

**Efecto agudo del Amoníaco en tilapia roja**  
**(*Oreochromis* sp.)**

**Nelson Patricio Bravo Yumi**

**Zamorano, Honduras**  
**Diciembre, 2007**

**ZAMORANO**  
**Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria**

**Efecto agudo del Amoníaco en tilapia roja**  
**(*Oreochromis sp.*)**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el grado  
académico de Licenciatura.

Presentado por:

**Nelson Patricio Bravo Yumi**

**Zamorano, Honduras**  
**Diciembre, 2007**

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Nelson Patricio Bravo Yumi.

Zamorano, Honduras  
Diciembre, 2007

**Efecto agudo del Amoníaco en tilapia roja  
(*Oreochromis sp.*)**

Presentado por:

Nelson Patricio Bravo Yumi

Aprobada:

---

Daniel Meyer, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Miguel Vélez, Ph.D.  
Director de la Carrera de  
Ciencia y Producción Agropecuaria

---

Claudio Castillo, Ing. Agr.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

John Jairo Hincapié, Ph.D.  
Coordinador Área Temática de  
Zootecnia

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiarme y darme fuerza cuando más lo necesité.

A mis padres y hermano que siempre creyeron en mí y me apoyaron durante estos cuatro años en Zamorano.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por todos sus consejos, amor, gestos de cariño y apoyo en todas mis decisiones.

A mi hermano por su insuperable cariño y ayuda.

A mi familia por el apoyo que nunca me faltó.

Al Dr. Daniel Meyer por su ayuda, brindándome todos sus conocimientos para poder realizar el presente estudio.

Al Ingeniero Claudio Castillo y al personal de la Estación de Acuicultura de Zamorano por brindarme su amistad y colaboración con el presente estudio.

A Juan Pablo Merchán, Pablo Manosalvas y Jesús Morazán por su gran ayuda en la elaboración de este ensayo.

## RESUMEN

Bravo, Nelson. 2007. Efecto agudo del Amoníaco en tilapia roja (*Oreochromis* sp.). Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 15 p.

El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) es el producto final del catabolismo de proteínas y representa del 60 al 80% del nitrógeno que excreta un pez. El amoníaco en el agua es muy tóxico para los peces. Se evaluó el efecto agudo del amoníaco en tilapia roja (*Oreochromis* sp.) estimando la Concentración Letal Media ( $\text{LC}_{50}$ ) para peces-larva y alevines. Los ensayos se realizaron en las instalaciones de la Estación de Acuicultura de Zamorano. Se expuso los peces a siete concentraciones de amoníaco 0.00, 0.50, 0.87, 1.52, 2.64, 4.64 y 8.00 ppm de  $\text{NH}_3$  durante 96 horas. Se utilizó peces-larva de 7 a 9 mm de longitud con un peso de 0.01 g y alevines de 0.05 g de peso y 16 a 18 mm de largo. Para elaborar las concentraciones de amoníaco se realizaron diluciones en serie a partir de una solución madre. Los peces se sembraron en bolsas plásticas (50 cm  $\times$  25 cm) con cuatro litros de agua. Se colocó 20 peces por bolsa y se infló las bolsas con oxígeno puro antes de sellarlas. La mortalidad en las bolsas se contó cada 12 horas durante 96 horas. La sobrevivencia de los peces probados con 0.0 ppm de amoníaco fue mayor al 95% y la sobrevivencia general al terminar 96 horas de prueba fue de 24% en los peces-larva y 39% en los alevines. Con las concentraciones intermedias de  $\text{NH}_3$ , de 0.50 a 4.64 ppm, no se encontró ningún pez muerto a las 12 horas de exposición. Se estimó la  $\text{LC}_{50}$  a las 96 horas si peces-larva en 1.08 ppm de  $\text{NH}_3$  y para alevines en 1.83 ppm.

**Palabras clave:** Amoníaco no ionizado, TAN.

**CONTENIDO**

Portada.....	i
Portadilla.....	ii
Autoría.....	iii
Hoja de firmas.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>12</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>13</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>14</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>16</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Proceso de dilución en serie seguido para preparar las soluciones de amoníaco con base en urea para realizar una prueba de $LC_{50}$ con peces-larva y alevines de tilapia roja, Zamorano Honduras.....	4
2. Concentraciones (ppm) iniciales y finales (96 horas) de amoníaco observadas en el agua de las bolsas en peces-larva y alevines.....	7
3. Número de peces-larva de tilapia roja muertos al ser expuestos a siete concentraciones (ppm) de amoníaco en bolsas plásticas con cuatro litros de agua. Los valores son para el total de 80 peces sembrados en las cuatro réplicas de cada tratamiento.....	8
4. Número de alevines de tilapia roja muertos al ser expuestos a siete concentraciones (ppm) de amoníaco en bolsas plásticas con cuatro litros de agua. Los valores son para el total de 80 peces sembrados en las cuatro réplicas de cada tratamiento .....	10

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mortalidad (%) observada en peces-larva de <i>Oreochromis</i> sp. expuestos a diferentes concentraciones de amoníaco, Zamorano Honduras.....	9
2. Mortalidad (%) observada en alevines de <i>Oreochromis</i> sp. expuestos a diferentes concentraciones de amoníaco, Zamorano Honduras.....	10

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Línea de regresión mostrando las concentraciones de $\text{NH}_3$ en valores Log y la mortalidad de peces-larva.....	16
2. Línea de regresión mostrando las concentraciones de $\text{NH}_3$ en valores Log y la mortalidad de alevines.....	17

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura se define como el cultivo de organismos acuáticos incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. La actividad de cultivar supone la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción. La producción acuícola aumenta en todo el mundo, y se espera que se extienda de manera significativa, a medida que su práctica aumente y se diversifique (Barg 1992).

