

**Comparación de la supervivencia y crecimiento  
del camarón blanco del Pacífico en agua  
fertilizada con urea y nitrato de sodio  
en Zamorano, Honduras**

**Luis Evelio De León Arcia**

**ZAMORANO**  
**Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria**  
**Noviembre, 2006**

# **ZAMORANO**

**Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria**

## **Comparación de la supervivencia y crecimiento del camarón blanco del Pacífico en agua fertilizada con urea y nitrato de sodio en Zamorano, Honduras**

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

Presentado por:

**Luis Evelio De León Arcia**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2006

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

---

Luis Evelio De León Arcia

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2006

**Comparación de la supervivencia y crecimiento del camarón blanco del Pacífico en agua fertilizada con urea y nitrato de sodio en Zamorano, Honduras**

Proyecto especial

Presentado por:

Luis Evelio De León Arcia

Aprobado por:

---

Daniel Meyer, Ph. D.  
Asesor Principal

---

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

---

Rogel Castillo, M. Sc.  
Asesor

---

George Pilz, Ph. D.  
Decano Académico

---

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

---

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

## **DEDICATORIA**

De Luis:

A Dios por darme la dicha de estar vivo, por mantenerme con salud y fortaleza para seguir en la lucha y por guiarme por el camino correcto en mi vida.

A mis padres Fermín y Anselma y mi abuela Rosalia por darme todo su amor y confianza para llevar a cabo mis sueños.

A mis hermanos Reyes y Fermín (hijo) y a mi hermana Lineth por ser mis mejores amigos y por motivarme siempre con sus palabras.

A mis amigos y compañeros por su apoyo incondicional que me han brindado en todo momento.

## AGRADECIMIENTOS

De Luis:

A Dios por darme el privilegio de permanecer saludable con muchas ganas de seguir adelante y por permitirme cumplir con una de mis metas, graduarme del Zamorano.

A mis padres por su esfuerzo y empeño en hacer que me supere. Por su amor y confianza que siempre me han tenido.

A mis hermanos Reyes, Fermín (hijo) y a mi hermana Lineth por su apoyo en todo momento y por esa voz de aliento en los momentos más difíciles.

Al Dr. Daniel Meyer por su ayuda, sabiduría y paciencia en todo momento para que este trabajo se lleve a cabo.

Al Ing. Rogel Castillo por el valioso tiempo que le dedicó en asesorarme y por fortalecer mi conocimiento.

Al Ing. Claudio Castillo por su apoyo incondicional durante el ensayo, por ser un gran amigo y por brindarme sus consejos que me sirven en mi vida profesional.

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

A mis profesores y demás personas que directamente o indirectamente me han ayudado a finalizar mi carrera.

A mis colegas de la clase Elite 06 por su compañerismo y por las experiencias vividas y compartidas durante estos cuatro años de estudio.

## RESUMEN

De León, L. 2006. Comparación de la supervivencia y crecimiento del camarón blanco del Pacífico en agua fertilizada con urea y nitrato de sodio en Zamorano, Honduras. Proyecto Especial de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 21 p.

Fertilizar el agua en pilas es estimular la producción de algas y fitoplancton para incrementar la disponibilidad del alimento natural a los camarones y así reducir los costos de alimentación. Uno de los macronutrientes usados en la fertilización de estanques para la acuicultura es el nitrógeno (N). La urea es una de las formulaciones más usadas, mientras que el nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) es una fuente alternativa de nitrógeno. Los objetivos del ensayo fueron: comparar la calidad del agua, la ganancia de peso, crecimiento en longitud y supervivencia de los camarones en pilas fertilizadas con urea y nitrato de sodio. Se determinó la utilidad de usar los dos fertilizantes en condiciones de Zamorano, Honduras. El ensayo se realizó en seis pilas de concreto de  $7 \text{ m}^2$  ( $3.00 \times 2.36 \text{ m}$ ) con una profundidad promedio de 0.85 m, con una densidad de siembra de 50 postlarvas/ $\text{m}^2$ . El agua de tres de las pilas fue fertilizada con urea y tres con nitrato de sodio, una vez por semana equivalentes a 16.43 kg N/ha durante 75 días. La calidad del agua se mantuvo similar en ambos tratamientos en el caso de la temperatura, oxígeno, pH, salinidad y transparencia, pero hubo diferencia en el TAN (total de nitrógeno amoniacal) siendo mejor el nitrato de sodio. Los promedios de las ganancias semanales de pesos y longitudes fueron calculados en 0.84 g y 0.84 cm, y 0.98 g y 0.91 cm para los camarones cultivados con urea y nitrato de sodio, respectivamente. La supervivencia de los camarones fue de 68% en agua fertilizada con urea y 84% en el agua fertilizada con nitrato de sodio. Estas diferencias son significativas ( $P < 0.05$ ). El uso de nitrato de sodio resultó en una utilidad para el cultivo de camarón en pilas en Zamorano. Se recomienda el uso de nitrato de sodio en la fertilización de agua para la producción de camarón blanco del Pacífico en condiciones de Zamorano.

**Palabras clave:** Amoníaco, fertilidad, *Litopenaeus vannamei*.

## CONTENIDO

|   |          |
|---|----------|
| Portadilla.....   | i        |
| Autoría .....   | ii       |
| Página de firmas.....                                   | iii      |
| Dedicatoria.....  | iv       |
| Agradecimientos .....                                   | v        |
| Resumen.....  | vi       |
| Contenido.....  | vii      |
| Índice de cuadros .....                                 | iix      |
| Índice de figuras.....                                  | x        |
| Índice de anexos.....                                   | xii      |
| <br>  |          |
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>                            | <b>1</b> |
| <br>  |          |
| <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 .....                                  | 4        |
| 2.5 Calidad de agua.....                                | 5        |
| 2.6 Variables de productividad .....                    | 5        |
| 2.7 Monitoreo de calidad de agua durante 24 horas ..... | 5        |
| 2.8 Diseño experimental y análisis estadístico .....    | 6        |
| <br>  |          |
| <b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                  | <b>7</b> |
| 3.1 Calidad de agua.....                                | 7        |
| 3.1.1 Temperatura .....                                 | 7        |
| 3.1.2 Oxígeno disuelto .....                            | 7        |
| 3.1.3 Salinidad .....                                   | 7        |
| 3.1.4 pH.....   | 8        |
| 3.1.5 Transparencia.....                                | 8        |
| 3.1.6. TAN (Total de nitrógeno amoniacal).....          | 8        |
| 3.2 Producción de los camarones .....                   | 11       |
| 3.3 Monitoreo de calidad de agua durante 24 horas ..... | 12       |
| 3.3.1 Temperatura .....                                 | 13       |
| 3.3.2 Oxígeno disuelto .....                            | 13       |
| 3.3.3 pH .....  | 13       |
| 3.4 Análisis económico.....                             | 14       |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <b>4. CONCLUSIONES.....</b>      | <b>16</b> |
| <b>5. RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>6. LITERATURA CITADA.....</b> | <b>18</b> |
| <b>7. ANEXO.....</b>             | <b>20</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

1. Recomendaciones para las aplicaciones semanales de nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) para mantener una concentración de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) en el agua entre 5 y 7 mg/L... 4
2. Comparación presupuestaria (US \$) del uso de urea y nitrato de sodio como fertilizantes nitrogenados en cultivo de camarón, para una pila de  $3.00 \times 2.36 \times 0.85$  m..... 15

