

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ÁCIDO ASCÓRBICO SOBRE EL
CRECIMIENTO Y LA SUPERVIVENCIA DE ALEVINOS DE TIBURONCITO,
Hexanematichthys seemanni (Günther, 1864)**

JUAN PABLO DALLOS-RODRÍGUEZ

**UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA
BOGOTÁ
2007**

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ÁCIDO ASCÓRBICO SOBRE EL
CRECIMIENTO Y LA SUPERVIVENCIA DE ALEVINOS DE TIBURONCITO,
Hexanematichthys seemanni (Günther, 1864)**

JUAN PABLO DALLOS-RODRÍGUEZ

**Proyecto de trabajo de grado para
optar al título de Biólogo Marino**

Directora

ANA ISABEL SANABRIA

BIÓLOGA, M. Sc. ACUICULTURA

UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA

BOGOTÁ

2007

ACEPTACIÓN

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, Julio 2007

Muchas veces aunque el cuerpo sienta que no lo logrará, el alma es más valiente y logra lo que el cuerpo no.

Es por esto que durante estos cinco años de carrera, no he visto al primer animal que sienta compasión por el mismo ni siquiera bajo las circunstancias más adversas.

Juan Pablo Dallos-Rodríguez

DEDICATORIA

A mis padres con todo el amor por el sacrificio realizado.

Martín, Carmenza.

A mi hermana por enseñarme como continuar sin titubear.

Ana Carolina

Y a mi novia por toda la paciencia y el profundo amor que siento hacia ti.

Carolina

Quiero especialmente dedicar este trabajo a un buen par de amigos cuyas enseñanzas me ayudaron a salir de momentos complicados a lo largo de la carrera.

Allan Guillermo y Jaime Eduardo.

AGRADECIMIENTOS

Sin lugar a dudas al primero que se le debe agradecer esto es a DIOS, quien ayudo desde el cielo a lograr el desarrollo exitoso de este trabajo.

Al Dr. Miguel Ángel Landines y a la Maestra Ana Isabel Sanabria por permitirme trabajar bajo su magnifica guía.

A la Sra. Técnica Amanda Reyes por todos los buenos concejos y por transmitirme un poco de su inmenso conocimiento en el área de la acuicultura.

Jaime y Sandra, amigos incondicionales con quienes compartí esos momentos de trabajo.

No puedo dejar de mencionar al profesor Carlos “trufa” Trujillo por permitirme aprender sobre otros temas y agradecerle por la oportunidad del trabajo que lastimosamente no concluí.

TABLA DE CONTENIDO

Página

<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	13
<u>2. MARCO TEÓRICO</u>	15
<u>3. ESTADO DEL ARTE</u>	20
<u>4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</u>	26
<u>5. OBJETIVOS ESPECIFICOS</u>	26
<u>6. METODOLOGÍA</u>	27
<u>6.1. Localización</u>	27
<u>6.2. Material Biológico</u>	27
<u>6.3. Tratamientos</u>	27
<u>6.4. Manejo del Experimento</u>	29
<u>6.5. Variables Evaluadas</u>	30
<u>6.6. Diseño Experimental</u>	31

<u>7. HIPÓTESIS</u>	31
<u>8. RESULTADOS</u>	32
8.1. <u>Parámetros físicos y químicos</u>	32
8.2. <u>Parámetros de desempeño productivo</u>	32
<u>9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</u>	38
9.1. <u>Parámetros físicos y químicos</u>	38
9.2. <u>Desempeño productivo</u>	38
<u>10. CONCLUSIONES</u>	42
<u>11. RECOMENDACIONES</u>	43
<u>12. BIBLIOGRAFÍA</u>	44

LISTA DE TABLAS

	Página
<u>Tabla 1.</u> Crecimiento Relativo (CR), Ganancia Total (GT) y Tasa de Crecimiento Específico (TCE) en alevinos de <i>H. seemanni</i> alimentados durante 45 días con diferentes niveles de vitamina C.....	33
<u>Tabla 2.</u> Proteína consumida (PC) y Tasa de eficiencia proteica (TEP) por tratamiento.....	36

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ejemplar de <i>Hexanematichthys seemanni</i>	15
Figura 2. Estructura química del ácido ascórbico.....	17
Figura 3. Estructura química del ácido L-ascórbico monofosfato (Rovimix stay-C 35 [®]).....	17
Figura 4. Factores que influncian la respuesta inmunológica de peces mantenidos en cautiverio.....	19
Figura 5. Esquema de preparación del alimento suplementado con ácido ascórbico.....	29
Figura 6. Promedios \pm D. S. de oxígeno disuelto (mg/l) y temperatura ($^{\circ}$ C).....	32
Figura 7. Regresión lineal para tasa de crecimiento específico con respecto al tratamiento en alevinos de <i>H. seemanni</i>	34
Figura 8. Regresión lineal para crecimiento relativo con respecto al tratamiento en alevinos de <i>H. seemanni</i>	34
Figura 9. Valores medios \pm D. S. del Factor de conversión alimenticia por tratamiento en alevinos de <i>H. seemanni</i>	35
Figura 10. Valores medios \pm D. S. de la Tasa de eficiencia alimenticia por tratamiento en alevinos de <i>H. seemanni</i>	36
Figura 11. Valores medios \pm D. S. de tasa de eficiencia proteica por tratamiento en alevinos de <i>H. seemanni</i>	37
Figura 12. Valores medios \pm D. S. de supervivencia por tratamiento en alevinos de <i>H. seemanni</i>	37

RESUMEN

El tiburoncito *Hexanematichthys seemanni* Günther, 1864 (Siluriformes, Aridae), es una de las principales especies de comercialización colombiana, además de tener una alta demanda en el mercado ornamental y alimenticio, estudios sobre requerimientos nutricionales son importantes herramientas para incrementar la resistencia al estrés por lo que se probó el efecto de la vitamina C suministrada en forma de L-ascórbico monofosfato adicionado a alimento cuyo contenido proteico era de 25%.

Se realizaron seis tratamientos con cuatro replicas las cuales fueron dosificadas a partir de un grupo control (0, 100, 200, 400, 800 y 1600 mg A.A kg⁻¹), a una densidad de 10 peces por acuario, la ración alimenticia se suministró a horas fijas comenzando a las 8:00, 11:00, 14:00 y 17:00 *ad limitum*, durante 45 días, los resultados obtenidos fueron una mejoría en la supervivencia de los especímenes pertenecientes suplementados a partir de 400 mg A.A kg⁻¹ como mejor resultado, seguidos de 800 y 1600 mg kg⁻¹ con un menor porcentaje en la supervivencia pero igualmente sobresaliente, en cuanto a la ganancia total los últimos tres niveles obtuvieron los resultados más favorables, la conversión alimenticia y el aprovechamiento de proteína reflejaron una significativa mejoría con el uso de la vitamina siendo estos comparados con el grupo control.

SUMMARY

Colombian Shark catfish *Hexanemataichthys seemanni* Günther, 1864 (Siluriformes, Aridae), is one of main species of Colombian commercialization, in addition to a high demand in an ornamental and nutritional market, studies on the nutritional requirements are important tools to increase the stress resistance by that the effect of vitamin c provided in form of L-ascorbic monophosphate added to food whose protein content was 25%.

Six treatment with four replies were made which made dosed from a group control (0, 100, 200, 400, 800 and 1600), to a density of ten fishes per aquarium, the food ration was provided to stated times beginning to 8:00, 11:00, 14:00 and 17:00 *ad libitum*, during 45 days, the obtained results were an improvement in the survival of especimenes pertaining to treatments 4 like better result, followed of 5 and 6 with a smaller percentage in the equally excellent survival but, as far as the total gain last the three levels obtained the most favorable results, the nutritional conversion and the protein advantage reflected a significant improvement with the use of the vitamin being these compared with the group control.

1. Introducción

La piscicultura continental es una rama de la acuicultura que se vislumbra como alternativa frente a la disminución en el volumen de pesca, ocasionado por un creciente desbalance en el medio natural, consecuencia de la intervención del hombre. Para lograr este objetivo se han desarrollado técnicas de cultivo de peces, camarones, moluscos, entre otros, que buscan hacer más productivo el medio circundante y así mismo proteger la fauna silvestre en pro de su conservación (Rodríguez *et al.*, 2001).

Los peces ornamentales son fuente de divisas para muchos países, dentro de los que se destacan los asiáticos y en menor medida los del continente americano. Solo en Estados Unidos los aficionados al mundo del acuarismo, invierten cerca de 350 millones de dólares anuales en todo lo relacionado con los peces ornamentales, como alimento, refugios y ornamentación (Chapman *et al.*, 1997). La mayoría de estos animales son importados haciendo de esta actividad una importante fuente de recursos económicos para todas las áreas de producción de la acuicultura.

A lo largo de los años la exportación de peces ornamentales a países como USA, Japón y algunos de Europa occidental, han hecho que los exportadores colombianos aumenten el número de peces extraídos de su medio natural, dando como resultado la disminución en las poblaciones provenientes de la Orinoquía, Amazonia y Pacífico colombiano (Incoder, 2006). A fin de corregir este fenómeno, es necesario implementar planes de cultivos masivos de peces que puedan contrarrestar la acción negativa en las diferentes poblaciones de peces afectadas (Incoder, 2006).

Para el desarrollo de la piscicultura se han generado diferentes líneas de investigación, con los cuales se pretende lograr resultados positivos a gran

escala y en corto tiempo; tales como la larvicultura y engorde de especies de consumo y la larvicultura y desarrollo de especies ornamentales, programas que crean la necesidad de disminuir los riesgos de mortalidad, para los cuales se enfocan estudios específicos tales como la implementación de prácticas de manejo tendientes a atenuar el estrés.

