

EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE PROBIÓTICOS Y PREBIÓTICOS SOBRE EL
DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y LA SOBREVIVENCIA DE ALEVINOS DE
TILAPIA NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*) VARIEDAD CHITRALADA

CATALINA MAHECHA BAIZ

Trabajo de grado para optar al
título de Bióloga Marina

Director MIGUEL ANGEL LANDINES
PARRA Zootecnista, Ph. D.
Acuicultura

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA BOGOTA 2006

ACEPTACIÓN

Nota de aceptación

Firma presidente jurado

Firma jurado

Firma jurado

Bogotá, Noviembre 2006

DEDICATORIA

A mi familia, al área de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, a los que ayudaron a mi formación profesional y a la institución donde culminé mis estudios, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo incondicional, a mi director por su dedicación, a la Universidad Nacional de Colombia y a todos los que hicieron posible la realización y culminación de este trabajo, como también a los que ayudaron a mi formación profesional y a la institución donde culminé mis estudios, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE</u>	3
<u>2.1. Caracterización de la especie</u>	3
<u>2.2. Probióticos y prebióticos</u>	5
<u>2.3. Probióticos</u>	5
<u>2.4. Prebióticos</u>	10
<u>3. METODOLOGÍA</u>	14
<u>3.1. Localización</u>	14
<u>3.2. Animales experimentales</u>	14
<u>3.3. Dietas experimentales (tratamientos)</u>	14
<u>3.4. Calidad del agua</u>	15
<u>3.5. Diseño experimental</u>	15
<u>3.6. Recolección de información</u>	16
<u>4. RESULTADOS</u>	17

<u>5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</u>	24
<u>6. CONCLUSIONES</u>	28
<u>7. RECOMENDACIONES</u>	29
<u>8. BIBLIOGRAFÍA</u>	30

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Efecto de la utilización de probióticos y prebióticos sobre la ganancia de peso en alevinos de <i>Oreochromis niloticus</i> variedad Chitralada.....	18
Tabla 2. Efecto de la utilización de prebióticos y probióticos sobre la Tasa de crecimiento específico (% día) en alevinos de <i>Oreochromis niloticus</i> variedad Chitralada.....	20

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Alevino de <i>O. niloticus</i> variedad chitralada.....	5
Figura 2. Valores medios \pm D. S. del efecto de los probióticos y prebióticos sobre la ganancia total en peso (g) en alevinos de <i>Oreochromis niloticus</i> variedad Chitralada.....	19
Figura 3. Valores medios \pm D. S. del efecto de los probióticos y prebióticos sobre la Tasa de crecimiento específico total (%/día) en alevinos de <i>Oreochromis niloticus</i> variedad Chitralada.....	20
Figura 4. Valores medios \pm D. S. del efecto de los probióticos y prebióticos sobre el factor de conversión alimenticia en alevinos de <i>Oreochromis niloticus</i> variedad Chitralada.....	21
Figura 5. Valores medios \pm D. S. del efecto de los probióticos y prebióticos sobre la eficiencia de utilización de proteína en alevinos de <i>Oreochromis niloticus</i> variedad Chitralada.....	22
Figura 6. Valores medios \pm D. S. del efecto de los probióticos y prebióticos sobre la sobrevivencia (%) en alevinos de <i>Oreochromis niloticus</i> variedad Chitralada.....	23

INTRODUCCIÓN

Una de las industrias con mayor crecimiento durante los últimos años, en todo el mundo, ha sido la acuícola, cuyos sectores de mayor producción son los peces, moluscos y algas (FAO, 2003; 2004). La acuicultura juega un papel importante en la llamada seguridad alimentaria del planeta (Vinatea, 2005) y en la actualidad es considerada como una actividad importante productora de proteína de buena calidad para consumo humano, así como también generadora de empleo en los países en vías de desarrollo (FAO, 2003). Adicionalmente, se perfila como la única actividad que puede garantizar la oferta permanente de pescado para cubrir una demanda creciente que se hace insostenible debido a las drásticas disminuciones en las pesquerías. Actualmente, casi el 50% del pescado producido en el mundo proviene de la acuicultura (FAO, 2006).

En Colombia, la actividad acuícola más importante es la piscicultura, cuyo desarrollo ha registrado gran evolución en los últimos 20 años, al punto de aumentar la producción en más de cincuenta veces durante dicho periodo (Salazar, 2001). Para el año 2003, la producción de pescado significó para el país un ingreso de 158.185 millones de pesos (Espinal *et al.*, 2005), siendo la tilapia la principal especie producida, superando las 32.000 toneladas, gracias a lo cual Colombia se ubica dentro de los 10 principales productores de esa especie en el mundo (FAO, 2004; Espinal *et al.*, 2005).

Sin embargo, el incremento en la producción ha generado varios problemas a la piscicultura y acuicultura en general, los cuales principalmente tienen que ver con el aumento del estrés y desarrollo de enfermedades debido a la aparición y propagación de microorganismos patógenos, los cuales afectan el desarrollo económico del sector. Con el fin de superar esta dificultad y conseguir una alta producción, los acuacultores han utilizado varios químicos como antibióticos, pesticidas, entre otros, los cuales, debido a su uso inadecuado, han generado complicaciones incrementado la resistencia de las bacterias perjudiciales,

volviendo vulnerables a sus huéspedes (Alderman y Hastings, 1998); es así como se proponen dos alternativas bastante eficientes para el bienestar de los organismos cultivados, llamadas probióticos y prebióticos, donde la primera, actúa como un antagonista bacterial para controlar las poblaciones patógenas a través de la exclusión por competencia, proporcionando al huésped una mejor salud y digestibilidad del alimento (Gatesoupe, 1999); y la segunda, opera como un ingrediente alimenticio que no es digerible por el sistema digestivo del huésped y que beneficia su flora intestinal, produciendo bienestar (Roberfroid, 2001).

Varios de los estudios realizados con estas alternativas en piscicultura han sido dirigidos hacia la especie *Oreochromis niloticus*, que se caracteriza por ser un individuo de gran interés comercial debido a su índice de conversión alimenticia, rápido crecimiento y maduración sexual relativamente tardía (Castillo, 2000).

Teniendo en cuenta lo anterior, y considerando que son pocos los estudios que se tienen en el país acerca de la inclusión de prebióticos y probióticos en la alimentación de *Oreochromis niloticus*, el presente trabajo pretende comprobar si estos aditivos son funcionales para promover el desempeño productivo y la sobrevivencia de los alevinos de la especie. Para dicho propósito se evaluó su influencia sobre el crecimiento, en términos de ganancia en peso y tasa de crecimiento específico, la eficiencia de utilización de proteína, la conversión alimenticia y la sobrevivencia, contando para ello con el apoyo del laboratorio de Ictiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

La acuicultura se define como el cultivo de organismos acuáticos, tales como: peces, crustáceos, moluscos y algas, realizado por el hombre con el fin de incrementar las operaciones de producción (siembra, alimentación, protección de los depredadores, cosecha, etc.) para obtener una mayor explotación del recurso (FAO, 2000). Esta actividad se clasifica según el tipo de producción: **Extensiva**, refiriéndose a la baja densidad de siembra (un pez por metro cuadrado); **Semiintensiva**, mayor densidad que el extensivo (de 1 a 5 peces por metro cuadrado); e **Intensiva**, alta densidad de siembra (de 5 a 20 peces por metro cuadrado); y según las especies a cultivar: **Monocultivo**, se utiliza una sola especie durante todo el proceso de producción; **Policultivo**, se crían dos o más especies a lo largo de la producción.

El cultivo de peces en el interior de Colombia, comenzó hacia finales de los años 30, al introducir al país trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* con el objeto de repoblar las aguas del Lago de Tota en Boyacá para la pesca deportiva (Salazar, 2001). Así mismo, se introdujeron varias especies que han sido estudiadas y trabajadas con otros fines, lo cual se ha visto representado en la economía del país. Hoy en día la especie más importante de cultivo es la tilapia, con una participación de 49% del total de la producción Piscícola nacional.

Caracterización de la especie.

