento para determinación de parámetros productivos, así como, un análisis de presupuesto parcial con el fin de determinar el margen bruto de ingreso parcial de cada tratamiento. Fueron observadas diferencias significativas (P<0,05) en el consumo de alimento entre GLU y el tratamiento control, siendo menor en el primero (0.030 Vs 0.033); La tasa de alimentación fue reducida por los tratamientos GLU (2.99) e MOS (2,99) en comparación con el tratamiento control. Asimismo se encontraron diferencias en la eficiencia de retención del tratamiento MOS al compararlo con el control tanto de energía (32.40 Vs 26.58) como de proteína (47.4 Vs y 39.5). Dentro del análisis de presupuestos parciales al calcular el costo unitario de la suplementación (\$/alevino producido), no se evidencian diferencias significativas al comparar el tratamiento control (\$3.43) con MOS (\$3.87) y GLU (\$3.92), pero sí existen diferencias cuando se compara con MOS+GLU el cual presentó el mayor costo (\$4.54). En conclusión, La suplementación con MOS incrementa la eficiencia de retención energía y proteína en los alevinos de trucha, mientras que la adición de GLU disminuyó la tasa de alimentación sin afectar el crecimiento de los animales en comparación a la dieta control, lo que potencializa el uso de este

aditivo para mejorar la eficiencia del sistema. Tanto MOS como GLU se pueden usar sin perjudicar el costo por alevino producido si se usan de manera independiente.

PALABRAS CLAVE

Levadura, aditivos, retención de nutrientes, margen bruto.

ABSTRACT

Whit the aim to evaluate the effect of the inclusion of mannanoligosaccharides (MOS) and glutamine (GLU) on productive and economic parameters of rainbow trout fingerlings (*Oncorhynchus mykiss*), an experiment was carried out in the municipality of Monguí - Boyacá, in a commercial production using 72.051 fingerlings of 8 weeks of age with an average weight of 0.42 g, all females, which were randomly distributed in 32 channels of 0.20 m³, where the parameters of water quality remained optimal for the species (10.02 ° C ± 1.028 temperature and 7.23 ± 0.377 ppm dissolved oxygen). The experimental period lasted 30 days, during which 4 treatments were evaluated (Control treatment (CON): Balanced feed of 50% crude protein (PC) without additives, treatment 2: Balanced feed of 50% PC + MOS at 0.5%; treatment 3: 50% balanced food PC + 0.5% GLU; treatment 4: 50% balanced food PC + 0.5% MOS + 0.5% GLU.) Each with 8 repetitions, food was supplied to Apparent satiety 9 times a day, starting at 8am every hour until 4pm. Weekly weighings and control of feed consumption were carried out to determine productive parameters, as well as a partial budget analysis in order to determine the gross margin of partial income of each treatment. Significant differences (P <0.05) in feed consumption between GLU and control treatment were observed, being lower in the first (0.030 Vs 0.033); The feeding rate was reduced by the GLU (2.99) and MOS (2.99) treatments compared to the control treatment. Likewise, differences were found in the retention efficiency of the MOS treatment when compared to the control either energy (32.40 Vs 26.58) and protein (47.4 Vs and 39.5). Within the analysis of partial budgets when calculating the unit cost of the supplementation (\$ / produced alevino), no significant differences were found when comparing the control treatment (\$ 3.43) with MOS (\$ 3.87) and GLU (\$ 3.92), but there are differences when it is compared with MOS + GLU which presented the highest cost (\$ 4.54). In conclusion, supplementation with MOS increases the energy efficiency and protein in the trout fingerlings, while the addition of GLU decreases the life rate without affecting the growth of the animals in comparison with the controlled diet, which potentiates the use of this additive to improve the efficiency of the system. Both MOS and GLU can be used to offset the cost per finger produced if they are used independently.

KEY WORDS:

Yeast, additives, nutrient retention, gross margin.

INTRODUCCIÓN

La resistencia a los antimicrobianos constituye actualmente un problema global de salud, y se ha convertido en una de las prioridades a enfrentar y resolver por la Organización Mundial de la Salud. Esta problemática del Siglo XXI debe ser tratada desde el origen, que ha sido identificado por muchos en la propia granja de crianza de los animales destinados al consumo humano. La resistencia de los microorganismos se debe principalmente al uso inapropiado de los antibióticos porque favorece la multiplicación de microorganismos resistentes y al mismo tiempo la eliminación de microorganismos susceptibles, haciendo más difícil el tratamiento de las infecciones que se generan, esto trae consecuencias negativas tanto en el sector sanitario en animales y humanos como también afecta el sector económico aumentando costos. En muchos países se aplican protocolos para la crianza de animales de granja que contemplan el uso regular de antibióticos para prevenir enfermedades, y con ello, obtener un ganado de calidad superior. Esta práctica resulta en la aparición de resistencia al antimicrobiano empleado que después se transmite al ser humano a través de la cadena alimentaria. Tras el descubrimiento de la comunicación cruzada entre bacterias y seres humanos, el tema de la resistencia microbiana vuelve a ser uno de los más importantes ya que obliga a buscar nuevas alternativas en la medicina para seguir avanzando en la prevención y cura de las enfermedades infecto-contagiosas (Cartelle et. al., 2014).

El planteamiento anterior es cierto, puesto que el uso de promotores de crecimiento tipo antibiótico, se encuentra ampliamente difundido en todas las producciones animales de nuestro país, lo que se convierte en un problema de salud pública, sino se manejan adecuadamente los tiempos de retiro (tiempo en el cual el animal no recibe el antibiótico dentro su dieta y se espera que durante este tiempo se metabolice y/o excrete cualquier tipo de residuo presente en su cuerpo), puesto que existe un riesgo de residualidad de estos aditivos en los productos finales (carne, huevos, leche) que son consumidos por la población, lo que puede generar a futuro problemas de resistencia bacteriana.

Una de las fuentes de proteína de interés para la población humana lo constituye el pescado, reportándose que tanto la pesca y la acuicultura siguen siendo importantes fuentes de alimentos, nutrición, ingresos y medios de vida para cientos de millones de personas en todo el mundo. En 2014, la producción mundial de acuicultura ascendió a 73,8 millones de toneladas, cuyo valor de primera venta se estimó en 160.200 millones de dólares, tiempo en el cual la oferta mundial per cápita de pescado alcanzó un nuevo máximo histórico de 20 kg, gracias a un intenso crecimiento de la acuicultura, que en la actualidad proporciona la mitad de todo el pescado destinado al consumo humano y a una ligera mejora de la situación de determinadas poblaciones de peces como consecuencia de una mejor ordenación pesquera. La comercialización del pescado sigue creciendo a nivel mundial, y las exportaciones en su mayoría son de países en desarrollo (FAO, 2016).

Por su parte, la acuicultura en Colombia ha presentado un aumento equiparable al crecimiento mundial de esta actividad, con un promedio del 13% anual durante los últimos 27 años, crecimiento que ha caracterizado especialmente a las empresas de mediana y pequeña escala. La actividad ha ido reemplazando la producción pesquera nacional de extracción, a tal punto que en el año 2011 representó el 51,4% de la producción pesquera nacional total, lo cual posiciona al país en el sexto lugar a nivel de América Latina, en términos de importancia de la acuicultura (Merino et al., 2013 citado por Roca-Lanao et al., 2016), donde la producción de trucha arcoíris (*Oncorhynchus Mykiss*), es considerada la tercera especie de mayor producción en el país y una de las que genera mayor valor de comercialización (FAO,2016).