Una de dichas prácticas es la suplementación en el alimento, con aditivos que promuevan el bienestar de los animales y garanticen su completa adaptación al cautiverio. Uno de ellos es el ácido ascórbico (AA), una vitamina soluble en agua, necesaria para el crecimiento y reparación de tejidos en general, además, dentro de sus propiedades está evitar la anorexia, escoliosis, hemorragias en las aletas, auto erosión cutánea y efectos antioxidantes dentro de las funciones metabólicas (Henrique *et al.*, 1998; Fracalossi *et al.*, 2002; Verlhac y Gabaudan, 2000). Esta vitamina tiene una participación importante como cofactor y actuando en reacciones de hidroxilación y como antioxidante protegiendo al animal contra radicales libres (Alves de Andrade *et al.*, 2006).

A pesar de la importancia del AA, la mayoría de los peces no pueden sintetizarlo, o conseguirlo en la alimentación, por lo que debe ser suministrado en el alimento, en especial para los peces de cultivo (Fracalossi *et al.*, 2002). Con su uso se busca desarrollar mayor resistencia a enfermedades, disminuir el estrés y en general mejorar la supervivencia gracias a la mejor adaptación de los individuos a su nuevo ambiente.

Con base en lo anterior, el presente trabajo pretende evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de AA en la dieta de alevinos de tiburoncito,

Hexanematchthys seemanni sobre su crecimiento y supervivencia. Para ello se desarrolló un experimento con el apoyo logístico de la facultad de

Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

2. Marco Teórico

Hexanemichthys seemanni (figura 1) es una especie de la familia Ariidae, el cual tiene un alto interés comercial debido a su atractivo físico, lo que lo hace un animal ideal para ornamentar acuarios. Debido a sus orígenes estuarinos, las aguas dulces no son el ambiente propicio para un óptimo desarrollo de la especie, lo que no significa que no se pueda desarrollar allí. Se ubica a lo largo del Pacífico mexicano y se extiende por Centro América hasta el Perú (Nelson, 1994).



Figura 1. Ejemplar de *Hexanemichthys seemanni* (INCODER, 2005)

Su medio natural está enmarcado por aguas salobres y saladas con un pH que oscila entre los 6,8 y 8,0 y una temperatura entre los 22 y 26°C. Habita en la costa Pacífica (Nelson, 1994).

Su actual localización dentro de la clasificación taxonómica es (Marceniuk y Menezes, 2007):

Phyllum: Chordata

Superclase: Gnathostomata

Clase: Osteichthyes

Subclase: Actinopterygii

División: Eutelostei

Superorden: Acantopterigii

Orden: Siluriformes

Familia: Ariidae

Género: Hexanematichthys

Especie: Hexanematichthys seemanni (Günther, 1864).

Actualmente la especie ha sido explotada por las preferencias ornamentales y por su carne, quedando así en desventaja clara ante otras especies puesto que no tiene forma de recuperarse dentro de su ciclo biológico (FAO, 1993), los animales capturados en los diferentes sitios de pesca que son almacenados en centros de acopio como Buenaventura, Tumaco y Bogotá, sufren altos niveles de estrés aumentando su tasa de mortalidad, lo cual incrementa la tasa de captura anual. Es por esto que el papel de los agentes antiestresantes, en este caso el ácido ascórbico podría proporcionar cierta seguridad al acopiador y finalmente al comprador, el cual no se vería en la necesidad de comprar indefinidamente animales que posteriormente van a morir.

El ácido ascórbico por otra parte, es soluble en agua y alcohol e insoluble en aceites, grasas y solventes orgánicos corrientes. En la figura 2 se observa la estructura química del AA, sin embargo esta estructura en la presentación Rovimix

stay-C 35 (figura 3) viene protegida con un grupo fosfato y su fórmula molecular es: $C_6H_8O_6P$, cuya masa molecular es 256,11g*mole -
lo que la hace prácticamente insoluble en agua (DSM laboratórios, 2006). Tal 1

característica fue verificada al momento de preparar las dietas experimentales en el laboratorio de Ictiología de la Universidad Nacional.

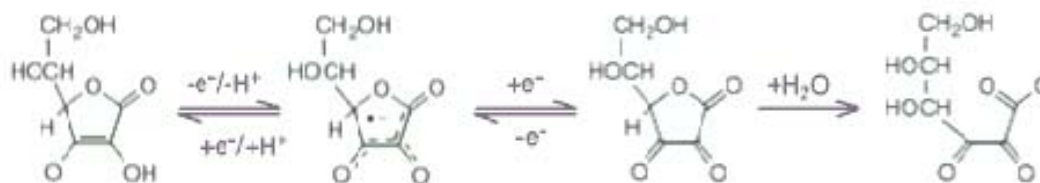


Figura 2. Estructura química del ácido ascórbico, (tomado de: www.nutrinfo.com.ar/pagina/info/vitc0.html) Fecha de consulta: 12 de diciembre 2006.

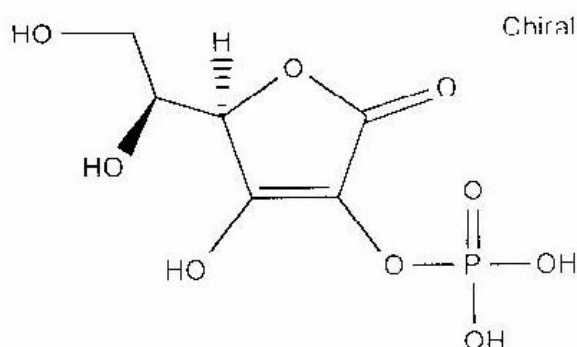


Figura 3. Estructura química del ácido L-ascórbico monofosfato, (tomado de manual de uso de DSM Laboratories, 2006).

Generalmente el AA se utiliza peletizado en el alimento, siendo altamente disponible para el pez. Sin embargo, pierde su actividad rápidamente durante el almacenamiento, especialmente en alimentos húmedos (FAO, 2006), razón por la cual preferiblemente se utiliza recubierto, por ser estable. No obstante, aunque esta presentación también es de gran disponibilidad para los peces, “presenta una actividad solamente del 70% ya que el resto corresponde al recubrimiento que es inerte” (FAO, 2006). Este recubrimiento puede ser etilcelulosa, silicona, gelatina, grasa vegetal, entre otros (FAO, 2006).

Hoy en día existen otras dos presentaciones del AA y son:

“Ascorbato 2-sulfato el cual posee un grupo sulfato en un sitio activo para prevenir las pérdidas por oxidación. Es muy estable a la oxidación y al proceso pero es de baja disponibilidad para muchos peces de cultivo” (FAO, 2006).

“Ascorbato 2-fosfato tiene un grupo fosfato en un sitio activo para prevenir las pérdidas por oxidación. Parece ser más disponible para el pez que la forma sulfatada pero es sólo 15–20% activa” (FAO, 2006). En estas dos moléculas fabricadas industrialmente tanto el grupo sulfato como el fosfato, se encargan de bloquear el grupo activo facilitando la interacción con los aceites haciéndolo de esta manera mas compatible con el aceite que con el agua.

Los alimentos extrudidos enriquecidos con ascorbil -2-monofosfato al igual que el polifosfato, son presentaciones que revelaron en el pasado gran estabilidad a la hora de ser preparados y suministrados después de tiempo de almacenaje, es por este motivo que se escogió la sustancia Rovimix stay-C 35[®] para entregar aportes extra a los animales estudiados (Gadient y Fenster, 1994).

En algunos cultivos de peces, para satisfacer las necesidades de ácido ascórbico de los individuos se implementan dietas ricas en este, las cuales permiten fortalecer su sistema inmune, esquelético, muscular, nervioso y reproductivo (Martínez, 1999), creando al interior una mayor resistencia al estrés generado por condiciones adversas al animal (Brown y Núñez, 1998).

El contenido de ácido ascórbico en el hígado es considerado como un indicador del status de éste al interior del organismo del animal; por otro lado, los efectos inmuno-estimulantes de este ácido, incrementan la supervivencia de los peces alimentados con altos niveles del mismo dentro de su dieta, lo

cual fue demostrado en el bagre de canal, *Ictalurus punctatus* (Li et al., 1993). Sin embargo, la sobre dosificación de los peces con AA no amplía el margen superior de la resistencia a futuros decesos por vectores estresantes, dando por entendido que existen límites de acumulación de las moléculas dentro del organismo (Li

et al., 1993).

Existen diferentes factores que afectan la respuesta inmunológica de los peces (figura 4) tales como ambientales de origen natural, algunos nutrientes y micronutrientes. Dependiendo del tiempo de exposición al cual los animales se expongan a estos agentes, generarán una respuesta positiva o negativa (Abreu, 2003; Verlhac y Gabaudan, 2000).