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| 1. Promedios semanales de la temperatura en el agua de pilas de $3.00 \times 2.36 \times 0.85$ m, cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.....           | 8  |
| 2. Promedios semanales de oxígeno disuelto en el agua de pilas de $3.00 \times 2.36 \times 0.85$ m, cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.....         | 9  |
| 3. Promedios semanales generales de salinidad del agua de pilas de $3.00 \times 2.36 \times 0.85$ m, cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.....        | 9  |
| 4. Promedios semanales del pH del agua de pilas de $3.00 \times 2.36 \times 0.85$ m, cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano..                           | 10 |
| 5. Promedios semanales de transparencia en pilas de $3.00 \times 2.36 \times 0.85$ m, cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano..                          | 10 |
| 6. Promedios semanales de TAN (total de nitrógeno amoniacal) en pilas de $3.00 \times 2.36 \times 0.85$ m, cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.....  | 11 |
| 7. Pesos promedios de los camarones cada 15 días en el agua de pilas de $3.00 \times 2.36 \times 0.85$ m, cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.....   | 12 |
| 8. Longitudes promedios de los camarones cada 15 días en el agua de pilas de $3.00 \times 2.36 \times 0.85$ m, cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio Zamorano..... | 12 |
| 9. Valores promedios de temperatura en el agua en un período de 24 horas en pilas cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.....                           | 13 |
| 10. Valores promedios de oxígeno disuelto en el agua en un período de 24 horas en pilas cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.....                     | 14 |

11. Valores promedios de pH en el agua en un período de 24 horas en pilas cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano... 14

## ÍNDICES DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| 1. Análisis TAN (Total de nitrógeno amoniacal) método N-NH <sub>3</sub> ..... | 20 |
|---|----|

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha incrementado la demanda de camarón en el mercado mundial y la producción de los océanos no logra suplir la demanda, por lo que el aumento en consumo de camarón depende principalmente del cultivo de esta especie. El crecimiento del cultivo de camarón marino en el mundo desde 1987 a 1996 ha sido de un 100% aproximadamente (FAO 1998).

Los primeros intentos de producción de camarón con un manejo extensivo en Latinoamérica se dieron en Ecuador en la década de los '60. Granjas Marinas San Bernardo fue la primera finca con una operación comercial en Honduras a partir de 1985. En la actualidad hay unas 250 fincas en el departamento de Choluteca, Honduras con unas 17,000 ha en producción.

El *Litopenaeus vannamei* es considerada la especie más importante dentro de los penéidos para la producción comercial en América (Ogle 1995), y puede desarrollarse en agua con salinidades entre 0 y 40,000 ppm. Su crianza y engorde es posible en zonas alejadas de la costa (Preto 1994).

El cambio diario del agua es una práctica común en granjas de camarón. Sin embargo, se pueden obtener rendimientos altos con reducido o ningún cambio de agua (Samocha *et al.* 2002).

La alimentación es uno de los factores más importantes dentro de los costos de producción en las granjas acuícolas (Holland y Rusell 1993), llegando a representar entre 40-60% en la producción de salmónidos y 50% en el caso de los penéidos (Mendoza *et al.* 1998). La fertilización de un estanque con cultivo de camarón con fuentes orgánicas o inorgánicas está dirigida a cumplir cuatro objetivos: incrementar la producción de alimento natural al estimular la producción de algas, optimizar la utilización de los nutrientes, reducir los costos de producción y mantener un ambiente favorable para el crecimiento de la especie cultivada (Knud-Hansen 1998). Una buena fertilización del agua puede aumentar el rendimiento en el cultivo del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Hopkins *et al.* 2003).

Uno de los macronutrientes usados en la fertilización de estanques para la acuicultura es el nitrógeno (N), que es un componente importante de la proteína y los aminoácidos y es un elemento abundante en las células vivas (Knud-Hansen 1998).

Una de las formulaciones más usadas para la fertilización de estanques para el cultivo de camarón es la urea ( $\text{H}_2\text{N-CO-NH}_2$ ), que al entrar en contacto con el agua se disuelve y se convierte en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). El amoníaco es una sustancia sumamente tóxica para los camarones. Por otra parte, los camarones 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 camarón. Su disolución en el agua no resulta en un incremento en las concentraciones de amoníaco y mantiene los niveles de oxígeno, temperatura y transparencia del agua dentro del rango óptimo para el cultivo de camarón (Carpio y Morán 2005).

Este ensayo se realizó con el fin de comparar dos fuentes de nitrógeno para la fertilización del agua para el cultivo del camarón blanco del Pacífico y su efecto sobre la calidad del agua y el crecimiento de los camarones. Los objetivos específicos del estudio fueron comparar la calidad de agua, la ganancia semanal de peso, el crecimiento y la supervivencia de los camarones en pilas fertilizadas con urea y con nitrato de sodio, y determinar cual fertilizante nitrogenado presenta la mejor relación costo - beneficio en la producción de *Litopenaeus vannamei* en Zamorano.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 LOCALIZACIÓN**

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el valle de Río Yeguaré, departamento de Francisco Morazán, Honduras. Se encuentra a 30 km al sureste de Tegucigalpa a 800 msnm y presenta una temperatura promedio anual de 24°C y una precipitación promedio anual de 1,200 mm.

### **2.2 UNIDADES EXPERIMENTALES**

El ensayo se realizó en seis pilas de concreto de 7 m<sup>2</sup> (3.00 × 2.36 m) de superficie cada una y con una profundidad promedio de 0.85 m. Cada pila se llenó con 6 m<sup>3</sup> de agua mezclada con 90 kg de sal rústica (NaCl) para obtener una salinidad de 15,000 ppm. No hubo recambio de agua en las pilas.

Todas las pilas contaron con aireación continua por medio de un soplador de aire de 2.5 HP y difusores de aire de 5 cm de largo. En el fondo de cada pila fue colocada una cama de arena de 10 cm espesor y 15 cajas de plásticos de refresco como refugio para los camarones. Cada pila fue cubierta por una lámina de plástico translúcida para lograr un mayor control de la temperatura del agua.

### **2.3 SIEMBRA**

La siembra se realizó a una densidad de 50 postlarvas/m<sup>2</sup>, para un total de 350 postlarvas por pila, que fueron obtenidas en un laboratorio especializado en el sur de Honduras. Se usaron postlarvas con un peso promedio de 0.02 g para iniciar el ensayo. La duración del ensayo fue de 75 días.

Los camarones fueron transportados del sur a Zamorano en bolsas de polietileno que se inflaron con oxígeno puro. La salinidad del agua de transporte fue de 32,000 ppm; al llegar a Zamorano se le agregó agua dulce para reducirle 1,000 ppm de salinidad por hora durante 17 horas hasta llegar a 15,000 ppm con lo cual fueron sembrados los camarones.

## 2.4 TRATAMIENTOS

Los tratamientos evaluados fueron:

Tratamiento 1: 25 g de urea por pila una vez por semana equivalentes a 16.43 kg de N/ha.

Tratamiento 2: 72 g de nitrato de sodio por pila una vez por semana equivalentes a 16.43 kg de N/ha.