La fase de alevinaje representa un reto muy grande para el productor, puesto que es la etapa más crítica y donde se presenta el mayor porcentaje de mortalidad. En este sentido, dada la importancia de la nutrición para mantener la salud de los peces, con respecto a la participación nutricional en inmunocompetencia y resistencia a enfermedades, así como su papel en la mediación de estrés, hay una tendencia creciente a explorar aditivos de naturaleza nutricional que permitan hacer más eficientes los sistemas productivos, pero que a su vez no presenten un riesgo para la salud del consumidor final. Dentro de las alternativas está el uso de ácidos orgánicos, enzimas, aceites vegetales, productos fitogenéticos, prebióticos y probióticos (Baba et al., 2016).

Específicamente el uso de prebióticos constituye una de las alternativas importantes al mejorar considerablemente la microbiota intestinal y estimular la respuesta inmune del animal, lo que se traduce en un mejor estado de salud y mayor eficiencia productiva. A pesar de que este tipo de aditivos, han demostrado algunos beneficios en peces (Burr et al., 2005; Ringø y Olsen, 2008; Ringø et al., 2010), su uso en salmónidos sigue siendo relativamente limitado y requiere una mayor investigación que permita definir claramente los beneficios que tiene su implementación (Ringø et al., 2010). Particularmente en condiciones prácticas de producción dado que parte importante de las investigaciones en este sentido se ha realizado en condiciones de laboratorio.

Dentro del grupo de los prebióticos, los oligosacáridos son considerados las alternativas más promisorias al uso de los antibióticos, pues facilitan y apoyan la relación simbiótica entre el hospedero y su micro flora, dentro de este gran grupo, los mananoligosacáridos (MOS) que son derivados de la superficie celular de las levaduras, específicamente de su pared celular, y tienen alta afinidad ligante, lo que permite proteger al hospedero contra un determinado tipo de bacterias patógenas (Santin et al., 2001). Investigaciones sobre el mecanismo de acción de los MOS indican que estos compuestos se unen a la lectina con especificidad por manosa de patógenos Gram negativos como *Salmonella* y *E. coli*, arrastrando a estos patógenos a lo largo del intestino hasta su excreción en las heces (Blanch, 2015).

Este efecto, sumado a la inclusión de glutamina en la dieta puede favorecer la proliferación de los enterocitos y la integridad y función intestinal, por lo que el uso individual o conjunto de estos dos tipos de aditivos pueden ser alternativas promisorias en sistemas acuícolas. La glutamina es un aminoácido libre en plasma y músculo de pescado, es una fuente de energía para las células que se dividen rápidamente, incluidas las células epiteliales intestinales (Zhang et al, 2017). Sin embargo, los estudios en Trucha arcoíris son limitados y se requiere un mayor esfuerzo para entender su mecanismo de acción y sobre todo evaluar su uso en la fase más crítica del proceso, que como se mencionó anteriormente la constituye la etapa de alevinaje, tiempo en el cual se presentan las mayores pérdidas por mortalidad para el productor.

El presente estudio se centra en evaluar la inclusión de prebióticos de tipo mananligosacaridos (MOS) y de aminoácidos como la glutamina (GLU), dentro de las dietas de alevinos de trucha, con lo que se espera generar un impacto importante en la industria truchicola del país, al evaluar una alternativa potencial al uso de antibióticos como promotores de crecimiento en acuicultura, mitigando a su vez los problemas de salud pública que se pueden desencadenar de esta práctica.

Por lo anterior el presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la inclusión de mananligosacaridos y glutamina en la dieta de alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) sobre parámetros productivos y económicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación fue realizada en la empresa “El Tejar S.A.S.”, ubicada en el municipio de Mongui (Boyacá), el cual está ubicado a una altitud de 2.900 m.s.n.m, tiene una temperatura promedio de 10 °C y humedad relativa del 85%.

Material biológico y manejo

Se inició con 72.051 alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de 8 semanas de edad que fueron distribuidos de forma aleatoria en 32 canaletas con capacidad de 180 litros donde se manejó una densidad de 845g de biomasa/canaleta. Como parámetros de calidad de agua se midió semanalmente la temperatura, pH y oxígeno, los cuales permanecieron en el rango óptimo para la especie $10.02^{\circ}\text{C}\pm 1.028$, 6.95 ± 0.13 y 7.23 ± 0.377 ppm respectivamente. La medición se realizó utilizando una sonda multiparamétrica YSI Oxigard.

Los peces se alimentaron a saciedad aparente 9 veces al día, y la oferta de alimento por canaleta durante todo el experimento fue registrada.

Los alevinos fueron pesados el primer día de la fase experimental y posteriormente cada semana hasta finalizar el ensayo (tomando el 10% de la población), el cual tuvo una duración de 30 días, para posteriormente estimar los parámetros productivos.

Al finalizar la etapa experimental y antes de sacrificar la muestra de peces requeridos para realizar los respectivos análisis (10 alevinos/canaleta), estos permanecieron en ayuno por 24 horas para el vaciamiento gástrico y fueron sacrificados por choque térmico. Las muestras fueron analizadas para determinar su contenido de proteína, y de energía, fueron llevadas al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), donde se realizó el análisis proximal de las carcasas de los animales al inicio y al final del experimento. Para la muestra inicial se tomó un pool representativo de la población inicial para tenerlo como valor de referencia de la composición inicial para todos los tratamientos.

Cada análisis proximal tanto de las carcasas como de las de las dietas experimentales incluyó: humedad por secado en horno (135°C por 2 horas), nitrógeno total para cálculo de proteína bruta ($PB = N \times 6,25$) siguiendo las metodologías reportadas por AOAC (2006). La energía bruta de las muestras fue determinada por combustión en una bomba calorimétrica.

Dietas experimentales

Durante el periodo experimental (duración de 30 días), los animales fueron alimentados con una dieta comercial de 50% de proteína bruta. La cual fue mezclada con glutamina y/o mananoligosacardos, los cuales fueron diluidos en 1% de aceite de acuerdo al peso de alimento a preparar, obteniendo así las siguientes dietas, las cuales fueron objeto de evaluación y se repartieron de manera aleatoria en las 32 canaletas donde se encontraban distribuidos los alevinos:

- Tratamiento control (CON): Alimento balanceado con 50% proteína cruda (PC) sin aditivos.
- Tratamiento 2: Alimento balanceado con 50% PB + MOS al 0.5%.
- Tratamiento 3: Alimento balanceado con 50% PB + GLU al 0.5%.
- Tratamiento 4: Alimento balanceado con 50% PB + MOS al 0.5% + GLU al 0.5%.

Durante el periodo experimental se suministró antibiótico (Nuflor) con una dosificación de 2g/Kg de alimento durante 10 días, siendo este un manejo rutinario del productor para disminuir la incidencia de flavo bacteria en la producción, por lo que en principio se dosificó únicamente al grupo control con el fin de simular las condiciones normales de producción. Sin embargo, dada la alta incidencia de mortalidad que se presentaron fue necesario dosificar a todos los grupos de la investigación. La administración del antibiótico en el tratamiento control se realizó

desde el día 4 al día 13 del periodo experimental, mientras que para los tratamientos con suplementación (MOS, GLU y MOS+GLU) el antibiótico se administró desde el día 8 al día 17, lo cual se convirtió en un efecto importante a la hora de analizar estadísticamente los datos.

