

Evaluación de cuatro tipos de cal sobre la calidad del agua en una finca camaronera en Choluteca, Honduras

José Javier Carranza Rodríguez

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria
Noviembre, 2005

Evaluación de cuatro tipos de cal sobre la calidad del agua en una finca camaronera en Choluteca, Honduras

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

Presentado por

José Javier Carranza Rodríguez

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2005

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.

José Javier Carranza Rodríguez

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2005

Evaluación de cuatro tipos de cal sobre la calidad del agua en una finca camaronera en Choluteca, Honduras

presentado por:

José Javier Carranza Rodríguez

Aprobada:

Daniel Meyer, Ph.D.
Asesor Principal

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

Víctor Talento, Ing. Agr.
Asesor

George Pilz, Ph.D.
Decano Académico

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

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

DEDICATORIA

A DIOS y a la Virgen María porque su misericordia ha sido grande para conmigo hasta el día de hoy.

A mi madre María Antonia Rodríguez, porque desde el cielo me ha estado acompañando e intercediendo por mí, y porque es mi mejor referencia de lucha y sacrificio, hoy estoy cosechando tus frutos mami.

A Katya, mi esposa bella y Valeria María, mi hija encantadora, por ser mi fuente principal de lucha y la fuente inagotable de amor y ternura que he tenido desde que Dios me las regaló.

A mi padre José Carranza, por todo su cariño, apoyo y confianza. Por los muchos momentos de sacrificio y demostraciones de admiración para mí.

A mis hermanos Dilenia, Osman, Xiomara, Olbin, Claudia y especialmente a Delsy por todo su respaldo, amor y cariño. Por el sacrificio que por mí han hecho desde el principio de este proyecto.

A mis sobrinitos Armando Aly y Nayeli, por ser la alegría de mi familia.

A mis abuelos Felipa, Petrona, Ernesto y Cleotilde por ser personas ejemplares y las raíces de la humildad que me alcanzó en la familia.

A Doña Rina, Lety, Rina, Dianita, Samuel y María José, por su apoyo, cariño y enseñanzas, por el calor de familia que me han dado y que ha sido importante para alcanzar este objetivo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen María por haberme dado la salud necesaria para concluir esta etapa de mi vida.

A mis padres, por sus sacrificios incontables y por creer siempre en mis capacidades.

A Katya, por todo su amor, confianza y desmedido apoyo que ha sido fundamental para concretar este objetivo anhelado.

A la Ing. Hilda Flores, Dr. Daniel Meyer e Ing. Víctor Talento, mil gracias por su importante y desinteresada asesoría, apoyo y comprensión, Dios se los recompense con triunfos profesionales y familiares.

Al equipo técnico de la Finca Camaronera Promasur, por todo el desinteresado apoyo que me brindaron durante el desarrollo de este estudio de tesis. Por la prestar sus instalaciones, materiales, equipo y tiempo extra para colaborar con el ensayo que aquí presento.

Al Lic. José Adrián Artica, por la gestión realizada para que el Grupo Calidra de México financiara la mayoría del presupuesto del estudio de tesis.

A mis colegas y amigos Víctor, Federico, Marvin, Moisés, Allan, Juan Carlos, Álvaro, Wilmer, Damián, Ana, Enrique, Oscar, Fernando, Wilfredo, Marlon, Rolan, Francisco y Marlon porque su amistad me ha enseñado mucho.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

A Food for Progress IV por financiar gran parte de mi matrícula de los cuatro años de estudio.

A la compañía Alimentos Concentrados de Centroamérica (ALCON) por ayudarme a solventar el impase económico que tuve en tercer año.

A la Escuela Agrícola Panamericana, por ser la gestora del apoyo económico que recibí durante los cuatro años de estudio.

A Visión Mundial de México por financiar la pasantía de cuarto año.

Al Grupo Calidra de México por financiar el proyecto especial de graduación.

RESUMEN

Carranza, Javier. 2005. Evaluación de cuatro tipos de cal sobre la calidad del agua en una finca camaronera en Choluteca, Honduras. Proyecto especial de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria. El Zamorano, Honduras. 17 p.