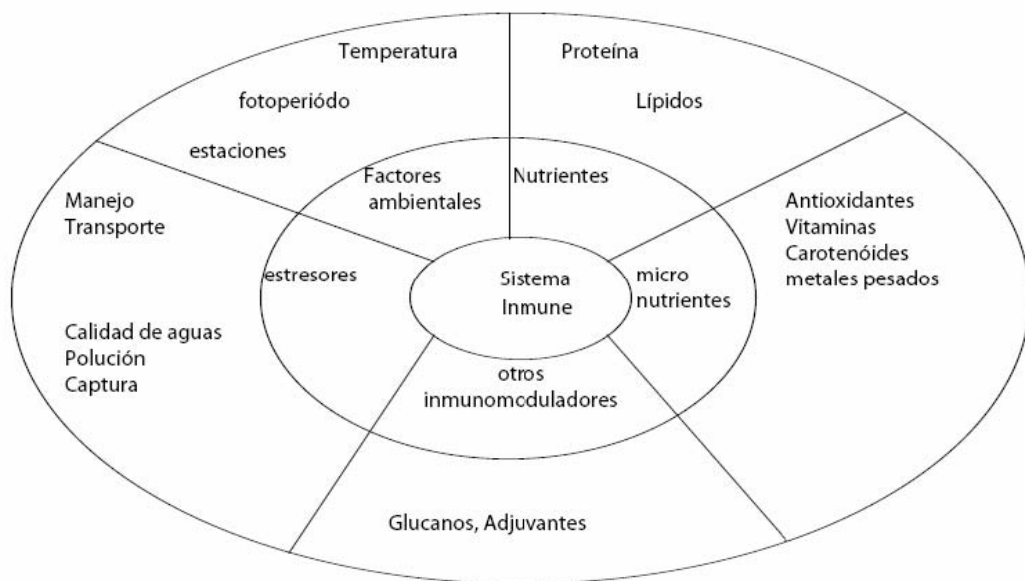


Figura 4: Factores que influyen la respuesta inmunológica de peces mantenidos en cautiverio (Adaptado de Verlhac y Gabaudan, 2000).

3. Estado del arte

En un estudio realizado por Alves de Andrade *et al.* (2007) se suministró una dieta compuesta por vitamina C (AA) y E (α -Tocopherol), y se evaluaron los parámetros sanguíneos del pirarucú (*Arapaima gigas*) en la amazonía brasileña. Se dieron cuenta que la composición sanguínea del animal se altera a partir de 800 y 1200 mg AA kg⁻¹ reflejándose en una diferencia en el conteo de glóbulos rojos y en la concentración de hemoglobina usando 500 mg α -T kg⁻¹, el volumen medio corpuscular reflejó un decrecimiento significativo sobre los tratamientos con 800 y 1200 mg AA kg⁻¹ comparado con el grupo control. Únicamente los tratamientos suplementados con AA reflejaron incrementos en el contenido de leucocitos, así mismo todos los tratamientos suplementados con AA mostraron altos niveles de proteína total a excepción del grupo suplementado con 500 mg de AA comparado esto con el grupo control; los peces tratados con 800 o 1200 mg α -T kg⁻¹ también presentaron incrementos en la concentración de glucosa plasmática.

A lo largo de los años, se han venido realizando numerosos estudios en torno a la acción ejercida por parte del AA al interior de los diferentes organismos de especies estudiadas. En India se realizó un estudio sobre la acción del cobre al interior de los tejidos de *Terapon jarbua* y la acción antiestresante ejercida por una dieta suministrada rica en vitaminas C y E. Se pudo comprobar que la administración de vitaminas C y E disminuyó el estrés oxidativo producido por el cobre, el cual se manifiesta con la muerte por intoxicación, siguiendo la ruta de: branquias, hígado, riñones, músculo, bazo y cerebro, siendo las branquias las primeras en ser afectadas por estar expuestas al medio contaminado (Vijayavel *et al.*, 2006).

Por otro lado, en Brasil, se realizó el enriquecimiento de dietas con AA con el fin de lograr contrarrestar el efecto de hipoxia en juveniles de

Colossoma

macropomum Se sometieron los animales a dietas con 0, 100 y 500 mg de ácido L-ascórbico por kg de alimento durante 10 meses. Los niveles de AA exhibidos no reflejaron cambios en el pH de la sangre y glucosa plasmática. Así mismo, la suplementación redujo los niveles de peroxidación de lípidos, disminuyendo el efecto de la hipoxia sobre los peces, logrando diezmar la tasa de mortalidad (Chagas y Val, 2006).

En cuanto a requerimientos alimenticios para ganancia máxima de peso, se realizó en China un estudio en *Plecoglossus altivelis*, con ocho dietas con diferentes grados de saturación de AA (0, 20, 40, 80, 160, 320, 640, 1280 mg kg⁻¹) suministrado con ascorbil polifosfato. Se hicieron cuatro grupos replica alimentados tres veces al día *ad libitum* durante ocho semanas. Al final del experimento se evidenció como a los animales que no se les suministro AA durante el procedimiento sufrieron deficiencias y baja supervivencia (Xie y Niu, 2006).

También en China en un estudio realizado por Ai *et al.*, (2006), se determinaron los efectos producidos por una dieta rica en AA suministrado en forma de L-ascorbil-2-polifosfato (LAPP) y su incidencia en crecimiento, supervivencia e inmunidad de *Pseudosciaena crocea*. Este experimento se llevó a cabo durante ocho semanas y los animales estudiados comenzaron el proceso con un peso medio de 17,82 ± 0,68g. Fueron utilizadas siete dietas con diferentes concentraciones de AA (0,1; 12,2; 23,8; 47,6; 89,7; 188,5 y 489,0 mg kg⁻¹). El resultado fue una mayor concentración de AA al interior del hígado y músculo; fisiológicamente se observó un incremento en la tasa de crecimiento y mayor supervivencia del animal y lo más importante, su respuesta inmune ante patógenos se mejoró, ante la prueba efectuada con *Vibrio harveyi*.

Otro estudio realizado por Alves de Andrade *et al.* (2006) en *Brycon amazonicus*, muestra como la suplementación de la dieta con vitamina C, no presentó un incremento del número de leucocitos, al infectar a un grupo control de 72 individuos en la primera etapa del estudio con *Aeromonas hydrophila*, en la segunda etapa se separaron dos grupos de 20 individuos y se les alimentó tres veces al día a saciedad aparente (el primer grupo con 150 mg y el segundo con 800 mg AA kg⁻¹), en esta etapa no se observaron diferencias significativas entre los dos grupos después de 7 días de infección, y no fue suficiente para disminuir el cuadro de anemia presentado por los animales después del experimento.

En un estudio realizado por Lin y Shiau (2005) en Taiwán, fue estimada la tasa adecuada de vitamina C suministrada al mero de la especie *Epinephelus malabaricus* y su efecto sobre la respuesta inmune no específica cuando se le inoculó *Vibrio carchariae*. Las dosis utilizadas fueron de 20, 50, 80, 150, 250, 400, 800 mg kg⁻¹ de AA. Al final del experimento, se evidenció el efecto de la vitamina en los peces sometidos a altas concentraciones, pues estos manifestaron mayor resistencia y altos niveles de supervivencia.

Kumari y Sahoo (2005), estudiaron los efectos producidos por altas concentraciones de A.A en *Clarias batrachus* y su incidencia en el crecimiento, respuesta inmune y supervivencia, descubriendo que al ser inoculados con *Aeromonas hydrophila* y provocando una posterior aeromoniasis reaccionaron de manera positiva los animales suplementados con altas dosis de vitamina (1000 y 2000 mg kg⁻¹), mientras que los que menor suplementación recibieron, reaccionaron de manera inmediata causando el posterior deceso, por otro lado, el crecimiento en este bagre reflejó una importante ganancia de peso en 500 y 1000 mg kg⁻¹ de vitamina, al ser comparado con el nivel superior (2000 mg kg⁻¹).

Elbaraasi *et al.* (2004), midieron el efecto alimenticio de la relación hierro/ AA en el bagre africano *Clarias gariepinus*. Fueron utilizados 4 grupos experimentales, el primero de los cuales recibió alta dosis de AA y baja de Fe, el segundo alta dosis de Fe y baja de AA, un grupo control con alimento sin suplementar y un grupo sometido a restricción total de alimento. Los resultados mostraron mejores ganancias de peso y tasa de eficiencia alimenticia en el tratamiento con altas dosis de vitamina C y bajas de Fe.

Wang *et al.*, (2003), compararon el L-ascorbil-2-monofosfato-Ca y L-ascorbil-2-monofosfato-Na/Ca sobre el crecimiento (ganancia total, eficiencia alimenticia) y la concentración de AA en los tejidos del pez roca *Sebastes schlegeli*; las dietas semipurificadas fueron dosificadas en un grupo control sin vitamina y el resto con 50, 100, 200, 400 y 800 mg kg⁻¹ AA durante 12 semanas, logrando establecer que el grupo sin suplementación mostró crecimiento y eficiencia alimenticia significativamente menor ($p < 0,05$) respecto al los grupos con dietas suplementadas y no se vieron diferencias entre las 2 sustancias utilizadas durante el estudio.

En Korea se realizó un estudio con juveniles de pez lenguado *Paralichthys olivaceus*, el cual consistió en medir los niveles de concentración en los tejidos de vitamina C y sus efectos sobre el crecimiento utilizando L-ascorbil-2-polifosfato; utilizaron 6 dietas con diferentes cantidades de vitamina C (0, 25, 50, 75, 150 y 1500 mg kg

AA) obteniendo en 12 semanas que las diferencias entre todos los tratamientos con respecto al grupo control fueron significativamente superiores ($p < 0,05$) en cuanto a ganancia de peso y tasa de eficiencia proteica, siendo mejores con el tratamiento más alto (1500 mg kg

). En cuanto a desarrollo corporal, se presentaron enfermedades y malformaciones en los animales suplementados con bajas cantidades de

vitamina (0, 25 y 50 mg kg⁻¹) los cuales terminaron muriendo a causa de las mismas (Wang et al., 2002).