Parámetros evaluados

Dentro de los parámetros productivos evaluados se tuvieron en cuenta los siguientes:

- Porcentaje de sobrevivencia = $(\text{No. peces vivos al final} / \text{No. inicial de peces}) * 100$
- Ganancia de peso (Kg/replica) = $(\text{peso final} - \text{peso inicial})$
- Factor de conversión alimenticia ajustado por mortalidad = $(\text{consumo de alimento} / ((\text{biomasa final} - \text{biomasa inicial}) + \text{ganancia de biomasa de los peces muertos}))$
- Consumo promedio (g/pez/día) = $\text{consumo} / \sum \text{peces vivos en cada uno de los 30 días experimentales}$
- Tasa de alimentación (%Biomasa/día) = $100 * \text{Consumo promedio (g/pez/día)} / ((\text{peso final} + \text{peso inicial}) / 2)$
- Tasa específica de crecimiento (%/día) = $(\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso inicial})) / \text{periodo evaluado} * 100$
- Tasa de eficiencia proteica = $(\text{Ganancia de peso} / \text{consumo de proteína de la dieta})$
- Eficiencia de retención de energía (%) = $((\text{energía corporal final} * \text{peso final}) - (\text{energía corporal inicial} * \text{peso inicial}) / \text{Ingestión de energía de la dieta}) * 100$.
- Eficiencia de retención de proteína (%) = $((\text{proteína corporal final} * \text{peso final}) - (\text{proteína corporal inicial} * \text{peso inicial}) / \text{Ingestión de proteína de la dieta}) * 100$.

Análisis económico

Adicional a los parámetros productivos se realizó un análisis de presupuesto parcial (Moreno,2013) teniendo en cuenta el costo de alimentación y el número de alevinos vivos a los 30 días de la fase experimental por tratamiento, para lo cual se sumó el total de consumo y los alevinos de las 8 canaletas que se tenían por tratamiento, donde se tomó el precio por kilogramo de ración suministrado en cada tratamiento incluyendo el costos de cada aditivo dependiendo el tratamiento y la cantidad de alimento consumido, con el cual se obtuvo el costo total por concepto de alimentación para la fase evaluada. Asimismo, se estimó un precio de venta de los alevinos de \$375/individuo, el cual corresponde al valor comercial manejado actualmente por el productor, con estos valores fue posible calcular el ingreso total y obtener el margen bruto de ingreso parcial (MBIP).

Diseño experimental y análisis estadístico.

El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar, donde se evaluaron 4 tratamientos (dietas con inclusión de MOS y GLU), cada uno con ocho (8) repeticiones correspondientes a las canaletas, cuya biomasa inicial fue de 845g representados por un total de 72.051 ejemplares.

Previa verificación de los supuestos de homogeneidad de las varianzas (prueba de Levene) y normalidad del error (prueba de Shapiro-Wilk) (Martínez et. al, 2011), los datos fueron sometidos a análisis de varianza ANOVA, donde el nivel de significancia fue del 5%. Cuando se evidenciaron diferencias significativas ($P < 0.05$) las medias fueron comparadas mediante la prueba de Dunnett. Para las variables consumo medio por pez, tasa de alimentación, conversión alimenticia ajustada por mortalidad, y eficiencia de retención de energía fue considerado el número promedio de peces por unidad experimental como una covariable (previamente fue verificado que esta variable no fue afectada por los tratamientos) y estimadas las medidas por mínimos cuadrados y la prueba de Dunnett utilizando el paquete lsmmeans del programa estadístico R v3.4.0 (R Core Team 2017).

Por su parte los datos obtenidos para el parámetro de sobrevivencia fueron analizados mediante estadística descriptiva debido a la alta dispersión encontrada, realizando gráficas para mostrar el comportamiento general durante los 30 días de experimento y puntualmente el comportamiento posterior al tratamiento con antibiótico, para lo cual se igualó a 100% el número de alevinos que se tenían al finalizar el periodo de 10 días de antibiótico independiente del tratamiento y del día en que inició la dosificación, esto con el fin de poder comparar la respuesta.

RESULTADOS

Parámetros productivos

Se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el consumo de alimento promedio en (g/pez/día) entre el tratamiento con adición de glutamina (0.030) y el tratamiento control (0.033) (Tabla 1). Adicionalmente, cuando se realizó el análisis de covariable teniendo en cuenta el número medio de peces por canaleta, se pudo evidenciar que por cada 1000 peces que se tengan adicionales en cada canaleta se reduce el consumo por pez en 0.012g.

Para la tasa de alimentación, fueron observadas diferencias significativas ($P < 0.05$) tanto en GLU como en MOS al, presentando una disminución del orden del 8.8 y 8,7% respectivamente al ser comparados con el tratamiento control, dicho parámetro también fue analizado teniendo en cuenta el número medio de peces como covariable, donde en la figura 1 se evidencia una relación entre las dos variables donde a mayor número de peces se presentó una menor tasa de alimentación.

Asimismo, se encontraron diferencias significativas en la retención tanto de energía (32.40 Vs 26.58%) como de proteína (47.43 Vs 39.50%), donde MOS presentó mayor retención de estos componentes al compararlo con el tratamiento control.

En cuanto a los demás parámetros evaluados no se encontraron diferencias significativas al comparar cada tratamiento con el control ($P > 0,05$).

Tabla 1. Parámetros productivos al suministrar glutamina y mananoligosacaridos en las dietas de alevinos de trucha arcoíris durante 30 días. (media \pm error estándar)

Parámetros	Control	GLU	MOS	MOS+GLU	Pr(>F)
peso final	1.62 ± 0.06	1.61 ± 0.08	1.66 ± 0.07	1.62 ± 0.10	0.68
Ganancia de peso	1.20 ± 0.06	1.18 ± 0.08	1.24 ± 0.07	1.20 ± 0.10	0.68
Consumo (g/pez/día)+	0.033 ± 0.0006	0.030* ± 0.0005	0.031 ± 0.0006	0.032 ± 0.0006	<0.05
Tasa de alimentación (% biomasa media/día)+	3.28 ± 0.08	2.99* ± 0.07	3.00* ± 0.08	3.13 ± 0.08	<0.05
CA ajustada por mortalidad+	0.97 ± 0.04	0.93 ± 0.03	0.92 ± 0.04	1.03 ± 0.04	>0.05
Tasa específica de crecimiento (TEC)	4.50 ± 0.13	4.47 ± 0.16	4.59 ± 0.15	4.50 ± 0.22	0.68
Tasa de eficiencia proteica ajustada	2.58 ± 0.40	2.38 ± 0.47	2.36 ± 0.62	2.16 ± 0.86	0.68
Eficiencia de retención de energía+	26.58 ± 0.84	25.72 ± 0.80	32.40* ± 0.87	28.00 ± 0.94	<0.05
Eficiencia de retención de proteína	39.50 ± 3.95	37.13 ± 3.58	47.43 $\pm 5.35^*$	43.13 ± 5.77	0.004
Costo de alimentación/alevino	3.437 ± 0.38	3.924 ± 0.47	3.874 ± 0.61	4.548 $\pm 0.78^*$	0.025

GLU: tratamiento con un 0.5 % de glutamina; **MOS:** tratamiento con un 0.5% de mananoligosacaridos;

MOS+GLU: tratamiento con 0.5% de glutamina y 0.5% de mananoligosacaridos.

+Variables analizadas teniendo en cuenta el efecto del número medio de peces como covariable. * Presentó diferencias significativas al compararlo con el tratamiento control ($P < 0,05$) mediante la prueba de Dunnett.

