

# **Comparación de nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) y urea en la fertilización de estanques con pre- engorde de tilapia**

**Byron Javier Carpio Pontón**

**Rocio Natalia Morán Leiva**

**ZAMORANO**  
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria  
Noviembre, 2005

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

**Comparación de nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) y urea en la fertilización de estanques con pre-  
engorde de tilapia**

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

Presentado por

**Byron Javier Carpio Pontón**

**Rocio Natalia Morán Leiva**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2005

Los autores 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.

---

Byron Javier Carpio Pontón

---

Rocio Natalia Morán Leiva

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2005

# **Comparación de nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) y urea en la fertilización de estanques con pre-engorde de tilapia**

## **Proyecto Especial**

**Presentado por:**

**Byron Javier Carpio Pontón**

**Rocio Natalia Morán Leiva**

Aprobada:

---

Daniel Meyer, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Director Interino de la Carrera de  
Ciencia y Producción Agropecuaria

---

Carla Garcés, M.Sc.  
Asesor

---

George Pilz, Ph.D.  
Decano Académico

---

John Jairo Hincapié, M.V.Z. Ph.D.  
Coordinador de Área de Temática

---

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

## **DEDICATORIA**

De Byron:

A Dios por darme la dicha de estar vivo y guiarme por el rumbo correcto en mi vida.

A mis padres Byron y Nancy por darme todo su amor y confianza para llevar a cabo mis sueños.

A mi hermana Belén por ser mi mejor amiga y motivarme siempre con sus palabras.

A mis amigos por su apoyo incondicional.

De Rocio:

A Dios, por ser mi guía en la vida y por permitirme culminar este triunfo más en mi vida, uno más de muchos que vendrán, todo el crédito es Tuyo.

A toda mi familia mi mamá Elvidia, por siempre velar por mi e instruirme por el buen camino, a mis hermanos César, Javier y Debie por apoyarme y siempre pedir a Dios por mi.

## AGRADECIMIENTOS

De Byron:

A mis padres por su esfuerzo y empeño en verme cada día mejor. Por su amor y comprensión.

A mi compañera de tesis Rocío Morán por su dedicación y trabajo, por ayudarme a cumplir mis metas en Zamorano.

Al Dr. Daniel Meyer por su sabiduría, paciencia y apoyo durante el ensayo.

Al Ing. Franklin Martínez por ser nuestro gran amigo, por brindarnos sus consejos y enseñarnos a ser unos grandes profesionales.

A la Ing. Fanny Ramos por su colaboración y aprecio, por alentarnos cada día y brindarnos amistad desinteresada.

Al Ing. José Morán por el valioso tiempo que lo ocupó en asesorarnos y por fortalecer nuestros conocimientos.

A la familia Matamoros-Garcés por su amistad y colaboración oportuna.

Al personal que labora en la Estación de Acuicultura, Claudio, Adonis, Rosa y a las distintas personas que de una u otra manera ayudaron en la realización de este proyecto.

A mis amigos Alejandro C., Darío Ch., Esteban L., Santiago T. y Ricardo P. por su apoyo en los buenos y malos momentos, por su sinceridad y por ser mi familia en mi estadía en Zamorano.

A mis colegas de la clase Némesis 05 por su compañerismo y por las experiencias vividas durante estos cuatro años de estudio.

De Rocio:

En primer lugar a Dios, por ser la fuerza de mi vida, por permitirme llegar a este momento de mi vida y por darme todo lo que necesito.

A mi madre Elvidia, por ser una mujer ejemplar que me ha enseñado mucho y por forjar en mí la persona que soy.

A mis hermanos César, Javier y Debie, por apoyarme en el cumplimiento de mis metas (des de lejos), y por siempre estar pendientes de mí.

A Javier, por estar conmigo en buenos y malos momentos, apoyarme, siempre ayudarme, darme palabras de aliento cuando las necesitaba y el amor que nos mantiene.

Al Dr. Meyer por su ayuda para realizar este proyecto, al Dr. Matamoros por su paciencia y sus consejos, a Doña Carla por su colaboración tan especial en esta tesis y al Ing. Martínez por su empeño y dedicación para nosotros.

A Byron por ser parte fundamental en esta tesis, gracias por ser el mejor compañero de tesis...lo hicimos!!!.

A Carlita por ser una excelente amiga y compañera de cuarto, gracias por todos los momentos compartidos, las perras, los desvelos.....tu sabes.

A Ricardo y Sebastián por su gran ayuda en la fase de campo de esta tesis, su colaboración fue clave.

A todos mis amigos que me han apoyado y ayudado a lo largo de estos cuatro años aquí.

A FANTEL e ISAFOR por permitir este logro gracias a sus contribuciones.

## RESUMEN

Carpio, B.; Morán, R. 2005. Comparación de nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) y urea en la fertilización de estanques con pre-engorde de tilapia. Proyecto Especial de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 24 p.

La razón de la fertilizar un estanque es estimular la producción de algas para incrementar la disponibilidad de alimento natural a los peces. Uno de los macro-nutrientes usados en la fertilización de estanques para la acuicultura es el nitrógeno (N). La urea al entrar en contacto con el agua, se disuelve y parte de su contenido de nitrógeno se convierte en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), sustancia tóxica para los animales. El nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) es una fuente alternativa de nitrógeno para fertilizar estanques. Los objetivos del ensayo fueron: comparar la sobrevivencia y crecimiento de los alevines de tilapia en estanques fertilizados con urea y nitrato de sodio, comparar las poblaciones de algas Cyanophytas o Cianobacterias, Chlorophytas y Chrysophytas para los dos tratamientos y determinar cual fertilizante nitrogenado presenta una mejor relación costo-beneficio. El ensayo se realizó en el laboratorio de Acuicultura de Zamorano, Honduras; en seis estanques experimentales de  $200 \text{ m}^2$  ( $20 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ ) espejo de agua, con una profundidad promedio de 1 m sembrados con tilapia cada uno para su pre-engorde. Tres de los estanques fueron fertilizados con urea y tres con nitrato de sodio semanalmente y con la misma cantidad de nitrógeno. No hubo diferencia ( $P > 0.05$ ) en crecimiento ni en sobrevivencia de los alevines entre los dos tratamientos. Ambos productos produjeron similares cantidades de algas y condiciones para el cultivo de tilapia. Hubo diferencia ( $P < 0.05$ ) al analizar las poblaciones de algas por grupos. En las semanas 3-4 y 6-8 las Cyanophytas presentaron las mayores poblaciones con urea. Las Chlorophytas alcanzaron su mayor densidad en las semanas 1 y 6 del ensayo. Las Chrysophytas presentaron diferencia en la semana 8 alcanzando con el nitrato de sodio las poblaciones más altas. Los alevines de tilapia presentaron similar sobrevivencia y crecimiento con ambos fertilizantes. Según los resultados del ensayo, estos productos son adecuados para pre-engordar tilapia bajo condiciones de Zamorano.