Shiau y Hsu (1999), cuantificaron los requerimientos de vitamina C en un híbrido (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) de tilapia con L-ascorbil-2-monofosfato-Na y L-ascorbil-2-monofosfato-Mg, este estudio fue enfocado en determinar la cantidad requerida para este híbrido para obtener los mejores resultados para ganancia de peso y tasa de crecimiento. Fueron utilizados diferentes niveles de AA, observando que los mejores resultados se obtienen al utilizar 63,4 mg de C2MP-Na (equivalente a 15,98 mg de AA) y 40,5 mg kg⁻¹ de C2MP-mg (equivalente a 18,82 mg AA).

El Naggat y Lovell (1991), evaluaron el efecto de las fuentes y concentraciones alimenticias, sobre la concentración de AA en los tejidos en bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) utilizando tres presentaciones de vitamina C: ácido L-ascórbico (AA), L-ascorbil-2-monofosfato (AAP) y L-ascorbil-2-sulfato (AAS). Todas las dietas fueron semi purificadas y dosificadas con 11, 22, 44 y 132 mg kg⁻¹ obteniendo un mayor incremento en la biomasa usando AA y AAP, mientras que al utilizar AAS la respuesta producida en los animales fue menor. A nivel de concentración de vitamina C en hígado y riñones se encontraron únicamente niveles traza usando AAS, mientras que en AAP y AA, las concentraciones aumentaron considerablemente, señalando una mayor retención y afinidad por parte del espécimen estudiado al AA y AAP.

En un estudio en bagre de canal *Ictalurus punctatus* realizado por Maziket al (1987), se evaluó el crecimiento de los animales alimentados con dietas con y sin suplemento vitamínico y sus respectivas dosificaciones que son 0, 78, y 390 mg kg durante 120 días. Los resultados mostraron diferencias de crecimiento con la dieta suplementada comparadas con la que no contenía

suplemento. No hubo diferencias significativas entre las dietas suplementadas evaluando incrementos en la malformación de las aletas caudales hasta un crecimiento significativo, además de una mayor resistencia al amonio y muerte por hipoxia.

En la misma especie, Andrews y Murai (1975), observaron gran incremento de peso (cerca al 400%), usando 50 mg de ácido L-ascórbico (AA), durante una fase experimental. Adicionalmente, evaluaron el efecto del almacenamiento del alimento sobre la estabilidad de la vitamina, observando que después de 16 semanas a 20°C, dicha estabilidad se pierde y por ende los resultados a nivel de desarrollo corporal de los animales muestran deficiencias similares a las presentadas por individuos que no recibieron suplemento vitamínico.

4. Problema de investigación

El presente estudio busca determinar el efecto de la suplementación con ácido ascórbico en alevinos de tiburoncito, *Hexanematichthys seemanni* (Günther, 1864), debido a que esta especie es particularmente sensible a las prácticas de manejo, observándose altos niveles de mortalidad durante las mismas.

5. Objetivos Específicos

- Observar el crecimiento de los alevinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de ácido ascórbico, en términos de ganancia de peso, crecimiento relativo y tasa de crecimiento específico.
- Determinar las tasas de conversión y de eficiencia alimenticia de los alevinos dependiendo del nivel de ácido ascórbico utilizado en la dieta.
- Evaluar la eficiencia de utilización de la proteína en los animales experimentales.
- Determinar el porcentaje de supervivencia de los alevinos de *H. seemanni*, al ser alimentados con diferentes niveles de vitamina C.

6. Metodología

6.1. Localización.

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

6.2. Material biológico.

Se utilizaron 240 alevinos de *Hexanematichthys seemanni*, los cuales fueron pesados al inicio del experimento y distribuidos aleatoriamente en 24 acuarios de 60 L de capacidad, a una densidad de 10 peces por acuario.

6.3. Tratamientos.

Una vez ubicados los peces en los acuarios fueron asignados al azar a los siguientes tratamientos:

- Tratamiento 1: Alimento de 25% de proteína (control)
- Tratamiento 2: Alimento de 25% de proteína + 100 mg de AA kg⁻¹
- Tratamiento 3: Alimento de 25% de proteína + 200 mg de AA kg⁻¹
- Tratamiento 4: Alimento de 25% de proteína + 400 mg de AA kg⁻¹
- Tratamiento 5: Alimento de 25% de proteína + 800 mg de AA kg⁻¹
- Tratamiento 6: Alimento de 25% de proteína + 1600 mg de AA kg⁻¹

El alimento utilizado fue de 25,21% de proteína, 90,45% materia seca, 10,78% de cenizas, 3,97% de extracto etéreo y 13,98% de fibra cruda. Aunque dicho alimento no es el más adecuado para peces carnívoros, fue

utilizado en el ensayo procurando que los animales estuvieran sub nutridos, como factor de estrés crónico, situación que justificaría el uso de la vitamina C.

Para la adición del AA, primero se separaron bolsas con un contenido de 100 gr de alimento (sin suplementar), el cual se separo en bolsas según el tratamiento, posteriormente se peso 10 gr de aceite de pescado carente de vitamina E (α -tocopherol) (esto determinado según instrucciones de etiqueta y reafirmadas por el vendedor de la vitamina), tibio el cual, fue almacenado en cajas petri en donde fue pesado, en un vidrio de reloj se adicionó el A.A hasta completar la cantidad necesaria correspondiente a cada tratamiento luego fue disuelto la vitamina en el aceite tibio hasta lograr una disolución al interior de la caja petri, esto facilitó su incorporación a 100gr alimento al ser mezclado todo en un solo embase plástico. Al tratamiento control también se le adicionó dicho aceite para garantizar que las condiciones experimentales fueran homogéneas. El ácido utilizado para el experimento fue Rovimix[®] stay-C 35 el cual fue donando por DSM laboratorios (figura 5).

6.4. Manejo del experimento.

La duración del experimento fue de 45 días, tiempo durante el cual los animales se alimentaron *ad libitum* 4 veces al día (8:00, 11:00, 14:00 y 17 horas).

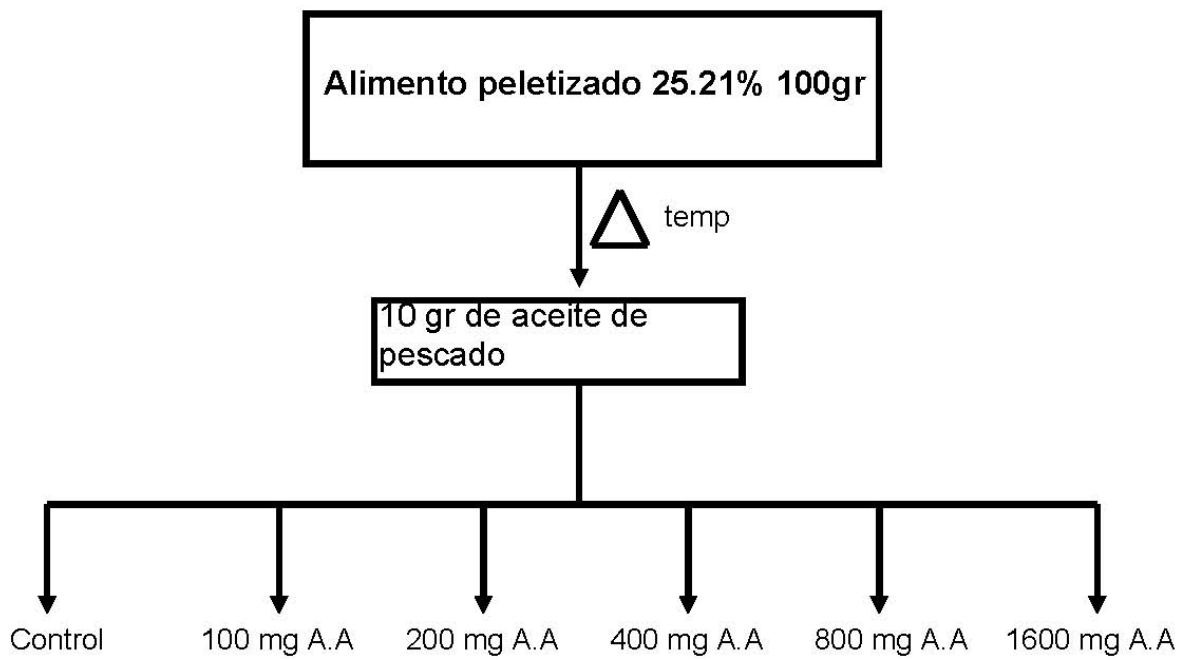
Como labores de rutina se realizaron toma de parámetros físicos y químicos con una sonda multiparamétrica YSI

556 la cual captaba oxígeno disuelto expresado en mg L

, pH y temperatura expresada en grados centígrados (°C). Dos veces por semana se tomaron a primera hora de la mañana (8:00am) para evitar vectores de estrés adicionales como este tipo de manipulación de especímenes, los recambios de agua fueron realizados inmediatamente después a la toma de datos, sifoneando las heces acumuladas en el suelo del acuario, retirando el 50% del agua allí contenida y reemplazándola por agua limpia y almacenada en un tanque, seguido a esto, se adiciona una cantidad de sal según los requerimientos de

concentración determinada para completar los niveles de saturación de sal a 6 ppm al interior de todos los acuarios. Dos pruebas de calidad de aguas con el Kit Hatch FF1

, fueron realizadas a lo largo del experimento, con el objetivo de medir algunos parámetros físicos y químicos del agua tales como: (nitritos, amonio, pH y oxígeno disuelto, alcalinidad y dureza) al comienzo del experimento y pasados 15 días de este.