La producción comercial piscícola en Honduras se estableció en 1989 y crece rápidamente desde entonces. Ocupa el tercer lugar en exportaciones de filete fresco al mercado estadounidense con una producción anual de 15,000 toneladas, generando 19,000 empleos directos y 50,000 empleos indirectos (Zelaya 1998).

La tilapia es una especie que se explota en diferentes partes del mundo con muy buenos resultados manejando diferentes niveles de intensificación, dependiendo del caudal de agua que se disponga para realizar los recambios de agua en el estanque, lo que permite aumentar o disminuir la densidad de siembra (Zelaya 1998).

La tilapia puede tolerar condiciones no favorables que otras especies no soportarían, como concentraciones de hasta 0.10 ppm de oxígeno disuelto en el agua, temperaturas mínimas de 20°C y concentraciones máximas de 2.4 ppm de amoníaco. A consecuencia de las altas densidades de siembra en estanques se incrementa la probabilidad de exposición de los peces a concentraciones elevadas de amoníaco y nitritos (Lovell 1989).

El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) es el producto final del catabolismo de proteínas y representa 60 a 80% del nitrógeno que excreta un pez (Hasan y Machintosh 1986). Concentraciones muy elevadas de amoníaco pueden causar reducciones en la tasa de crecimiento, cambios histopatológicos, una reducción de la capacidad de transporte de oxígeno por la hemoglobina o provocar la muerte del pez. La toxicidad del amoníaco ha sido intensamente investigada en numerosas especies. Los salmónidos son más sensibles que especies como la carpa o el bagre (Richarson 1991).

La Concentración Letal Media ( $\text{LC}_{50}$ ) es la medida más usada en toxicología para determinar la concentración que cause la muerte del 50% de la población a las 24, 48, ó 96 horas (Lim 1989).

Para tilapia del Nilo se ha calculado la  $LC_{50}$  de amoníaco en 48 horas en 1.007-1.010 mg/L y 7.39-7.41 mg/L trabajando con peces-larva y alevines de aproximadamente 10 g de peso promedio (Benlu y Koksal 2005). Se ha reportado una  $LC_{50}$  de 6.6 mg/L de  $NH_3$  en 48 horas de exposición para un híbrido de tilapia (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) sin especificar el tamaño de los peces (Daud *et al.* 1998).

En pruebas de toxicidad aguda es común el uso de bio-ensayos estáticos, donde la sustancia es agregada sólo una vez al sistema, no hay flujo y el medio no se cambia durante todo el ensayo (González 1997). El estudio de tipo estático tiene la ventaja de ser simple, de bajo costo y no necesita de equipo especializado (Sprague 1990).

El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto agudo del amoníaco en tilapia roja (*Oreochromis* sp.) y estimar la Concentración Letal Media ( $LC_{50}$ ) en 96 horas para peces-larva y alevines.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación.** El estudio se realizó en septiembre de 2007 en las instalaciones de la Estación de Acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada en el valle del Yeguaire, Francisco Morazán, Honduras. Zamorano está a 800 msnm con una precipitación media anual de 1100 mm y temperatura media anual de 24°C.

**Animales.** Se realizaron dos ensayos para probar la toxicidad aguda del amoníaco en tilapia roja (*Oreochromis* sp, Clase Teleostomi, Orden Perciformes, Familia Cichlidae). En el primer experimento se utilizaron 560 alevines recién nacidos o peces-larva de 7 a 9 mm de longitud con un peso de 0.01 g.

En el segundo ensayo se utilizaron 560 alevines de 0.05 g de peso y de 16 a 18 mm de largo. Todos los peces se obtuvieron de las pilas de reproducción y crecimiento de la Estación de Acuicultura de Zamorano.

Los peces-larva y los alevines fueron trasladados 12 horas antes de empezar cada experimento a dos tanques circulares de fibra de vidrio (1.00 m de diámetro × 0.60 m de profundidad) ubicados en el laboratorio húmedo para interrumpir su ingesta y minimizar la excreción de desechos al momento de realizar las pruebas.

**Agua.** El agua potable para el traslado de los peces y para los dos ensayos se trató con hidróxido de calcio (CaOH<sub>2</sub>) a una dosis de 25 mg/L para estabilizar el pH en 7.5 y se agregó tio-sulfato sódico al agua a una dosis de 50 mg/L para eliminar el cloro residual en el agua.