Una de las especies de mayor importancia comercial es la tilapia nilótica, originaria del África, habitante de regiones tropicales y ubicada taxonómicamente dentro del orden perciformes, familia Cichlidae, que incluye individuos de cuerpo oblongo con aletas dorsales largas que tienen entre 23 a 31 radios; pertenece a la subfamilia Pseudocrenilabrinae, al género *Oreochromis* y a la especie *niloticus*, caracterizada por pertenecer a aguas cálidas con un rango óptimo de temperatura entre 25-30° C, pH neutro o

levemente alcalino, ser de fácil manejo, resistente a enfermedades, presentar alta tolerancia a bajas calidades del agua, oxígeno disuelto y poseer un alto nivel nutricional. Morfológicamente, se distingue por exhibir una aleta dorsal con 16 a 18 espinas y de 29 a 31 radios, una caudal con bandas negras, boca terminal donde se ubican de una a cinco filas de dientes mandibulares uniformemente pequeños, y también por poseer de 14 a 27 branquiespinas que junto con los filamentos branquiales, actúan a manera de filtros que dejan pasar tanto agua como partículas de alimento que son canalizadas hacia el estómago; éste pez es de agua dulce, pero evolucionó a partir de un antecesor marino y por ende, es capaz de adaptarse a aguas saladas en mayor o menor grado (Espejo y Torres, 2001).

Dicha especie fue introducida a Colombia en 1979 por el Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables INDERENA (Ramos y Corredor, 1982) y su gran interés, por parte de los piscicultores comerciales, radica básicamente en que es considerada como un organismo micrófago omnívoro que posee un alto índice de conversión alimenticia, crecimiento rápido, maduración sexual tardía, lo cual es excelente para la producción de una especie cultivable (Castillo, 2000).

O. niloticus variedad chitralada (Figura 1). fue desarrollada en Tailandia, partiendo de poblaciones puras de nilótica, cultivadas en el palacio real de Chitralada en Bangkok, en la estación experimental del Instituto de Tecnología Asiática (AIT); introducida al Brasil en 1996 y mejorada genéticamente por un periodo de cinco años, lo cual conllevó a mejorar su tasa de crecimiento, disminuyendo su tiempo de cultivo hasta 400 gramos de 180 a 120 días, y a desarrollar animales con mayor porcentaje de filetes: 34% a un 38 % en animales de 500 a 600 g. Adicionalmente esta variedad ha demostrado mejor desempeño reproductivo y sobrevivencia al ser comparada con otras especies del mismo género (Mather y Nandlal, 2000).



Figura 1. Alevino de O. niloticus variedad chitralada

Esta variedad, se cultiva en sistemas intensivos y semiintensivos, donde se suministran dietas artificiales para satisfacer sus necesidades nutricionales; sin embargo, las condiciones de cultivo no siempre son las más apropiadas para su adecuado desarrollo, ya que existen ciertos factores que inducen a estrés como la alta densidad de organismos, la baja calidad de agua, entre otros, que generan deficiencias en el crecimiento de los peces, así como también afecta el sistema inmune de los mismos. Todo esto ha tratado de ser mitigado con la adición de antibióticos y hormonas en los alimentos, pero los resultados han sido perjudiciales tanto para los animales de cultivo (predisposición a enfermedades, intoxicación, etc.) como para el consumidor final (Lara *et al.*, 2002).

Probióticos y prebióticos

Como una alternativa para solucionar los mencionados problemas, algunas granjas piscícolas han agregado “probióticos” y/o “prebióticos” a las dietas artificiales comerciales, lo cual ha dado resultados benéficos en los procesos de producción (Lara *et al.*, 2002).

Probióticos

El término probiótico nació en el año 1907 a partir de observaciones realizadas por Metchnikoff, y posteriormente confirmadas con más estudios acerca del

tema en 1973 con los investigadores Nurmi y Rantala (Lara *et al.*, 2002). En 1974, Parker definió éste concepto como “organismos y sustancias que contribuyen al balance microbiano intestinal” (Gatesoupe, 1999); sin embargo, con el transcurrir de los años y las investigaciones, dicha palabra adquirió un mejor contexto, en tanto que la definición más explícita es la dada por Guevara *et al.* (2003), quienes denominan a los probióticos como “suplemento alimenticio microbiano vivo que contribuye al equilibrio microbiano intestinal, que permite controlar microorganismos patógenos por medio de la estimulación del sistema inmune, acidificando el contenido intestinal y aportando bacterias benéficas, además de levaduras que aportan vitaminas y enzimas bacterianas que ayudan a la degradación del alimento consumido, favoreciendo así, al crecimiento del huésped”. Estos microorganismos trabajan de forma eficiente, principalmente, bajo los siguientes mecanismos: **exclusión competitiva**, siendo éste un proceso natural, el cual incluye dos o más especies que compiten entre sí, ya sea por alimento, nicho ecológico, etc., donde la que prevalecerá, será la que mejor se adapte, según sus características intrínsecas, a las condiciones del medio que se presente en ese momento; **producción de antibióticos**, se trata de algunos probióticos que trabajan en pos de producir sustancias antimicrobianas, tales como *Lactobacillus acidophilus*, que se encarga de producir antibióticos como acidophilis, lactolin y acidolin, donde éste último tiene la propiedad de atacar bacterias enteropatógenas; **absorción de nutrientes**, ya que son capaces de sintetizar algunas enzimas que ayudan a la digestión de los alimentos en el tracto gastrointestinal y luego favorecen la absorción de nutrientes, como también algunas cepas producen vitaminas, ácidos grasos esenciales, etc., necesarios para el huésped; **inmunoestimulación**, el cual es otro factor sobre el que actúan algunos probióticos, siendo éstos más eficientes cuando el huésped se encuentra en condiciones de estrés, ya que así han demostrado tener incidencia sobre algunas enfermedades, problemas digestivos, entre otros, los cuales tienden a adquirirse en momentos adversos; **disminución de enfermedades**, se trata de la propiedad que tienen este tipo de microorganismos para disminuir o erradicar algunos grupos bacterianos patógenos u oportunistas (Irianto y Austin, 2002).

Estas condiciones son las que imperan para que un probiótico sea utilizado de manera eficiente (Aguirre y Ascencio, 1997) y así puedan ser catalogados según el tratamiento que se les proporcione dentro del cultivo a trabajar de la siguiente manera: si son usados como organismos transitorios o residentes dentro del tracto gastrointestinal, se les denomina probióticos; si se trabajan vertiéndolos directamente al agua como antagonistas de patógenos, se les llama biocontroles; y si se les trata como limpiadores de aguas contaminadas se les atribuye el nombre de biorremediadores (Gatesoupe, 1999). Gracias a estos tratamientos, los procesos de producción piscícola han incrementado su rendimiento, siendo, los probióticos, el método más usado en piscicultura, tal como lo muestran los resultados de los siguientes estudios:

Noh *et al.* (1994), demostraron que preparaciones comerciales de *Streptococcus faecium* incrementaron el crecimiento y la eficiencia alimenticia de la carpa, *Cyprinus carpio*, proponiendo que dicha bacteria tiene una alta habilidad adhesiva en el epitelio digestivo de dicho huésped. Posteriormente, Griffith (1995) reportó que larvas de camarón levantadas en los criaderos ecuatorianos, fueron afectadas por una enfermedad caracterizada por un cambio en la población bacteriana, donde la proporción de *Vibrio alginolyticus* decreció, mientras que la de *Vibrio parahaemolyticus* aumentó; lo que indujo a utilizar la primera bacteria, como probiótico en varios criaderos, produciendo altas sobrevivencias en la población, resultados corroborados por Decamp *et al.* (2006), quienes adicionalmente reportan un incremento importante en la biomasa de los estanques al utilizar el probiótico.

Por otro lado, Lara *et al.* (2002), realizaron un experimento basado en la comparación del efecto de un promotor de crecimiento convencional (terramicina) y un probiótico comercial (a base de *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus faecium*) en *Oreochromis niloticus*; la mejor ganancia en peso fue observada en los individuos alimentados con el probiótico, lo cual infiere que éste es una opción viable como promotor de crecimiento. Posteriormente, basados en este estudio, los mismos autores realizaron un segundo

experimento donde evaluaron el efecto de la inclusión de una mezcla probiótica (*Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus faecium*) y una levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en dietas para tilapia nilótica sometida a estrés (baja proteína: 27%), donde se observó que los peces alimentados con levadura, mostraron un mejor crecimiento y eficiencia alimenticia, lo cual sugiere que esta es un aditivo apropiado para estimular el crecimiento en la especie (Lara *et al.*, 2002a). Posteriormente, Lara *et al.* (2002b), realizaron otro ensayo que consistió en buscar el nivel óptimo de inclusión de la levadura anteriormente nombrada para el crecimiento, evaluando su efecto al agregarla activa o inactiva; los autores observaron que no hubo diferencias entre el nivel de inclusión y la forma de adicionarla y también determinaron que dicho efecto se presenta si los organismos se encuentran estresados.