6.5. Variables evaluadas.

Al inicio y final del ensayo todos los animales fueron pesados y con los datos obtenidos se calcularon los siguientes parámetros:

Ganancia de peso:

GP = peso final (g) – peso inicial (g)

Crecimiento relativo:

CR = 100 * [(peso final (g) – peso inicial (g))/peso inicial (g)]

Tasa de crecimiento específico:

TCE = 100 * [(Ln peso final – Ln peso inicial)/t]

Donde: Ln = Logaritmo natural

t = tiempo

Factor de conversión alimenticia:

FCA = alimento consumido (g)/incremento de peso (g)

Tasa de eficiencia alimenticia:

TEA = incremento de peso (g)/alimento consumido (g)

Proteína consumida:

PC = consumo total (g) * 0,2521 (nivel de proteína suministrada)

Tasa de eficiencia proteica:

TEP = ganancia de peso (g)/proteína consumida (g)

Supervivencia:

S = 100 * (número de peces inicial/número de peces final)

6.6. Diseño experimental.

El diseño experimental fue completamente al azar con 6 tratamientos (niveles de ácido ascórbico) y cuatro repeticiones (acuarios). Para verificar si existieron diferencias entre los tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANAVA) y en los casos en que se presentaron diferencias significativas, las medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba de Tukey (5%).

7. Hipótesis.

El crecimiento y la supervivencia de los alevinos de *Hexanemachthys seemanni* dependen del nivel de vitamina C contenido en la dieta.

8. Resultados

8.1. Parámetros físico químicos.

A lo largo de la fase experimental se evaluaron algunos parámetros básicos como el oxígeno disuelto, el cual fue de $5,03 \pm 0,35 \text{ mg L}^{-1}$, una temperatura media de $27,65 \pm 1,23^\circ\text{C}$ (figura 6) y el pH que fue de $7,04 \pm 0,20$. El amonio se mantuvo constante $0,525 \pm 0,10 \text{ mg L}^{-1}$, la dureza fue siempre constante en $34,2 \text{ mg L}^{-1}$ y la alcalinidad fue de $17,1 \text{ mg L}^{-1}$.

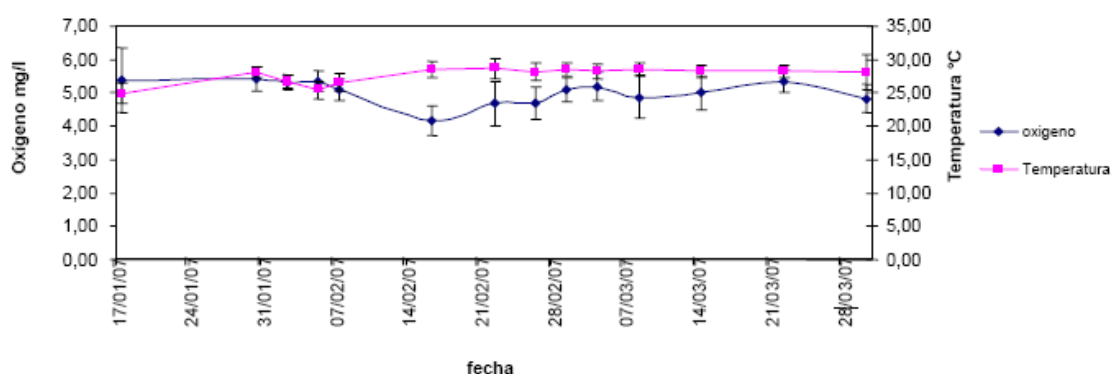


Figura 6: Promedios \pm D. S. de oxígeno disuelto (mg L^{-1}) y temperatura ($^\circ\text{C}$).

8.2. Parámetros de desempeño productivo

En cuanto al desempeño productivo de los alevinos de *H. seemanni*, el cual se entiende como parámetros de producción que cualquier especie animal (incluidos los peces) debe cumplir en condiciones de cautiverio. Dichos parámetros ya están previamente establecidos y zootécnicamente son los que se presentan en este proyecto, es decir, el crecimiento relativo (CR), ganancia total (GT) y tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA), tasa de eficiencia alimenticia (TEA), proteína consumida (PC) y tasa de eficiencia proteica (TEP). El crecimiento relativo, ganancia total y tasa de conversión alimenticia se presentan en la tabla 1, pudiéndose observar que en este último parámetro no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). No obstante, se observó una leve superioridad (valor numérico) a medida que el nivel de AA aumentó, situación corroborada mediante regresión lineal (figura 7), en donde se puede observar un incremento en la TCE cuanto mayor fue el nivel de vitamina utilizado. Similar comportamiento se observó para CR (figura 8).

Tabla 1. Crecimiento Relativo (CR), Ganancia Total (GT) y Tasa de Crecimiento Específico (TCE) en alevinos de *H. seemanni* alimentados durante 45 días con diferentes niveles de vitamina C.

Tratamiento	CR (%)	GT (g)	TCE (% día)
1 (control)	199,98 ± 26,82ab	12,84 ± 2,57abc	1,08 ± 0,29a
2 (100)	254,61 ± 62,08ab	7,12 ± 3,93 ^a	1,15 ± 0,27a
3 (200)	271,08 ± 16,49ab	9,75 ± 2,70ab	1,33 ± 0,32a
4 (400)	278,20 ± 49,27ab	17,15 ± 2,01c	1,36 ± 0,29a
5 (800)	299,62 ± 32,12ab	17,45 ± 2,12c	1,38 ± 0,16a
6 (1600)	312,87 ± 58,01a	15,03 ± 3,40bc	1,39 ± 0,34a

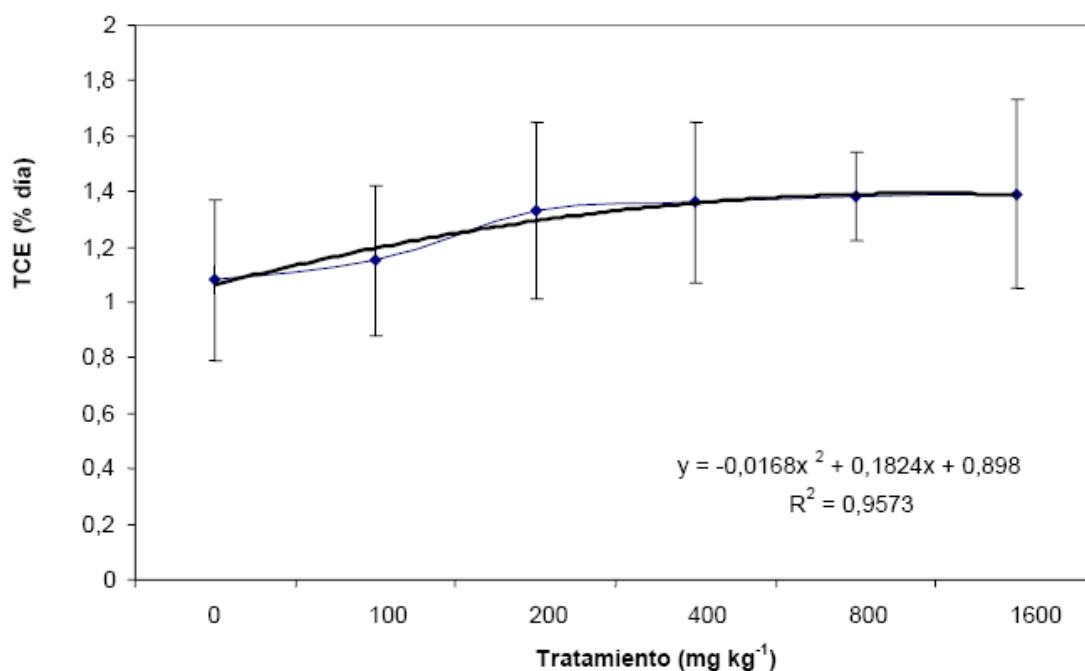


Figura 7. Regresión lineal para tasa de crecimiento específico con respecto al tratamiento en alevinos de *H. seemannii*.

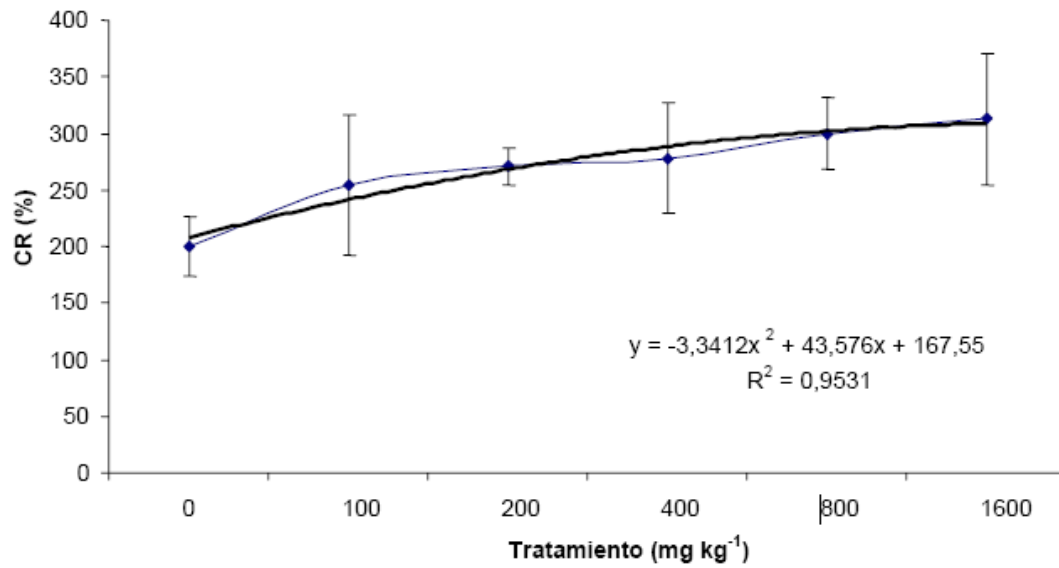


Figura 8. Regresión lineal para crecimiento relativo con respecto al tratamiento en alevinos de *H. seemanni*.