**Palabras claves:** Algas, amoníaco, fertilidad del agua, productividad.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	vi
Resumen.....	viii
Contenido.....	ix
Índice de cuadros.....	xi
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 Localización.....	3
2.2 Unidades experimentales.....	3
2.3 Siembra.....	3
2.4 Tratamientos.....	3
2.5 Calidad de agua.....	4
2.6 Análisis de de sedimento de los estanques.....	5
2.7 Algas.....	5
2.8 Variables de productividad.....	5
2.9 Monitoreo de calidad de agua durante 24 horas.....	6
2.10 Diseño experimental y análisis estadístico.....	6
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
3.1 Calidad de agua.....	7
3.2 Sedimento de los estanques.....	9
3.3 Algas.....	10
3.4 Variables de producción de los peces.....	12
3.5 Monitoreo de calidad de agua durante 24 horas.....	12
3.6 Análisis económico.....	13
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>20</b>

**7. ANEXOS..... 22**

## ÍNDICE DE CUADROS

1.	Recomendaciones para las aplicaciones semanales de nitrato de sodio para mantener una concentración de nitratos en el agua entre 5.0 y 7.0 ppm .....	4
2.	Comparación de calidad de agua en estanques de 200 m <sup>2</sup> espejo de agua, fertilizados con urea y nitrato de sodio.....	8
3.	Comparación de la fertilidad de agua en estanques fertilizados con urea y nitrato de sodio.....	8
4.	Comparación del análisis químico de los sedimentos de los estanques fertilizados con urea y nitrato de sodio .....	9
5.	Ganancia diaria de peso y crecimiento de alevines de tilapia pre-engordados en estanques fertilizados con urea y nitrato de sodio.....	12
6.	Comparación presupuestaria (US \$) del uso de nitrato de sodio y urea como fertilizantes nitrogenados en pre-engorde de tilapia, para un estanque de 200 m <sup>2</sup> .....	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Población total estimada de algas (algas/ml) en el agua de estanques fertilizados con nitrato de sodio y urea con pre-engorde de alevines de tilapia en Zamorano.....	10
2.	Población de algas Cyanophyta, Chlorophyta y Chrysophyta (algas/ml) en el agua de estanques fertilizados con nitrato de sodio y urea con pre-engorde de alevines de tilapia en zamorano.....	11
3.	Fluctuaciones en un período de 24 horas en temperatura, oxígeno disuelto y pH en el agua de estanques fertilizados con urea y nitrato de sodio en Zamorano.....	14
4.	Comparación entre dos muestreos de 24 horas midiendo temperatura, oxígeno disuelto y pH en el agua de estanques fertilizados con nitrato de sodio, al inicio y a las siete semanas del ensayo.....	15
5.	Comparación entre dos muestreos de 24 horas midiendo temperatura, oxígeno disuelto y pH en el agua de estanques fertilizados con urea, al inicio y a las siete semanas del ensayo.....	16

**ÍNDICE DE ANEXOS**

1.	Aplicaciones semanales de fertilizante por tratamiento/estanque.....	22
2.	Análisis TAN (Total de nitrógeno amoniacal).....	22
3.	Análisis de nitratos ( $\text{NO}_3$ ).....	23
4.	Análisis de fosfatos ( $\text{P}_2\text{O}_4$ ).....	24

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el uso de fertilizantes en la acuicultura se ha hecho muy frecuente. La fertilización de un estanque con cultivo de peces con fuentes orgánicas o inorgánicas está dirigida a cumplir cuatro objetivos: incrementar la producción de alimento natural para los peces al estimular la producción de algas, optimizar la utilización eficiente de nutrientes, reducir los costos de producción y mantener un ambiente favorable para el crecimiento de las especies cultivadas (Knud-Hansen 1998).

Para cultivar peces a base de algas es necesario mantener una producción constante de éstas dentro del estanque. Los factores principales que regulan la producción de algas son: las concentraciones de nitrógeno (N), fósforo (P), carbono soluble inorgánico (C), luz y temperatura del agua (Knud-Hansen, 1998; Fogg 1975). Todos estos factores influyen en el desarrollo de una floración de algas en un cuerpo de agua.

La fertilización del agua aumenta el rendimiento de peces fitoplanctívoros como la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Hopkins *et al.* 2003). Al alimentar peces con fitoplancton (algas) se busca disminuir los costos de alimentación. El alimento concentrado de fábrica para peces es de precio elevado y no necesariamente incrementa las ganancias del cultivo de peces, aun cuando se obtengan producciones mayores y peces más grandes (Green *et al.* 2000).

Uno de los macro-nutrientes usados en la fertilización de estanques para la acuicultura es el nitrógeno (N). El nitrógeno es un componente importante de la proteína y los aminoácidos. Es un elemento abundante en las células vivas (Knud-Kansen 1998).

Una de las formulaciones más usadas en la fertilización de estanques para cultivo de tilapia es la urea. La urea es un producto volátil. Al entrar en contacto con el agua, se disuelve y parte del nitrógeno se convierte en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). El amoníaco es una sustancia sumamente tóxica, no solo para los peces, sino para los animales en general. Los peces y otros organismos heterotróficos en el agua producen amoníaco como desecho nitrogenado de su metabolismo (Little y Muir 1987).

El nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) es una fuente alternativa de nitrógeno para la fertilización de los estanques con cultivo de peces. Su disolución en el agua no resulta en un incremento en las concentraciones de amonio. El fabricante del fertilizante nitrato de sodio indica que su producto reduce la cantidad de materia orgánica en los sedimentos de los estanques e incrementa la concentración de oxígeno en el agua.

Este estudio tuvo como propósito comparar dos fuentes de nitrógeno en la fertilización de estanques dedicados al pre-engorde de tilapia y su efecto sobre el agua de los estanques y los peces.

Los objetivos específicos del ensayo son: comparar la sobrevivencia y crecimiento entre los alevines en estanques fertilizados con urea y con nitrato de sodio, determinar cual fertilizante nitrogenado presenta una mejor relación costo- beneficio, evaluar la disponibilidad de nutrimentos y parámetros de calidad de agua con las dos fuentes de nitrógeno, comparar la cantidad de materia orgánica en los sedimentos de estanques fertilizados con urea y nitrato de sodio y comparar las poblaciones de algas Cyanophytas, Chlorophytas y Chrysophytas para los dos tratamientos.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 LOCALIZACIÓN**

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Estación de Acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el valle del Río Yegüare, departamento de Francisco Morazán, Honduras. Zamorano se encuentra a 30 km al este de la ciudad de Tegucigalpa (14° N y 87° 2' O) a 800 msnm y presenta una precipitación promedio anual de 1100 mm y temperatura promedio anual de 24° C.

### **2.2 UNIDADES EXPERIMENTALES**

Se realizó el ensayo en seis estanques experimentales de 200 m<sup>2</sup> (20 m × 10 m) espejo de agua cada uno y con una profundidad promedio de 1 m. Los estanques son excavados en la tierra con paredes revestidas de concreto.

### **2.3 SIEMBRA**

La siembra de alevines de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* se realizó el 15 de junio del 2005, a una densidad de siembra de 12.5 alevines/m<sup>2</sup>, haciendo un total de 2500 alevines por estanque. Se usaron alevines recién salidos de reversión sexual que tenían un peso promedio de  $0.38 \pm 0.03$  g al iniciar el ensayo. La duración del ensayo fue de 70 días.

### **2.4 TRATAMIENTOS**

Todos los estanques fueron encalados en seco con cal agrícola (CaCO<sub>3</sub>) a razón de 1800 kg/ha. Tres de los estanques, escogidos al azar, fueron fertilizados con nitrato de sodio (NaNO<sub>3</sub>) y tres estanques con urea. La primera aplicación de nitrato de sodio se hizo a razón de 100 kg/ha en cada uno al voleo en el fondo seco. A los cuatro días, los tres estanques fueron llenados con agua y se aplicó 50 kg/ha de nitrato de sodio al agua de cada uno.

En los estanques tratados con urea se aplicó el fertilizante hasta la primera semana del establecimiento del ensayo. Las fertilizaciones se realizaron semanalmente para mantener una concentración entre 5.0 a 7.0 mg/l de nitratos en el agua (Cuadro 1).

Cuadro 1. Recomendaciones para las aplicaciones semanales de nitrato de sodio para mantener una concentración de nitratos en el agua entre 5.0 y 7.0 ppm

Incremento de NO <sub>3</sub> deseado en el agua (mg/l)	Aplicación de NaNO <sub>3</sub> (kg/ha)
2	29.17
3	43.76
4	58.35
5	72.94
6	87.52
7	102.11
8	116.70

Fuente: José Morán<sup>1</sup>

Según la cantidad de nitrato de sodio aplicado se calculó una cantidad similar de urea conteniendo la misma cantidad de nitrógeno para aplicar en los otros tres estanques (Anexo 1). La cantidad de fertilizante a aplicar fue pesada en una balanza marca OHAUS CS-5000 y fue disuelta en aproximadamente 20 litros de agua para ser distribuida sobre la superficie de cada estanque.