**Solución madre.** Se preparó una solución madre de amoníaco (NH<sub>3</sub>) diluyendo un kilogramo de urea en nueve litros de agua, con lo que se alcanzó una concentración de 5426 ppm de NH<sub>3</sub>. La solución madre fue preparada seis días antes de iniciar el primer ensayo y se evaluó su concentración Total de Nitrógeno como Amonio + Amoníaco (TAN) utilizando el método Nessler con un espectrofotómetro<sup>1</sup>.

El pH del agua se evaluó con un potenciómetro<sup>2</sup>. La temperatura del agua fue tomada con un medidor polarigráfico<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Espectrofotómetro, modelo DR 2000, Fabricado por Hach Company. P.O. Box 389. Loveland, Colorado. USA.

<sup>2</sup> Potenciómetro, modelo AB 15 básico. Fabricado por Fisher Company, 85741 Tucson, Arizona, USA.

<sup>3</sup> Modidor polarigráfico, modelo 55. Marca YSI. Fabricado por Yellow Springs Company. P.O. Box 456 Ames, Iowa. USA

Al momento de iniciar el ensayo se comprobó cada concentración de amoníaco con la misma metodología. Al final de cada ensayo se evaluó la concentración de amoníaco en el agua de dos bolsas escogidas al azar de cada tratamiento.

**Concentraciones de amoníaco.** Se prepararon siete concentraciones de  $\text{NH}_3$  para probar en cada ensayo. Para definir los tratamientos (concentraciones de amoníaco) del ensayo se determinó una concentración mínima de 0.5 ppm y una máxima de 8.0 ppm de amoníaco y se escogieron cuatro concentraciones equidistantes logarítmicamente entre la concentración mínima y la máxima.

Para alcanzar las concentraciones de amoníaco de cada tratamiento se realizaron diluciones en serie de la solución madre (Cuadro 1). Por ejemplo, se mezcló 0.013 L de solución madre con 9.00 L de agua de clorinada para llegar a una concentración de 8.00 ppm de amoníaco. Luego, se mezcló 5.17 L de la solución preparada de 8.00 ppm con 4.00 L de agua de clorinada para obtener a una concentración de 4.64 ppm de amoníaco, esto se realizó sucesivamente para alcanzar las otras concentraciones de amoníaco.

**Cuadro 1.** Proceso de dilución en serie seguido para preparar las soluciones de amoníaco con base en urea, para realizar una prueba de  $\text{LC}_{50}$  con peces-larva y alevines de tilapia roja, Zamorano Honduras.

Concentración inicial (ppm)	Volumen de solución extraída (L)	Volumen agua de dilución (L)	Concentración final (ppm)
5426.00	0.013	9.0	8.00
8.00	5.170	4.0	4.64
4.64	5.170	4.0	2.64
2.64	5.170	4.0	1.52
1.52	5.170	4.0	0.87
0.87	5.170	4.0	0.50

**Siembra de los peces.** Cada prueba de toxicidad aguda se llevó a cabo en 28 bolsas plásticas (50 × 25 cm) con cuatro litros de agua en cada una. Se sembró 20 peces en cada una de las bolsas, luego las bolsas fueron infladas con oxígeno puro y selladas con un caucho o hule. Las bolsas preparadas fueron rotuladas y colocadas en el laboratorio húmedo de la Estación de Acuicultura.

**Mortalidad de los peces (%).** Se contaron los peces muertos en cada bolsa a intervalos de 12 horas, durante las 96 horas que duró cada ensayo. Los individuos muertos fueron removidos al momento de detectarlos y después se re-infló la bolsa con oxígeno puro.

**Diseño Experimental y Análisis Estadístico.** Se realizaron dos ensayos con siete tratamientos y cuatro repeticiones en un Diseño Completamente al Azar (DCA). Los resultados de mortalidad se analizaron utilizando la prueba Duncan, mediante el paquete estadístico “Statistical Analysis System” (SAS 2003). Se determinó la Concentración Letal media ( $LC_{50}$ ) a 96 horas usando un análisis PROBIT (Finney 1971) con un margen de error de 5%.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Temperatura y pH.** El pH del agua en las bolsas se mantuvo estable en neutro, la temperatura del agua varió entre 24.2 y 25.9°C. El pH y la temperatura regulan la proporción entre amoníaco y el amonio ionizado en el agua (Meyer 2007). A medida que estos dos factores incrementan aumenta la proporción de amoníaco en el agua. El pH fue estable debido a que se encaló el agua con hidróxido de calcio. La temperatura del agua de las bolsas fue relativamente estable por las condiciones controladas del laboratorio húmedo.

El rango adecuado de pH en el agua para el cultivo de tilapia está entre 6 y 9 (Boyd 1979). La temperatura del agua influye en la tasa de crecimiento y metabolismo de los peces, para la tilapia el rango óptimo está entre 25 y 32°C (Zelaya 1998). La temperatura y el pH del agua en los dos ensayos estuvieron dentro del rango aceptable y permanecieron relativamente estables, por lo que no fueron una fuente de variación.