La calidad del agua es la principal limitante del éxito de cualquier explotación camaronera. El encalado de los estanques es una práctica que se utiliza con frecuencia para mejorar la calidad del agua y la salud de los camarones (*Litopenaeus vannamei*). El objetivo de este estudio fue comparar el efecto de cuatro fuentes comerciales de cal (Calciomar[®], Quimex 90[®], Incal[®] y Dikari) sobre la concentración del oxígeno disuelto, turbidez, alcalinidad, pH, fitoplancton y bacterias en el agua de los estanques bajo las condiciones normales de manejo en una finca camaronera. Se estudió el impacto de estos productos sobre los costos de producción de la misma finca. El estudio se realizó en 23 estanques de 1 ha y una laguna de 6 ha de extensión, sembrados con 64 camarones por m². Los cuatro productos eran hidróxidos de calcio (Ca(OH)₂) y se aplicaron a los estanques dos veces por semana durante seis semanas en una dosis baja y alta (159 y 318 kg/ha, respectivamente). Para cada tratamiento se hicieron tres repeticiones (24 unidades experimentales) y se usó un diseño completamente al azar (DCA). Los resultados fueron analizados con un programa estadístico (SAS[®] 2001) en un ANDEVA y una separación de medias por el método LSD. A cada cal se le hizo análisis de su composición química, poder neutralizante, densidad aparente y granulometría. Con estos datos se determinó el Poder de Neutralización Total (PRNT) y el costo por unidad de PRNT de cada uno. En cada aplicación se diluyó la cal en un recipiente plástico y se distribuyó esa mezcla en la columna de agua (0.6 m) de cada estanque. Después de 24 horas se continuaba con el manejo normal de los estanques: recambio diario de 10%, aireación continua y 0.80 m de profundidad. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (P=0.7528). Se observó similitud en las características físicas y químicas de los cuatro productos, a excepción de Calciomar[®]. El costo por unidad PRNT fue 2.5 veces menor con la cal Dikari (US\$ 1.04) comparado con los demás productos y se recomienda su uso porque conviene económicamente en el encalado de los estanques de camarón. Las variables de calidad de agua se mantuvieron siempre dentro de los rangos aceptables para el cultivo de camarón en el sur de Honduras.

Palabras clave: Condiciones de manejo, costos, encalado, estanques, hidróxido de calcio, parámetros.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de Firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a Patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Contenido	viii
	Índice de Cuadros.....	x
	Índice de Figuras.....	xi
	Índice de Anexos.....	xii
1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	2
2.1	LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	2
2.2	UNIDADES EXPERIMENTALES.....	2
2.3	TRATAMIENTOS.....	2
2.4	ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE CADA PRODUCTO.....	3
2.4.1	Composición química.....	3
2.4.2	Granulometría.....	3
2.4.3	Porcentaje de Poder Neutralizante.....	3
2.4.4	Densidad aparente.....	3
2.4.5	Eficiencia Granulométrica.....	4
2.4.6	Equivalente Químico.....	4
2.4.7	Poder Relativo de Neutralización Total.....	4
2.5	VARIABLES DE CALIDAD DE AGUA.....	4
2.6	APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	5
2.7	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE DATOS.....	6
2.7.1	Diseño experimental.....	6
2.7.2	Análisis estadístico.....	6
2.7.3	Análisis de los costos.....	6
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
3.1	ANÁLISIS QUÍMICO Y GRANULOMÉTRICO DE LOS PRODUCTOS.....	7
3.2	TURBIDEZ.....	7
3.3	OXÍGENO DISUELTO.....	9
3.4	pH Y ALCALINIDAD.....	9

3.5	CONCENTRACIÓN DE FITOPLANCTON.....	10
3.6	CONCENTRACIÓN DE BACTERIAS.....	11
3.7	ANÁLISIS DE COSTOS.....	11
3.7.1	Costos por unidad PRNT de cada producto.....	10
3.7.2	Proyección de costos para cada producto.....	11
4	CONCLUSIONES	13
5	RECOMENDACIONES	14
6	LITERATURA CONSULTADA	15
7	ANEXOS	17

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1	Parámetros de calidad de agua que se consideraron para evaluar cuatro fuentes de cal en afectar la calidad del agua de los estanques de la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.....	5
2	Comparación del perfil físico y químico de cuatro fuentes de cal usados para el encalado de los estanques de camarón de la finca Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.....	8
3	Comparación granulométrica de cuatro productos usados para el encalado de los estanques de la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.....	8
4	Comparación de los costos por unidad de Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT) de cuatro tipos de cal obtenidos al combinar su Eficiencia Granulométrica y su Equivalente Químico (EQ) correspondiente.	12
5	Comparación del precio de adquisición de cuatro tipos de cal para aplicar en 100 ha de espejo de agua durante un ciclo normal de cultivo de camarón en Choluteca, Honduras, 2005.....	12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1	Comparación de la turbidez (cm) del agua de los estanques encalados con cuatro tipos de cal a dos dosis (159 y 318 kg/ha) y el canal de abastecimiento de agua en la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.	8
2	Comparación de las concentraciones promedios mínimas de oxígeno disuelto (OD) en el agua de los estanques encalados con cuatro tipos de cal a dos dosis (159 y 318 kg/ha) y en el canal de abastecimiento de agua de la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.....	9
3	Comparación del cambio en el pH en el agua de los estanques encalados con cuatro tipos de cal a dos dosis (159 y 318 kg/ha) y en el canal de abastecimiento de agua en la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.....	10
4	Comparación de la alcalinidad en el agua de los estanques encalados con cuatro tipos de cal a dos dosis (159 y 318 kg/ha) y en el canal de abastecimiento de agua de la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.	10
5	Comparación de la concentración de algas (células totales/ml) en el agua de los estanques encalados con cuatro tipos de cal a dos dosis (159 y 318 kg/ha) y en el canal de abastecimiento de agua de la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.....	11
6	Comparación de la concentración de bacterias en el agua de los estanques encalados con cuatro tipos de cal a dos dosis (159 y 318 kg/ha) y en el canal de abastecimiento de agua de la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.	12