En cuanto al factor de conversión alimenticia (FCA), hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el tratamiento 2 (5,511) y el resto de los tratamientos (figura 8), siendo este último el de peor comportamiento para dicho parámetro, seguido del tratamiento 3 (4,079), mientras que el mejor tratamiento fue el 5 (1,867).

La tasa de eficiencia alimenticia (TEA) también mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos 1, 2 y 3 comparados con los tratamientos 4, 5 y 6, en los cuales se observaron los mejores resultados (figura 10).

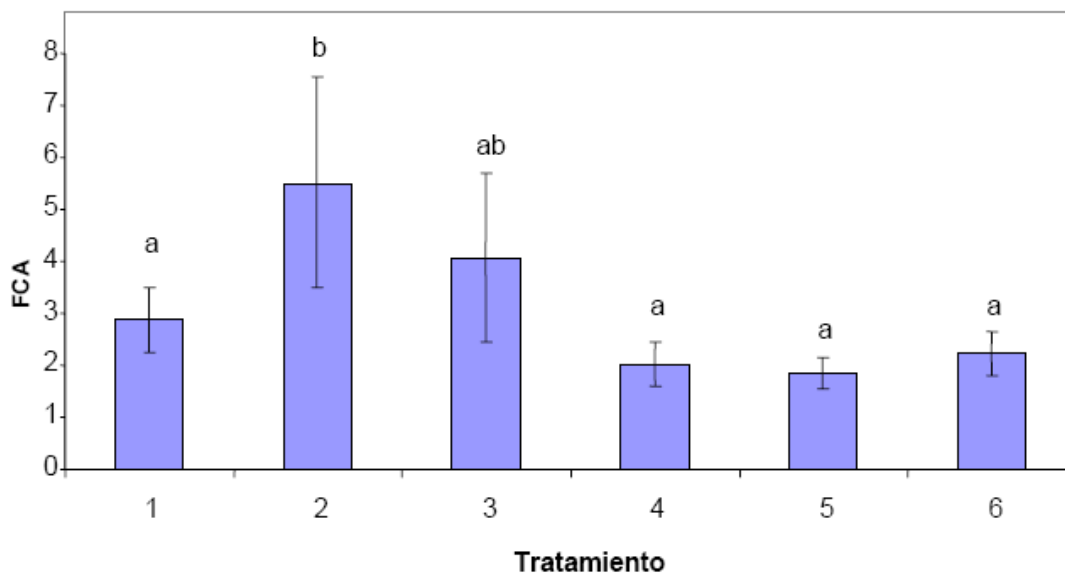


Figura 9. Valores medios \pm D. S. del Factor de Conversión Alimenticia por tratamiento en alevinos de *H. seemanni*. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

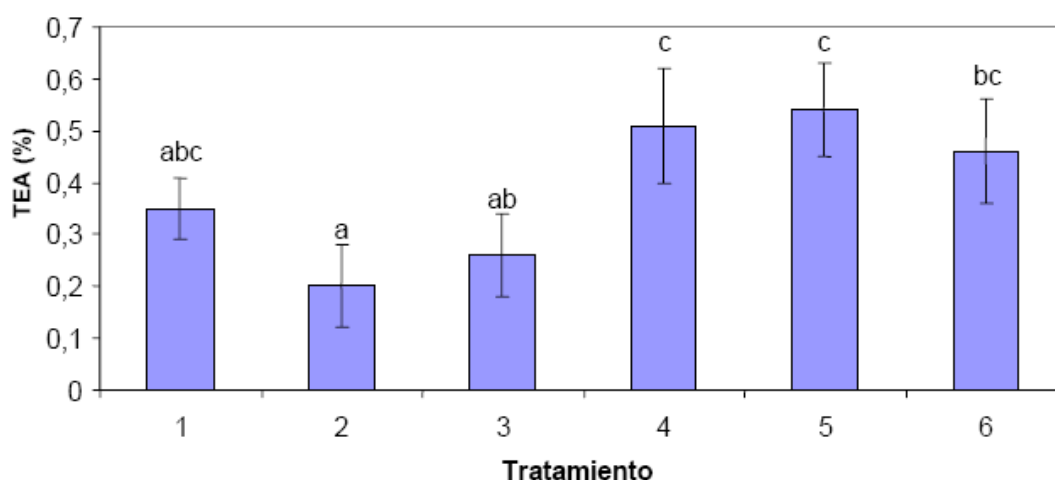


Figura 10. Valores medios \pm D. S. de la Tasa de Eficiencia Alimenticia por tratamiento en alevinos de *H. seemannii*. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En cuanto a proteína consumida se refiere, no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los diferentes tratamientos. Sin embargo, para la tasa de eficiencia proteica (tabla 2), si hubo diferencias significativas ($p < 0,05$), mostrando superioridad los tratamientos 4 y 5, seguidos del 6 y del 1 (figura 11).

Tabla 2. Proteína consumida (PC) y Tasa de eficiencia proteica (TEP) por tratamiento

Tratamiento	PC (g)	TEP
1	8,66 \pm 0,91 ^a	1,48 \pm 0,29abc
2	8,19 \pm 1,01 ^a	0,84 \pm 0,36a
3	8,88 \pm 0,93 ^a	1,11 \pm 0,36ab
4	8,19 \pm 1,24 ^a	2,14 \pm 0,48c
5	7,72 \pm 0,81 ^a	2,28 \pm 0,40c
6	7,82 \pm 0,15 ^a	1,92 \pm 0,44bc

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

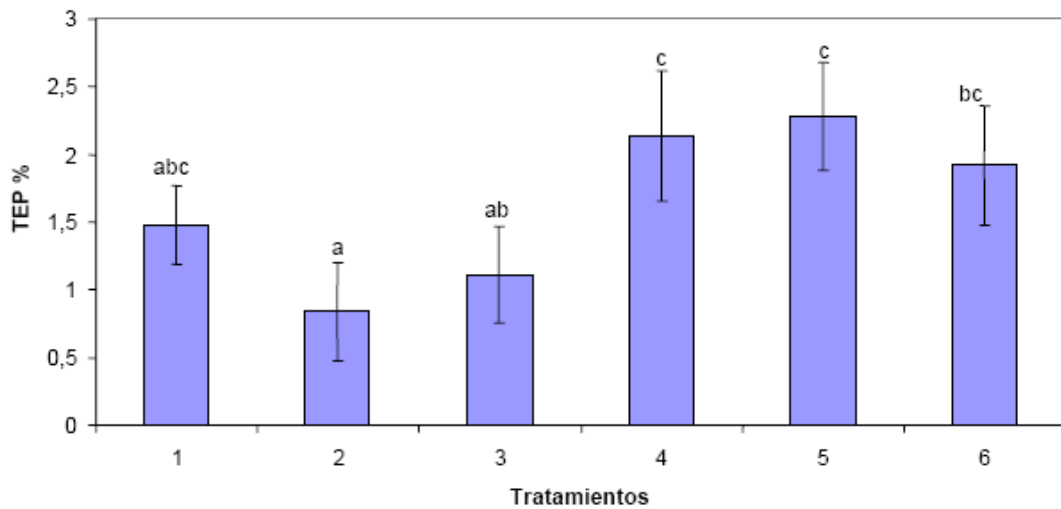


Figura 11. Valores medios \pm D. S. de Tasa de eficiencia proteica por tratamiento en alevinos de *H. seemanni*. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Respecto a la supervivencia, factor muy importante en el experimento, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$), siendo los tratamientos que reportaron mayor mortalidad el 2 y el 3 (figura 12).

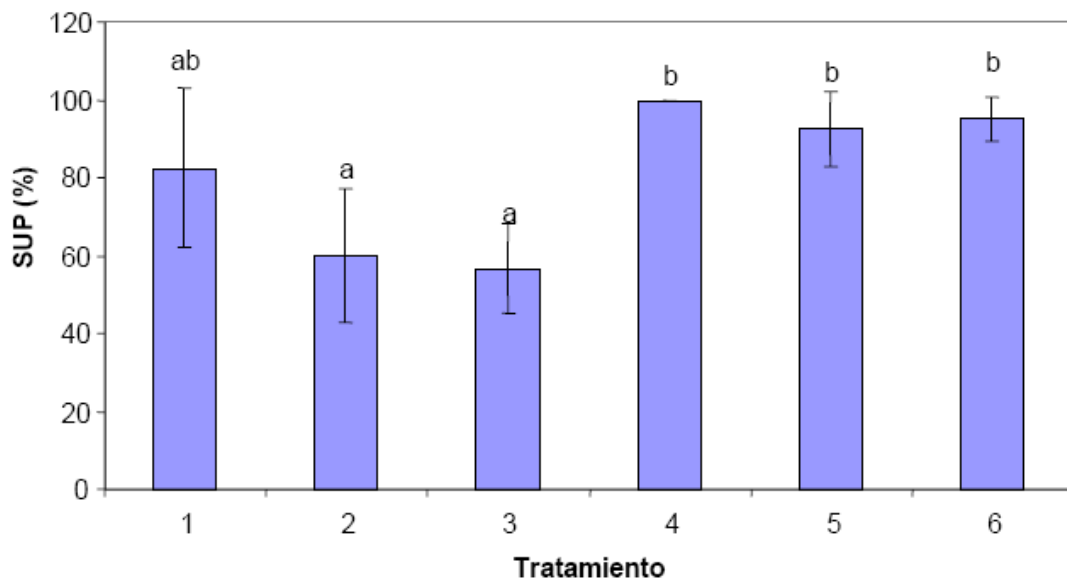


Figura 12. Valores medios \pm D. S. de Supervivencia por tratamiento en alevinos de *H. seemanni*. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). b b b a a ab

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

9.1. Parámetros físicos y químicos.

A lo largo del experimento los parámetros físico químicos del agua se mantuvieron dentro de los rangos normales para peces tropicales y de acuerdo a las necesidades fisiológicas de los animales (Scheurmann, 1998).