Al final del ensayo el total de fertilizante usado fue de 3.78 kg de para cada estanque fertilizado con urea y 11.58 kg de para cada estanque con nitrato de sodio.

## 2.5 CALIDAD DEL AGUA

Las mediciones de temperatura y concentración de oxígeno disuelto en el agua se tomaron diariamente en la mañana (7:00 a.m.) y en la tarde (3:00 p.m.) con un metro polarigráfico modelo YSI-57 (Yellow Springs Instrument Company). Las pruebas de turbidez se hicieron semanalmente en cada estanque utilizando el Disco de Secchi. Las pruebas de pH se hicieron semanalmente empleando un medidor de pH marca FISHER Scientific y modelo Accumet 900.

El total de nitrógeno amoniacal (TAN) se evaluó quincenalmente durante los 70 días del ensayo utilizando una muestra del agua tomada de cada estanque. Para esto se utilizó un espectrofotómetro digital HACH DR2000 por el método de salicilato (Anexo 2). Se hicieron muestreos cada quince días del total de nitrógeno y fósforo en el agua de los estanques, empleando el espectrofotómetro y los reactivos HACH (Anexos 3 y 4).

<sup>1</sup> Comunicación personal

## 2.6 ANÁLISIS DE SEDIMENTOS DE LOS ESTANQUES

Antes de iniciar (estanques secos) y al final del ensayo se tomaron muestras del sedimento de cada estanque, las cuales se analizaron en el laboratorio de Suelos de Zamorano. Cada muestra de sedimento fue analizada por su contenido de materia orgánica, pH, cantidad de nitrógeno y fósforo.

## 2.7 ALGAS

Semanalmente se hizo un examen microscópico de una muestra de agua tomada de cada estanque para clasificar las algas en tres grupos: Chlorophyta (algas verdes), Chrysophyta (bacillariophyceae o diatomeas) y Cyanophyta (bacterias verde-azules) (Dawes 1986). Para el análisis de algas se tomaron muestras de agua con envases plásticos de refresco de 500 ml llenándolos a una profundidad de aproximadamente 50 cm. Con una pipeta se tomó una sub-muestra de 5 ml de agua del envase a la cual se agregó dos gotas de solución Lugol para fijar las algas. Un mililitro de la solución de algas fijadas fue transferido a un hemocitómetro (Hausen Scientifics Brighline) para el conteo de células con un microscopio compuesto (Olympus 400X).

Algunas de las características más importantes usadas para diferenciar los grupos de algas (Dawes 1986) son:

Chlorophyta: son eucariotas, poseen núcleo y cloroplastos obvios, unicelulares, coloniales o filamentosas, poseen clorofila lo que les da su coloración verde pasto; tienen una pared celular de celulosa, sin embargo algunas formas carecen de pared, móviles (undulipodia) y no móviles.

Chrysophyta: son eucariotas, unicelulares, la célula está encerrada dentro de dos conchas o testas de sílice (característica especial de las diatomeas), variedad de pigmentos para la fotosíntesis.

Cyanobacteria: son células procarióticas, unicelulares o filamentosas, no poseen núcleo ni cloroplastos, tienen clorofila y otros pigmentos, la célula es cubierta y protegida por una vaina gelatinosa y ligosa, movilidad por flagelos o no móviles.

## 2.8 VARIABLES DE PRODUCTIVIDAD

Los muestreos de los peces se realizaron pasando un chinchorro por el estanque y capturando un mínimo de 10% de la población (> 250 peces). Los peces capturados fueron pesados en lotes de 50 individuos en un recipiente plástico sin agua. Luego se calculó el peso promedio de los peces y su ganancia diaria de peso.

Al final del ensayo cada estanque se drenó para capturar los peces, que fueron pesados en grupos de 50 con una balanza (Chatillion T-1000 g). Con estos datos se calculó la tasa de ganancia de peso de los alevines al final del ensayo y se cuantificó la sobrevivencia.

## **2.9 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DURANTE 24 HORAS**

Se realizaron dos monitoreos durante 24 horas y en intervalos de dos horas de la calidad del agua (temperatura, oxígeno disuelto y pH) en los seis estanques. El primer monitoreo se realizó dos semanas después de la siembra de los peces y el segundo en la semana siete del ensayo.

## **2.10 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El ensayo consistió en un Diseño Completamente al Azar (DCA) con dos tratamientos (nitrato de sodio y urea) y con tres repeticiones cada uno (estanques). Se hizo un ANDEVA con los datos de crecimiento y sobrevivencia de los peces, poblaciones de algas, parámetros de calidad de agua y cantidad de materia orgánica en los sedimentos. Para la ganancia diaria de peso y poblaciones de algas se utilizaron Medidas Repetidas en el Tiempo con el Statistical Analysis System, SAS<sup>®</sup> (2003).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 CALIDAD DE AGUA

Los resultados del monitoreo de la calidad de agua del ensayo son presentados en los Cuadros 2 y 3. La tilapia es más tolerante a agua de pobre calidad que la mayoría de peces cultivados comúnmente. Esta es una razón importante para el éxito de su cultivo con diferentes sistemas de manejo (Teichert-Coddington *et al.* 1997).

Los niveles de oxígeno en el agua de los estanques observados durante el ensayo siempre estaban dentro del rango óptimo para el cultivo de tilapia. La tilapia puede sobrevivir a concentraciones de oxígeno disuelto  $< 0.5$  mg/l (Teichert-Coddington *et al.* 1997). La tilapia puede aguantar hasta seis horas en agua con una concentración de cerca de 0.0 mg/l de oxígeno disuelto (Teichert-Coddington y Green 1993). No hubo diferencia en los niveles de oxígeno entre los dos tratamientos ( $P>0.05$ ).

La tilapia es un pez tropical que se desarrolla bien con temperaturas del agua entre 25° y 32° C. Los rangos de temperatura del agua observados durante el ensayo se consideran aceptables para el cultivo de tilapia (Teichert-Coddington *et al.* 1997). La temperatura del agua en este estudio no se considera una limitante del consumo de algas por los peces. No se reportan efectos negativos en la alimentación de tilapia a temperaturas menores a 28° C, sino hasta llegar a temperaturas  $< 17^{\circ}$  C, donde generalmente cesa el consumo de alimento (Teichert-Coddington *et al.* 1997). No hubo diferencia del promedio de la temperatura del agua entre los tratamientos ( $P>0.05$ ).

No hubo diferencia entre tratamientos para la variable pH del agua ( $P>0.05$ ). No se observó ninguna fluctuación importante del pH del agua entre los dos manejos. El rango de pH durante el estudio no demostró ser un factor limitante para el crecimiento de los peces. Valores de pH desde 6.5 a 9.0 son recomendados para la producción de tilapia (Boyd 1979). Se estima que el límite máximo de alcalinidad tolerable es cercano a 11 para la tilapia (Teichert-Coddington *et al.* 1997).

Los valores promedio para turbidez del agua se mantuvieron aceptables, mostrando una tendencia continua en la disminución de los valores con el disco de Secchi a lo largo del ensayo. Todos los estanques fueron manejados sin recambio de agua. No hubo diferencias para turbidez entre tratamientos ( $P>0.05$ ).

Cuadro 2. Comparación de calidad de agua de estanques de 200 m<sup>2</sup> espejo de agua, fertilizados con urea y nitrato de sodio.