La primera semana se aplicó, además, 0.35 kg de gallinaza al agua de cada pila para promover una proliferación de algas. La primera aplicación de urea y de nitrato de sodio se realizó una semana antes de la siembra de los camarones. En la semana de la cosecha final no se aplicó fertilizante por la abundancia de algas. Las fertilizaciones con urea y nitrato de sodio se realizaron una vez por semana para mantener una concentración entre 5 a 7 mg/L de nitratos en el agua (Cuadro 1).

Según la cantidad de nitrato de sodio aplicado se calculó una cantidad similar de urea con la misma cantidad de nitrógeno para aplicar en las otras tres pilas. El fertilizante aplicado fue pesado en una balanza marca OHAUS CS-5000 y fue disuelta en aproximadamente 10 litros de agua para ser distribuida sobre el agua de la pila.

Durante todo el ensayo se aplicó un total de 127 g de nitrógeno y el total de fertilizante aplicado fue de 275 g para cada pila fertilizada con urea y de 792 g para cada pila fertilizada con nitrato de sodio.

Los camarones fueron alimentados con concentrado al 35% de proteína cruda. La cantidad de alimento que se aplicó diariamente fue 2% del peso de los camarones durante todo el ensayo en tres bandejas o charolas de aluminio de 25 cm de largo y 10 cm de ancho por pila. La cantidad total de alimento concentrado fue de 1.94 kg/pila durante los 75 días.

Cuadro 1. Recomendaciones para las aplicaciones semanales de nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) para mantener una concentración de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) en el agua entre 5 y 7 mg/L

| Incremento de $\text{NO}_3$<br>deseado en el agua<br>(mg/L) | Aplicación de<br>$\text{NaNO}_3$<br>(kg/ha) |
|---|---|
| 2   | 29.17                                       |
| 3   | 43.76                                       |
| 4   | 58.35                                       |
| 5   | 72.94                                       |
| 6   | 87.52                                       |
| 7   | 102.11                                      |
| 8   | 116.70                                      |

Fuente: Carpio y Morán ( 2005)

## **2.5 CALIDAD DE AGUA**

Se monitoreó la calidad de agua en las pilas mediante los siguientes análisis:

- Temperatura (°C), diariamente en la mañana (7:00 a.m.) y en la tarde (3:00 p.m.) con un medidor polarigráfico modelo YSI-55 (Yellow Springs Instrument Company).
- Oxígeno disuelto (mg/L), diariamente en la mañana (7:00 a.m.) y en la tarde (3:00 p.m.) con un medidor polarigráfico modelo YSI-55 (Yellow Springs Instrument Company).
- Salinidad (ppm) una vez a la semana mediante un hidrómetro.
- pH, una vez a la semana mediante un potenciómetro modelo HACH-23.
- Transparencia (cm), una vez a la semana mediante un Disco Secchi.
- Total de nitrógeno amoniacal (mg/L), una vez a la semana mediante el método Nessler. Para esto se utilizó un espectrofotómetro digital HACH DR2000 (Anexo 1).

## **2.6 VARIABLES DE PRODUCTIVIDAD**

Se muestrearon los camarones cada 15 días pasando un chinchorro por cada pila y capturando un mínimo de 10% de la población (> 35 camarones). Los camarones capturados fueron pesados en grupos de cinco individuos en cubetas con agua con un peso conocido y se calculó el peso promedio, además se le midió su tamaño.

Para la cosecha se drenó cada pila, se pesó individualmente 10% de la población (35 camarones) con una balanza (Chatillion T-1000 g) y a los mismos camarones se le midió su tamaño. Con estos datos se calculó la ganancia semanal de peso y el peso y longitud final promedio de los camarones al final del ensayo y se cuantificó la supervivencia contando los camarones cosechados por pila.

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

Se realizó un monitoreo de la calidad de agua (temperatura, oxígeno disuelto y pH) en las pilas durante un periodo de 24 horas y a intervalos de dos horas. Este monitoreo se realizó la semana de la cosecha de los camarones para ver la diferencia de estos parámetros durante el día y la noche.

## **2.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con dos tratamientos y tres réplicas cada uno (las pilas). Para la ganancia semanal de peso, incremento en longitud y parámetros de calidad de agua se utilizaron Medidas Repetidas en Tiempo. El porcentaje de supervivencia de los camarones fue analizado por medio de una prueba de Chi-cuadrado ( $X^2$ ) con un nivel de significancia ( $P < 0.05$ ) en el Statistical Analysis System, SAS<sup>®</sup> (2003)

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1 CALIDAD DE AGUA**

Todos los parámetros de calidad de agua, excepto el amoníaco, se mantuvieron dentro del rango óptimo para el cultivo de camarón. La calidad de agua es un factor importante en el cultivo de camarón (Kapetsky *et al.* 1987).

#### **3.1.1 Temperatura**

Los rangos de temperatura del agua durante el ensayo se consideran aceptables para el cultivo de camarón (Figura 1). El camarón se desarrolla mejor con temperaturas del agua entre 25 y 32° C (Meyer 1999). El promedio de temperatura del agua fue de 29.6 y 29.5° C para las pilas fertilizadas con urea y nitrato de sodio, respectivamente. No hubo diferencia entre los promedios de temperatura del agua de los dos tratamientos ( $P>0.05$ ).

#### **3.1.2 Oxígeno disuelto**

El nivel de oxígeno disuelto en el agua de las pilas se mantuvo dentro del rango óptimo para el cultivo de camarón (Figura 2). El camarón se desarrolla bien con concentraciones de oxígeno  $>2$  mg/L (Seidman y Lawrence 1985). El promedio de oxígeno disuelto del agua fue de 4.6 y 4.7 mg/L para las pilas fertilizadas con urea y nitrato de sodio, respectivamente. No hubo diferencia en los niveles de oxígeno entre los dos tratamientos ( $P>0.05$ ).

#### **3.1.3 Salinidad**

La salinidad del agua en las pilas disminuyó gradualmente durante las 11 semanas del ensayo (Figura 3) debido a la entrada de agua lluvia. El promedio de salinidad del agua fue de 13766 y 13878 ppm en las pilas fertilizadas con urea y nitrato de sodio, respectivamente. No hubo diferencia entre los promedios de salinidad del agua en las pilas de los dos tratamientos ( $P>0.05$ ).

### 3.1.4 pH

Los valores de pH se mantuvieron dentro de los niveles aceptables para el cultivo de camarón (Figura 4). El rango óptimo de pH para los camarones se encuentra entre 6 y 9 (Fenucci 1988). El promedio de pH del agua fue de 6.8 y 6.9 para las pilas fertilizadas con urea y nitrato de sodio, respectivamente. No hubo diferencia en el pH del agua de las pilas de los dos tratamientos ( $P>0.05$ ).

### 3.1.5 Transparencia

La transparencia del agua en las pilas disminuyó gradualmente durante las 11 semanas del ensayo (Figura 5). La transparencia del agua disminuye al incrementar la población de algas (Teichert-Coddington *et al.* 1997). El promedio de transparencia del agua fue de 36 y 38 cm para las pilas fertilizadas con urea y nitrato de sodio, respectivamente. No hubo diferencia en la transparencia del agua de las pilas de los dos tratamientos ( $P>0.05$ ).