Otros trabajos reportan la utilización de diferentes especies del género *Bacillus* como probiótico para camarón, rotíferos y peces, teniendo todos como resultado, un aumento en la sobrevivencia durante el estado larval, un incremento en la absorción del alimento por el aumento de los niveles de proteasa y un mejor crecimiento en todas las especies evaluadas (Moriarty, 1998; Hirata *et al.*, 1998; Kennedy *et al.*, 1998). Sin embargo, Günther y Jiménez (2004), reportan deficientes resultados al utilizar los *Bacillus* como probiótico en la dieta de tilapias y camarones de agua dulce.

En un estudio adicional, Lara *et al.* (2003) experimentaron con una mezcla probiótica y levadura y los resultados confirmaron que con el mayor porcentaje de proteína (40%) y levadura se obtiene el mejor crecimiento y eficiencia alimenticia. Los mismos autores utilizaron cinco especies de bacterias ácido lácticas aisladas del tracto intestinal de tilapia nilótica y un probiótico comercial basado en *Streptococcus faecium* y *Lactobacillus acidophilus*, para introducirse en dietas con proteína del 27% (como factor de estrés), teniendo como controles, uno negativo con 27% de proteína, y uno positivo con 40%, con el fin de evaluar el crecimiento en tilapia nilótica; los resultados mostraron que los individuos alimentados con una bacteria nativa, presentaron mejor crecimiento,

destacando los peces que utilizaron *Streptococcus* sp. como dieta principal. Vine *et al.* (2004), con el fin de evaluar la competencia de adhesión a la mucosa intestinal de peces, entre probióticos y bacterias patógenas, utilizaron cinco candidatos de los primeros y dos de los segundos (*Aeromonas hydrophila* y *Vibrio alginolyticus*). Dos isótopos radioactivos fueron utilizados para cuantificar dicha competencia. Los resultados sugirieron que cuando el probiótico fue adicionado primero que el patógeno, el primero fue desplazado, pero no ocurrió un aumento en la adhesión del segundo. Por otro lado, cuando el patógeno fue adicionado primero que el probiótico, el primero fue desplazado por este último, ya que presenta una gran habilidad para adherirse a la mucosa intestinal, suprimiendo así el crecimiento de las bacterias dañinas para la salud del huésped. Posteriormente Taoka *et al.* (2006), investigaron el efecto de las células probióticas vivas y muertas sobre el sistema inmune no específico de individuos de *Oreochromis niloticus* sometidos a una infección por *Edwardsiella tarda*, donde se utilizaron cuatro tratamientos con dos replicas cada uno; el primero, consistió en un grupo control, en el que tanto el medio acuático como el concentrado comercial, no tenían probióticos; el segundo, contenía una dieta con el 1% de probióticos vivos en el concentrado comercial, y el agua en la que los animales se encontraban, no poseía probióticos; el tercero, es parecido al anterior, pero aquí, el 1% de células probióticas, se administraban muertas; por último, el cuarto, consistió en una dieta control, pero el agua fue enriquecida con células probióticas vivas (10g en 100ml de agua estuarina). El contenido de los probióticos utilizados, se basó en: *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Clostridium butyricum* y *Saccharomyces cerevisiae*. Como resultado de este experimento, los tratamientos con probióticos mostraron un incremento de resistencia frente a la infección, mediante el mejoramiento de los parámetros del sistema inmune no específico, como la actividad de lisosomas, la migración de neutrófilos y la actividad bactericida en el plasma. El método más efectivo, fue la administración oral de células vivas. Kumar *et al.* (2006), evaluaron a *Bacillus subtilis* como probiótico, en la carpa *Labeo rohita*. Para tal fin, se elaboraron tres concentraciones para las dietas de la siguiente manera: 0,5, 1,0 y $1,5 \times 10^7$ UFC / g, y una dieta control sin probióticos, durante dos

semanas, al término de las cuales se les aplicó a los peces una bacteria virulenta (*Aeromonas hydrophila*) intraperitonealmente. Los resultados mostraron mayor porcentaje de sobrevivencia y peso ganado, en los animales alimentados con el probiótico, que en los animales con dieta control, dando el mejor resultado, en la concentración más alta de *Bacillus subtilis*.

Actualmente, se siguen realizando estudios con diferentes dietas para *Oreochromis niloticus*, con el fin de establecer las especies de bacterias más apropiadas para su óptimo crecimiento, así como su mejor nivel de utilización.

En Colombia pocos experimentos se han encontrado acerca de probióticos, sin embargo, Gutiérrez *et al.* (2003) evaluaron el efecto prebiótico de *Bacillus laterosporus* sobre el crecimiento y sobrevivencia de *Piaractus brachypomus*, no encontrando diferencias significativas en los parámetros evaluados al ser comparados con una dieta control. Guevara *et al.* (2003) y Rocha (2004) estudiaron el efecto de probióticos en tilapia roja (*Oreochromis sp.*), donde el primero, experimentó la aplicación de diferentes niveles de probióticos (2, 4 y 6 g.) pertenecientes a los géneros *Bacillus*, *Lactobacillus* y *Saccharomyces*, en un alimento con 38% de proteína cruda, lo cual conllevó a que los animales alimentados con la mayor cantidad de probióticos, obtuvieran la mejor ganancia en peso, longitud estándar final y sobrevivencia; mientras que el segundo, ensayó con tres tratamientos probióticos: T1 (*Bacillus subtilis*), T2 (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* y *Bifidobacterium bifidum*), T3 (*Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces boulardii* y *Rodothorula sp.*), su mezcla (T4) y un control, donde el mejor resultado en cuanto a ganancia en peso, aumento de longitud y supervivencia, fue la preparación con las mezcla de todos los probióticos (T4).

Prebióticos.

Otra de las alternativas para solucionar los problemas que se presentan en los acuacultivos debido a ataques patógenos o a estrés, es la de los prebióticos, la

cual es denominada por primera vez en 1976 por Trowel (Reig y Anesto, 2001), quien los describe como diferentes compuestos generalmente de origen vegetal que presentan como característica general el ser aparentemente inertes, debido a que no pueden ser desdoblados por las enzimas digestivas del huésped, pero sí fermentadas por algunas bacterias. Roberfroid (1993), los define como un amplio rango de carbohidratos que resisten la degradación por enzimas del tracto alimentario humano; sin embargo, posteriormente el mismo autor se refiere a los prebióticos como “ingredientes alimenticios no digeribles, que benefician al huésped estimulando selectivamente del crecimiento y/o actividad de una o un número limitado de bacterias en el cólon” Roberfroid (2001). Robert y Vatsala (2002), los denominan como “ingredientes funcionales de los alimentos que manipulan la composición de la microflora del colon para mejorar la salud”. Para que los prebióticos sean clasificados como tal, según Reig y Anesto (2001), deben cumplir los siguientes criterios: ser de origen vegetal, formar parte de un conjunto muy heterogéneo de moléculas complejas, no ser digeridos por las enzimas digestivas, ser parcialmente fermentados por las bacterias colónicas y ser osmóticamente activos.

Químicamente, la estructura de los prebióticos deriva de dos moléculas; tal es el caso de la inulina, la cual está compuesta por una unidad de glucosa y una de fructosa, donde ésta última se une con otras moléculas de fructosa mediante enlaces tipo alfa 2-1, que no son fácilmente hidrolizables por enzimas pertenecientes al tubo digestivo humano, explicando así, el paso inmodificable de los hidratos de carbono a través del intestino delgado. Una vez los prebióticos lleguen al colon, las bacterias residentes empiezan a fermentarlos, produciendo etanol, lactato, piruvato e hidrógeno, donde el primero sirve como drenaje de electrones que ayudan a mantener la anaerobiosis del lumen, el segundo actúa de manera antimicrobiana y junto con el tercero contribuye a la síntesis de ácidos grasos de cadena corta (acetato, propionato, butirato, dentro de los más importantes) en las células colonocitas; por último, el hidrógeno es utilizado por las bacterias para sus procesos de oxidación-reducción (Brunser, 2003).