Tratamiento		Parámetro			
		Oxígeno ppm	Temp. °C	pH	Turbidez cm
		Observaciones por tratamiento			
		360	360	24	24
Urea	Máximo	20.0	32.3	11.1	35.0
	Mínimo	1.6	24.6	9.1	20.0
	Promedio	9.3	28.0	10.0	25.8
Nitrato de sodio	Máximo	18.7	32.5	11.0	35.0
	Mínimo	1.1	24.2	9.2	15.0
	Promedio	9.0	27.8	10.1	25.1

Cuadro 3. Comparación de la fertilidad de agua de estanques fertilizados con urea y nitrato de sodio.

Tratamiento		Parámetro (mg/l)		
		TAN <sup>φ</sup>	Nitrato	Fosfato
Urea	Máximo	0.03	4.60	6.20
	Mínimo	0.00	0.00	0.19
	Promedio	0.01	0.90	2.24
Nitrato de sodio	Máximo	0.03	6.00	5.24
	Mínimo	0.00	0.00	0.33
	Promedio	0.01	1.21	1.85

TAN<sup>φ</sup>: Total de nitrógeno amoniacal

Cuando se fertiliza un estanque para promover el crecimiento de algas, los valores de profundidad del disco de Secchi se reducen a 25 cm o menos. En este caso la turbidez en el agua es debido al incremento en la abundancia de algas (Teichert-Coddington *et al.* 1997).

Los valores de amoníaco (NH<sub>3</sub>) durante el ensayo se mantuvieron bajos (Cuadro 3). Los niveles tóxicos de amoníaco para la tilapia usualmente están reportados entre 0.60 a 2.00 mg/l (Boyd 1979). No hubo diferencia para los niveles de amoníaco en el agua entre estanques fertilizados con nitrato de sodio y urea (P>0.05).

La concentración de nitratos (NO<sub>3</sub>) en el agua de los estanques fue variable debido a la frecuencia de la fertilización y a la demanda de nitrato por parte de las algas. No hubo diferencia para la concentración de nitrato en el agua de los estanques con los dos

tratamientos ( $P>0.05$ ). Green *et al.* (2000) encontraron valores promedio de 1.27 mg/l de nitrato en estanques fertilizados con triple superfosfato en Honduras.

No fue necesario aplicar fosfato ( $P_2O_4$ ) al agua de los estanques porque estuvo presente en concentraciones adecuadas en todo el ciclo, con una concentración promedio general de 1.85 mg/l. Green *et al.* (2000) encontraron valores promedio de 1.02 mg/l de fosfato en estanques con producción de tilapia fertilizados solo con triple superfosfato (0-46-0). No hubo diferencia en concentración de fosfato entre tratamientos ( $P>0.05$ ) en este ensayo.

### 3.2 SEDIMENTOS DE LOS ESTANQUES

Se sabe que existe una fuerte interacción entre las características de los sedimentos del estanque, calidad de agua y producción de peces (Boyd y Bowman 1997), por eso es importante analizar su composición.

No hubo diferencia ( $P>0.05$ ) de pH de los sedimentos de los estanques entre tratamientos (Cuadro 4). La falta de una diferencia es atribuida al similar manejo de los estanques. En India se encontró que el pH óptimo en el sedimento para producción de peces en estanques es de 6.5 a 7.5 (Banerjea 1967), valores similares a los encontrados en el presente ensayo.

Los suelos con alta concentración de materia orgánica (e.g.  $>18\%$ ) no se consideran ideales para construir estanques, porque la descomposición microbiana puede generar condiciones anaeróbicas en la interfase de suelo-agua, lo que produce la liberación de sustancias tóxicas para los peces (Boyd y Bowman 1997). No hubo diferencia en los porcentajes de materia orgánica entre tratamientos ( $P>0.05$ ). Esto se atribuye al similar manejo de los estanques, (igual cantidad de nitrógeno aplicada en los dos tratamientos).

No hubo diferencia entre las concentraciones iniciales y finales de materia orgánica, nitrógeno total, total de nitrógeno amoniacal y nitratos en los sedimentos de los estanques, pero sus concentraciones tendían a aumentarse.

Cuadro 4. Comparación del análisis químico de los sedimentos de los estanques fertilizados con urea y nitrato de sodio.

Tratamiento	Parámetros	pH	MO <sup>o</sup>	N total	TAN <sup>φ</sup>	NO <sub>3</sub>
			%		ppm	
Urea	Inicial	6.80	3.14	0.16	17.70	42.37
	Final	6.38	3.22	0.25	15.60	155.00
	Inicial	6.83	3.14	0.16	18.90	69.23
Nitrato de Sodio	Final	6.63	3.21	0.19	20.40	155.00

<sup>o</sup>MO: Materia Orgánica

<sup>φ</sup>TAN: Total de nitrógeno amoniacal

### 3.3 ALGAS

No hubo diferencia significativa en la población total de algas entre tratamientos (Figura 1). Las algas de agua dulce pueden mostrar cambios dramáticos en su densidad poblacional de un día a otro, debido a su corto ciclo de vida (Kwei *et al.* 1997). Su ciclo de vida puede durar desde horas hasta varios días (Wetzel 1983).

Las algas presentes en mayor proporción en el agua de los estanques a lo largo del ensayo fueron del grupo Chlorophyta (Figura 2). Las algas menos abundantes eran del grupo Chrysophyta (Figura 2).

Se encontró diferencias por grupos de algas, se detectó una mayor población ( $P < 0.05$ ) de Cianobacterias o Cyanophytas en el agua de los estanques fertilizados con urea comparado con estanques fertilizados con nitrato de sodio, en las semanas 3-4 y 6-8 del ensayo (Figura 2). Para las Chlorophytas hubo diferencia en la semana 1 con urea alcanzando su mayor población y en la semana 6 una menor población que las fertilizadas con nitrato de sodio. Para las Chrysophytas únicamente hubo diferencia en la semana 8 teniendo nitrato de sodio las poblaciones más altas, esto debido a que el fertilizante puede presentar este efecto después de un período previo de fertilizaciones.

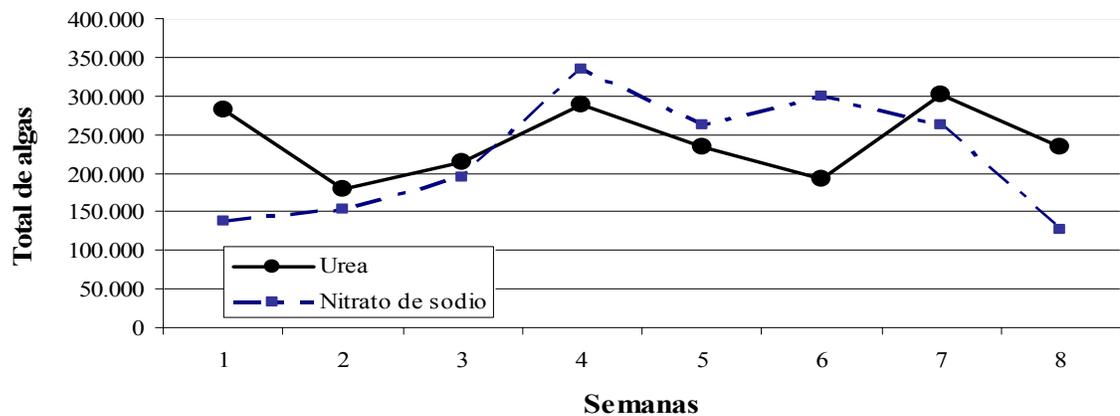


Figura 1. Población total estimada de algas (algas/ml) en el agua de estanques fertilizados con nitrato de sodio y urea con pre-engorde de alevines de tilapia en Zamorano.