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1	Precipitación (mm) registrada en el mes de septiembre y salinidad (ppt) del agua de los estanques que se encaloron durante seis semanas con cuatro tipos de cal en la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.....	17
2	Resumen de los valores medios de los parámetros de calidad de agua evaluadas en estanques encalados con cuatro tipos de cal en la finca camaronera Promasur, Honduras, 2005.....	17

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo comercial de camarones de mar es una actividad que se ha desarrollado rápidamente en los últimos 35 años. En América, la especie de mayor importancia es el camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei*. Esta especie está geográficamente distribuida en las aguas costeras del Pacífico, desde California hasta Perú (Meyer 2004). En Honduras las exportaciones de camarón crecieron de US\$ 29 millones en 1990 a US\$ 124 en 1996 y genera alrededor de 25,000 empleos directos en la zona sur (Jené *et al.* 2000).

En un estanque con buena calidad de agua se obtiene mejor crecimiento del camarón que en uno de mala calidad. Los principales factores que afectan la población de camarones en un estanque son: el oxígeno disuelto, temperatura, turbidez, pH y concentración de amonio (TAN). Si los valores de estos parámetros no son los idóneos, son más frecuentes las mortalidades en los cultivos de camarón por diversos virus y bacterias presentes en el medio (Portillo 1995). El encalado es el método práctico más usado en las fincas para manejar adecuadamente dichos parámetros de calidad de agua (Morales 1997).

A altas tasas de aplicación (1 TM/ha) la cal actúa como un agente purificador que mejora la calidad del agua en estanques altamente eutrofizados, floculando el fitoplancton, bacterias y partículas suspendidas (Lares *et al.* 2001). Sin embargo, hay discrepancias entre los camaroneros en cuanto al tipo de cal a usar, las dosis, los objetivos del encalado y el momento para hacer las aplicaciones. Unos opinan que el único objetivo del encalado es la esterilización del estanque, otros citan múltiples razones (Haws *et al.* 2001).

Los productos que se utilizan como alcalinizantes, o correctivos de la acidez, son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y/o magnesio. Los hidróxidos forman bases fuertes y por eso reaccionan rápidamente, pero su efecto residual no es muy prolongado debido a que los OH⁻ aportados se consumen inmediatamente. Por otro lado, las bases débiles como la cal agrícola, son de reacción más lenta y de mayor efecto residual (Molina 1998).

La eficiencia de un material de encalado mejorando la calidad del agua esta fundamentada en características del material tales como: su pureza y forma química, el tamaño de las partículas y su poder relativo de neutralización total (PRNT). Una cal puede tener un mayor precio por unidad pero menor costo por unidad de PRNT (Espinoza 1999).

El objetivo del estudio fue comparar el efecto de cuatro productos disponibles para el encalado sobre la población de las algas, la concentración de oxígeno disuelto (OD), la turbidez, la carga bacteriana y la alcalinidad del agua usada para la cría de camarón en Honduras. Además, se comparó los costos del uso de estos productos en una camaronera.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en las instalaciones de la finca Productos Marinos del Sur, S. de R.L. (Promasur), ubicada en la aldea El Jicarito, Namasigüe, Choluteca, Honduras. El Jicarito cuenta con una temperatura y precipitación promedios anuales de aproximadamente 29° C y 1680 mm, respectivamente (Castro 1997).

2.2 UNIDADES EXPERIMENTALES

Se realizó el ensayo utilizando 23 estanques de tierra dedicados a la producción de camarones de 1 ha de espejo de agua cada uno y un estanque de 10 ha de extensión. Estos estanques fueron manejados con 0.80 m de profundidad y 10% de recambio de agua por día. Se emplearon seis aireadores eléctricos (2 HP) en cada estanque para evitar problemas con la falta de suficiente oxígeno disuelto en el agua.