### 3.1.6. TAN (Total de nitrógeno amoniacal)

Los valores de TAN detectados durante el ensayo se mantuvieron elevados en las pilas fertilizadas con urea y aceptables en las pilas fertilizadas con nitrato de sodio para el cultivo de camarón (Figura 6). Los niveles tóxicos de amoníaco para el camarón blanco del Pacífico están reportados a  $> 2.3\text{mg/L}$  (Allan *et al.* 1990). Los promedios de TAN en el agua de las pilas fueron de 2.59 y 1.77 mg/L para las pilas fertilizadas con urea y nitrato de sodio, respectivamente. Esta diferencia es significativa ( $P<0.05$ ).

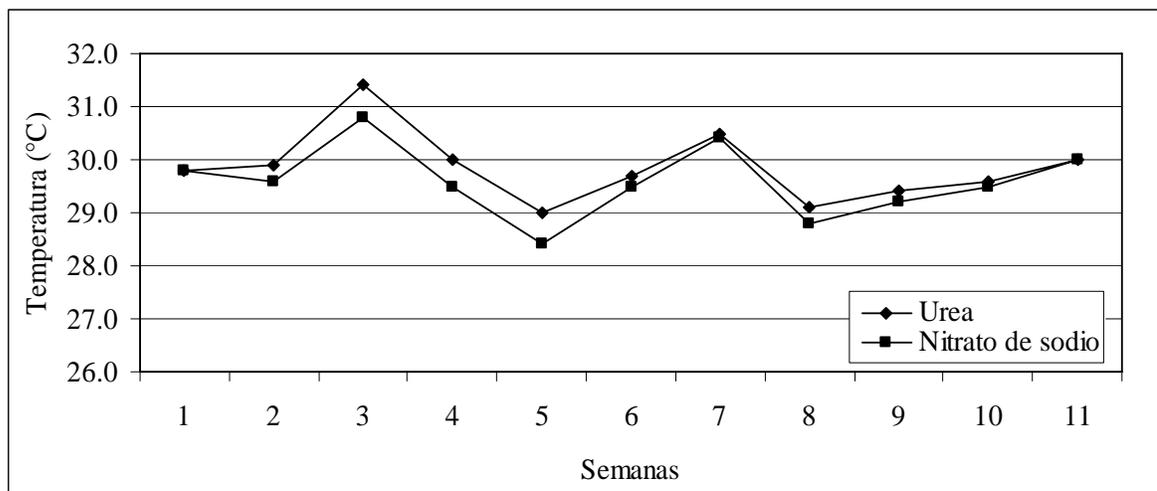


Figura 1. Promedios semanales de la temperatura en el agua de pilas de  $3.00 \times 2.36 \times 0.85$  m, cubiertas con plástico translúcido y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.

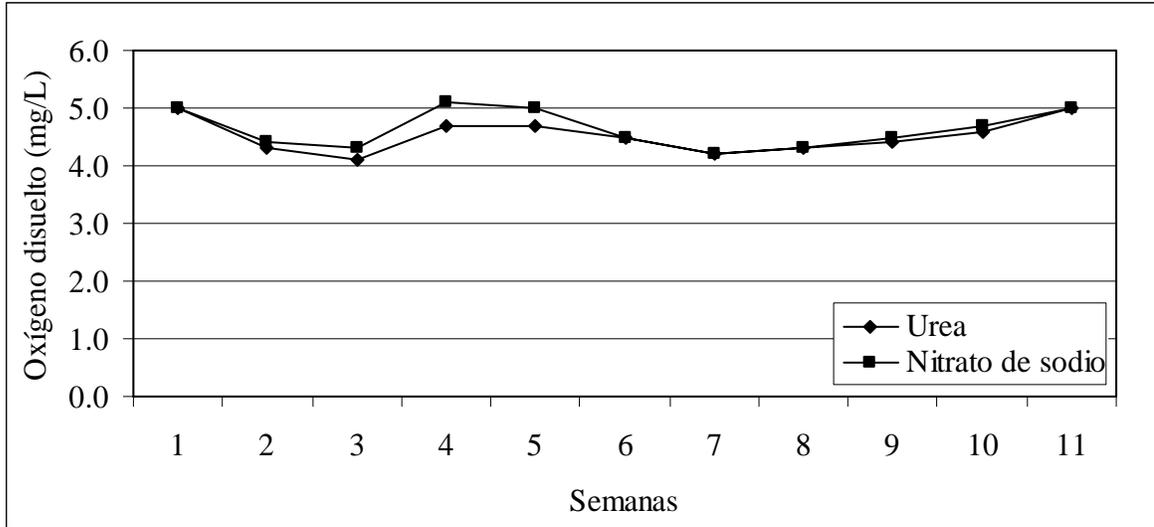


Figura 2. Promedios semanales del oxígeno disuelto en el agua de pilas de  $3.00 \times 2.36 \times 0.85$  m, cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.

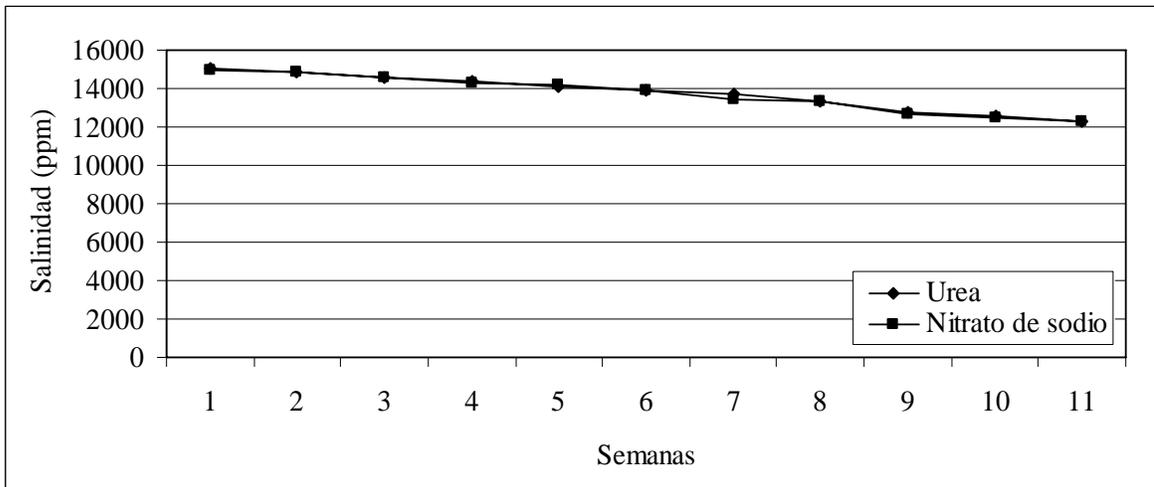


Figura 3. Promedios semanales generales de salinidad del agua de pilas de  $3.00 \times 2.36 \times 0.85$  m, cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.