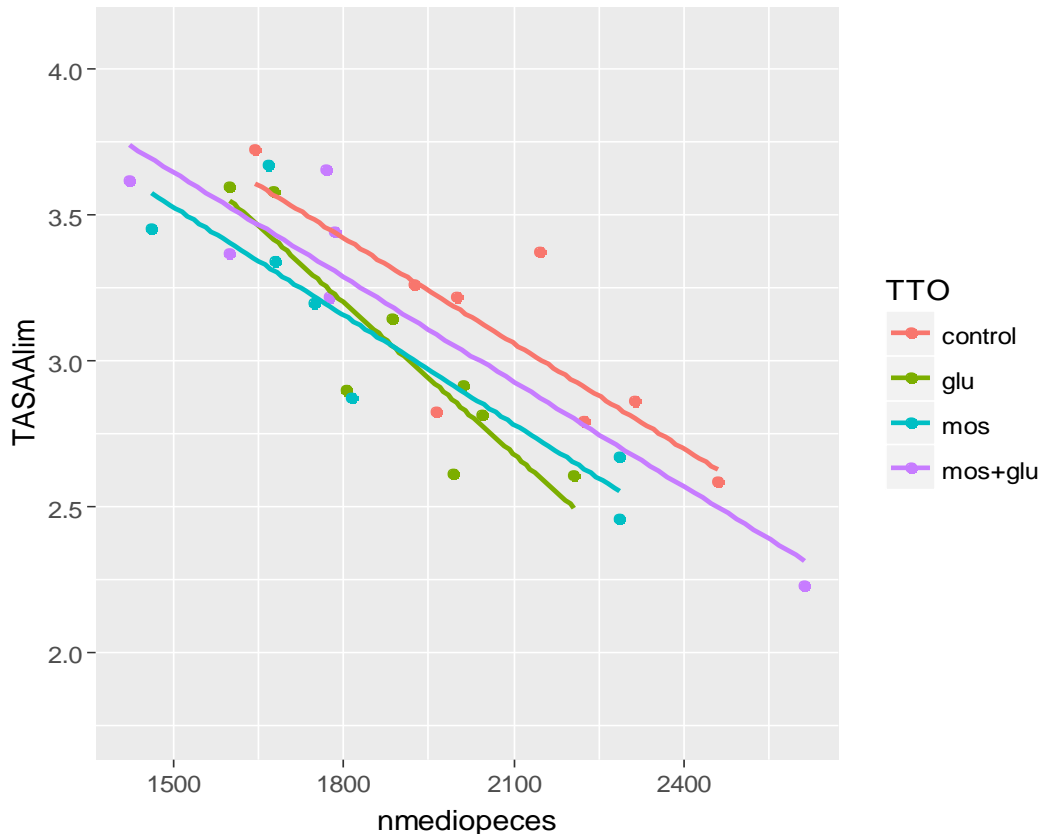


Figura 1. Tasa de alimentación (% biomasa media/día) en función del número medio de peces como covariable.

En las figuras 2 y 3 se presenta el comportamiento de sobrevivencia de los alevinos para cada uno de los tratamientos tanto para los 30 días de periodo experimental, como para los días posteriores a la dosificación con antibiótico, donde se puede observar que la dieta control presentó mejores niveles de sobrevivencia en comparación con los demás tratamientos evaluados.

La respuesta obtenida estuvo influenciada por el tiempo en el cual se inició la dosificación con antibiótico para cada grupo de peces, por lo que en los primeros 3 días del periodo experimental no se observaron diferencias numéricas en el comportamiento de la variable. A partir de la dosificación del antibiótico para el grupo control (día 3) se evidenció una disminución progresiva de la mortalidad por lo que posterior a cuatro días de tratamiento (día 6) el porcentaje de sobrevivencia se estabilizó en este grupo. Mientras que los demás grupos (GLU, MOS y MOS+GLU) fueron tratados con antibiótico a partir del día 8 del periodo experimental se evidenció una disminución de la mortalidad más rápida, donde la sobrevivencia se estabilizó posterior a un día de tratamiento (día 9), esto debido probablemente a un efecto sinérgico por parte del antibiótico con los aditivos evaluados que permite que la mortalidad disminuya de una manera más rápida.

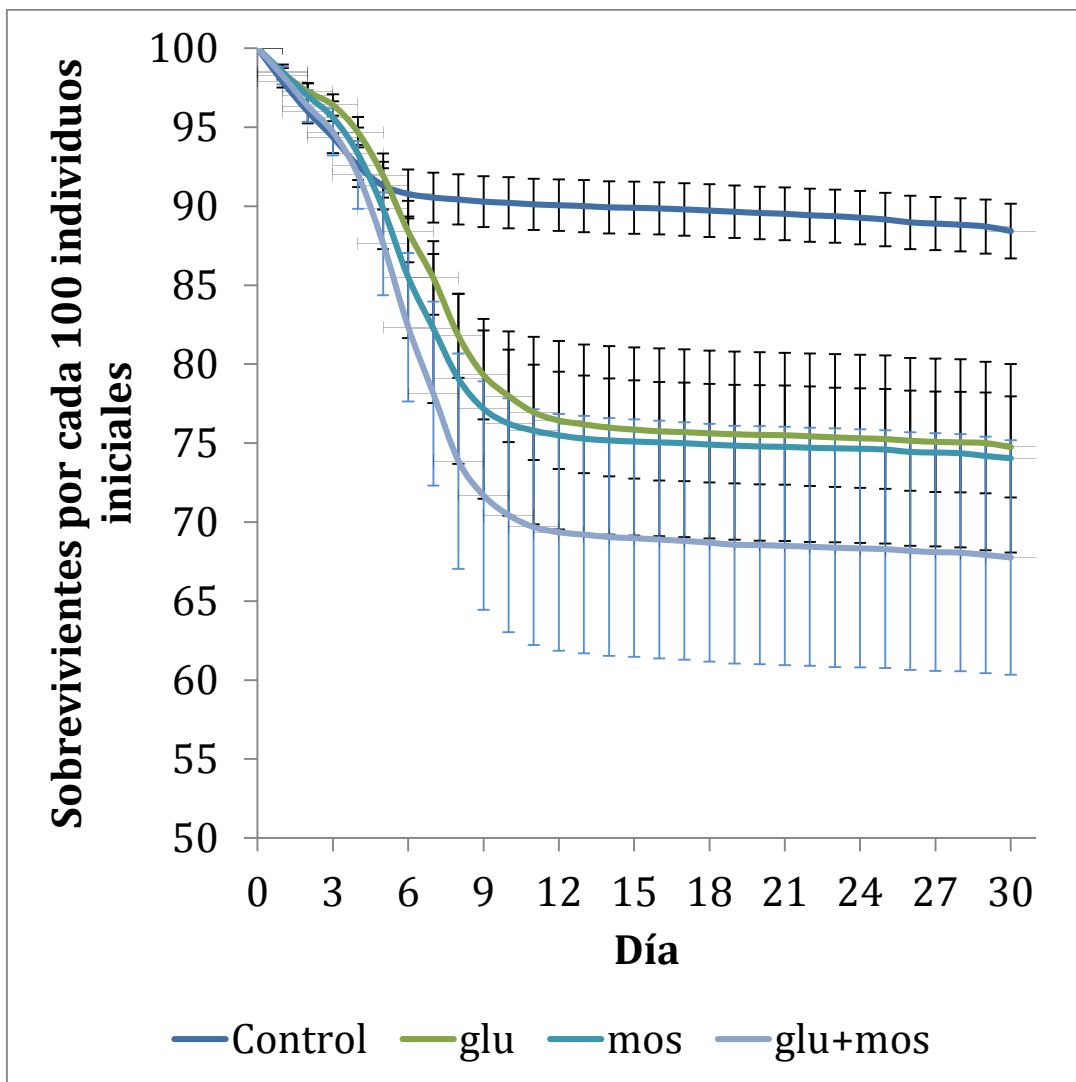


Figura 2. Alevinos de trucha sobrevivientes por cada 100 animales iniciales al ser suplementados con glutamina y/o manaoligosacaridos durante 30 días.