Los estanques se sembraron a una densidad de 64 camarones/m² (sistema intensivo). Los camarones (*Litopenaeus vannamei*) recibían alimento balanceado peletizado que contenía 30% de proteína ofrecido en charolas o comederos de alimentación (40 charolas/ha). Cada charola medía 0.7 m de largo y 0.7 m de ancho. La cantidad de alimento para cada estanque se ofrecía en tres porciones (una en el día y dos en la noche). Se ajustó la cantidad diaria de alimento a ofrecer según el residuo que se observaba en las charolas.

2.3 TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron encalar con cuatro productos (Incal[®], Calciomar[®], Quimex90[®] y Dikari = cal artesanal) con dos tasas de aplicación (318 y 159 kg/ha). Los cuatro productos son hidróxidos de calcio (Ca(OH)₂). Los tratamientos fueron los siguientes:

- Incal[®] 159 kg/ha
- Incal[®] 318 kg/ha
- Calciomar[®] 159 kg/ha
- Calciomar[®] 318 kg/ha
- Quimex90[®] 159 kg/ha
- Quimex90[®] 318 kg/ha
- Dikari 159 kg / ha
- Dikari 318 kg/ha

2.4 ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE CADA PRODUCTO

Se tomó una muestra de 1 kg de cada cal escogidas al azar en la finca para su análisis en el Laboratorio de Suelos y en el Centro de Evaluación de Alimentos de Zamorano. Se utilizaron los procedimientos estándares para los siguientes análisis:

2.4.1 Composición química

Se estimó el contenido de calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}) de cada cal a través del método de dilución con ácido clorhídrico (HCl) y determinación por espectrofotometría de absorción atómica.

2.4.2 Granulometría

La fineza de las partículas individuales de la cal influye en su velocidad de reacción (Chávez 1993). Cada muestra se pasó por siete tamices de 75 a 600 μ (micras) de luz (en ese orden) para evaluar la fracción de las partículas de cada tamaño que formaba el total de la muestra. Lo retenido en cada tamiz se pesó, se dividió por el peso total de la muestra y se multiplicó por 100 para obtener el porcentaje correspondiente a cada tamaño.

2.4.3 Porcentaje de Poder Neutralizante (PPN).

El PPN de un material usado para encalar los suelos agrícolas y/o estanques es su capacidad porcentual de provocar un cambio en el pH del suelo o agua del estanque. Se estimó el PPN de cada producto por medio de una titulación ácido-base en la que se utilizó ácido clorhídrico 1 Normal.

2.4.4 Densidad aparente.

La densidad aparente de un material es el peso de una unidad de material seco que incluye la densidad de partículas y los espacios porosos del material (Erickson 2000). Se estimó la densidad de cada cal al medir el volumen que ocupa un peso conocido de la muestra de cal (con balanza analítica) al sumergirla en agua en una probeta calibrada:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso de la muestra (g)}}{\text{Aumento volumen de agua (ml)}}$$

2.4.5 Eficiencia Granulométrica (EG).

La EG es el porcentaje de efectividad de neutralización del material asociado a cada tamaño de partícula. La EG se calcula sumando los resultados de multiplicar cada porcentaje de la muestra retenida en cada tamiz por la eficiencia relativa (%) que corresponde a cada tamaño de partícula (Molina 1998).

2.4.6 Equivalente Químico (EQ).

El EQ se define como la capacidad del material para neutralizar la acidez, comparado con el poder de neutralización del carbonato de calcio (CaCO_3) químicamente puro, al cual se le asigna un valor de 100. El EQ de cada producto se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{EQ Ca(OH)}_2 = \% \text{ de CaO} \times 1.79 + \% \text{ de MgO} \times 2.48$$

2.4.7 Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT):

El PRNT indica que porcentaje de la cal, expresada por su equivalente químico (EQ), es capaz de reaccionar en un lapso de tres meses (Chávez 1993). Se obtuvo el PRNT con la siguiente fórmula:

$$\text{PRNT} = \frac{\text{EG} \times \text{EQ}}{100}$$

2.5 VARIABLES DE CALIDAD DE AGUA

Las variables de calidad de agua consideradas fueron escogidas por su influencia sobre el crecimiento del camarón (Cuadro 1). La concentración de oxígeno disuelto y turbidez se tomaron directamente en la compuerta de salida. Para los análisis de alcalinidad, pH y conteo de algas se extrajeron 150 ml de agua de cada uno de los 24 estanques para su análisis en el laboratorio de la finca. Los conteos de bacterias se hicieron en el Laboratorio Litoral en Choluteca (a 45 km de la finca). En este caso las muestras de agua se enviaban a 4 °C en hielera.