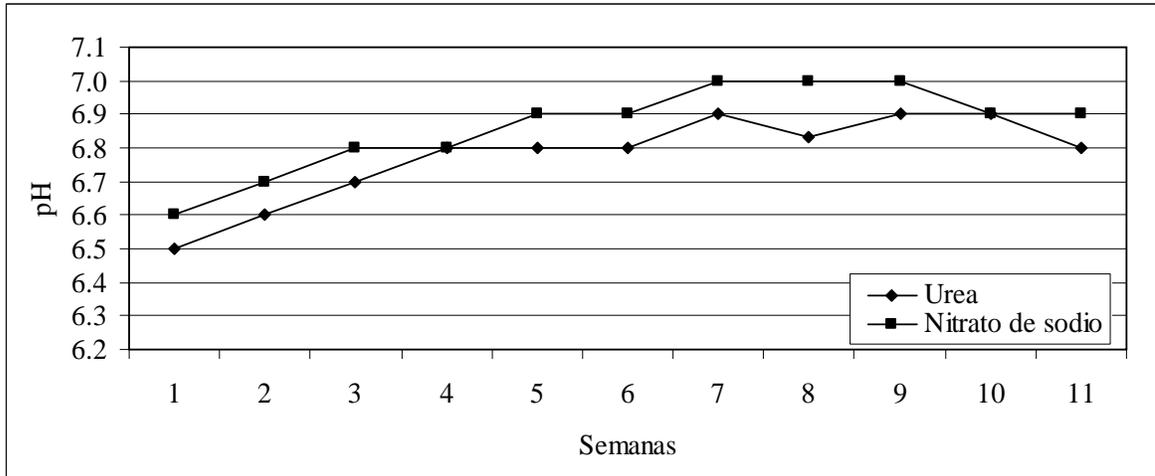


Figura 4. Promedios semanales del pH del agua de pilas de  $3.00 \times 2.36 \times 0.85$  m, cubiertas con plástico translúcido y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.

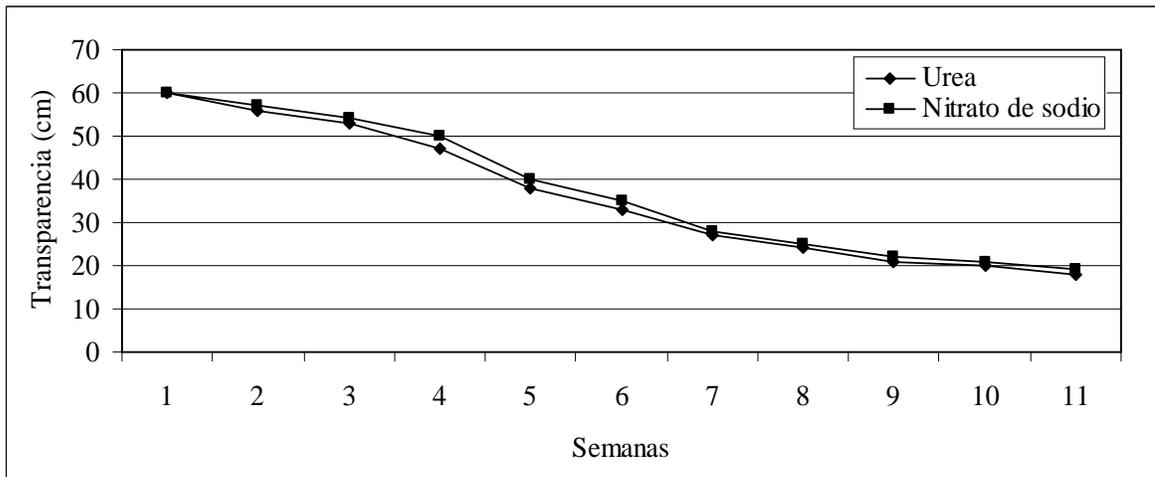


Figura 5. Promedios semanales de transparencia en pilas de  $3.00 \times 2.36 \times 0.85$  m, cubiertas con plástico translúcido y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.

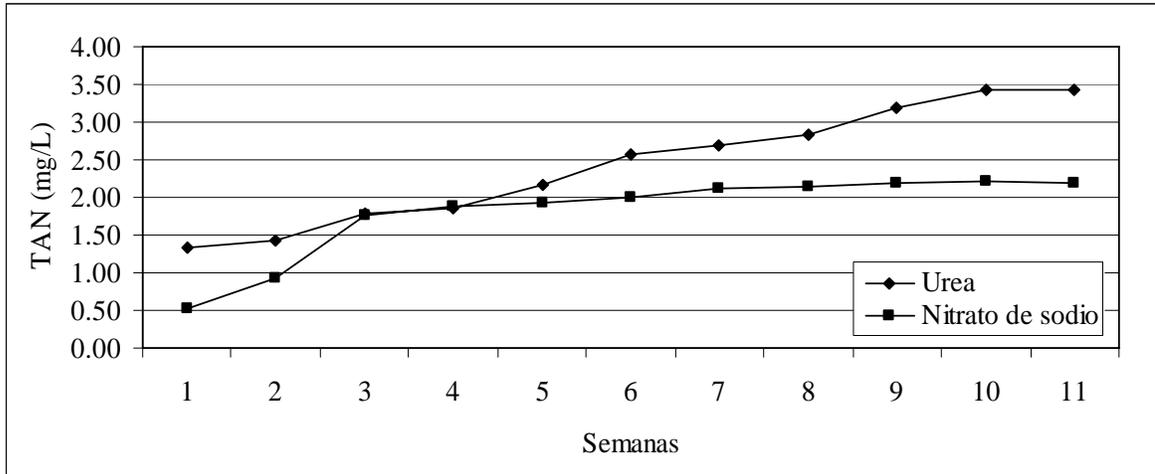


Figura 6. Promedios semanales de TAN (total de nitrógeno amoniacal) en pilas de  $3.00 \times 2.36 \times 0.85$  m, cubiertas con plástico translúcido y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.

### 3.2 PRODUCCIÓN DE LOS CAMARONES

El peso promedio inicial de las postlarvas de camarón fue similar en los dos tratamientos. El promedio de la ganancia semanal de peso de los camarones fue calculado en 0.84 y 0.98 g/camarón/semana en las pilas fertilizadas con urea y nitrato de sodio, respectivamente. Esta diferencia es significativa ( $P < 0.05$ ) y representa una tasa de crecimiento 17% superior para los camarones cultivados con nitrato de sodio.

La longitud inicial promedio de las postlarvas de camarón fue similar en los dos tratamientos. El promedio del aumento semanal de longitud de los camarones fue calculado en 0.84 y 0.91 cm/camarón/semana en las pilas fertilizadas con urea y nitrato de sodio, respectivamente. Esta diferencia es significativa ( $P < 0.05$ ) y representa una tasa de crecimiento 8% superior en los camarones cultivados con nitrato de sodio.

Los pesos promedios finales y las longitudes promedios finales fueron calculados en 9.0 g y 9.2 cm, y 10.4 g y 10.2 cm, en los camarones cultivados con urea y con nitrato de sodio respectivamente. Estas diferencias son significativas ( $P < 0.05$ ) e indican que los camarones crecieron mejor con las aplicaciones del nitrato de sodio (Figuras 7 y 8).

La supervivencia final de los camarones fue de 68 y 84% en las pilas fertilizadas con urea y nitrato de sodio, respectivamente. Esta diferencia es significativa ( $P < 0.05$ ) y es debido, probablemente, a los menores niveles de TAN detectados en el agua de las pilas fertilizadas con nitrato de sodio.