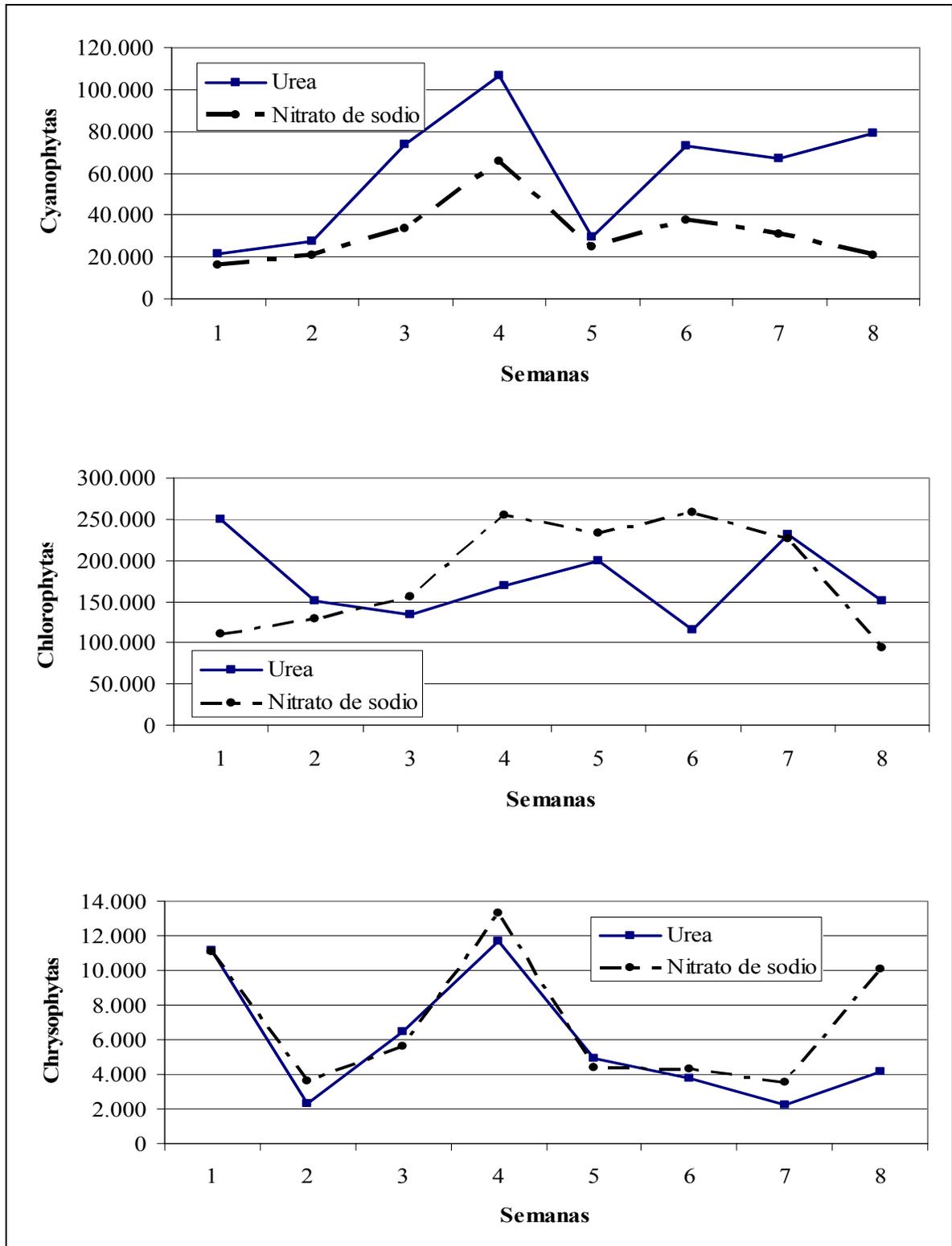


Figura 2. Población de algas Cyanophyta, Chlorophyta y Chrysochyta (algas/ml) en el agua de estanques fertilizados con nitrato de sodio y urea con pre-engorde de alevines de tilapia en Zamorano.

### 3.4 VARIABLES DE PRODUCCIÓN DE LOS PECES

Cuadro 5. Ganancia diaria de peso y crecimiento de alevines de tilapia pre-engordados en estanques fertilizados con urea y nitrato de sodio.

Tratamiento	Peso pez (g)				Ganancia Diaria de Peso (g/pez/ día)		
	Día						
	1	21	42	70	21	42	70
Urea	0.38±0.3	5.34	11.09	17.21	0.24	0.27	0.22
Nitrato de sodio	0.38±0.3	5.45	12.91	17.05	0.24	0.36	0.15

El peso promedio inicial de los alevines fue el mismo para los dos tratamientos. Los peces tuvieron una tasa de crecimiento similar con los dos fertilizantes a lo largo del ensayo. Para las ganancias diarias de peso tampoco hubo diferencia entre tratamientos (Cuadro 5). En ambos tratamientos los peces incrementaron su peso en unas 45 veces en comparación con su peso inicial.

No hubo diferencia ( $P > 0.05$ ) en sobrevivencia de los alevines entre los dos tratamientos con 82.87% para estanques fertilizados con urea y 84.73% para los estanques fertilizados con nitrato de sodio. Estos valores están dentro de los niveles aceptables de sobrevivencia en pre-engorde de tilapia de 60 a 90% (Popma y Green 1990; Green *et al.* 2000)

### 3.5 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DURANTE 24 HORAS

No hubo diferencia en los estanques fertilizados con urea y nitrato de sodio en los parámetros de calidad de agua (temperatura, oxígeno disuelto y pH) durante los ciclo de 24 horas (Figura. 3). La temperatura en ambos casos osciló entre los 26 y 30° C, y las lecturas más altas se registraron entre las 11 a.m. y 6 p.m.

El oxígeno disuelto en el agua osciló entre 6 y 18 mg/l en los estanques de los dos tratamientos. Los valores más altos se dan en horas de la tarde, mientras que los valores más bajos se dan entre las 5 y 7 a.m. En horas de la noche el oxígeno en solución descende por no haber actividad fotosintética por parte de las algas, las cuales necesitan oxígeno para respirar.

El pH osciló entre 9.3 y 10 durante los monitoreos de 24 horas. Los valores mayores de pH se registraron entre las 11 a.m. y 6 p.m. del día. Los tres parámetros de calidad de agua están dentro del rango normal y son muy similares a los encontrados en el agua de una finca comercial en el norte de Honduras (Zelaya 1998).

Los resultados del monitoreo realizados a la séptima semana del ensayo fueron similares entre estanques fertilizados con nitrato de sodio y urea. Hubo una disminución en temperatura del agua de aproximadamente 1 °C y la concentración de oxígeno disuelto bajó entre 7 y 8 mg/l, estos se debe al crecimiento de los peces y a la mayor demanda de oxígeno. El pH del agua aumentó entre 0.4 y 0.7 unidades entre la segunda y séptima semana del ensayo (Figuras 4 y 5).

### **3.6 ANÁLISIS ECONÓMICO**

El uso de los dos fertilizantes tuvo una similar ganancia económica en la etapa de pre-engerde de tilapia (Cuadro 6).

Los costos incurridos en el ensayo fueron semejantes, la única variación es el uso del fertilizante, la urea tiene un costo de USD \$ 0.35 el kilogramo mientras que el nitrato de sodio USD \$ 0.50 el kilogramo. La urea contiene un mayor porcentaje de nitrógeno (46%) comparado con el nitrato de sodio (15%), por lo que se aplicó en menor cantidad, reduciéndose los costos.

El costo de mano de obra en estanques fertilizados con nitrato de sodio es levemente mayor debido a que se necesitó una persona para realizar las dos aplicaciones adicionales previas a la siembra.