Dentro de los beneficios de la utilización de los prebióticos por las bacterias, se encuentran fundamentalmente, el aumento en la producción de ácidos grasos de cadenas corta, lo que conlleva a un aumento en la absorción de minerales (Ca, entre otros), debido a la inducción de la disminución del pH en el lumen del colon. Otras bondades del efecto prebiótico, se le atribuyen al incremento de los niveles de vitaminas del grupo B, la glutamina plasmática y la función inmune, como respuesta a la proliferación de bífidobacterias (Brunser, 2003).

Thanardkit *et al.* (2002), denotaron que los prebióticos, como motivadores y moduladores del sistema inmune, tienen un gran potencial, el cual consiste en: no presentar toxicidad ni residualidad, no generar acostumbamiento., no causar impactos negativos en el animal cultivado, en el entorno o el consumidor final, ni ocasionar una demanda de energía, razón por la cual no retarda el crecimiento y poder usarse de manera continuada. Un estudio realizado por la Asociación Langostinera Peruana (2004), experimentó un prebiótico comercial, el cual mejoró la supervivencia de un 20 a un 100% con respecto al estanque control atacado fuertemente por *Vibrio*; consecuentemente, mejoraron los rendimientos en kg/ha (1000 a 1350), superando así al estanque control con 700kg.; la conversión alimenticia mejoró en los estanques tratados con dichos prebióticos y el peso de la cosecha, aunque no varió significativamente, se optimizó de 12,2g (en el estanque testigo) a 14g en 13 semanas.

Aunque hasta hoy, los experimentos y trabajos que se tienen con prebióticos en acuicultura son muy escasos, la comunidad acuicultora tiene puestos los ojos en estos aditivos alimenticios, como una alternativa promisorio futura para la solución de problemas adquiridos en estos tipos de cultivos, debidos principalmente a condiciones adversas que pueden presentarse en el sistema en diferentes circunstancias.

En el país son pocos los estudios que se tienen con prebióticos. Sin embargo, Pérez (2004) experimentó en alevinos de *Piaractus brachypomus* un alimento

base de 45% de proteína cruda con dos tipos de probiótico, un prebiótico y un control, los cuales no reportaron diferencias significativas entre los tratamientos, debido, posiblemente, a que los animales estuvieron alimentados con una dieta altamente nutritiva; sin embargo, de manera general se observó que el tratamiento con el prebiótico, presentó la mejor ganancia en peso y conversión alimenticia.

METODOLOGÍA

Localización.

El experimento se realizó en el laboratorio de Ictiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Animales experimentales

Se utilizaron 240 alevinos de *Oreochromis niloticus* variedad chitralada (peso promedio $0,4867 \pm 0,0985$ g) obtenidos en una granja comercial ubicada en el municipio de Guamal (Meta), los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en 24 acuarios de 70L de agua a una densidad de siembra de 10 individuos por acuario, constituyendo una biomasa inicial promedio de $4,867 \pm 0,184$ g por acuario.

Dietas experimentales (tratamientos)

A los 24 acuarios experimentales se les asignó al azar los siguientes tratamientos:

- Tratamiento 1: Dieta comercial + mezcla comercial de probióticos (*Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidus* y *Saccharomyces cerevisiae*).
- Tratamiento 2: Dieta comercial + levadura (*Saccharomyces boulardi*).
- Tratamiento 3: Dieta comercial + bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium bifidus*).
- Tratamiento 4: Dieta comercial + mezcla de levadura y bacterias ácido lácticas.
- Tratamiento 5: Dieta comercial + prebióticos (lactosa y glucosa).
- Tratamiento 6: (Control) Dieta comercial con 24% de proteína cruda.

Para la preparación del alimento, se diluyeron 6 gramos de cada probiótico o prebiótico, según el caso, en 520 ml de agua y se adicionó a 1 kg de alimento comercial previamente molido y cernido en tamiz con abertura de 1 mm., el cual posteriormente se peletizó en frío (31°C). Cada probiótico contenía como mínimo 1×10^9 U. F. C., mientras que los prebióticos estuvieron constituidos por lactosa (35 g) y glucosa C. S. P. (100 g).

El alimento se administró cuatro veces al día y al finalizar el ensayo (8 semanas después) se realizó el cálculo del consumo de alimento por acuario.

Calidad del agua

Durante todo el experimento, se monitoreó diariamente variables físico-químicas tales como: temperatura, pH y oxígeno disuelto.

Cada tercer día se removieron las heces y otros residuos del fondo de los acuarios mediante un sifonéo y se nivelaba el agua de todos los acuarios.

Cada catorce días, se realizó y se registró el peso de todos los individuos, como también se tomaron las siguientes variables: amoníaco, nitritos, dureza y alcalinidad.

Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar con 6 tratamientos (dietas) y 4 repeticiones (acuarios). Las variables a evaluar fueron las siguientes:

- Ganancia de peso (GP).
- Tasa de crecimiento específico (TCE).
- Factor de conversión alimenticia (FCA).
- Eficiencia de utilización de proteína (EUP).
- Supervivencia.

Para verificar si existían diferencias entre los tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANAVA) de una vía y en los casos en que se encontraron diferencias significativas, las medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba de Tukey (5%).

Recolección de información

Para realizar los cálculos de las variables a estudiar, se registraron el peso de los individuos al iniciar el estudio (peso inicial) y durante los días 14, 28, 42 y 56; y se aplicaron las siguientes expresiones:

GANANCIA DE PESO: $GP = \text{Peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}$

TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO: $TCE = \frac{\text{Ln Peso final} - \text{Ln Peso inicial}}{\text{tiempo}}$ donde: Ln = Logaritmo natural

FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA: $FCA = \frac{\text{Consumo de alimento (g)}}{\text{ganancia de peso (g)}}$

EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DE PROTEÍNA:
 $EUP = \frac{\text{Ganancia de peso (g)}}{\text{proteína consumida}}$

SOBREVIVENCIA: $\text{Sobrevivencia} = \left(\frac{\text{No. de peces inicial}}{\text{No. de peces final}} \right) * 100$

RESULTADOS

Durante todo el experimento, las variables físico-químicas de calidad de agua, tomadas diariamente, fluctuaron de la siguiente manera:

- Temperatura del agua entre 25,19 – 28,42°C
- pH entre 7,08 – 7,78 -Oxígeno disuelto entre 6,75 – 7,76 ppm

Mientras que las tomadas cada catorce días oscilaron así:

- Amoniaco entre 0,5 y 1,5 mg L⁻¹
- Nitritos entre 0,04 y 3,46 mg L⁻¹
- Dureza entre 51,3 y 68,4 mg L⁻¹
- Alcalinidad entre 17,1 y 51,3 mg L⁻¹

En cuanto a los parámetros de desempeño productivo, la tabla 1, presenta el efecto de los probióticos y prebióticos sobre la ganancia en peso en los diferentes tiempos de muestreo. Se puede observar que durante los primeros 14 días no se presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos; sin embargo, en el segundo muestreo (28 días) se encontró diferencia significativa ($p<0,05$) entre el tratamiento 5 (prebióticos) y el tratamiento 6 (control), siendo evidente una superioridad en el primero; por otro lado, no se observaron diferencias ($p>0,05$) entre los demás tratamientos analizados, situación que se repitió en todos los tratamientos para el tercer muestreo (42 días). Por último, a los 56 días, se observaron diferencias significativas ($p<0,05$) entre los tratamientos 5, donde se obtuvo la mejor ganancia, y 3 (bacterias lácticas), en el cual se encontró la menor de los tratamientos con probióticos, entre los cuales, la dieta 4 (mezcla de bacterias lácticas y levadura), superó a la 2 (levadura). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos 1 (mezcla comercial de probióticos) y 6 (control).

Tabla 1. Efecto de la utilización de probióticos y prebióticos sobre la ganancia de peso en alevinos de *Oreochromis niloticus* variedad Chitralada.