**Concentraciones de amoníaco.** Las concentraciones de NH<sub>3</sub> aumentaron (Cuadro 2) durante las 96 horas de cada ensayo. El incremento fue mayor en las bolsas donde existió mayor sobrevivencia de peces. La actividad metabólica de los peces contribuye al incremento de NH<sub>3</sub> en el agua (Hasan y Machintosh 1986).

Se observó una tendencia de un menor incremento de NH<sub>3</sub> en ppm y en porcentaje (Cuadro 2) con una mayor concentración inicial de NH<sub>3</sub>. Una alta concentración de NH<sub>3</sub> disminuye el metabolismo de los peces, provocando cambios histopatológicos y una reducción de la capacidad de transporte de oxígeno de la hemoglobina (Richarson 1991).

**Cuadro 2.** Concentraciones (ppm) iniciales y finales (96 horas) de amoníaco observadas en el agua de las bolsas, en peces-larva y alevines.

Peces	$C_{\text{inicial}} \text{ NH}_3$	$C_{\text{final}} \text{ NH}_3$	$\Delta = C_{\text{final}} - C_{\text{inicial}}$	
	ppm	ppm	ppm	%
Peces- larva (7-9 mm)	0.00	0.26	0.26	0.0
	0.50	0.67	0.17	34.0
	0.87	1.02	0.15	18.8
	1.52	1.63	0.11	6.9
	2.64	2.71	0.07	2.8
	4.64	4.67	0.03	0.7
	8.00	8.01	0.01	0.1
Alevines (16 a 18 mm)	0.00	0.27	0.27	0.0
	0.50	0.71	0.21	42.0
	0.87	1.06	0.19	23.8
	1.52	1.64	0.12	7.5
	2.64	2.73	0.09	3.6
	4.64	4.70	0.06	1.3
	8.00	8.02	0.02	0.2

**Mortalidad.** La sobrevivencia general al terminar las 96 horas de prueba fue de 24% con los peces-larva y 39% con los alevines. Hay una tendencia a una mejor resistencia al amoníaco con un mayor tamaño de los peces (Benlu y Koksall 2005).

La mortalidad, tanto de los peces-larva (Cuadro 3 y Figura 1) como de los alevines (Cuadro 4 y Figura 2), incrementó con su exposición a una concentración inicial mayor de amoníaco. Concentraciones muy elevadas de amoníaco pueden causar trastornos importantes en la fisiología de los peces (Richardson 1991).

La sobrevivencia de los peces con 0.0 ppm de amoníaco fue mayor al 95%. La mayor mortalidad ocurrió después de las 48 horas en ambos ensayos. La mortalidad general después de las 48 horas fue mayor al 70% del total de peces sembrados en los dos ensayos (Cuadros 3 y 4, Figuras 1 y 2).

A las 48 horas en el ensayo de los peces-larva todos se encontraron muertos a la concentración de 8 ppm de amoníaco (Cuadro 3) mientras había siete alevines vivos bajo las mismas condiciones en la segunda prueba. Esto demuestra la tendencia de los peces de mayor tamaño de tolerar  $\text{NH}_3$  en el agua (Benlu y Koksall 2005).

Con las concentraciones intermedias de  $\text{NH}_3$ , de 0.50 a 4.64 ppm, no se encontró ningún pez muerto a las 12 horas de exposición (Cuadro 3 y 4). Los primeros peces muertos aparecieron en las bolsas con 4.64 y 8 ppm de  $\text{NH}_3$  a las 24 horas. A partir de este

momento, la mortalidad de los peces aumentó con el tiempo y con la concentración de  $\text{NH}_3$  en el agua ( $P \leq 0.05$ ).

En los peces-larva la mortalidad con 0.50 y 0.87 ppm de  $\text{NH}_3$  en el agua (Cuadro 3) aumentó significativamente a partir de las 72 horas, mientras tanto en las bolsas con 1.52 y 2.64 ppm de  $\text{NH}_3$  en el agua aumentó a partir de las 60 y 48 horas respectivamente ( $P \leq 0.05$ ).

En los alevines la mortalidad con 0.50 ppm de  $\text{NH}_3$  en el agua (Cuadro 4) aumentó a partir de las 84 horas, y en las bolsas con 0.87 ppm de  $\text{NH}_3$  aumentó significativamente a las 72 horas. En las bolsas con 1.52 y 2.64 ppm de  $\text{NH}_3$  en el agua aumentó a partir de las 60 y 48 horas respectivamente ( $P \leq 0.05$ ).