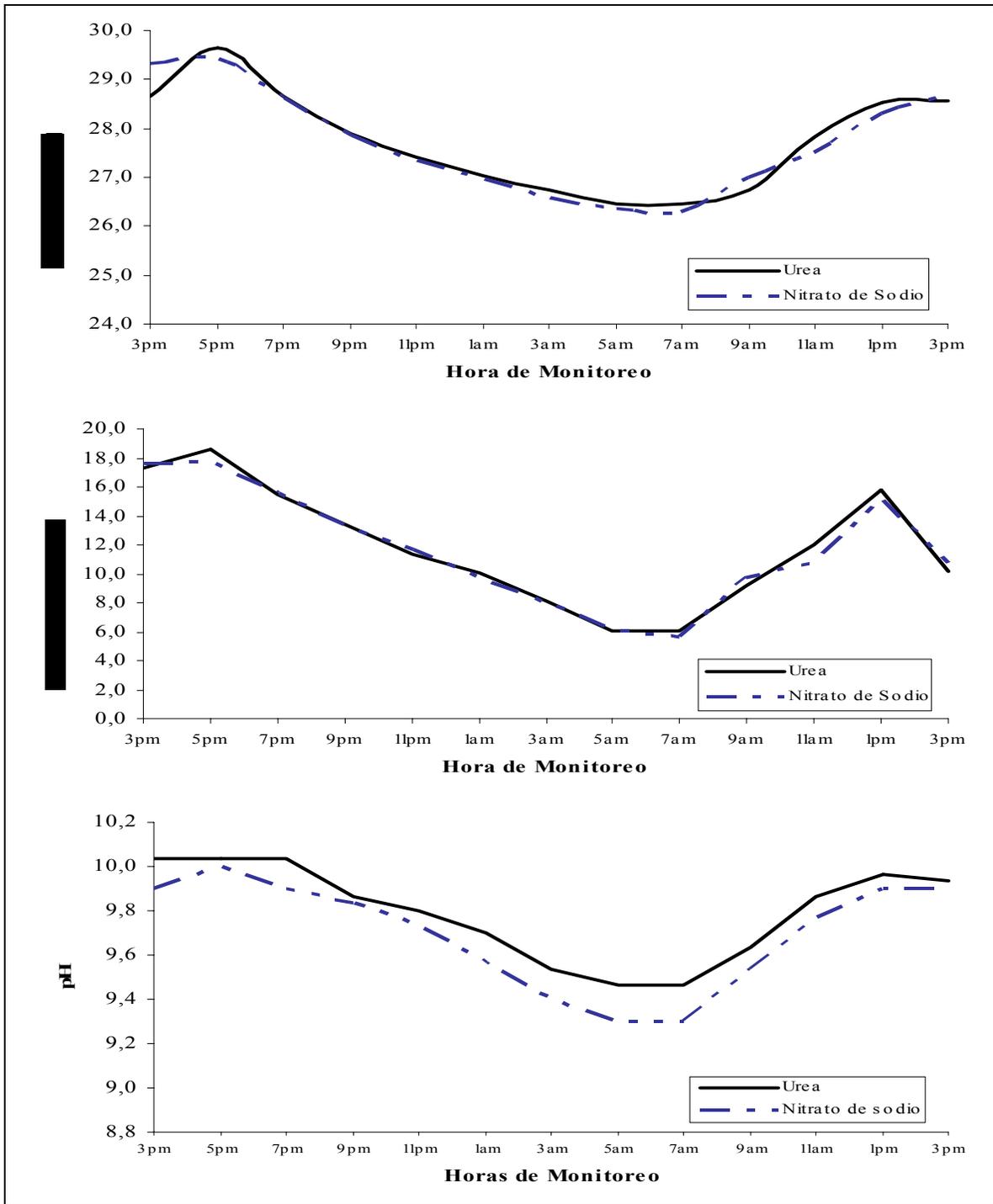


Figura 3. Fluctuaciones en un período de 24 horas en temperatura, oxígeno disuelto y pH en el agua de estanques fertilizados con urea y nitrato de sodio en Zamorano.

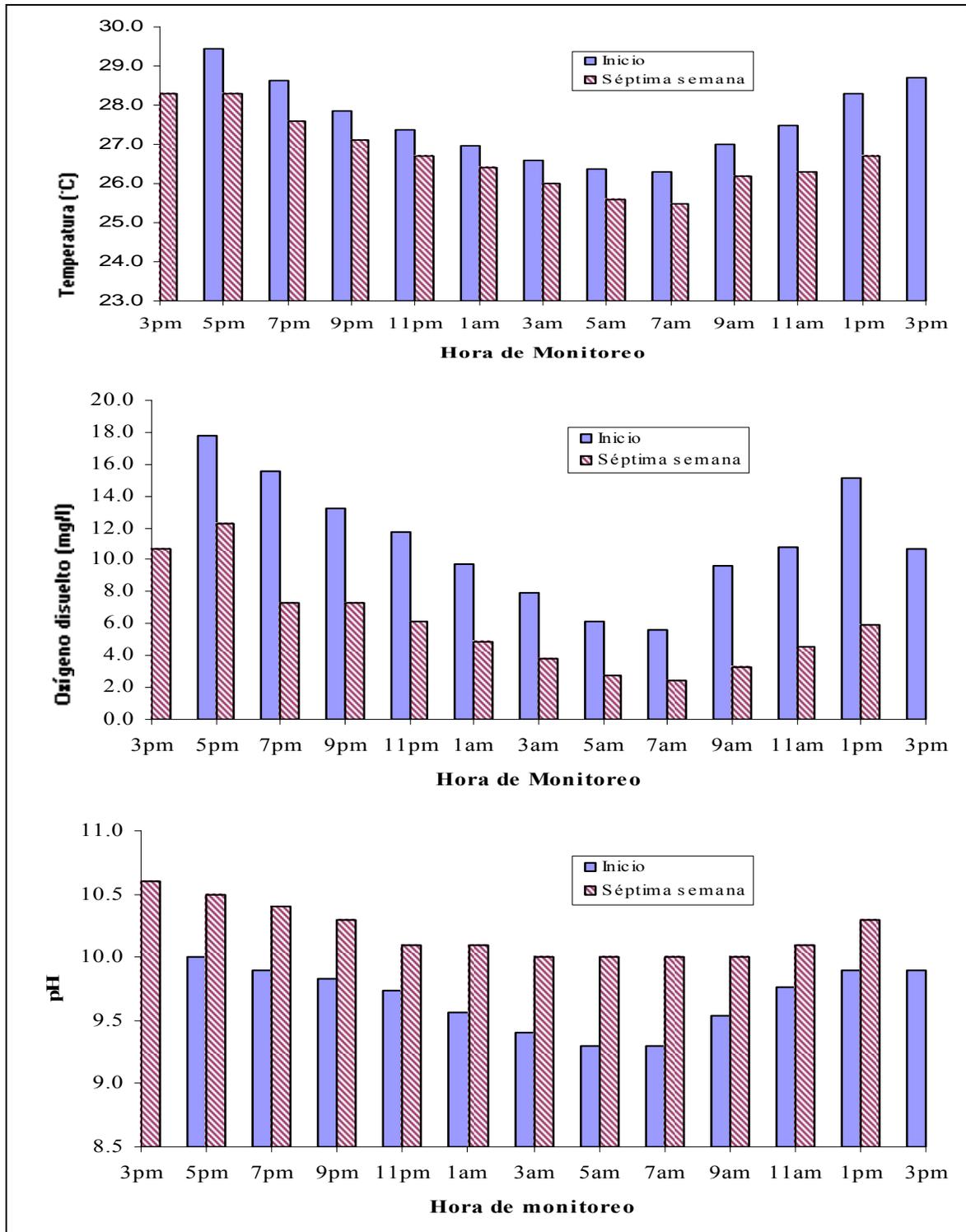


Figura 4. Comparación entre dos muestreos de 24 horas midiendo temperatura, oxígeno disuelto y pH en el agua de estanques fertilizados con nitrato de sodio, al inicio y a las siete semanas del ensayo.