Nota: Las barras corresponden al error estandar de la media. Glu: Glutamina; Mos: manaoligosacaridos

Por su parte, al analizar el porcentaje de sobrevivencia posterior al tratamiento con antibiótico (figura 3), se evidenció una tendencia similar a la encontrada en la figura 2, donde el tratamiento control presentó el mayor porcentaje de sobrevivencia, seguido de los demás tratamientos en su orden, MOS, GLU y MOS+GLU. Sin embargo, dadas las altas dispersiones mostradas en la gráfica no es posible identificar diferencias entre el tratamiento control y MOS a partir del día 3.

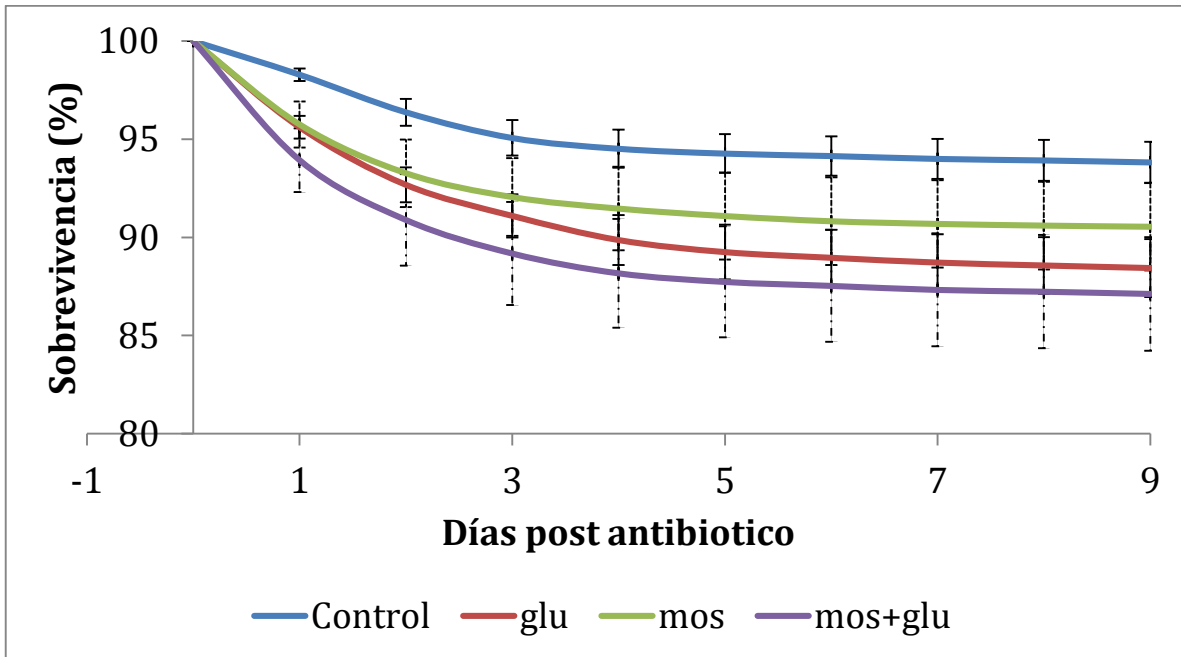


Figura 3. Porcentaje de sobrevivencia posterior al tratamiento con antibiótico de alevinos de trucha suplementados con glutamina y/o manaoligosacaridos durante 30 días.

Nota: Las barras corresponden al error estandar de la media. Glu: Glutamina; Mos: manaoligosacaridos

Parámetros económicos

En la tabla 2 se presentan los resultados del análisis de presupuestos parciales, donde se observa que al calcular el costo unitario de la suplementación (\$/alevino producido), no se evidenciaron diferencias significativas al comprar el tratamiento control (\$3.43) con MOS (\$3.87) y con GLU (\$3.92), pero sí existían diferencias cuando se comparó con MOS+GLU el cual presentó el mayor costo (\$4.54).

Tabla 2. Análisis de presupuestos parciales al suministrar glutamina y mananoligosacaridos en las dietas de alevinos de trucha arcoíris durante 30 días.

Parámetro	Control	GLU	MOS	MOS+GLU
Costo alimento ciclo (\$)	53.342	47.465	48.245	47.657
Costo total aditivo (\$)	-	5.248	1.684	6.933
Costo total aceite (\$)	-	694	705	700
Costo alimentación total ciclo (\$)	53.342	53.407	50.635	55.291
No. alevinos producido (und)	15.723	13.645	12.832	11.737
Costo/alevino producido (\$/und)	3,4	3,9	3,9	4,7*
Precio de venta (\$/und)	375	375	375	375
Ingreso total (\$)	5.896.125	5.116.875	4.812.000	4.401.375
Margen bruto de ingreso parcial (\$)	5.842.783	5.063.468	4.761.365	4.346.084
Margen bruto en relación al ingreso (%)	99,1	99,0	98,9	98,7

GLU: tratamiento con un 0.5 % de glutamina; **MOS:** tratamiento con un 0.5% de mananoligosacaridos;

MOS+GLU: tratamiento con 0.5% de glutamina y 0.5% de mananoligosacaridos.

* Presentó diferencias significativas al compararlo con el tratamiento control ($P < 0,05$) mediante la prueba de Dunnett.

Se evidenció un menor costo de alimentación por ciclo para el tratamiento MOS, sin embargo, dado que el número de alevinos producido fue menor el costo por alevino producido no presentó ventajas económicas para el productor al no presentar diferencias significativas cuando se compara con el tratamiento control. Por su parte al analizar el margen bruto en relación al ingreso total el cual se expresa en porcentaje se evidenció un porcentaje muy cercano entre el tratamiento con GLU y el control, mientras que los porcentajes para MOS y MOS+GLU fueron menores.

DISCUSION

La importancia de mejorar la respuesta inmune en las producciones acuícolas ha llevado a la realización de varios estudios, que proponen la utilización de aditivos como prebióticos y probióticos (Dawood y Koshio, 2016) en las dietas, con el fin de usarse como inmunoestimulantes (Song, et. al., 2014; Akhte, et. al., 2015; Carbone y Faggio, 2016), estos estudios han demostrado el importante papel que juegan estos aditivos no solamente en la respuesta inmune de los animales, sino en una mayor resistencia a factores de estrés (Forsatkar, et. al., 2017; Kiron, 2012), y mejoras en la actividad de la microbiota intestinal (Valcheva y Dieleman, 2016; Lazado y Caipang, 2014).

Por su parte, Adorian, et. al., (2015) realizaron un estudio para evaluar el potencial prebiótico de la fibra dietética como un agente promotor del crecimiento, alimentando juveniles de bagre plateado (*Rhamdia quelen*) con 5 dietas que contenían harina de pescado, almidón de maíz y celulosa, suplementados con

2,50 g/kg de uno de los siguientes aditivos: prebióticos comerciales a base de manano-oligosacáridos (Actigen®Alltech); pulpa de cítricos (CP); autolisado de levadura (YA); fibra de linaza (LF) y una dieta de control, encontrando que los animales presentaban un rendimiento superior ($P < 0.05$) en cuanto a ganancia de peso con las dietas que contenían levadura auto lisada y fibra de linaza (46.16g y 42.,63g respectivamente), así como también valores más altos de proteína cruda (YA: 5.56g/100g; LF: 5.39g/100g) y grasa depositada en la carcasa (YA: 3.49g/100g; LF: 3.60g/100g) al compararlos con los demás tratamientos.