La supervivencia general de todos los camarones en el ensayo fue de 76% en 11 semanas de cultivo. Los niveles de supervivencia  $> 50\%$  en el cultivo de camarón son considerados aceptables (Fenucci 1988).

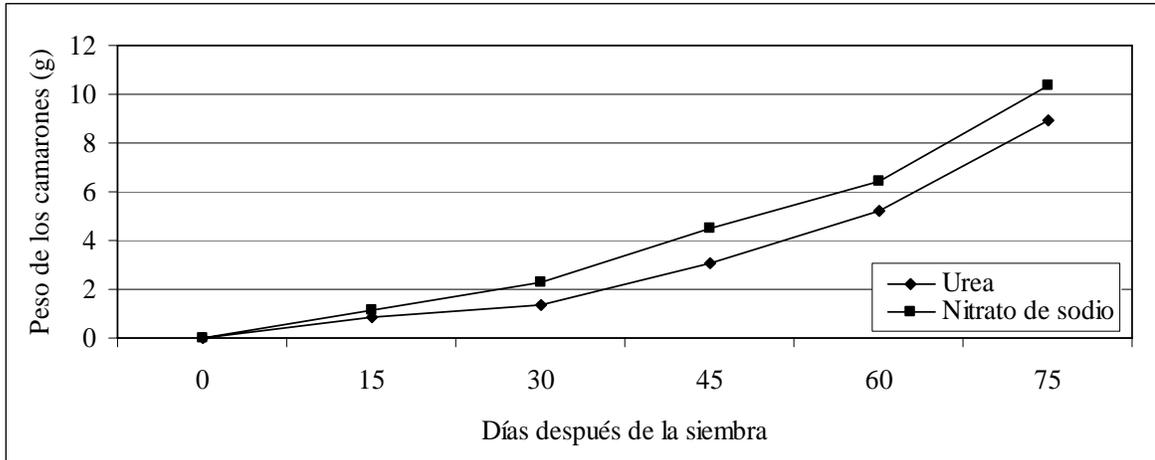


Figura 7. Pesos promedios de los camarones cada 15 días en el agua de pilas de  $3.00 \times 2.36 \times 0.85$  m, cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.

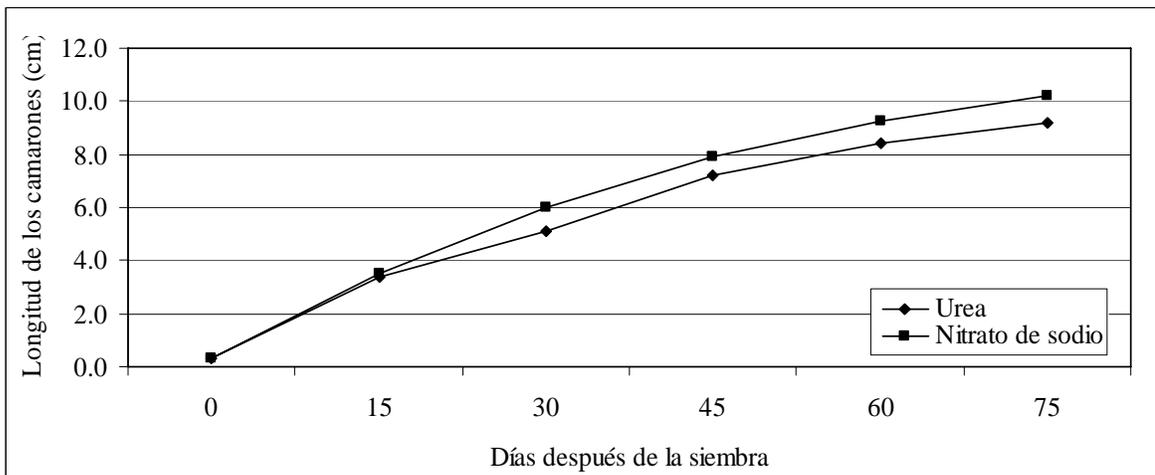


Figura 8. Longitudes promedios de los camarones cada 15 días en el agua de pilas de  $3.00 \times 2.36 \times 0.85$  m, cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.

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

No hubo diferencia entre las pilas fertilizadas con urea y con nitrato de sodio en los parámetros de calidad de agua (temperatura, oxígeno disuelto y pH) durante el ciclo de 24 horas. El objetivo de manejar la calidad del agua y que no cambie durante el día y la noche es mantener la producción del fitoplancton estable y no afectar el crecimiento de los camarones (Boyd y Tucker 1998).

### 3.3.1 Temperatura

La temperatura del agua en las pilas osciló entre los 28.0 y 31.5° C. Las lecturas más altas se registraron entre las 12:00 y 18:00 horas, y las más bajas entre las 4:00 y 8:00 horas del día (Figura 9).

### 3.3.2 Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto en el agua osciló entre 3 y 7 mg/L en las pilas fertilizadas con urea y con nitrato de sodio durante las 24 horas (Figura 10). Las concentraciones más elevadas se registraron en la tarde, entre las 12:00 y 18:00 horas, mientras que los valores más bajos se registraron en la mañana entre las 4:00 y 8:00 horas. Estos valores fluctúan principalmente según la actividad fotosintética y procesos de respiración por las algas en estas horas, ya que liberan oxígeno durante la fotosíntesis y consumen oxígeno durante su proceso de respiración.

### 3.3.3 pH

Los niveles de pH se mantuvieron entre 6.5 y 7.4 en las pilas fertilizadas con urea y con nitrato de sodio (Figura 11). Durante el día la eliminación de CO<sub>2</sub> presente en el agua por la fotosíntesis resulta en condiciones alcalinas. Durante las horas de noche hay una acumulación de CO<sub>2</sub> en el agua resultando en condiciones de acidez.

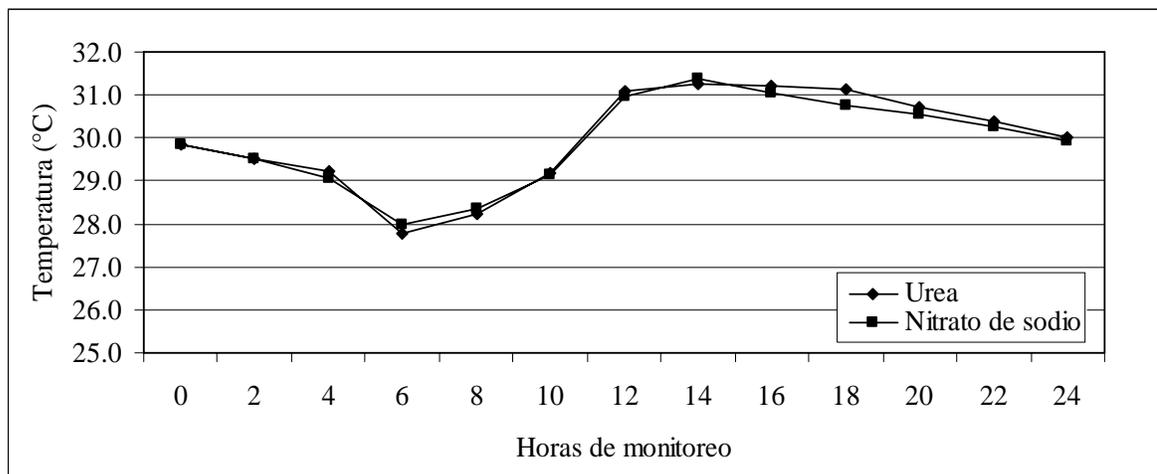


Figura 9. Valores promedio de temperatura en el agua en un período de 24 horas en pilas cubiertas con plástico translúcido y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.