Cuadro 1. Parámetros de calidad de agua que se consideraron para evaluar cuatro fuentes de cal en afectar la calidad del agua de los estanques de la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.

Parámetro	Método o aparato	Frecuencia
Oxígeno disuelto	Medidor Poligráfico (YSI 57)	Diario (5 a.m. y 1 p.m.)
Turbidez	Disco de Secchi	Diario (1 p.m)
pH	Potenciómetro (Aquatic PH370)	Semanal
Alcalinidad	Espectrofotómetro (RS232)	Semanal
Población de algas	Hemacitómetro (Aquatic M36)	Dos veces por semana
Concentración bacteriana	Agar TCBS y transiluminador	Semanal

2.6 APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

El procedimiento para la aplicación de los productos fue:

- Se bajaba el nivel de agua de cada estanque a 0.60 m de profundidad.
- Se preparaba la cantidad de cal para cada estanque mezclándolo con agua en un recipiente de 113 litros flotando dentro de la laguna.
- Una vez que estaba bien diluida la cal con el agua, la persona responsable (el lagunero) recorría el estanque caminando desde la borda de entrada hacia la borda de salida tirando al voleo un litro de la mezcla cada dos pasos.
- Al terminar la aplicación de la cal, se agregaba agua a cada estanque hasta alcanzar la profundidad normal (0.80 m).
- Durante la aplicación de la cal, los estanques estaban cerrados (sin entrada y salida de agua).
- El programa de recambio continuo de agua en la finca (10% diario) se reiniciaba 24 horas después de cada aplicación de cal. Los aireadores se apagaban solamente en el momento de aplicar la cal.
- Las aplicaciones de cal no interferían con la alimentación y trabajos de muestreos de sanidad y población de los camarones. Estos continuaban como de rutina.
- Este procedimiento se hizo dos veces por semana durante seis semanas (agosto a octubre).

2.7 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE DATOS

2.7.1. Diseño experimental

Se trabajó con un diseño completamente al azar (DCA), con ocho tratamientos (cuatro tipos de cal por dos dosis cada uno) y tres repeticiones para cada uno (24 unidades experimentales).

2.7.2 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) por una prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) y separación de medias utilizando el programa estadístico “Statistical Analysis Systems” (SAS[®] 2001). Se consideró un nivel de significancia de $P < 0.05$.

3.7.3 Análisis de los costos

Se determinó el costo por unidad de PRNT (Poder Relativo de Neutralización Total) para cada cal. Para calcular esta variable se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Costo por unidad de PRNT} = \frac{\text{Costo por tonelada métrica de cal}}{\text{PRNT del material}}$$

Se proyectó los costos por cada 100 ha de espejo de agua en que incurriría la finca si encalara los estanques con cada uno de los productos bajo las dos dosis que se evaluaron (159 y 318 kg/ha) considerando dos aplicaciones semanales y un ciclo de cultivo de 14 semanas. Se comparó los precios unitarios de cada cal entre ellos y se usó como referencia los precios que otros proveedores dan a Zamorano para la cal hidratada y dolomítica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS QUÍMICO Y GRANULOMÉTRICO DE LOS PRODUCTOS

Se observó similares porcentajes de calcio (Ca^{++}), porcentaje de poder neutralizante y densidad aparente entre los cuatro productos analizados en el estudio (Cuadro 2). El contenido de magnesio (Mg^{++}) de Dikari resultó cuatro veces menor que el de los demás productos. Los materiales con más de 32% de Ca^{++} , alto contenido de Mg^{++} , alto poder neutralizante y mayor densidad aparente son de alta calidad por su efectividad en neutralizar la acidez y su alto grado de solubilidad en el agua (Nicholaides 1993). Los materiales de encalado que contienen Mg^{++} son muy efectivos en la neutralización debido a que el Mg^{++} tiene un peso molecular bajo (Nicholaides 1993).

Todos los productos analizados, a excepción de Calciomar[®], contenían partículas de gran variedad de tamaños, desde 75 hasta 600 μ . Solamente 6% de la muestra de Calciomar[®] pasó por el tamiz 60, mientras para Dikari, Quimex 90[®] e Incal[®] pasó 86, 63 y 77% de la muestra por el mismo tamiz, respectivamente. La condición ideal es que el 100% del material pase por el tamiz 30 ($\leq 425 > 250 \mu$) y 70-80% pase por el tamiz 60 (Rojas *et al.* 1996). Solamente los productos Incal[®] y Dikari cumplieron con esta condición.