Tratamiento	Ganancia 1 (0-14 días)	Ganancia 2 (14-28 días)	Ganancia 3 (28-42 días)	Ganancia 4 (42-56 días)	Ganancia Total (0-56 días)
1	0,537 ± 0,090a	0,716 ± 0,264ab	0,962 ± 0,470a	1,080 ± 0,335ab	3,212 ± 0,773bc
2	0,650 ± 0,117a	0,949 ± 0,292ab	0,958 ± 0,864a	1,373 ± 0,414bc	3,390 ± 0,447bc
3	0,459 ± 0,081a	0,686 ± 0,051ab	0,692 ± 0,164a	0,427a	1,885 ± 0,661a
4	0,672 ± 0,261a	0,804 ± 0,334ab	1,110 ± 0,368a	1,918 ± 0,517cd	3,653 ± 0,818bc
5	0,720 ± 0,219a	0,965 ± 0,193b	1,344 ± 0,414a	2,181 ± 0,715d	4,410 ± 1,081c
6	0,506 ± 0,193a	0,618 ± 0,071a	0,955 ± 0,622a	0,938 ± 0,463ab	2,579 ± 1,116ab

*Valores medios ± D. S. Letras diferentes en las columnas presentan diferencias significativas ($p < 0,05$)

En la figura 2, se presentan los resultados para la ganancia total de peso para cada uno de los tratamientos, pudiéndose observar que el tratamiento 5 fue con el que los animales ganaron más peso, seguido de los tratamientos 4, 2 y 1, los cuales no presentaron diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$). Finalmente se ubicaron los tratamientos 6 y 3, siendo este último el que presentó menor ganancia de peso al ser comparado con los demás tratamientos ($p < 0,05$).

En cuanto a la tasa de crecimiento específico (tabla 2), se pudo observar que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos durante los tres primeros períodos analizados ($p > 0,05$). No obstante, del día 42 a 56 se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos 3 (menor) y 6 (mayor), no existiendo diferencias ($p > 0,05$) entre los demás tratamientos.

La figura 3, muestra que en cuanto a la tasa de crecimiento específico total, los tratamientos con prebióticos (5) y levadura (2) fueron los más eficientes, mientras que el tratamiento 3 (bacterias lácticas) fue el que reportó menor valor para este parámetro.

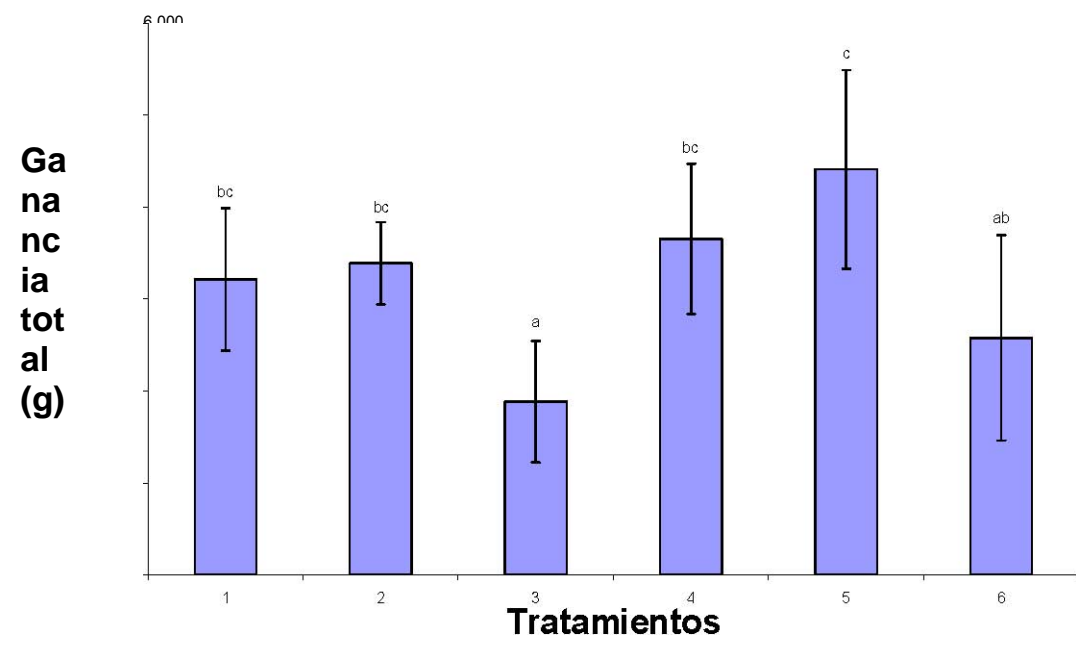


Figura 2. Valores medios \pm D. S. del efecto de los probióticos y prebióticos sobre la ganancia total en peso (g) en alevinos de *Oreochromis niloticus* variedad Chitralada. Letras diferentes presentan diferencias significativas ($p < 0,05$).

Tabla 2. Efecto de la utilización de prebióticos y probióticos sobre la Tasa de crecimiento específico (% día) en alevinos de *Oreochromis niloticus* variedad Chitralada.

Tratamiento	TCE 1 (0-14 días)	TCE 2 (14-28 días)	TCE 3 (28-42 días)	TCE 4 (42-56 días)
1	0,052 ± 0,006 a	0,036 ± 0,009 a	0,029 ± 0,005 a	0,025 ± 0,005 ab
2	0,061 ± 0,009 a	0,041 ± 0,009 a	0,029 ± 0,023 a	0,026 ± 0,003 ab
3	0,048 ± 0,003 a	0,040 ± 0,004 a	0,026 ± 0,005 a	0,016 ± 0,011 a
4	0,057 ± 0,016 a	0,035 ± 0,013 a	0,028 ± 0,009 a	0,026 ± 0,006 ab
5	0,059 ± 0,007 a	0,040 ± 0,005 a	0,033 ± 0,006 a	0,026 ± 0,003 ab
6	0,052 ± 0,011 a	0,036 ± 0,007 a	0,027 ± 0,008 a	0,027 ± 0,009 b

*Valores medios ± D. S. Letras diferentes en las columnas presentan diferencias significativas (p<0,05).

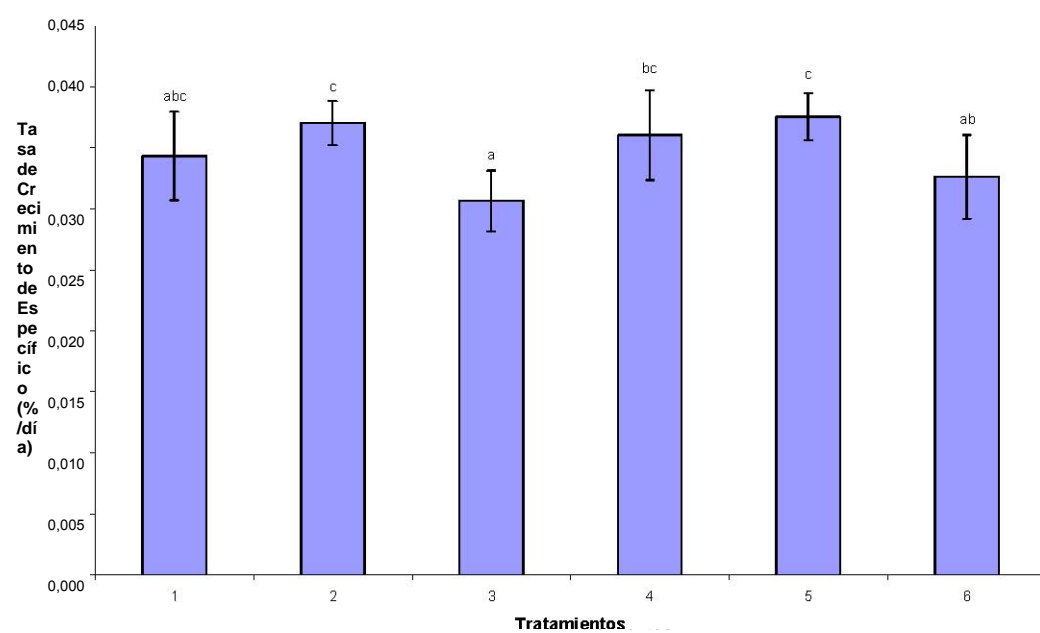


Figura 3. Valores medios ± D. S. del efecto de los probióticos y prebióticos

sobre la Tasa de crecimiento específico total (%/día) en alevinos de *Oreochromis niloticus* variedad Chitralada. Letras diferentes presentan