Otros estudios realizados con dietas suplementadas con glutamato o glutamina muestran una mejora en la tasa de conversión alimenticia y la retención de proteínas en comparación con la suplementación con carbohidratos en juveniles de dorada (*Sparus aurata*) (Solares et. al., 2015), estos resultados están acorde a lo encontrado en el presente estudio respecto a la conversión alimenticia, ya que con la suplementación de GLU se vio una disminución en la tasa de alimentación sin afectar el crecimiento de los animales por lo que se ve una mejor conversión alimenticia al menos numéricamente, esto se puede explicar teniendo en cuenta que el mecanismo de acción de la glutamina es proporcionar energía a las células del intestino, haciendo más eficiente el aprovechamiento de nutrientes, pero está en contraposición en cuanto a la eficiencia de retención de proteína, puesto que la diferencia en este parámetro se dio cuando se comparó el tratamiento control con el tratamiento MOS, obteniendo valores de 39.5 y 47.43% respectivamente, mientras que el tratamiento suplementado con glutamina obtuvo un valor de 37.12%.

Por su parte, estudios realizados por Grisdale-Helland, et. al., (2008) evaluaron los efectos de los suplementos dietarios de tipo prebióticos como mananoligosacaridos (MOS), fructooligosacaridos (FOS) y galactosacaridos (GOS) en un ensayo con salmón del Atlántico durante cuatro meses de alimentación, donde se obtuvieron resultados respecto a la retención de energía, que resultó ser un 7% mayor en la dieta MOS comparada con la dieta control (10.24% Vs 9.96%), lo que está acorde con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde se encuentran diferencias significativas al comprar la retención de energía entre la dieta MOS y la dieta control (32.40 Vs 26.58).

En cuanto a la mortalidad presentada a lo largo del experimento, se sabe que las Flavobacterias son un grupo de bacterias Gram negativas que afectan de manera importante a peces de producción, causando grandes estragos económicos. Siendo el agente etiológico más conocido dentro de este grupo *Flavobacterium psychrophilum*, patogénico para varias especies entre ellas las más importantes Salmón del atlántico (*Salmon salar*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), afectando principalmente a alevines y peces juveniles, causando mortalidades de entre 50 a 90%. Lo cual puede explicar el comportamiento de la mortalidad en

cada uno de los tratamientos, debido a que la adición del aditivo en las dietas se realizó a partir de la semana 8 y no se suministró de forma preventiva, desde que los animales comenzaron a recibir alimento balanceado, lo que pudo incidir negativamente sobre la presentación de la enfermedad, lo cual se aseveró puesto que el tratamiento con antibiótico se realizó de manera tardía en los tratamientos que incluían alguno de los aditivos evaluados, mientras que para el tratamiento control, el cual se dosificó de una manera más temprana, fue posible detener el curso de la enfermedad, por lo que el porcentaje de sobrevivencia presentado al final de experimento fue más alto.

Por otra parte, Forsatkar et. al., (2017) realizando un estudio durante 8 semanas con pez cebra (*Danio rerio*) donde los animales fueron sometidos a 4 tratamientos los cuales consistían en: Control sin ayuno: alimentación diaria con una dieta control; Control con ayuno: alimentación día de por medio con la dieta de control; Prebiótico sin ayuno: alimentación diaria con una dieta suplementada con 0.4% de MOS; Prebiótico con ayuno: alimentación cada dos días con una dieta suplementada con 0.4% de MOS, encontraron que la adición de MOS en la dieta tuvo un efecto positivo ayudando a disminuir los efectos de estrés y ansiedad que pueden presentarse cuando los animales pasan por periodos de ayuno, esto se vio reflejado debido a que no se presentaron diferencias significativas en los niveles de cortisol entre el tratamiento control sin ayuno y el prebiótico con ayuno. Asimismo, estos autores reportaron un menor nivel de cortisol en los peces alimentados diariamente y con inclusión de MOS en su dieta (1.87 ± 0.15 mg/g tejido), al compararlos con los demás tratamientos donde todos los valores estuvieron en un rango de 2.11 ± 0.19 mg/g tejido a 2.86 ± 0.16 mg/g tejido.

Dichos resultados coinciden con lo observado cuando se manipularon los alevinos de trucha del presente estudio, ya que a pesar de no haber medido parámetros sanguíneos buscando indicadores del nivel de estrés en los animales como lo es el nivel de cortisol, durante los procesos de manipulación realizados, los animales que se encontraban en los tratamientos con suplementación de MOS, GLU y MOS+GLU, mostraron comportamientos más dóciles y tranquilos que los animales de la dieta control, además la producción de moco era menor, siendo este un indicador importante de estrés (Rodríguez de Vera, 2017)

CONCLUSIONES

La suplementación con mananoligosacaridos incrementa la eficiencia de retención energía y proteína en los alevinos de trucha.

La adición de glutamina a la dieta disminuyó la tasa de alimentación sin afectar el crecimiento de los animales en comparación a la dieta control y en consecuencia al menos numéricamente la conversión alimenticia, lo que potencializa el uso de este aditivo para mejorar la eficiencia del sistema.

En términos económicos sería más viable utilizar glutamina o mananoligosacaridos de manera independiente, puesto que no se ve afectado el costo por alevino producido al compararlo con una dieta comercial, pero si se pueden obtener beneficios en los procesos de manipulación al disminuir el nivel de estrés de los peces al utilizar estos aditivos.

RECOMENDACIONES

Es posible que el efecto sobre la sobrevivencia de los alevinos se vea de una manera más precisa si la suplementación con glutamina o MOS se realizara desde la primera alimentación, esto con el fin de que actúe como un manejo preventivo ante las enfermedades que se puedan presentar en edades más avanzadas y poder así disminuir el uso de antibióticos.

REFERENCIAS

Adorian, T. Mombach, P. Goulart, F. Loureiro, B. Pianesso, D. Da silva, L. (2015). Dietary fiber in the nutrition of silver catfish: Prebiotic or antinutrient?. *Animal Feed Science and Technology*. Vol 209. 167-173.

Akhter, N. Bin Wu, B. Memon, A. Mohsin, M. (2015). Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review. *Fish & Shellfish Immunology*. Vol 45. 733-741

Akrami, R., Chitsaz, H., Hezarjaribi, A., Ziaei, R., 2012. Effect of dietary mannan oligosaccharide (MOS) on growth performance and immune response of Gibel carp juveniles (*Carassius auratus gibelio*). *J. Vet. Adv.* 2, 507–513.

AOAC. (2006). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*. 18th ed. 1st rev. AOAC Int., Gaithersburg, MD.

Baba, E., Acar, Ü., Öntaş, C., Kesbiç, O.S., Yılmaz, S., 2016a. Evaluation of Citrus limón peels essential oil on growth performance, immune response of Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* challenged with *Edwardsiella tarda*. *Aquaculture* 465,13–18.

Baba, E., Acar, Ü., Öntaş, C., Kesbiç, O.S., Yılmaz, S., 2016b. The use of *Avena sativa* extract against *Aeromonas hydrophila* and its effect on growth performance, hematological and immunological parameters in common carp (*Cyprinus carpio*). *Ital. J. Anim. Sci.* 15, 325–333

Bastardo, H. & B, Sofía. 2003. Crecimiento de truchas todas hembras y de ambos sexos en un criadero venezolano. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Investigaciones Agrícolas del estado Mérida, Campo Experimental Truchícola La Mucuy. Mérida, Venezuela. *Zootecnia Tropical*,21(1):17-26.

Benites, V., Gilharry, R., Gernat, A.G., Murillo, J.G., 2008. Effect of dietary mannan oligosaccharides from Bio-MOS of SAF-mannan on live performance of broiler. *J. Appl. Polt. Res.* 17, 471–475.

Bhujel, R.C .2009. Statistics for aquaculture. *Aquaculture and Aquatic Resources Management (AARM)*.