3.2 TURBIDEZ

La turbidez del agua fue similar para los ocho tratamientos probados. Durante el estudio siempre se detectaron valores de turbidez dentro del rango óptimo para *L. vannamei* (Pretto 1994). A partir de la segunda semana del estudio se observó un aumento de la turbidez del agua de todos los estanques del ensayo (Figura 1). Esto se explica por las precipitaciones ocurridas en esos días que provocaron que la salinidad disminuyera de 40 hasta 0 partes por mil (Anexo 1). La precipitación tiende a incrementar la turbidez del agua por escorrentía. Después de una lluvia fuerte aumenta la cantidad de los sólidos en suspensión de los esteros de donde se bombea el agua para las fincas camaroneras.

Cuadro 2. Comparación del perfil físico y químico de cuatro fuentes de cal usados para el encalado de los estanques de camarón de la finca Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.

Producto	Ca ⁺⁺ (%)	Mg ⁺⁺ (%)	Poder neutralizante (%)	Densidad (g/ml)
Incal [®]	49.2	0.98	128.4	0.46
Calciomar [®]	50.2	0.99	129.1	0.46
Quimex 90 [®]	50.4	0.99	131.2	0.39
Dikari	50.9	0.25	130.2	0.55

Cuadro 3. Comparación granulométrica de cuatro productos usados para el encalado de los estanques de la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras. 2005.

Tamiz	Abertura (micras = 10 ⁻⁶ m)	Calciomar [®]	Quimex [®] (%)	Incal [®]	Dikari
+30	>425	11	3	3	3
+40	425 - 600	6	10	6	3
+60	250 - 426	47	24	14	8
+80	180 - 251	6	55	43	12
+100	150 - 180	0	5	26	38
+200	75 - 150	0	2	6	10
-200	<150	0	1	2	26

+ retenido en el tamiz

- pasado a través del tamiz

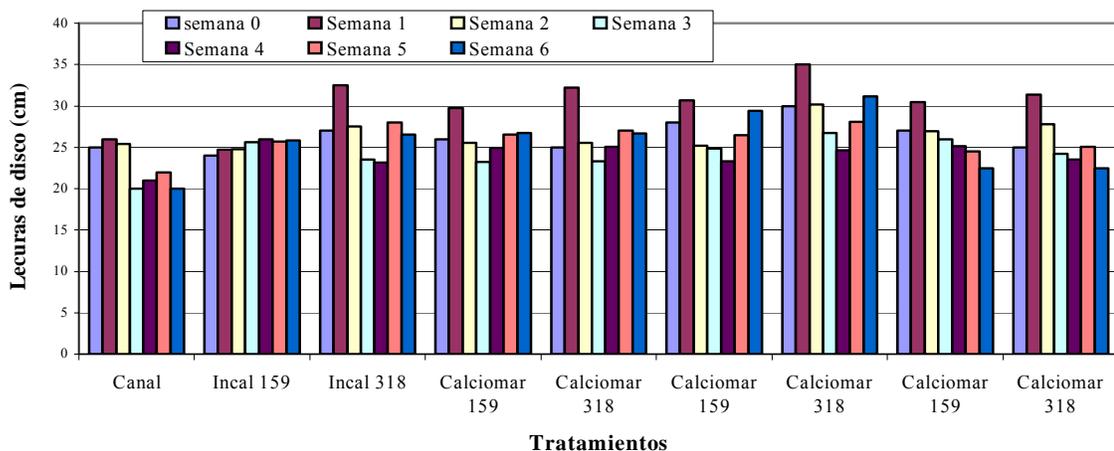


Figura 1. Comparación de la turbidez (cm) del agua de los estanques encalados con cuatro tipos de cal a dos dosis (159 y 318 kg/ha) y el canal de abastecimiento de agua en la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.

3.3 OXÍGENO DISUELTO (OD)

No hubo diferencia significativa en la concentración promedio de los niveles de OD mínimos detectados en el agua de los estanques del ensayo. Se observó un patrón general de disminución en la concentración de OD del agua en la tercera y cuarta semanas. Luego la concentración OD aumentaba desde la cuarta hasta la sexta semanas del ensayo (Figura 2). Las concentraciones mínimas (5 AM) de OD se mantuvieron arriba de 3.0 ppm y dentro del rango óptimo para el camarón blanco del Pacífico (Anzola 1997).