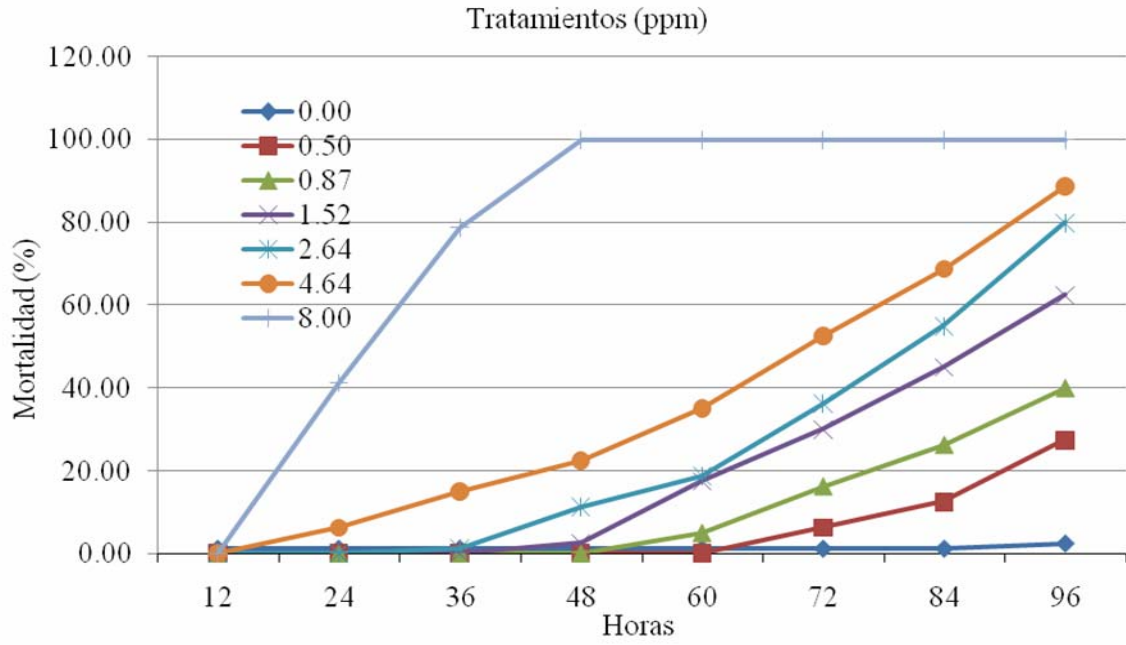
**Cuadro 3.** Número de peces-larva de tilapia roja muertos al ser expuestos a siete concentraciones (ppm) de amoníaco en bolsas plásticas con cuatro litros de agua. Los valores son para el total de 80 peces sembrados en las cuatro réplicas de cada tratamiento.

<b>Mortalidad (número)</b>									
Concentración	Tiempo (horas)								CV <sup>£</sup>
$\text{NH}_3$ (ppm)	12	24	36	48	60	72	84	96	
0.00	1 <sup>a1</sup>	1 <sup>a1</sup>	1 <sup>a1</sup>	1 <sup>a1</sup>	1 <sup>a1</sup>	1 <sup>a1</sup>	1 <sup>a1</sup>	2 <sup>a1</sup>	1.8
0.50	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	5 <sup>a2</sup>	10 <sup>b3</sup>	22 <sup>b4</sup>	3.9
0.87	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	4 <sup>a1</sup>	13 <sup>b2</sup>	21 <sup>c3</sup>	32 <sup>c4</sup>	4.9
1.52	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	2 <sup>a1</sup>	14 <sup>b2</sup>	24 <sup>c3</sup>	36 <sup>d4</sup>	50 <sup>d5</sup>	5.0
2.64	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	1 <sup>a1</sup>	9 <sup>b2</sup>	15 <sup>b3</sup>	29 <sup>c4</sup>	44 <sup>e5</sup>	64 <sup>e6</sup>	5.7
4.64	0 <sup>a1</sup>	5 <sup>b2</sup>	12 <sup>b3</sup>	18 <sup>c4</sup>	28 <sup>c5</sup>	42 <sup>d6</sup>	55 <sup>f7</sup>	71 <sup>f8</sup>	4.8
8.00	0 <sup>a1</sup>	33 <sup>c2</sup>	63 <sup>a3</sup>	80 <sup>d4</sup>	80 <sup>d4</sup>	80 <sup>e4</sup>	80 <sup>g4</sup>	80 <sup>g4</sup>	14.0
CV <sup>¥</sup>	529.1	39.1	22.7	13.0	13.9	15.4	10.2	7.05	

CV<sup>¥</sup>: Coeficiente de variación.

CV<sup>£</sup>: Coeficiente de variación.

Valores en la misma columna con distinta letra, difieren entre si ( $P \leq 0.05$ ); valores en la misma fila con distinto número, difieren entre si ( $P \leq 0.05$ ).



**Figura 1.** Mortalidad (%) observada en peces-larva de *Oreochromis* sp. expuestos a diferentes concentraciones de amoníaco, Zamorano Honduras.