9.2. Desempeño productivo.

Aunque pudo observarse una tendencia a la superioridad a medida que el nivel de inclusión de AA aumentó, el crecimiento relativo y la tasa de crecimiento específico de los animales no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (tabla 1). Sin embargo, la ganancia de peso presentó diferencias significativas a favor de los tratamientos 4 y 5, en los cuales se utilizaron valores intermedios de AA. Similares resultados fueron encontrados por Montero *et al.* (1999), en *Sparus aurata*; El Naggar y Lovell (1991), en *Ictalurus punctatus*; Silva de Campos (2003), en *Piaractus mesopotamicus* y Abreu (2003), en *Brycon cephalus*, quienes reportan que la ganancia de peso mayor no fue obtenida con la inclusión máxima de AA, sino que se logró con un nivel intermedio de suplementación. No obstante lo anterior, en otro estudio realizado en *I. punctatus* los resultados mostraron que la máxima ganancia de peso se obtuvo con el mayor nivel de AA utilizado (Mazik *et al.*, 1987). En todos los casos se menciona que el AA pudo haber contribuido en la biosíntesis de las proteínas, lo cual se vería reflejado en un incremento en la ganancia de peso (Verlhac y Gabaudan, 2000; Fracalossi *et al.*, 2002; DSM laboratories, 2006). Por otro lado, Wang *et al.* (2003), en *Sebastes schlegeli* y Elbaraasi *et al.* (2004), en *Clarias gariepinus* reportan que la inclusión de AA no tiene efecto en la ganancia de peso y que inclusive al utilizar dosis altas, la tasa de crecimiento específico es menor, situación verificada en *Notemigonus crysoleucas*, especie en la cual se obtuvo una mejor TCE al utilizar un nivel inferior de AA (98 mg kg^{-1}) que cuando se utilizó un valor superior (222 mg kg^{-1}) (Chen *et al.*, 2004). Sin embargo, Verlhac *et al.* (1996) obtuvieron mejores resultados para TCE al utilizar 1000 mg kg^{-1} en la dieta de *Oncorhynchus mykiss*, mientras que Kumari y Sahoo (2005) trabajando con *Clarias batrachus* los obtuvieron al utilizar 1000 o 2000 mg kg^{-1} , con diferencias significativas ($p < 0,05$) respecto a un grupo control. Todos estos resultados difieren de los encontrados en el presente ensayo, en el cual no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) para TCE entre los tratamientos, tal como lo comprobaron Mæland *et al.* (1999), en *Hyppoglossus hypoglossus* y Henrique *et al.* (2001), en *Sparus aurata*, especie en la cual se demostró que la suplementación con AA sólo aumenta la TCE ante condiciones de estrés (hipoxia), pero que en condiciones de normalidad dicho suplemento no tiene influencia para ese parámetro. Esta situación podría reflejar que la acción de la vitamina C se pone de manifiesto bajo condiciones de estrés.

La gran diversidad de resultados sugiere que la reacción de cada organismo es diferente y que la acción de la vitamina puede variar de un organismo a otro, debido a que el metabolismo entre cada especie difiere dependiendo de factores tales como longevidad, medio circundante (silvestre), respuesta inmune ante factores estresantes y efecto antrópico (Gratzek y Matthews, 1992).

El factor de conversión alimenticia (figura 8), presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, siendo mejor en los tratamientos con mayores niveles de inclusión de AA.

Similares resultados fueron encontrados por Silva de Campos (2003), en *Piaractus mesopotamicus*. Tal resultado tiene relación directa con la Tasa de Eficiencia Alimenticia, parámetro en el cual también hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) a favor de los tratamientos con inclusión de AA, tal como lo reportan Ai *et al.* (2004) en *Lateolabrax japonicus*, quienes realizaron un experimento en el cual se demostró que la TEA aumentó a medida que se suministró mayor cantidad de AA en la dieta. Probablemente dichos resultados puedan explicarse por el hecho de que los alevinos utilizados en el ensayo aprovecharon mejor la proteína de la dieta (figura 10), lo cual implica mayor eficiencia en términos de conversión y eficiencia alimenticia.

En cuanto a la supervivencia (figura 11), se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) a favor de los tratamientos con mayor inclusión de AA, corroborando los resultados presentados por varios autores, quienes dicen que un adecuado nivel de AA en la dieta mejora inmediatamente el bienestar de los animales, lo cual se refleja en mayores tasas de supervivencia (Andrews y Murai, 1975; Li *et al.*, 1993; Brown y Nuñez, 1998; Verlhac y Gabaudan, 2000; Fracalossi *et al.*, 2002; DSM laboratories, 2006).

Las relaciones existentes entre la supervivencia de varias especies y el uso de la vitamina C han sido estudiadas por varios autores. Dabrowski *et al.* (2004) analizaron la respuesta generada por la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) ante eventos de hipoxia, normoxia e hiperoxia y los resultados indican un aumento significativo en la mortalidad bajo condiciones anóxicas e insuficiencia de AA, mientras que en condiciones normóxicas e hiperóxicas las mortalidades son mínimas (menos del 1 %), bajo la influencia de suplementos de AA. En *Sparus aurata*, el uso de AA parece no tener una influencia muy importante en la disminución de la mortalidad ante eventos de falta de oxígeno. Sin embargo con la utilización de tal solo 25 mg kg⁻¹ de AA la supervivencia de la especie aumentó en 5%.

No obstante, aparentemente esta especie es resistente a la hipoxia, pues en todos los tratamientos la supervivencia fue superior al 90% (Henrique *et al.*, 1998). Por otro lado, en *Sebastes schlegeli* se comprobó una tendencia clara de incremento en términos de supervivencia al utilizar ascorbil monofosfato (AMP-Na/Ca) (Wang *et al.*, 2003a). En *Oplegnathus fasciatus*, Wang *et al.* (2003b) lograron incrementar la supervivencia de 33% utilizando únicamente AA hasta 98,3% mediante el uso L-ascorbil -2-monofosfato. Estos resultados tienen el mismo comportamiento del anterior estudio y muestran una fuerte influencia de AMP en la supervivencia, tal como pudo ser verificado en el presente estudio.

10. CONCLUSIONES

- Durante este estudio, la suplementación con Rovimix stay-C[®], mostró un efecto positivo en alevinos de *Hexanematichthys seemanni*, manifestándose en unos mayores incrementos de biomasa reflejados como ganancia total.
- La conversión alimenticia y el aprovechamiento de la proteína reflejó mejores resultados al utilizar el AA.
- La supervivencia mostró una clara mejoría a partir de 400 mg kg⁻¹ AA.
- A nivel cualitativo podemos concluir que la suplementación con vitamina C logra aumentar la belleza física del animal, resaltando los colores plateados que caracterizan a esta especie, además de fortalecer los lóbulos de la aleta caudal del animal.
- El comportamiento esquivo y temeroso observado a lo largo del experimento por parte del conjunto de peces estudiados, disminuyó conforme aumentaban los días y los niveles de saturación de vitamina aumentaban demostrando así efecto benéfico en el comportamiento del animal.
- El efecto producido por el suplemento insuficiente de la vitamina C, causa un efecto nocivo en los tratamientos dos (100 mg) y tres (200 mg) a causa de la reacción por parte del metabolismo al interior de alevinos de *H. seemanni*.

11. RECOMENDACIONES

- Seguir investigando con la especie, pues es una de las más importantes dentro de los peces ornamentales colombianos.
- Realizar otros ensayos en los que se sometan los individuos a estrés agudo para comprobar si evidentemente la suplementación con AA mejora su respuesta ante el estrés.
- Investigar sobre estudios comportamentales de la especie así como con especies diferentes dentro de la misma familia.
- Monitorear la calidad de agua de cerca, debido a que esta es un factor importante dentro del buen desarrollo de trabajos como este en donde el estrés es el factor a evaluar.
- Realizar estudios en cuanto a reproducción se refiere con el fin de amortiguar el efecto antrópico sobre los animales.

12. BIBLIOGRAFÍA

Ácido ascórbico: Estructura química del ácido ascórbico, (tomado de: www.nutrinform.com.ar/pagina/info/vitc0.html) Fecha de consulta: 12 de diciembre 2006.

ABREU, J. 2003 Respostas fisiológicas de matrinxã (*Brycon cephalus*) arraçados com diferentes níveis de vitamina c submetidos à exposição aérea. Disertación presentada al programa de postgrado en acuicultura, del Centro de acuicultura de UNESP, campus de Jaboticabal, como parte de las exigencias para obtención del títulos de maestro en acuicultura, area de concentración en acuicultura en aguas continentales. Jaboticabal- Sao Paulo-Brasil. 55p, 2003.