3.4 pH Y ALCALINIDAD

Se observó un aumento general del pH del agua en todos los estanques durante las seis semanas del ensayo (Figura 3). Los estanques encalados con Calciomar[®] y Dikari tuvieron un aumento promedio de 1.3 y 1.2 unidades, respectivamente. En los estanques que se les aplicó Incal[®] a 159 kg/ha se observó un aumento de 0.43 unidades en las seis semanas. El pH del agua de los estanques se mantuvo entre 6.5 y 9.3 y dentro del rango óptimo para cultivar el camarón blanco del Pacífico (Boyd 1989).

La alcalinidad de todos los estanques incrementó durante las seis semanas de estudio (Figura 4). Con Incal a 318 kg/ha la alcalinidad aumentó en 52% más que con la dosis de 159 kg/ha. Con los demás productos no se observó un aumento de la alcalinidad del agua al duplicar la dosis de cal. En general los estanques se mantuvieron entre 62 y 88 ppm de alcalinidad. Valores entre 80 y 130 ppm de alcalinidad son idóneos para el cultivo de camarón (Molina 1998).

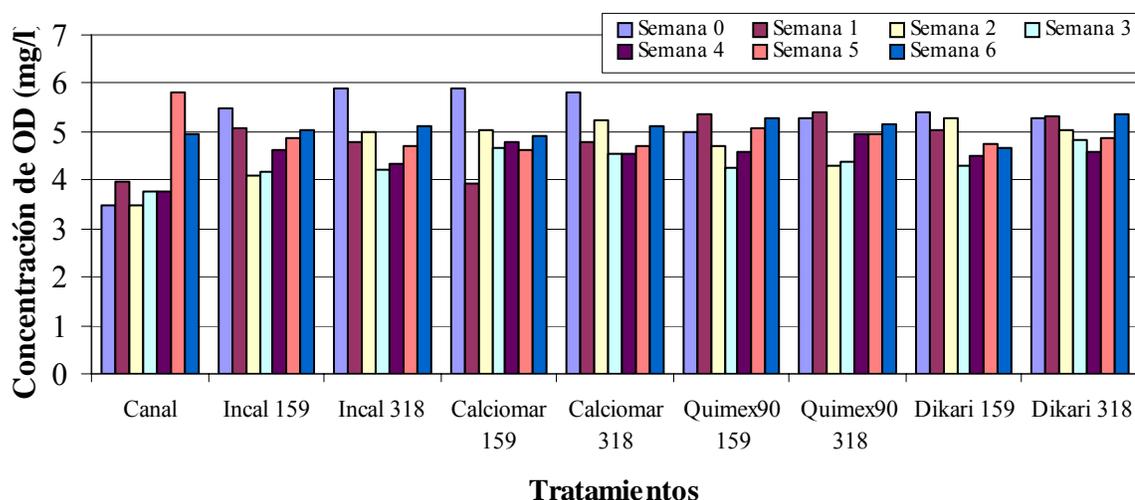


Figura 2. Comparación de las concentraciones promedios mínimas de oxígeno disuelto (OD) en el agua de los estanques encalados con cuatro tipos de cal a dos dosis (159 y 318 kg/ha) y en el canal de abastecimiento de agua de la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.

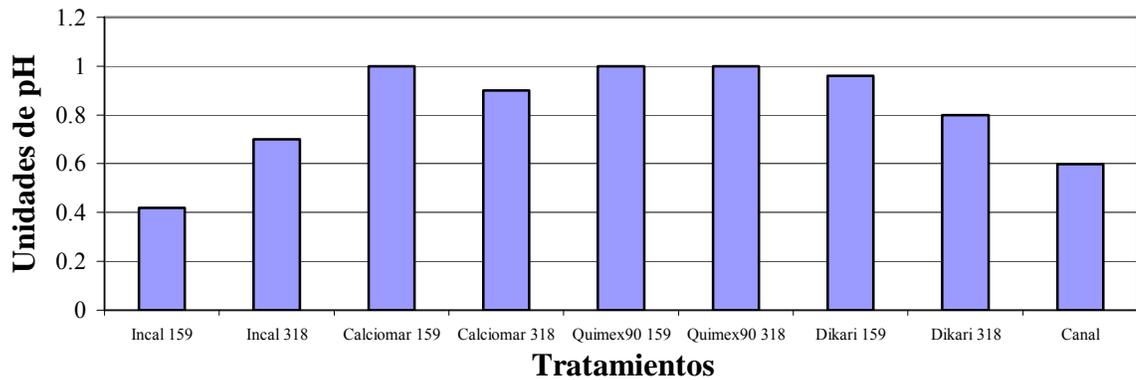


Figura 3. Comparación del cambio en el pH en el agua de los estanques encalados con cuatro tipos de cal a dos dosis (159 y 318 kg/ha) y en el canal de abastecimiento de agua en la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.