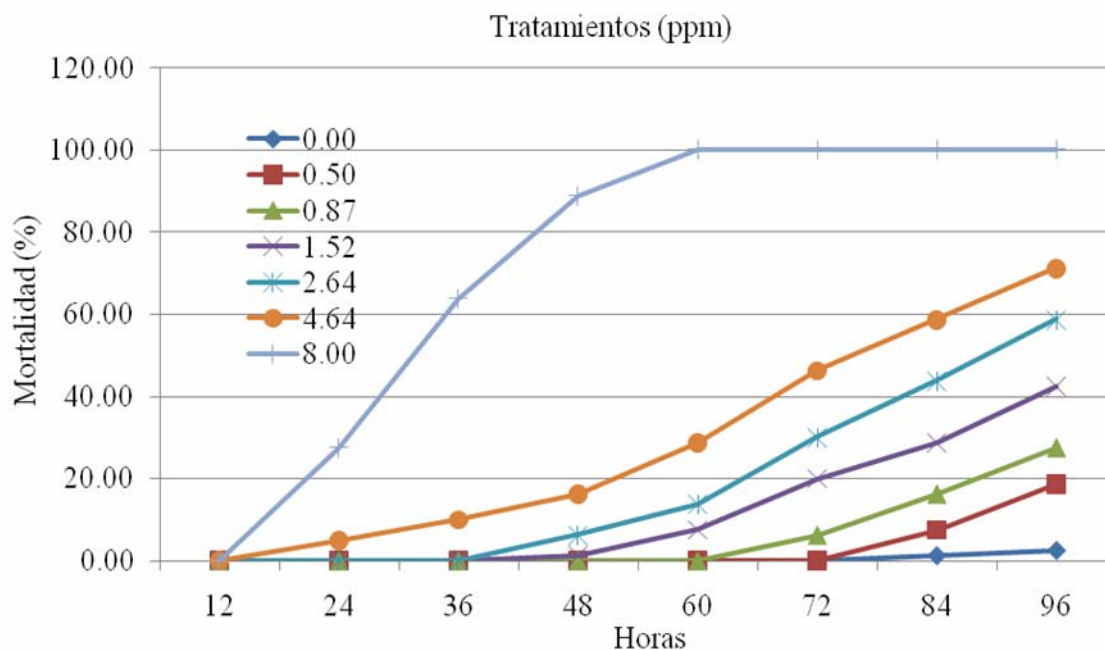
**Cuadro 4.** Número de alevines de tilapia roja muertos al ser expuestos a siete concentraciones (ppm) de amoníaco en bolsas plásticas con cuatro litros de agua. Los valores son para el total de 80 peces sembrados en las cuatro réplicas de cada tratamiento.

Concentración NH <sub>3</sub> (ppm)	Tiempo (horas)								CV <sup>f</sup>
	12	24	36	48	60	72	84	96	
0.00	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	1 <sup>a12</sup>	2 <sup>a2</sup>	1.35
0.50	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	6 <sup>b2</sup>	15 <sup>b3</sup>	1.39
0.87	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	5 <sup>b2</sup>	13 <sup>c3</sup>	22 <sup>c4</sup>	2.30
1.52	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	1 <sup>a1</sup>	6 <sup>b2</sup>	16 <sup>c3</sup>	23 <sup>d4</sup>	34 <sup>d5</sup>	4.41
2.64	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	0 <sup>a1</sup>	5 <sup>a2</sup>	11 <sup>c3</sup>	24 <sup>d4</sup>	35 <sup>e5</sup>	47 <sup>e6</sup>	3.33
4.64	0 <sup>a1</sup>	4 <sup>b12</sup>	8 <sup>b2</sup>	13 <sup>b3</sup>	23 <sup>d4</sup>	37 <sup>e5</sup>	47 <sup>f6</sup>	57 <sup>f7</sup>	5.06
8.00	0 <sup>a1</sup>	22 <sup>c2</sup>	51 <sup>c3</sup>	71 <sup>c4</sup>	80 <sup>e5</sup>	80 <sup>f5</sup>	80 <sup>g5</sup>	80 <sup>g5</sup>	16.44
CV <sup>y</sup>	0	40.7	33.95	27.99	12.98	11.62	11.44	5.44	

CV<sup>y</sup>: Coeficiente de variación.

CV<sup>f</sup>: Coeficiente de variación.

Valores en la misma columna con distinta letra, difieren entre si ( $P \leq 0.05$ ); valores en la misma fila con distinto número, difieren entre si ( $P \leq 0.05$ ).



**Figura 2.** Mortalidad (%) observada en alevines de *Oreochromis* sp. expuestos a diferentes concentraciones de amoníaco, Zamorano Honduras.

**Concentración Letal Media (LC<sub>50</sub>).** La mortalidad observada en los dos ensayos se utilizó para estimar la LC<sub>50</sub> a las 96 horas mediante el programa PROBIT (Finney 1971). La LC<sub>50</sub> calculada para peces-larva y alevines fue de 1.08 y 1.83 ppm de amoníaco, respectivamente. Este resultado está dentro del rango encontrado por otros autores.