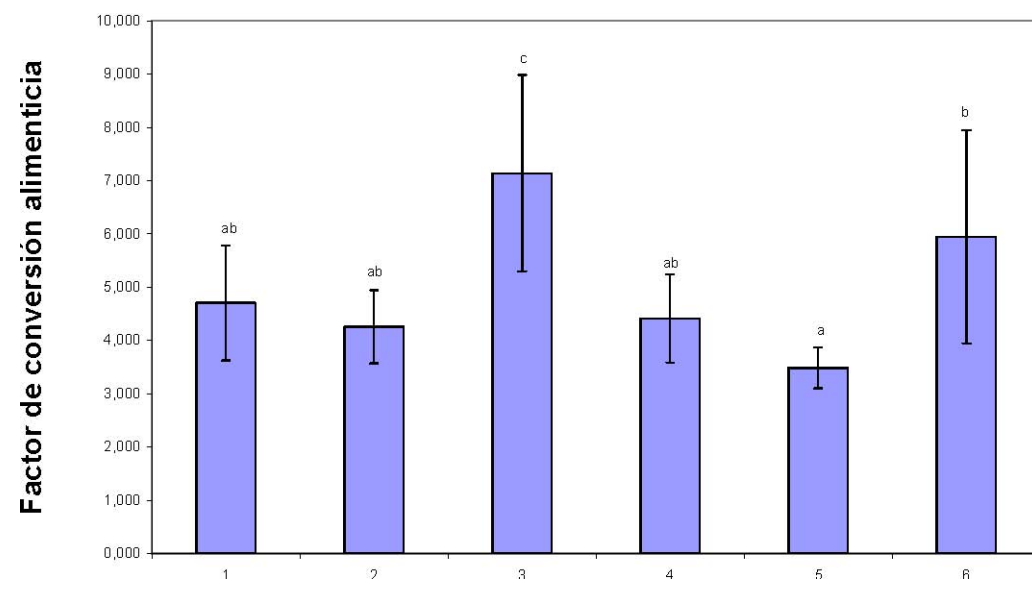
Con respecto al factor de conversión alimenticia, en la figura 4, se puede apreciar un comportamiento similar al de ganancia en peso y tasa de crecimiento específico, ya que se halló la mayor eficiencia con diferencia significativa a favor de los prebióticos ($p < 0,05$), seguido por la actuación homogénea de los probióticos tales como levadura (tratamiento 2), mezcla de bacterias lácticas y levadura (tratamiento 4) y mezcla probiótica comercial (tratamiento 1). Dentro de los tratamientos menos efectivos se encontraron el control y por último el tratamiento 3 (bacterias lácticas), cuyo valor fue significativamente peor ($p > 0,05$).

Tratamientos

Figura 4. Valores medios \pm D. S. del efecto de los probióticos y prebióticos sobre el factor de conversión alimenticia en alevinos de *Oreochromis niloticus* variedad Chitralada. Letras diferentes presentan diferencias significativas ($p < 0,05$).

La figura 5, muestra que en cuanto a eficiencia de utilización de proteína el tratamiento 5 (prebióticos), fue significativamente superior respecto a los tratamientos 6 y 3, siendo este último el que presentó un valor inferior ($p < 0,05$),

mientras que los demás tratamientos presentaron similar comportamiento, con ligera inferioridad para el tratamiento 1.



En cuanto a la sobrevivencia, la figura 6, muestra que no hubo diferencias significativas ($p>0,05$) entre los distintos tratamientos.

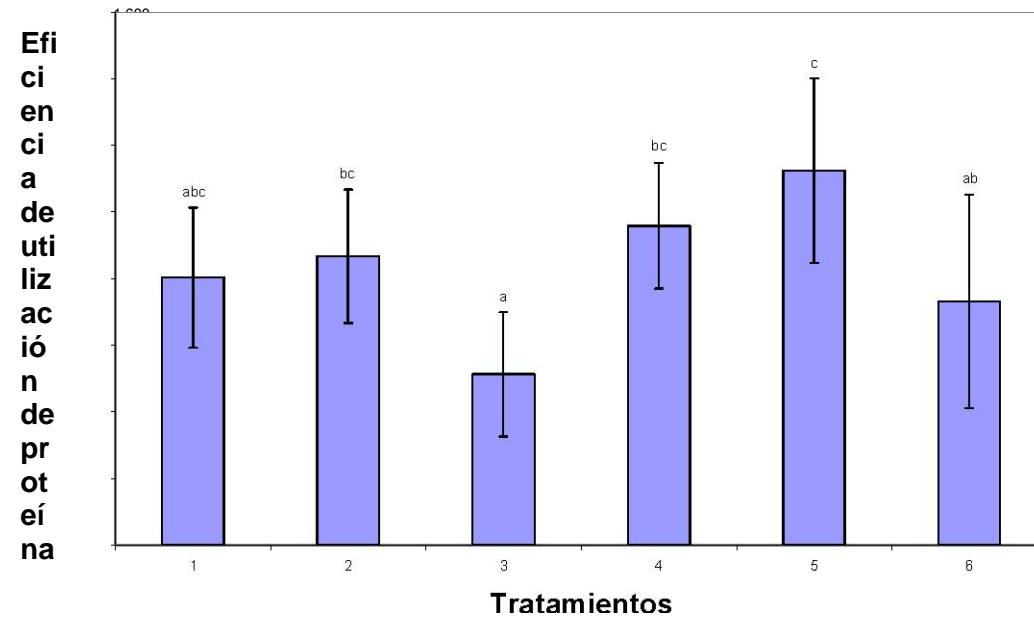


Figura 5. Valores medios \pm D. S. del efecto de los probióticos y prebióticos sobre la eficiencia de utilización de proteína en alevinos de *Oreochromis niloticus* variedad Chitralada. Letras diferentes presentan diferencias significativas ($p<0,05$).

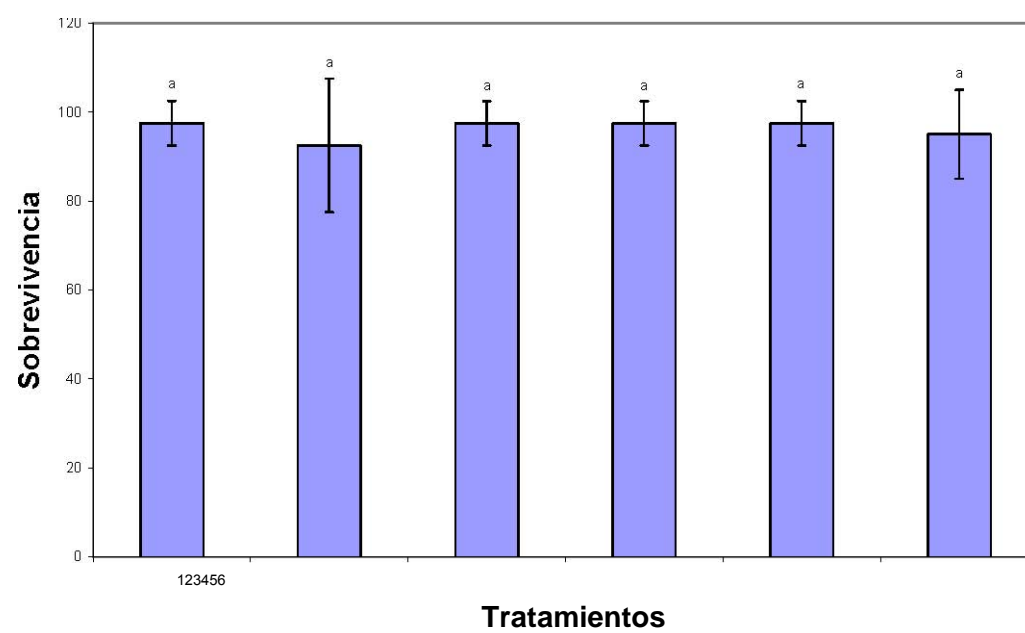


Figura 6. Valores medios \pm D. S. del efecto de los probióticos y prebióticos sobre la sobrevivencia (%) en alevinos de *Oreochromis niloticus* variedad Chitralada. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los suplementos alimenticios que mostraron los mejores resultados en cuanto a todos los parámetros de desempeño productivo, fueron los prebióticos, probablemente, debido a su resistencia frente a la acción de las enzimas digestivas del huésped, lo cual los haría comparativamente mejores que los probióticos, ya que llegarían casi intactos a las partes más posteriores del sistema digestivo, donde servirían de sustrato a la microbiota residente, la cual fermentaría dicha fibra dietaria, produciendo, entre otros, lactato y piruvato, que juntos, realizarían la síntesis de ácidos grasos de cadena corta, generando una disminución en el pH, aumentado, de esta forma, la eficiencia de utilización y absorción de nutrientes (Brunser, 2003), así como también favoreciendo la proliferación de bacterias lácticas endógenas (Rycroft *et al.*, 2000; 2001; Vulevic *et al.*, 2004).