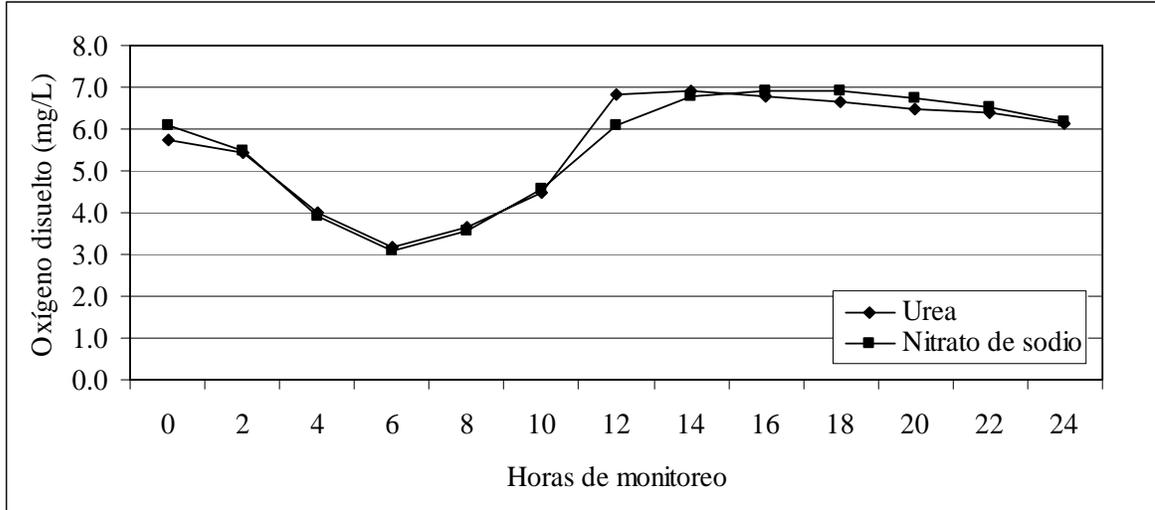


Figura 10. Valores promedio de oxígeno disuelto en el agua en un período de 24 horas en pilas cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.

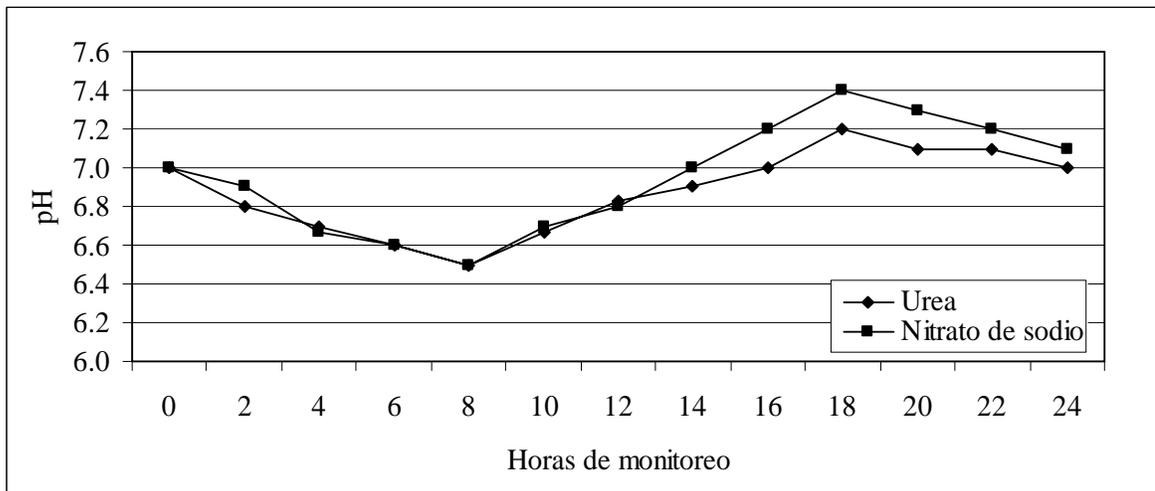


Figura 11. Valores promedio de pH en el agua en un período de 24 horas en pilas cubiertas con plástico transluciente y fertilizadas con urea y nitrato de sodio en Zamorano.

### 3.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

Hubo diferencia en el análisis económico entre los tratamientos, siendo mejor el nitrato de sodio que la urea en el cultivo de camarón (Cuadro 2). En el uso de urea se obtuvo una pérdida del 11%, mientras que con el nitrato de sodio se obtuvo una rentabilidad del 26% sobre los costos.

Los costos incurridos en el ensayo fueron similar para los dos tratamientos. La urea tiene un costo adquisición de USD \$ 0.35/kg y el nitrato de sodio uno de USD \$ 0.50/kg. El contenido de nitrógeno de la urea es 46% y el del nitrato de sodio 16%, por lo que se aplicó una mayor cantidad de nitrato de sodio a lo largo de los 75 días del ensayo.

El mayor costo en el presupuesto es para la sal usada en preparar el agua de las pilas. El usar nitrato de sodio como fertilizante en el cultivo del camarón blanco en Zamorano resultó ser rentable. Con urea no se obtuvo una rentabilidad en la actividad en Zamorano.

Cuadro 2. Comparación presupuestaria (US \$)<sup>¥</sup> del uso de urea y nitrato de sodio como fertilizantes nitrogenados en cultivo de camarón blanco del Pacífico, para una pila de 3.00 x 2.36 x 0.85 m.

| <b>Descripción</b>           | Unidad         | USD/unidad | Urea     |          | Nitrato de Sodio |          |
|------------------------------|----------------|------------|----------|----------|------------------|----------|
|                              |                |            | Cantidad | Total \$ | Cantidad         | Total \$ |
| <b>Ingresos (I):</b>         |                |            |          |          |                  |          |
| Venta de camarones           | kg             | 9.31       | 2.13     | 19.83    | 3.08             | 28.67    |
| <b>Costos Variables (CV)</b> |                |            |          |          |                  |          |
| Post-larvas                  | c.u.           | 0.01       | 350.00   | 3.50     | 350.00           | 3.50     |
| <b>Fertilizantes</b>         |                |            |          |          |                  |          |
| Urea                         | kg             | 0.35       | 0.28     | 0.10     | -                | -        |
| Nitrato de Sodio             | kg             | 0.50       | -        | -        | 0.79             | 0.40     |
| Concentrado                  | kg             | 0.45       | 1.94     | 0.87     | 1.94             | 0.87     |
| Gallinaza                    | kg             | 0.18       | 0.35     | 0.06     | 0.35             | 0.06     |
| Agua                         | m <sup>3</sup> | 0.03       | 5.95     | 0.18     | 5.95             | 0.18     |
| Mano de Obra                 | h              | 0.49       | 14.00    | 6.86     | 14.00            | 6.86     |
| Sal Rústica                  | kg             | 0.07       | 90.00    | 6.30     | 90.00            | 6.30     |
| Aireadores                   | día            | 0.01       | 75.00    | 0.75     | 75.00            | 0.75     |
| Total CV                     |                |            |          | 18.62    |                  | 18.92    |
| <b>Costos Fijos (CF)</b>     |                |            |          |          |                  |          |
| Depreciación (pila)          | día            | 0.05       | 75.00    | 3.75     | 75.00            | 3.75     |
| Total CF                     |                |            |          | 3.75     |                  | 3.75     |
| <b>Costos Totales</b>        |                |            |          |          |                  |          |
| (CT=CV+CF)                   |                |            |          | 22.37    |                  | 22.67    |
| Ganancia (I-CT)              |                |            |          | -2.54    |                  | 6.00     |

<sup>¥</sup>L 18.9 por 1 US \$

## **4. CONCLUSIONES**

La calidad de agua de las pilas fertilizadas con urea y nitrato de sodio se mantuvo similar en el caso de la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, la salinidad y la transparencia.