La LC<sub>50</sub> a las 96 horas calculada para *Cirrhinus mrigala* fue de 1.029 ppm de amoníaco en alevines de  $13.5 \pm 1.43$  g de peso promedio (Pratap *et al.* 2004). Para tilapia azul (*O. aureus*) se calculó una LC<sub>50</sub> a las 96 horas de 2.88 ppm de amoníaco (Daud *et al.* 1998). La LC<sub>50</sub> a las 96 horas para bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) fue estimada en 1.50 ppm de amoníaco (Roseboom and Richey 1977). Para Lubina (*Morone* sp.) se estimó una LC<sub>50</sub> de 1.1 ppm de NH<sub>3</sub> en 96 horas (Ruffier *et al.* 1981).

## CONCLUSIONES

- La concentración letal media ( $LC_{50}$ ) a las 96 horas para peces larvas y alevines de tilapia roja fue 1.08 y 1.83 ppm de amoníaco respectivamente.
- La diferencia entre los valores calculados de  $LC_{50}$  y la sobrevivencia general entre los peces-larva y alevines se debe a una resistencia mayor, al  $NH_3$  en individuos de tilapia roja de mayor tamaño.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios en donde se evalúen concentraciones letales de amoníaco con diferente tiempo y pH del agua.
- Evaluar la estabilidad de la concentración de amoníaco en bolsas abiertas sin peces.
- Estudiar los efectos a largo plazo para establecer una concentración que retrase el crecimiento.



## LITERATURA CITADA

Barg, U.C. 1992. Orientación para la promoción de la ordenación medioambiental del desarrollo de la acuicultura costera. Documento Técnico de Pesca 328, FAO. Roma, Italia. 138 p.

Benlu, K., G. Koksal. 2005. The Acute Toxicity of Ammonia on Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Larvae and Fingerlings. Department of Fisheries and Aquaculture. Faculty of Agriculture, Ankara University. Ankara, Turkey. 339 p.

Boyd, C:E. 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University Agricultural Experiment Station, Alabama, USA. 359 p.

Daud, S.K.; D. Hasbollah and A.T. Law. 1998. Effects of un-ionized ammonia on red tilapia (*O. mossambicus x O. niloticus hybrid*) fry, p. 411-413. In R.S.V. Pullin, T. Bruskaswan, K. Tonguthai and J.L Maclean (eds). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 693 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand. The International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.

Finney, D. 1971. PROBIT Análisis. Tratamiento estadístico para calcular la línea de regresión. Cambridge University Press. 3<sup>ra</sup> edición, London. 319 p.

González, M. 1997. Efecto agudo de Tilt (propiconazole) y Calixin (tridemorph) en el Camarón Blanco (*Litopennaeus vannamei*). Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 20 p.

Hasan, M.R. and Macintosh, D.J. 1986. Acute toxicity of ammonia to common carp fry. Aquaculture, 54: 97-107.

Lim, C. 1989. Practical feeding of tilapias. In: R.T. Lovell (editor). Second Edition of Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold, New York, USA. 163 p.

Lovell, C. 1989. Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold Publishers, New York, USA. 256 p.

Meyer, D. 2007. Introducción a la Acuicultura. Zamorano. Honduras. 46 p.

Pratap Chandra Das, S.; Ayyappan, J. K.; Jena, B. K. Das. 2004. Acute toxicity of ammonia and its sub-lethal effects on selected hematological and enzymatic parameters of mrigal, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). Aquaculture Research. 35 (2): 134-143.

Richardson, J. 1991. Acute toxicity of ammonia to inanga (*Galaxias maculatus*). New Zealand Marine and Freshwater Research. 25: 327-330.

Roseboom, D.P. and Richey, D.L. 1977. Acute toxicity of residual chlorine and ammonia to some native Illinois fishes. ISWS/RE-85/77. Dept. of Reg. and Educ. Rep. of Inv. 85, Ill. St. Water Survey, Urbana, IL, USA.

Ruffier, P.J.; Boyle, W.C. and Kleinschmidt, J., 1981. Short-term acute bioassay to evaluate ammonia toxicity and effluent standards. J. Water Pollut. Control Fed. 53: 367–377.

Statistical Analysis System (SAS). 2003. User's guide. Statistical Analysis System Inc. Cary, North Carolina, USA. 115p.

Zelaya, O. 1998. Análisis de la calidad del agua en cultivos comerciales de tilapia en Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 28 p.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Línea de regresión mostrando las concentraciones de  $\text{NH}_3$  en valores Log y la mortalidad de peces-larva.