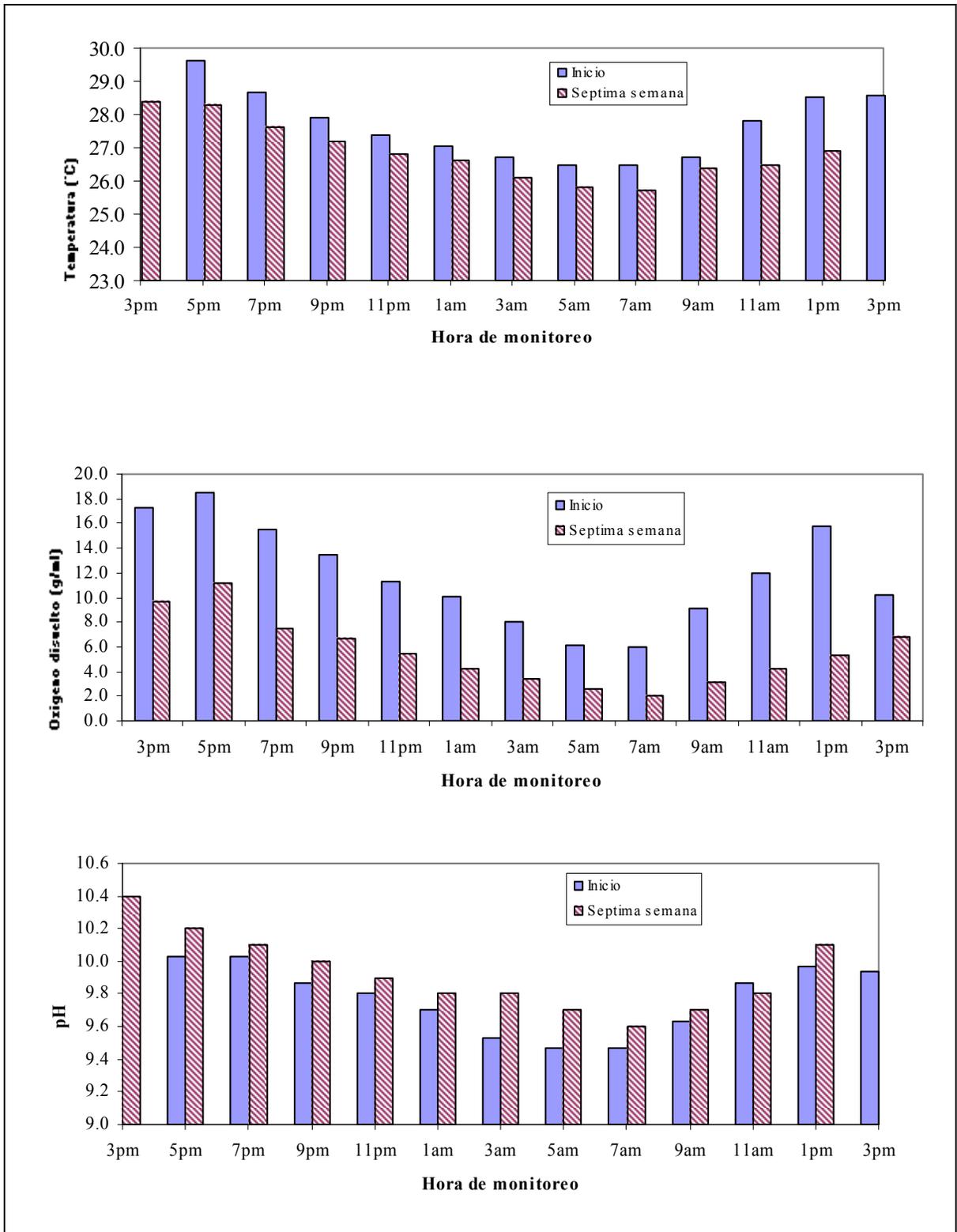


Figura 5. Comparación entre dos muestreos de 24 horas midiendo temperatura, oxígeno disuelto y pH en el agua de estanques fertilizados con urea, al inicio y a las siete semanas del ensayo.

Cuadro 6. Comparación presupuestaria (US \$)<sup>d</sup> del uso de nitrato de sodio y urea como fertilizantes nitrogenados en pre-engorde de tilapia, para un estanque de 200 m<sup>2</sup>.

Descripción	Unidad	USD/unidad	Nitrato de Sodio		Urea	
			Cantidad	Total \$	Cantidad	Total \$
Ingresos (I):						
Venta de peces	Peces	0.08	2118.00	169.44	2071.00	165.68
Costos Variables (CV)						
Alevines	c.u.	0.01	2500.00	25.00	2500.00	25.00
Fertilizantes						
Nitrato de Sodio	kg	0.50	11.58	5.79	-	-
Urea	kg	0.35	-	-	3.78	1.32
Cal agrícola	kg	<sup>a</sup> 0.07	20.00	1.40	20.00	1.40
Agua	m <sup>3</sup>	0.03	180.00	5.40	180.00	5.40
Mano de Obra	h	<sup>a</sup> 0.49	30.00	14.70	29.70	14.55
Bomba	h	<sup>a</sup> 0.07	5.00	0.35	5.00	0.35
Total CV				52.64		48.03
Costos Fijos (CF)						
Depreciación						
Estanque	día	0.19	70.00	13.30	70.00	13.30
Total CF				13.30		13.30
Costos Totales (CT = CV + CF)						
				65.94		61.33
Ganancia (I - CT)						
				103.50		104.35

<sup>d</sup> L 18.9 por 1 US \$

<sup>a</sup> Fuente: Ramos 2004.

## **4. CONCLUSIONES**

Para las condiciones de Zamorano, no hubo diferencia entre fertilizar con urea o nitrato de sodio durante el pre-engorde de alevines de tilapia.

No hubo diferencia entre las poblaciones totales de algas en estanques fertilizados con nitrato de sodio y urea.

Hubo una tendencia al aumento de la población de Chrysophytas y disminución de la población de Cyanophytas en los estanques fertilizados con nitrato de sodio durante el ensayo de 70 días de duración.

El uso de urea o nitrato de sodio resultó en una similar ganancia económica en la etapa de pre-engorde de tilapia para las condiciones de Zamorano.

Para las condiciones de este ensayo, la urea y el nitrato de sodio tienen similar efecto sobre la ganancia diaria de peso, la ganancia total de peso y la sobrevivencia en alevines de tilapia.

## **5. RECOMENDACIONES**

Realizar un estudio similar con un ciclo de cultivo más largo, para comprobar si existen diferencias entre tratamientos a partir del día 70 de cultivo.

En el caso de hacer estudios similares, aumentar la cantidad de tratamientos y repeticiones para que exista mayor confiabilidad en los resultados.

Para las condiciones de Zamorano, usar urea o nitrato de sodio como fertilizante promotor del crecimiento de algas en la etapa de pre-engorde.

Aumentar las cantidades de nitrógeno en las fertilizaciones para estudiar su efecto en las poblaciones de algas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Banerjea, S. 1967. Water quality and soil condition of fish pond in some states of India in relation to fish production. *Ind. J. Fish.* 14. 113-144.

Boyd C. 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama, USA. 369 p.

Boyd, C.; Bowman, J. 1997. Pond Bottom Soils. P 135-162, en: Egna H. y Boyd C.E. (editors). *Dynamics of Pond Aquaculture*. CRC Press. New York, USA. 437 p.

Dawes, C. 1986. *Botànica Marina*. Limusa. México DF, México. 673 p.

Fogg, G. 1975. *Journal. Aquaculture. Alga Cultures and Phytoplankton Ecology*. (2da ed.), The University of Wisconsin Press. Wisconsin. USA. 65 p.

Green, B.; Teichert-Coddington, D.; Hanson, T. 2000. Desarrollo de Tecnologías de Acuicultura Semi-Intensiva en Honduras. PD/A CRSP publications. Trad G. Montaña. Alabama. USA. 48 p.