ADHAM, K., HASHEM, H., ABU-SHABANA, M y KAMEL, H. Vitamin C deficiency in the catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Nutrition* 6: 129-139, 2000.

AI, Q., MAI, K., ZHANG, C., XU, W., DUAN, Q., TAN, B y LIUFU, Z. Effects of dietary vitamin C on growth and immune response of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture* 242: 489-500, 2004.

AI, Q., MAI, K., TAN, B., XU, W., ZHANG, W., MA, H y LIUFU, Z. Effects of dietary vitamin C on survival, growth, and immunity of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. *Aquaculture* 261:327–336, 2006.

ALVES DE ANDRADE, J. I., AKIFUMI, E., CRUZ DE MENEZES, G., BRASIL, E. M., ROUBACH, R., CRISCUOLO, E., TAVARES-DIAS, M., MARCON, J Y GUSMÃO, E. Influence of diets supplemented with vitamins C and E on pirarucu (*Arapaima gigas*) blood parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology*, (In press) 5 p.

ALVES DE ANDRADE, J. I., BRASIL, E. M., AKIFUMI, E., MATSUURA, T., CRUZ DE MENEZES, G., FERNÁNDEZ, E. B., SOUZA, R., RAGONHA DE OLIVEIRA, S., TAVARES-DIAS, M Y GUSMÃO AFFONSO, E. Influence of diet supplemented with vitamins C on the physiological response of Matrinxã, *Brycon amazonicus*, following *Aeromonas hydrophila* infection. IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. EN: (<http://www.civa2006.org>), fecha de consulta: (6 de diciembre de 2006). 1-7p.

ANDREWS, J y MURAI, T. Studies on the vitamin C requirements of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.* 105: 557-561, 1975.

BROWN, C. L. y NUÑEZ, J. M. Fish disease and disorder, Vol 2:Non-infectious disorders. eds J. F. leatherland and P.T. K. wood. 1-17p, 1998.

CHAGAS, E. C. y VAL, A. L. Ascorbic acid reduces the effects of hypoxia on the Amazon fish tambaqui. *Journal of Fish Biology* 69:608–612, 2006.

CHAPMAN, F. A., FITZ-COY., THUNBERG, E. M y ADAMS, C. M. United States of America trade in ornamental fish. *Journal of the world aquaculture society* 28:1-10, 1997.

CHEN, R., LOCHMANN, R., GOODWIN, A., PRAVEEN, K., DABROWSKI, K y LEE, K-J. effects of dietary vitamins C and E on alternative complement activity, hematology, tissue composition vitamin concentrations and response to heat stress in juvenile golden shiner (*Notemigonus crysoleucas*). *Aquaculture* 242: 553-569, 2004.

DABROWSKI, K. Ascorbic acid status in the early life of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.). *Aquaculture* 84, 61-70, 1990.

DABROWSKI, K., KYEONG-JUN, L., LESZEK, G., VERLHAC, V y GABAUDAN, J. Effects of dietary ascorbic acid on oxygen stress (hypoxia or hyperoxia), growth and tissue vitamin concentrations in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 233: 383–392, 2004.

DSM LABORATORIES. Rovimix Stay-C ® 35, user handbook 5p. 2006.

ELBARAASI, H; MÉZES, M; BALOGH, K; HORVÁTH, L y CSENGERI, I. Effects of dietary ascorbic acid/iron ratio on some production traits, lipid peroxide state and amount/activity of the glutathione redox system in African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) fingerlings. *Aquaculture Research*. 35: 256-262, 2004.

EL NAGGAR, G y LOVELL, R. Effect of source and dietary concentration of ascorbic acid on tissue concentrations of ascorbic acid in channel catfish. *Journal of World Aquaculture Society*. 22: 201-206, 1991

FAO. Field guide to the commercial marine and brackish water resources of the northern coast of South America. Roma. 94-98 p. 1993.

FAO. Fabricación y uso de premezclas vitamínicas en alimentos para peces (<http://www.fao.org/docrep/field/003/AB482S/AB482S24.htm>) fecha de consulta: (7 de diciembre de 2006).

FRACALOSSO D., ALLEN M., YUYAMA, L y OFTEDAL O. Ascorbic acid biosynthesis in Amazonian fishes. *Aquaculture* 192: 321–332, 2002.

GADIANT, M y FENSTER, R. Stability of ascorbic acid and other vitamins in extruded fish feeds. *Aquaculture* 124: 207-211, 1994.

GRATZEK, J y MATTHEWS, J. *Aquariology, the science of fish health management*. First edition. Tetra press. Hong Kong. 330p. 1992.

HENRIQUE, M., GOMES, E., GOUILLOU-COUSTANS, M., OLIVA-TELES A y DAVIES S. Influence of supplementation of practical diets with vitamin C on growth and response to hypoxic stress of seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture* 161: 415–426, 1998.

KUMARI, J y SAHOO, P. High dietary vitamin C affects growth, non-specific immune responses and diseases resistance in Asian catfish, *Clarias batrachus*. *Molecular and Cellular Biochemistry* 280: 25-33, 2005.

LI, M.H., JOHNSON, M.R. y ROBINSON, E.H. Elevated dietary vitamin c concentrations did not improve resistance of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, against *Edwardsiella ictaluri* infection. *Aquaculture* 117:303-312, 1993.

LIN, M.F. y SHIAU, S.Y. Dietary l-ascorbic acid affects growth, nonspecific immune responses and disease resistance in juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. *Aquaculture* 244: 215– 221, 2005.

MÆLAND, A., ROSENLUND, J., STOSS, J y WAAGBØ, R. Weaning of atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* L. using formulated diets with various levels of ascorbic acid. *Aquaculture nutrition*. 5:211-219, 1999.

MARCENIUK, A y MENEZES, A. Systematics of the family Ariidae (Ostariophysi, Siluriformes), with a redefinition of the genera. *Zootaxa* 1416: 1-126, 2007.

MARTINEZ, T.M. Evaluación del crecimiento de juveniles del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) alimentado con desechos del procesado del calamar. Tesis para obtener el grado de: Maestría en ciencias: Área Acuicultura. Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Marinas. 48p, 1999.

MAZIK, P., BRANDT, T y TOMASSO, J. Effects of dietary vitamin c on growth, caudal fin development and tolerance aquaculture-related stressor in channel catfish. *The progressive fish-culturist* 49:13-16, 1987.

MERCHIE, G., LAVENS, P y SORGELOOS, P. Optimization of dietary vitamin C in fish and crustacean larvae: a review. *Aquaculture* 155: 165-181, 1997.

MONTERO, D., MARRERO, M., IZQUIERDO, M., ROBAINA, L., VERGARA, J y TORT, L. Effect of vitamin E and C dietary supplementation on some immune parameters of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles subjected to crowding stress. *Aquaculture* 171: 269-278, 1999.

NELSON, J.S. *Fishes of the world*. Third edition. John Wiley & Sons, Inc., New York. 600 p. 1994.

RODRÍGUEZ, H., DAZA, P y CARRILLO, M. Fundamentos de acuicultura continental. Segunda edición. Grafimpresos Quintero., Bogotá. 422 p. 2001.

SHIAU, S y HSU, T. Quantification of vitamin C requirement for juvenile Irbid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*, with L-ascorbyl-2-monophosphate-Na and L-ascorbyl-2-monophosphate-Mg. *Aquaculture* 175: 317-326, 1999.

SCHEURMANN, I. El libro de los acuarios. Quinta edición. Gräfe und Unzer GmbH. Munich. 144 p. 1998.

SILVA de CAMPOS, G. Suplementação dietética de vitamina C, desenvolvimento e sanidade do pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887). Tesis para obtener el grado de: Maestría en Agronomía. Escuela superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Universidad de Sao Paulo. 60p, 2003.

VERLHAC, V., GABAUDAN, J., OBACH, A., SHÜEP, W. y HOLE, R. Influence of dietary glucan and vitamin C on non specific and specific immune responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 143:123-133, 1996.

VERHALC, V. y GABAUDAN, J. The effect of the vitamin C on fish health a DSM product. Centre for research in animal nutrition. 35p, 2000.

VIJAYAVEL, K., GOPALAKRISHNAN, S., THILAGAM, H., Y BALASUBRAMANIAN, M.P. Dietary ascorbic acid and α -tocopherol mitigates oxidative stress induced by copper in the thornfish *Terapon jarbua*. *Science of the Total Environment* 372:157–163, 2006.

WANG, X., KIM, W-K y BAI, S. Comparison of L-ascorbyl-2-monophosphate-Ca with L-ascorbyl-2-monophosphate-Na/Ca on growth and tissue ascorbic acid concentrations in Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Aquaculture* 225:387-395, 2003a.

WANG, X., KIM, W-K., BAI, S., HUH, M-D y CHO B-Y. Effects of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). *Aquaculture* 215: 203-211, 2003b.

WANG, X., KIM, K y BAI, S. Effects of different dietary levels of L-ascorbyl-2-polyphosphate on growth and tissue vitamin C concentrations in juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). *Aquaculture Research*, 33: 261-267, 2002.

XIE, Z. y NIU, C. Dietary ascorbic acid requirement of juvenile ayu (*Plecoglossus altivelis*). *Aquaculture Nutrition* 12:151–156, 2006.

INCODER y CCI. Sistema de información de precios y mercados para la producción acuícola y pesquera: Peces ornamentales mercado en expansión para Colombia. [on line]. Colombia. 2006 [citado en 1 noviembre de 2006]. Disponible en Internet: < <http://www.incoder.gov.co/Archivos/Boletin%2049.pdf>>.