$$Y = A + \text{pendiente} \times (X - M)$$

$$A = 5.308057 \pm 0.1396418$$

$$\text{Pendiente} = 2.199736 \pm 0.393222$$

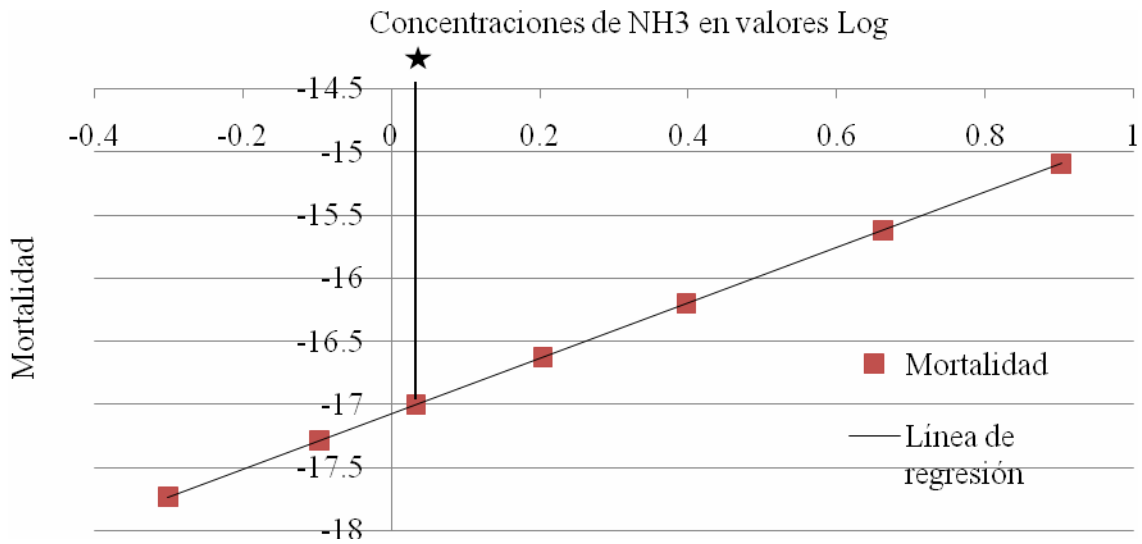
$$M = 10.17449$$

$$\text{Probabilidad} \leq 0.05$$

$$Y = \text{mortalidad}$$

$$X = \text{concentración en valores Log}$$

$$Y = (5.308057 \pm 0.1396418) + (2.199736 \pm 0.393222) \times (X - 10.17449).$$



★ Concentración letal media 1.08 (Log 0.03)

**Anexo 2.** Línea de regresión mostrando las concentraciones de  $\text{NH}_3$  en valores Log y la mortalidad de alevines.

$$Y = A + \text{pendiente} \times (X - M)$$

$$A = 5.069618 \pm 0.1343071$$

$$\text{Pendiente} = 2.06952 \pm 0.3640299$$

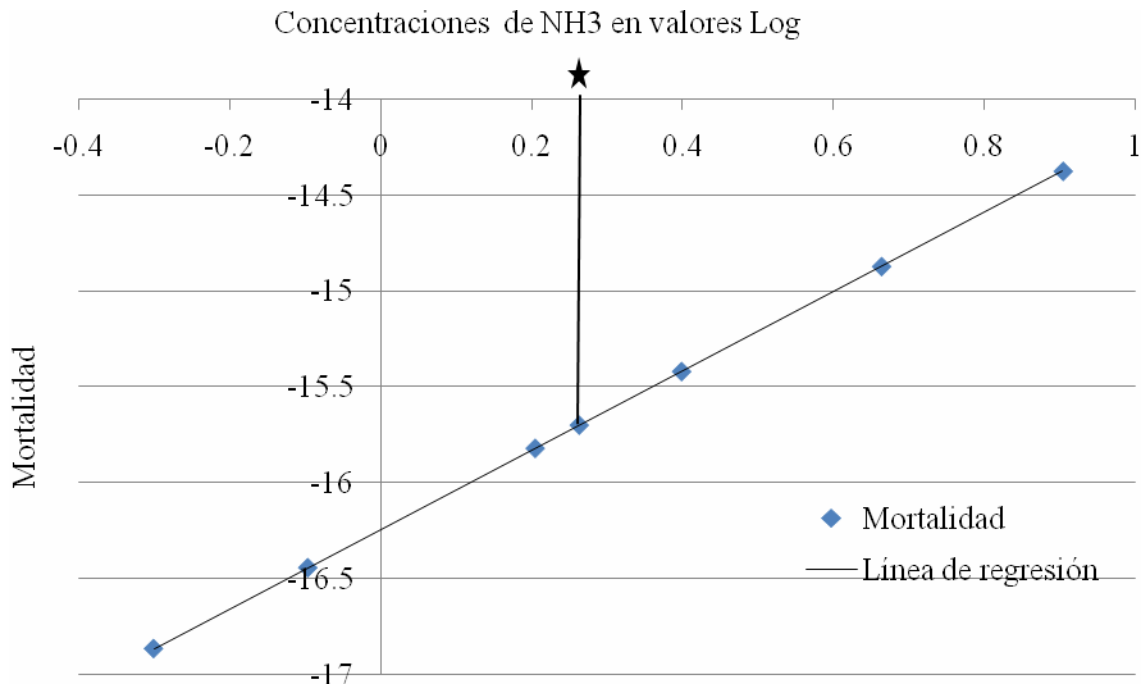
$$M = 10.29754$$

$$\text{Probabilidad} \leq 0.05$$

$$Y = \text{mortalidad}$$

$$X = \text{concentración en valores Log}$$

$$\text{Entonces: } Y = (5.069618 \pm 0.1343071) + (2.06952 \pm 0.3640299) \times (X - 10.29754)$$



★ Concentración letal media 1.83 (Log 0.26).