Estos resultados estarían explicados también por el hecho de que la glucosa, monosacárido perteneciente al grupo de los gentio-oligosacáridos, y la lactosa, disacárido constituido por moléculas de β -D-galactosa y β -D-glucosa, contribuyen a la proliferación de bacterias residentes, representadas principalmente por el género *Carnobacterium* y otros géneros endógenos propios de los peces (Ringo y Gatesoupe, 1998; Rycroft *et al.*, 2001; Balcázar *et al.*, 2006), las cuales promueven bienestar al huésped, debido, según Rycroft *et al.* (2001), a que la fermentación por parte de dichas bacterias, de estos dos hidratos de carbono, produce una concentración de media a alta de lactato, la cual ayuda a generar ácidos grasos de cadena corta, aportando funciones importantes para el desempeño productivo, principalmente en animales sometidos a estrés, lo cual estaría fundamentado en las teorías presentadas por varios autores, las cuales plantean que oligosacáridos, tales como la glucosa y la lactosa tienen uso potencial como prebióticos (Szilagy, 2002; 2004; Rycroft *et al.*, 2001; Vulevic *et al.*, 2004).

En un ensayo realizado con *Piaractus brachypomus*, Pérez (2004), experimentó un alimento base de 45% de proteína cruda con dos tipos de probiótico, un prebiótico y un control, y aunque no encontró diferencias significativas entre los tratamientos, observó, de manera general, que el tratamiento con el prebiótico, presentó la mejor ganancia en peso y conversión alimenticia; resultado similar al encontrado en el presente ensayo.

En cuanto a los probióticos, los resultados encontrados en este trabajo, concuerdan con los de Lara *et al.* (2002), quienes comprueban que los animales de esta misma especie, obtuvieron el mejor crecimiento y eficiencia alimenticia si se alimentaban con levadura que con una mezcla de bacterias lácticas; y difieren con los ensayos de Noh *et al.* (1994), los cuales sugieren que preparaciones con bacterias lácticas generan un incremento en el crecimiento y eficiencia alimenticia en la *Cyprinus carpio*. Esto, tal vez debido a que tal como lo aclara Lara *et al.* (2002), la levadura es un aditivo específico para la adhesión a la mucosa intestinal de la especie (*Oreochromis niloticus*) y que además, posee ventajas adaptativas en medios acuáticos y su fisiología esta íntimamente relacionada con la degradación de macromoléculas y con la producción de vitaminas, así como también constituye una fuente importante de polisacáridos.

Por el contrario, las bacterias lácticas utilizadas, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium bifidus*, no fueron tan funcionales para éste experimento ni para esta especie, ya que la primera tiene varios requerimientos nutricionales tales como: carbohidratos, nucleótidos, amino ácidos, vitaminas y ácidos grasos (Ringo y Gatesoupe, 1998), los cuales no se encontraron en grandes proporciones en el alimento aquí elaborado; y la segunda, generalmente pertenece a sistemas digestivos de mamíferos, en especial humanos. Es así, como lo anteriormente descrito se corrobora con el ensayo de Lara *et al.* (2002b), quienes probaron el efecto promotor de crecimiento con cinco tipos de bacterias ácido lácticas aisladas del tracto digestivo de *Oreochromis niloticus*, y un probiótico comercial para vertebrados terrestres, basado en *Streptococcus*

faecium y *Lactobacillus acidophilus*, donde los mejores resultados, los obtuvieron con las bacterias nativas, ya que éstas parecieron mejorar la conversión nutricional del huésped debido al incremento en la producción de amino ácidos, carbohidratos simples y ácidos grasos, mientras que la bacterias lácticas comerciales al no ser específicas para peces, generaron la menor eficiencia en el desempeño productivo.

Conjuntamente al tratamiento con levadura, en todos los parámetros de desempeño productivo, actuó la dieta con mezcla de bacterias lácticas y levadura, debido posiblemente a que esta unión creó un balance de la microflora intestinal del huésped, haciendo que las bacterias, especialmente *Lactobacillus acidophilus* al tener mayor número de nutrientes, producidos por las bacterias vecinas, ejerciera su función eficazmente; mientras que en la dieta comercial probiótica, la mezcla de bacterias pudo generar algún tipo de competencia que impidiera desarrollar eficazmente las funciones digestivas (Gatesoupe,1999). En un estudio con *Oreochromis* sp., Rocha (2004) observó un efecto positivo de la adición de los probióticos, principalmente cuando se utilizó mezcla de bacterias lácticas y levadura.

Con respecto al factor de conversión alimenticia, se puede observar en la figura 3, que todos los valores son demasiado altos, debido, posiblemente, a la elaboración húmeda del alimento a suministrar, ya que si éste se sometía a un secado a bajas o altas temperaturas, se podía ver afectada la viabilidad de los probióticos. Es por esto que al proporcionar húmedo el alimento, éste rápidamente bajaba hasta el fondo, desperdiciándose así gran parte del mismo.

En cuanto a la sobrevivencia, se puede deducir que las muertes ocasionadas, no estaban ligadas directamente a las diferentes dietas, sino que probablemente eran causadas por: saturación del filtro de cada acuario u otros factores relacionados con las actividades de los animales dentro de cada sistema. Sin embargo, como fue mencionado no se presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos para este parámetro, resultado

que discrepa del presentado por Rocha (2004), quien atribuye mejor sobrevivencia cuando los animales recibieron los probióticos.

CONCLUSIONES

- La ganancia de peso y tasa de crecimiento específico fueron mejores al utilizar prebióticos.
- Dentro de los probióticos, los más eficientes, en cuanto a crecimiento, fueron la levadura y la mezcla (levadura + bacterias ácido lácticas); mientras que el menos efectivo fue el tratamiento con bacterias lácticas.
- Con respecto a la eficiencia de utilización de proteína y la conversión alimenticia, el prebiótico fue el mejor, mientras que dentro de los probióticos, de nuevo se destacaron la levadura y la mezcla (levadura + bacterias ácido lácticas) y el menos efectivo fue el tratamiento con bacterias ácido lácticas.
- La sobrevivencia, no presentó diferencias significativas entre tratamientos.

RECOMENDACIONES

Con respecto a la elaboración del alimento, se recomienda preparar peletizados no húmedos, mediante el secado a temperatura ambiente por un tiempo entre 24 a 48 horas sin superar los 35°C, de tal manera que al suministrarse, puedan durar más tiempo en la superficie del agua y no se desperdicie. Otra alternativa sería incluirlos mediante aspersión al alimento ya preparado, siempre y cuando se garantice la homogeneidad de la misma.

Se recomienda realizar mas ensayos con este tipo de levadura y mezcla de bacterias lácticas y levadura, con un bajo porcentaje de proteína y así cerciorarse cual es el suplemento mas eficiente en *Oreochromis niloticus* variedad Chitralada.

Se sugiere realizar experimentos con diferentes cepas de bacterias lácticas, con el fin de determinar la mejor, para crecimiento y supervivencia en esta especie.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre G. y Ascencio F., 1997. PROBIOTICOS: Una herramienta alternativa para los acuicultores. Boletín Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. México. 1-5.

Alderman, D. J and Hastings, T. S. 1998. Antibiotic use in aquaculture: development of antibiotic resistance - potential for consumer health risks. International Journal of Food Science & Technology. 33 Issue 2. pp 139.

Asociación Langostinera Peruana (ALPE).2004. Aportes de la bio – tecnología a la alimentación y a la inmuno-Estimulación de camarones Pendidos Lima, Perú.

Balcázar J., Blas I., Ruiz I., Cunningham D., Vendrell D. y Luis J., 2006. The Role of probiotics in aquaculture. Veterinary Microbiology, 114. 173-186.