Blanch, A. 2015. Probióticos, Prebióticos y Simbióticos en nutrición y salud animal. *Nutrinews*.

Blanco, M. C. 1994. La trucha. Cría industrial. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid, España. 1-488.

Brasse-Lagnel, C., Lavoine, A., Husson, A., 2009. Control of mammalian gene expression by amino acids, especially glutamine. *FEBS J.* 276, 1826–1844.

Burr, G., Gatlin III, D., Ricke, S., 2005. Microbial ecology of the gastrointestinal tract of fish and the potential application of prebiotics and probiotics in finfish aquaculture. *J. World Aquac. Soc.* 36, 425–436.

Carbone, D. Faggio, C. (2016). Importance of prebiotics in aquaculture as immunostimulants. Effects on immune system of *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*. *Fish & Shellfish Immunology*. Vol 54. 172-178

Cartelle Gestal M, Villacís JE, Alulema MJ, Chico P. 2014. De la granja a la mesa. Implicaciones del uso de antibióticos en la crianza de animales para la resistencia microbiana y la salud. *RCAN Rev Cubana Aliment Nutr* 24(1):129-139. RNPS: 2221. ISSN: 1561-2929.

Ceballos, M. & Velázquez, m. 1988. Perfiles de la alimentación de peces y crustáceos en los centros y unidades de producción acuícola en México. Secretaría de pesca Dirección General de Acuicultura. FAO. Pachuca, Hidalgo. México. 1 -10.

Chen, J., Zhou, X.-Q., Feng, L., Liu, Y., Jiang, J., 2009. Effects of glutamine on hydrogen peroxide-induced oxidative damage in intestinal epithelial cells of Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture* 288, 285–289.

Chen, Y., Zhu, X., Yang, Y., Han, D., Jin, J., Xie, S., 2014. Effect of dietary chitosan on growth performance, haematology, immune response, intestine morphology, intestine microbiota and disease resistance in gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). *Aquac. Nutr.* 20, 532–546.

Cheng, Z.Y., Buentello, A., Gatlin, D.M., 2011. Effects of dietary arginine and glutamine on growth performance, immune responses and intestinal structure of

red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture* 319, 247–252.

Coutinho, F., Castro C., Rufino-Palomares E., Ordóñez-Grande B., Gallardo M.A., Oliva-Teles, A., Peres H. 2016. Dietary glutamine supplementation effects on amino acid metabolism, intestinal nutrient absorption capacity and antioxidant response of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 191 9–17.

Curi, R., Lagranha, C.J., Doi, S.Q., Sellitti, D.F., Procopio, J., Pithon-Curi, T.C., Corless, M., Newsholme, P., 2005. Molecular mechanisms of glutamine action. *J. Cell. Physiol.* 204, 392–401.

Dawood, M.A.O., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., 2015. Dietary supplementation of β -glucan improves growth performance, the innate immune response and stress resistance of red sea bream, *Pagrus major*. *Aquac. Nutr.* <http://dx.doi.org/10.1111/anu.12376>.

Dawood, M. Koshio, S. 2016. Recent advances in the role of probiotics and prebiotics in carp aquaculture: A review. *Aquaculture*. Vol 454. 243-251

Dimitroglou, A., Merrifield, D.L., Moate, R., Davies, S.J., Spring, P., Sweetman, J., Bradley, G., 2009. Dietary mannan oligosaccharide supplementation modulates intestinal microbial ecology and improves gut morphology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *J. Anim. Sci.* 87, 3226–3234.

Dimitroglou, A., Merrifield, D.L., Spring, P., Sweetman, J., Moate, R., Davies, S.J., 2010. Effects of dietary mannan oligosaccharides (MOS) and soybean meal on growth performance, feed utilisation, intestinal histology and gut microbiota of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquacult* 300, 182–188.

Dobšíková, R., Blahová, J., Mikulíková, I., Modrá, H., Prášková, E., Svobodová, Z., Škorič, M., Jarkovský, J., Siwicki, A., 2013. The effect of oyster mushroom β -1.3/1.6-D-glucan and oxytetracycline antibiotic on biometrical, haematological, biochemical, and immunological indices, and histopathological changes in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fish Shellfish Immunol.* 35, 1813–1823.

Eshaghzadeh, H., Hoseinifar, S.H., Vahabzadeh, H., Ringø, E., 2015. The effects of dietary inulin on growth performances, survival and digestive enzyme activities of common carp (*Cyprinus carpio*) fry. *Aquac. Nutr.* 21, 242–247

Forsatkar, M., Nematollahi, M., Raffie, G., Farahadman, H., Lawrence, C. (2017). Effects of the prebiotic mannan-oligosaccharide on the stress response of feed deprived zebrafish (*Danio rerio*). *Physiology & Behavior*. Vol 180. 70-77.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

(2016) El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma.

Garavito, A. J. 2000. Trucha arcoíris: Condiciones para su cultivo. Táchira, Venezuela.

Gibson, G.R., Rastall, R.A., Fuller, R., 2003. The health benefits of probiotics and prebiotics. In: Fuller, R., Perdígón, G. (Eds.), Gut Flora, Nutrition, Immunity and Health. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, pp. 52–76.

Gibson, G.R., Probert, H.M., Loo, J.V., Rastall, R.A., Roberfroid, M.B., 2004. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutr. Res. Rev.* 17, 259–275.

Grisdale-Helland, B., Helland, S.J., Gatlin III, D.M., 2008. The effects of dietary supplementation with mannanoligosaccharide, fructooligosaccharide or galactooligosaccharide on the growth and feed utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquacult.* 283, 163–167

Hinshaw, J. M. 1999. Trout production. Feeds and feeding methods. United States Department of Agriculture, Cooperative State Research Service and the Extension Service 223: 1-2.

Hoseinifar, S.H., Ringø, E., Masouleh, A.S., Esteban, M.A., 2014. Probiotic, prebiotic and synbiotic supplements in sturgeon aquaculture: a review. *Rev. Aquac.* 6, 1–14.

Hoseinifar, S.H., Eshaghzadeh, H., Vahabzadeh, H., Peykaran Mana, N., 2015. Modulation of growth performances, survival, digestive enzyme activities and intestinal microbiota in common carp (*Cyprinus carpio*) larvae using short chain fructooligosaccharide. *Aquac. Res.* <http://dx.doi.org/10.1111/are.12777>.

Hu, K., Feng, L., Jiang, W., Liu, Y., Jiang, J., Li, S., Zhou, X., 2014. Oxidative damage repair by glutamine in fish enterocytes. *Fish Physiol. Biochem.* 40, 1437–1445.

Jung-Schroers, V., Adamek, M., Jung, A., Harris, S., Dóza, Ö.S., Baumer, A., Steinhagen, D., 2015. Feeding of β -1, 3/1, 6-glucan increases the diversity of the intestinal microflora of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquac. Nutr.* <http://dx.doi.org/10.1111/anu.12320>.

Kiron, V. 2012. Fish immune system and its nutritional modulation for preventive health care. *Animal Feed Science and Technology.* Vol 173. 11-133

Klebaniuk, R., Matras, J., Patkowski, K., Picta, M., 2008. Effectiveness of Bio-MOS

in sheep nutrition. *Ann. Anim. Sci.* 8, 369–380.

Kühlwein, H., Emery, M.J., Rawling, M.D., Harper, G.M., Merrifield, D.L., Davies, S.J., 2013. Effects of a dietary β -(1,3)(1,6)-D-glucan supplementation on intestinal microbial communities and intestinal ultrastructure of mirror carp (*Cyprinus carpio* L.). *J. Appl. Microbiol.* 115, 1091–1106.