Los niveles de TAN fueron mayores en el agua fertilizada con urea que con el nitrato de sodio.

Los camarones presentaron una mayor ganancia semanal de peso e incremento en longitud en el agua fertilizada con nitrato de sodio que con la urea.

La supervivencia de los camarones fue mejor en pilas fertilizadas con nitrato de sodio.

Para las condiciones de Zamorano en la producción de camarón blanco del Pacífico la fertilización con urea resultó en una pérdida, mientras que con el nitrato de sodio hubo una ganancia.

## **5. RECOMENDACIONES**

Bajo las condiciones de Zamorano, es preferible usar nitrato de sodio como fertilizante para la producción de algas para el cultivo del camarón blanco del Pacífico.

Realizar un estudio similar con un ciclo de cultivo más largo, para comprobar si se mantiene la diferencia entre tratamientos después de los 75 días de cultivo.

## 6. LITERATURA CITADA

- Allan, G.; Maguire, G. and Hopkins, S. 1990. Acute and chronic toxicity of ammonia to juvenile *Metapenaeus macleayi* and *Penaeus monodon* and the influence of low dissolved-oxygen levels. *Aquaculture* 91: 265-280.
- Boyd, C.; Tucker, C. 1998. *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, USA. 700 p.
- Carpio, B.; Morán, R. 2005. Comparación de nitrato de sodio (NaNO<sub>3</sub>) y urea en la fertilización de estanques con pre-engorde de tilapia. Proyecto Especial de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 24 p.
- FAO. 1998. *Aquaculture Production Statistics 1987-1996*. FAO Fisheries Circular. No. 815, Rev.10. FAO, Rome, Italy. 197 p.
- Fenucci, J.L., 1988. *Manual para la cría de camarones paneidos*. AQUILA - Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura para America Latina y el Caribe, Argentina. 93 p.
- Hopkins, K.; Knud-Hansen, C.; Guttman, H. 2003. A comparative analysis of the fixed-input, computer modelling, and alga bioassay approaches for identifying pond fertilization requirements for semi-intensive aquaculture. *J. Aquaculture* 1242: 189-214.
- Holland, K.; Rusell, B. 1993. Apalatability bioassay for determining ingestive stimuli in the marine shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 109:153-164.
- Kapetsky, J. M.; McGregor, L. ; Nanne, H. 1987. A geographical information system and satellite remote sensing to plan for aquaculture development: FAO-UNEP/IGRID operative study in Costa Rica. FAO Fisheries Technical Paper, No. 287, FAO, Roma, Italia. 186 p.
- Knud-Hansen, C. 1998. *Pond Fertilization: Ecological Approach and Practical Application*. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP. Oregon, USA. 125 p.
- Mendoza, R.; Aguilera, C.; Montemayor, J. 1998. Utilización de subproductos avícolas en las dietas para organismos acuáticos. En: IV Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. La Paz, Baja California Sur. Noviembre de 1998. 1-46 p.

Meyer, D. 1999. La calidad del agua. Manual de introducción a la acuicultura. Zamorano, Honduras. 128 p.

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

Ogle, J.T. 1995. A study of factors influencing the hatch rate of *Penaeus vannamei* eggs. Presence of a spermatophore. Gulf Research Report 9: 127-130.

Pretto, R. 1994. Manual de cría de camarones peneidos en estanques de aguas salobres. Panamá, Pan. Editorial Guillermo Ríos Durán. 96 p.

Samocha, T.M.; Hamper, L.; Emberson, C.R.; Davis, A.D.; McIntosh, D.; Lawrence, A.L.; Van Wyk, P.M. 2002. Review of some recent developments in sustainable shrimp farming practices in Texas, Arizona and Florida. J. of Applied Aquaculture 12: 1-42.

Seidman, E.; Lawrence, A. 1985. Growth, feed digestibility and proximate body composition of juvenile *Penaeus vannamei* and *Penaeus monodon* grown at different dissolved oxygen levels. J. World Maricult. Soc. 16: 333-346.

Teichert-Coddington, D.; Popma, T.; Lovshin, L. 1997. Attributes of tropical pond cultured fish. Dynamics of Pond Aquaculture. CRC Press. New York, USA. 437 p.

## 7. ANEXO

Análisis TAN (Total de nitrógeno amoniacal) método N-NH<sub>3</sub>.

### **Procedimiento:**

1. Introduzca el número del programa para la determinación de amoníaco en el espectrofotómetro modelo DR/2000, tecleando los botones “3” “8” “0”.
2. Haga girar el tornillo de largo de la honda (“wavelength”) hasta que muestre 425 nm.
3. Presione “READ/ENTER” y enseguida el metro le mostrará el mensaje “mg/L N NH<sub>3</sub>”.
4. Mida 25 mL de la muestra en una probeta calibrada y traspase a frascos de vidrio especiales para el uso del espectrofotómetro con tapadera.
5. Mida 25 mL de agua destilada en una segunda probeta, en la cual se puede agitar el agua y de la misma manera traspase a un frasco de vidrio. El agua destilada será el testigo de la prueba.
6. Agregue 3 gotas de la solución estabilizadora mineral a cada probeta. Invierta cada probeta varias veces para mezclar su contenido. Luego, agregue 3 gotas de alcohol polivinílico a cada probeta. Invierta cada probeta varias veces para mezclar su contenido.
7. Agregue 1 mL del reactivo “Nessler” a cada probeta. Tape cada probeta y mezcle invirtiéndola varias veces.
8. Apriete el botón “SHIFT TIMER” en el espectrofotómetro. Comenzará un período medido de 60 segundos.
9. Transfiera a dos botellas especiales para el espectrofotómetro la muestra y el blanco preparados en las probetas.
10. Al sonar el cronómetro, aparecerá el mensaje “mg/L N NH<sub>3</sub> Ness” 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. Deberá aparecer un mensaje “WAIT” o esperar. Luego el espectrofotómetro le mostrará el mensaje “0.00 mg/L N NH<sub>3</sub> Ness” para la determinación de la concentración de amoníaco en el blanco.

11. Ahora coloque la muestra preparada en el metro y tápelo con el protector de luz. Presione el botón "READ/ENTER". Aparecerá el mensaje "WAIT"o esperar, y luego el resultado de la determinación en mg/L de  $\text{NH}_3\text{-N}$ .

12. Repita el paso 11 con muestras adicionales.