Hopkins, K.; Knud-Hansen, C.; Guttman, H. 2003. A comparative analysis or the fixed-input, computer modeling, and alga bioassay approaches for identifying pond fertilization requirements for semi-intensive aquaculture. *Journal "Aquaculture"*. 1242: 189-214 p.

Knud-Hansen, C. 1998. *Pound Fertilization: Ecological Approach and Practical Application*. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP. Oregon, USA. 125 p.

Kwei Lin, C.; Teichert-Coddington, D.; Green, B.; Ververica, K. 1997. Fertilization Regimes. P. 73-107, en: Egna H. y Boyd C. E. (editors). *Dynamics or Pond Aquaculture*. CRC Press. New York, USA. 437 p.

Little, D.; Muir, J. 1987. Integrated Warm Water Aquaculture. Institute of Aquaculture. University of Stirling. Stirling, Escocia. 238 p.

Popma, T.; Green, B. 1990. Sex reversal of tilapia in earthen ponds. International Center of Aquaculture and Aquatic Environments. Auburn University, Alabama, USA. 356 p.

Ramos, F. 2004. Análisis del Beneficio-Costo del Engorde de Tilapia con y sin Guapote en Zamorano. Proyecto especial de tesis. Zamorano, Honduras. 27 p.

SAS. 2003 User guide. Statistical analysis system inc., Carry Nc. Version 6.12. 329 p.

Teichert-Coddington, D.; Green, B. 1993. Influence of daylight and incubation interval on water column respiration in tropical fish ponds. Hydrobiology. 250 p.

Teichert-Coddington, D.; Popma, T.; Lovshin, L. 1997. Attributes of tropical pond-cultured fish. P. 183-198. en: Egna H. y Boyd C.E. (editors). Dynamics of Pond Aquaculture. CRC Press. New York, USA. 437 p.

Wetzel, R. 1983. Limnology. 2da Edición. Saunders Collage Publishing. Pennsylvania, USA. 178 p.

Zelaya, O. 1998. Análisis de la calidad del agua en cultivos comerciales de tilapia en Honduras. Tesis Ing. Agr., El Zamorano, Honduras, 27pp.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Aplicaciones semanales de fertilizante por tratamiento/estanque.

Tratamiento	Fertilización de estanques (kg)											N total
	Semana											
	0 <sup>a</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Urea	0.98	0.46	0.10	0.47	0.19	0.46	0.19	0.19	0.31	0.24	0.19	1.74
Nitrato de sodio	3.00	1.40	0.29	1.46	0.58	1.40	0.58	0.58	0.96	0.75	0.58	1.74

Semana 0<sup>a</sup>: antes de siembra

### Anexo 2. Análisis TAN (Total de nitrógeno amoniacal)

Método NH<sub>3</sub> Salic

#### **Procedimiento**

1. Introduzca el número del programa para la determinación de Amoníaco en el espectrofotómetro modelo DR/2000 tecleando los botones “3” “8” “5”.
2. Haga girar el tornillo de largo de la onda (“wavelength”) hasta que muestre 655 nm.
3. Presione “READ/ENTER” y enseguida el metro le mostrará el mensaje “mg/l NH<sub>3</sub>-N Salic”.
4. Mida 10 ml de la muestra en una probeta calibrada y traspase a frascos de vidrio especiales para el uso del espectrofotómetro con tapadera.
5. Mida 10 ml. de agua destilada en una segunda probeta y de la misma manera traspase a un frasco de vidrio. El agua destilada será el testigo de la prueba.
6. Agregue 500 mg. del reactivo Amonio Salicilato, tanto a cada muestra como al testigo y agite por 15 segundos. Presione “SHIFT TIMER” en el espectrofotómetro y espere 3 minutos.
7. Agregue 500 mg. del reactivo Amonio Cianurato y agite por 15 segundos. Presione “SHIFT TIMER” y espere por 15 minutos.

8. Al sonar el cronómetro, aparecerá el mensaje “mg/l NH<sub>3</sub>-N Salic” en el espectrofotómetro. Coloque el frasco con el testigo en el metro y tape con el protector de luz. Presione el botón “ZERO” del metro. EL espectrofotómetro le mostrara el mensaje “0.00 mg/l NH<sub>3</sub>-N Salic”.
9. Ahora coloque la muestra preparada en el metro y tápelo con el protector de luz. Presione el botón “READ/ENTER”. Aparecerá el mensaje “WAIT”, y luego el resultado de la determinación en mg/l NH<sub>3</sub>-N.
10. Repita el paso 9 con muestras adicionales.

### Anexo 3. Análisis de nitratos (NO<sub>3</sub>)

#### ***Procedimiento***

1. Introduzca el número del programa utilizado para concentraciones de Nitrógeno en Nitratos en el agua en el espectrofotómetro modelo DR/2000 tecleando los botones “3” “5” “5”, y luego presionando el botón “READ/ENTER” aparecerá el mensaje indicando “mg/l N-NO<sub>3</sub>”
2. Luego de escoger el programa, gire el tornillo (“Wavelength”) de largo de onda hasta 500 nm.
3. Presione el botón “READ/ENTER”. Aparecerá el mensaje “mg/l N-NO<sub>3</sub>”
4. Llene los frascos de vidrio especiales para el espectrofotómetro con 25 ml. de la muestra.
5. Agregue una bolsita de NitroVer<sup>®</sup> (500 mg.) a la muestra.
6. Presione el botón “SHIFT TIMER” para la agitación que tomará 1 minuto. Mueva el frasco en todas las direcciones para lograr una mezcla y por ende la disolución completa del contenido del reactivo.
7. Al sonar la alarma otra vez presione el botón “SHIFT TIMER” para medir los 15 minutos requeridos para realizar la reacción.
8. Llene otro frasco con 25 ml. de la muestra (testigo) y colóquelo en el espectrofotómetro. Cubra el frasco con el protector de luz.
9. Cuando suene la alarma, mostrara un mensaje “mg/l N-NO<sub>3</sub>”. Presione el botón “ZERO” y aparecerá el valor de la determinación en 0.00 mg/l del testigo. Este paso es para calibrar..

10. Ahora inserte la muestra preparada en el espectrofotómetro y tápela con el protector de luz.
11. Presione el botón “READ/ENTER” y aparecerá el valor de la determinación en mg/l. Para muestras adicionales repita los pasos del 4 al 10.

#### Anexo 4. Análisis de fosfatos ( $P_2O_4$ )

##### ***Procedimiento***

1. Introduzca el número del programa para la fosfato total en el espectrofotómetro modelo DR/2000 tecleando los botones “4” “9” “0”, y luego presionando el botón “READ/ENTER” aparecerá el mensaje indicando “mg/l  $PO_4$ ”
2. Luego de escoger el programa, gire el tornillo de largo de onda hasta que aparezca 890 nm.
3. Presione el botón “READ/ENTER”. Aparecerá el mensaje “mg/l  $PO_4$ ”.
4. Llene los frascos especiales de vidrio para el espectrofotómetro con 25 ml. de la muestra.
5. Agregue el contenido de una bolsita de PhosVer<sup>®</sup> (500 mg.) a la muestra. Agite o gire el frasco para lograr una mezcla y la disolución completa del contenido del reactivo.
6. Presione el botón “SHIFT TIMER” para medir los dos minutos requeridos para realizar la reacción.
7. Llene otro frasco con 25 ml. de la muestra (testigo) y colóquelo en el espectrofotómetro. Cubra el frasco con el protector de luz.
8. Cuando suene la alarma, mostrara un mensaje “mg/l  $PO_4$ ”. Presione el botón “ZERO” y aparecerá el valor de la determinación en 0.00 mg/l del testigo. Este paso es para lograr la calibración del aparato.
9. Ahora inserte la muestra preparada en el espectrofotómetro y tápela con el protector de luz.
10. Presione el botón “READ/ENTER” y aparecerá el valor de la determinación en mg/l. Para muestras adicionales repita los pasos del 4 al 10.