Kühlwein, H., Merrifield, D.L., Rawling, M.D., Foey, A.D., Davies, S.J., 2014. Effects of dietary β -(1,3)(1,6)-D-glucan supplementation on growth performance, intestinal morphology and haemato-immunological profile of mirror carp (*Cyprinus carpio* L.). *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 98, 279–289.

Lazado, C. Caipang, C. 2014. Mucosal immunity and probiotics in fish. *Fish & Shellfish Immunology*. Vol 39. 78-89

Lobley, G.E., Hoskin, S.O., McNeil, C.J., 2001. Glutamine in animal science and production. *J. Nutr.* 131, 2525S–2531S.

Martínez, R., Martínez, N. y Martínez, M.V. 2011. Diseño de experimentos en ciencias agropecuarias y biológicas con SAS, SPSS, R y STATISTIX. Tomo 1. Primera edición Fondo Nacional Universitario. Bogotá D.C.

Merrifield, D.L., Dimitroglou, A., Foey, A., Davies, S.J., Baker, R, T.M., Børgwald, J. Castex, M., Ringø, E. 2010. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture* 302: 1–18.

Miranda, A. (). Caracterización fenotípica, bioquímica y genética de *flavobacterium psychrophilum*. obtenidas de casos de síndrome del alevín de la trucha arcoíris (rtfs). Universidad Autónoma del Estado de México. 95p.

Moreno, M. (2013). Cambios en el perfil de ácidos grasos de filete de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en respuesta a diferentes fuentes lipídicas. Universidad Nacional de Colombia Bogotá D.C. 134p.

Pohlenz, C., Buentello, A., Bakke, A.M., Gatlin, D.M., 2012. Free dietary glutamine improves intestinal morphology and increases enterocyte migration rates, but has limited effects on plasma amino acid profile and growth performance of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture* 370, 32–39.

Qiyu, X., Qing, Z., Hong, X., Chang'an, W., Dajiang, S., 2011. Dietary glutamine supplementation improves growth performance and intestinal digestion/absorption ability in young hybrid sturgeon (*Acipenser schrenckii* female \times *Huso dauricus* male). *J. Appl. Ichthyol.* 27, 721–726.

Quintero, L.G., Pardo, G.B., Quintero, A.M. 2011. Manual técnico para la

producción de peces de consumo a pequeña escala en el departamento de Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 100pg.

Ringø, E., Olsen, R.E., 2008. Gut health in aquatic species. World Nutrition Forum. The Future of Animal Production. Binder, E.M. and Schatzmayr, G. (Eds.). Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 79–105.

Ringø, E., Olsen, R.E., Gifstad, T.G., Dalmo, R.A., Amlund, H., Hemre, G.-I., Bakke, A.M., 2010. Prebiotics in aquaculture: a review. *Aqua. Nutr.* doi:10.1111/j.1365-2095.2009.00731.x early view

Roberfroid, M., 2007. Prebiotics: the concept revised. *J. Nutr.* 137, 830S–837S

Roca-Lanao, B., C. Polonia-Rivera, J. Altamar, L.O. Duarte, L. Manjarrés-Martínez. 2016. Caracterización de granjas y evaluación de la producción de acuicultura en Colombia durante el año 2016: un análisis basado en once núcleos geográficos. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Santa Marta, 28 p.

Rodriguez-Estrada, U., Satoh, S., Haga, Y., Fushimi, H., Sweetman, J., 2009. Effects of single and combined supplementation of *Enterococcus faecalis*, mannan oligosaccharide and polyhydrobutyric acid on growth performance and immune response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquacult. Sci.* 57, 609–617.

Rodriguez de Vera, E. 2017. Respuestas Fisiologicas de Peces Sometidos a Estrés. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo. Universidad de La Laguna, Julio de 2017. 33p.

R Core Team 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Santin E, Maiorka A, Macari M, Grecco M, Sanchez JC, Okada TM, Myasaka AM. 2001. Performance and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diets containing *Saccharomyces cerevisiae* cell wall. *Journal of Applied Poultry Research* 10: 236-244.

SAS Institute Inc. 2002. SAS/ETS ® 9 User's Guide, Volumes 1 and 2. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Sohn, K.S., Kim, M.K., Kim, J.D., Han, I.K., 2000. The role immunostimulants in monogastric animal and fish — review. *Asian - Australian J. Anim. Sci.* 13, 1178–1187.

Solares, A. , Viegas, I. Salgado, M. Siles, A. Sáez, A. Metón, I. Baanante, I.

Fernández, F. 2015. Diets supplemented with glutamate or glutamine improve protein retention and modulate gene expression of key enzymes of hepatic metabolism in gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture*. 444. 79-87.

Song, S. Beck, B. Kim, D. Park, J. Kim, J. Kim, H. Ringo, E. 2014. Prebiotics as immunostimulants in aquaculture: A review. *Fish & Shellfish Immunology*. Vol 40. 40-48

Staykov, Y., Spring, P., Denev, S., Sweetman, J., 2007. Effect of mannan oligosaccharide on the growth performance and immune status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquacult. Int.* 15, 153–161.

Stickney, R.R. 2000. *Encyclopedia of Aquaculture*. John Wiley and Sons, Inc. Texas, State United of America.

Torres, C y Zarazaga, M. 2002. Antibióticos como promotores del crecimiento en animales. ¿Vamos por el buen camino?. *Gac Sanit* 16(2):109-12.

Valcheva, R. Dieleman, L. (2016). Prebiotics: Definition and protective mechanisms. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*. Vol 30. 27-37

Wu, G.Y., Thompson, J.R., 1990. The effect of glutamine on protein turnover in chick skeletal muscle in vitro. *Biochem. J.* 265, 593–598.

Wu, G., Bazer, F.W., Johnson, G.A., Knabe, D.A., Burghardt, R.C., Spencer, T.E., Li, X.L., Wang, J.J., 2011. Triennial growth symposium: important roles for L-glutamine in swine nutrition and production. *J. Anim. Sci.* 89, 2017–2030.

Xi, P., Jiang, Z., Zheng, C., Lin, Y., Wu, G., 2011. Regulation of protein metabolism by glutamine: implications for nutrition and health. *Front. Biosci.* 16, 578–597.

Xu, B., Wang, Y., Li, J., Lin, Q., 2009. Effect of prebiotic xylooligosaccharides on growth performances and digestive enzyme activities of allogynogenetic crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). *Fish Physiol. Biochem.* 35, 351–357.

Yang, Y., Iji, P.A., Choct, M., 2009. Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: a review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics. *World Poult. Sci.* 65, 97–114.

Yazawa, K., Imai, K., Tamura, Z., 1978. Oligosaccharides and polysaccharides specifically utilisable by bifidobacteria. *Chem. Pharm. Bull.* 26, 3306–3311.

Yilmaz, E., Genc, M.A., Genc, E., 2007. Effects of dietary mannan oligosaccharides on growth, body composition, and intestine and liver histology of

rainbow trout. *Oncorhynchus mykiss*. *Isr. J. Aquacult.-Bamid*. 59, 182–188.

Yu, H., Gao, Q., Dong, S., Lan, Y., Ye, Z., Wen, B. 2016. Regulation of dietary glutamine on the growth, intestinal function, immunity and antioxidant capacity of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Fish & Shellfish Immunology* 50: 56e65.

Zhang, K. Mai, K. Xu, W. Liufu, Z. Zhang, Y. Peng, M. Chen, J. Ai, Q. 2017. Effects of dietary arginine and glutamine on growth performance, nonspecific immunity, and disease resistance in relation to arginine catabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*. Vol 468. 246-254