Brunser O. 2003. Fisiopatología y Mecanismos de Acción de los Prebióticos. Unidad de Gastroenterología, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Santiago, Chile. Castillo L., 2000. La importancia de la tilapia roja en el desarrollo de la piscicultura en Colombia. Asociación Red Cauca, Alevinos del Valle.

<http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/new/TilapiaColombia.pdf>

Decamp, O., Moriarty, D. y Lavens, P. 2006. Desempenho e segurança dos probióticos na aqüicultura. Panorama da aqüicultura. 16 (97): 62-65.

Espejo, C y Torres, E. 2001. Cultivo de las Tilapias rojas (*Oreochromis spp.*) y Plateada (*Oreochromis niloticus*). In: Fundamentos de Acuicultura continental. Rodriguez, H.; Victoria, P.; Carrillo, M. (editores). Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Bogotá. 283-299.

Espinal, C.; Martínez, H.; González, F. 2005 La cadena de la piscicultura en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Documento de trabajo 106. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural: Observatorio Agrocadenas de Colombia. 46 p.

FAO, 2000. The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 158 p.

FAO, 2003. El papel de la Acuicultura en la mejora de la seguridad alimentaria y la nutrición". Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, 29º periodo de secciones, Roma 12 al 14 de Mayo de 2003.

FAO, 2004. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries Department. Rome. 168 p.

FAO, 2006. State of world aquaculture: 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 145 p.

Gatesoupe F., 1999. The use of probiotics in aquaculture. *Aquaculture* 180, 147-165 p.

Griffith, D.R.W., 1995. Microbiology and the role of probiotics in Ecuadorian shrimp hatcheries. In: Lavens, P., Jaspers, E., Roelants, I. Eds., Larvi '95 - Fish and Shellfish Larviculture Symposium. European Aquaculture Society, Special Publication, 24, Gent, Belgium, p. 478.

Guevara J., Morales R., Quintero L., 2003. Evaluación de la utilización de probióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la mojarra roja (*Oreochromis* sp.). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá - Colombia.

Günther, J y Jiménez, R. 2004. Efecto del probiótico *Bacillus subtilis* sobre el crecimiento y alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y langostino (*Macrobrachium rosenbergii*) en laboratorio. *Int. J. Trop. Biol.* 52 (4): 937-943.

Gutiérrez, J., Mojica, H. y Quintero, L. 2003. Evaluación del crecimiento de alevinos de cachama blanca *Piaractus brachypomus* con el uso de un probiótico. *Memorias IV Seminario Internacional de Acuicultura*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Hirata H., Murata O., Yamada S., Ishitani H. y Wachi M. 1998. Probiotic culture of the rotifer *Branchionus plicatilis*. *Hydrobiologia* 387/388, 495–498. Irianto, A. y Austin, B. 2002. Probiotics in aquaculture. *Journal of Fish Diseases*. 25: 633-642.

Kennedy S.B., Tucker J.W., Neidic C.L., Vermeer G.K., Cooper V.R., Jarrell J.L. & Sennett D.G. (1998) Bacterial management strategies for stock enhancement of warm water marine fish: a case study with common snook (*Centropomus undecimalis*). *Bulletin of Marine Science* 62, 573–588.

Kumar R., Mukherjee S., Pani K. y Pal A. 2006. Evaluation of *Bacillus subtilis* as a probiotic to Indian major carp *Labeo rohita*. *Aquaculture Research*. 37, 1215-1221.

Lara M., Escobar L., Olvera M., 2002. Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). *Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida, Yucatán, México*. 315-334 p.

Lara M., Rodríguez R., Olivera L. y Olvera M., 2002a. Effect of the inclusion of a bacterial mix (*Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*), and the yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth, feed utilization and intestinal enzymatic activity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as growth

promoters. Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, Universidad Autónoma de Campeche. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N., Unidad Mérida, Yucatán, México. Elsevier Editorial System for Research in Veterinary Science. 1-15 p.

Lara, M., Olvera, M., Guzmán, B., López, W. 2003. Use of the bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 193-201.

Lara, M., Rodríguez, R., Puerto C., Jiménez L., Olvera M., 2002b. The use of lactic acid bacteria isolated from intestinal tract of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as growth promoters. Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, Universidad Autónoma de Campeche. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N., Unidad Mérida (CINVESTAV). Elsevier Editorial System for Research in Veterinary Science. 1-13 p.

Mather P. B. & Nadlal S. 2000. Progress towards providing fijian farmers with a better tilapia strain: evaluation of the GIFT fish in Fiji. *The ICLARM Quarterly*. v 23. n 4. pp. 46-51.

Moriarty D.J.W. 1998 Control of luminous *Vibrio* species in penaeid aquaculture ponds. *Aquaculture* 164, 351–358.

Noh, S.H., Han, K., Won, T.H., Choi, Y.J., 1994. Effect of antibiotics, enzyme, yeast culture and probiotics on the growth performance of Israeli carp. *Korean J. Anim. Sci.* 36, 480–486.

Pérez R., 2004. Efecto de la inclusión de probióticos y prebióticos en dietas para la fase de alevinaje de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de investigación. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Queiroz J.F. & Boyd C.E. (1998) Effects of bacterial inoculum in channel catfish ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 29, 67–73.

Ramos A. y Corredor G., 1982. Estudio comparativo sobre crecimiento ponderal y producción de *Sarotherodon niloticus* y *Tilapia rendalli*. Informe Técnico No. 3. Centro Piscícola Experimental. Universidad de Caldas. Manizales- Colombia. 53-55 p.

Reig y Anesto, 2001. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. Infanta No. 1158, municipio Centro Habana, Ciudad de La Habana, Cuba.

Ringo E. y Gatesoupe F., 1998. Lactic acid bacteria in fish: a review. *Aquaculture*, 160. 177-203.

Roberfroid MB. 1993. Dietary fiber, inulin, and oligofructose – A review comparing their physiological effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 33. 103-148.

Roberfroid MB. 2001. Prebiotics: preferential substrates for specific germs?. : [Am J Clin Nutr.](#) 73(2 Suppl):406S-409S.

Robert, R y Vatsala, M. 2002. Prebiotics and synbiotics: Towards the next generation. *Current Opinion In Biotechnology.* 13 (5): 490-496.

Rocha I., 2004. Evaluación de la utilización de probióticos en tilapia roja (*Oreochromis sp.*) durante la fase de reversión sexual. Trabajo de investigación. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Rycroft C., Jones M., Gibson G. y Rastall R., 2001. A comparative *in vitro* evaluation of the fermentation properties of prebiotic oligosaccharides. *Journal of Applied Microbiology.* 91, 878-887.

Rycroft C., Jones M., Gibson G. y Rastall R., 2001. Fermentation properties of gentio-oligosaccharides. *Letters in Applied Microbiology*. 32, 156-161. Salazar, G. 2001. Consideraciones generales sobre acuicultura. In: *Fundamentos de Acuicultura continental*. Rodríguez, H.; Daza, P.; Carrillo, M. (editores). Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. 2-18.

Szilagyí A. 2002. Review article: lactose—a potential prebiotic. *Aliment Pharmacol Ther*. 16(9), 1591-1602.

Szilagyí A. 2004. Redefining lactose as a conditional prebiotic. *Can J Gastroenterol*. 18(3), 163-167.

Taoka Y., Maeda H., Jo J., Kim S., Park S., Yoshikawa T. y Sakata T. 2006. Use of live and dead probiotic cells in tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fisheries Science*. 72, 755-766.

Thanardkit, P., Khunrae, P., Suphantharika, M., Verduyn, C., 2002. Glucan from spent brewer's yeast: preparation, analysis and use as a potential immunostimulants in shrimp feed. *World J. Microbiol. Biotechnol*. 18, 527-539.

Vinatea, L. 2005. Sostenibilidad en acuicultura: Desafíos. *Memorias V Seminario Internacional de Acuicultura*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Vine N., Leukes W., Kaiser H., Daya S., Baxter J. y Hecht T., 2004. Competition for attachment of aquaculture candidate probiotic and pathogenic bacteria on fish intestinal mucus. *Journal of Fish Diseases*. 27, 319-326.

Vulevic J., Rastall R. y Gibson G. 2004. Developing a quantitative approach for determining the in vitro prebiotic potential of dietary oligosaccharides. *FEMS Microbiology Letters*. 236, 153-159.