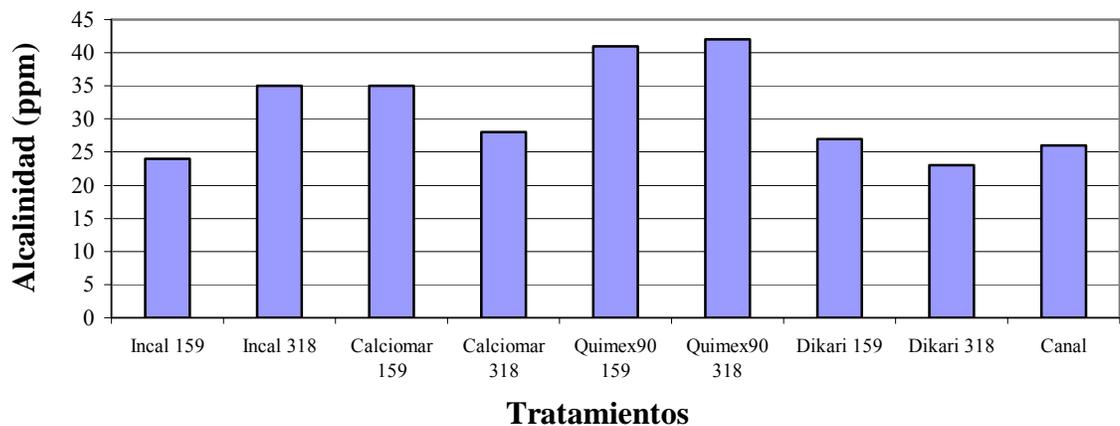


Figura 4. Comparación de la alcalinidad en el agua de los estanques encalados con cuatro tipos de cal a dos dosis (159 y 318 kg/ha) y en el canal de abastecimiento de agua de la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.

3.5 CONCENTRACIÓN DE FITOPLANCTON

No se encontró diferencia significativa entre las concentraciones de algas en el agua de los estanques con los ocho tratamientos. En promedio, la concentración de algas en el agua de todos los estanques aumentó en un 88% (de 45 a 85 mil células por ml) desde la cuarta a la sexta semana, excepto en los estanques que se encalaron con Dikari a 159 kg/ha en donde bajó en la semana seis (Figura 6). Para el cultivo de *L. vannamei* se prefiere una concentración de algas entre 500 a 750 mil células/ml. Fuera de este rango hay exceso en la producción de oxígeno durante el día y gran consumo por la noche (Rodríguez 1997).

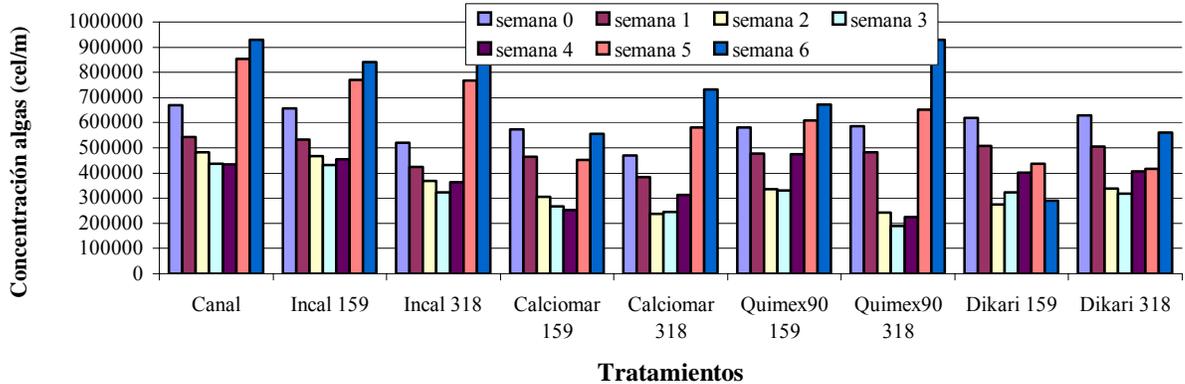


Figura 5. Comparación de la concentración de algas (células totales/ml) en el agua de los estanques encalados con cuatro tipos de cal a dos dosis (159 y 318 kg/ha) y en el canal de abastecimiento de agua de la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.

3.6 CONCENTRACIÓN DE BACTERIAS

La concentración inicial de bacterias en la columna de agua fue irregular para los ocho tratamientos. Se observó una disminución de la población bacteriana en el agua en la segunda semana del ensayo (Figura 6). Sin embargo, en las seis semanas del ensayo esa diferencia no fue estadísticamente significativa.

Se observó que con aplicaciones de Dikari a 159 kg/ha y Calciomar[®] a 318 kg/ha las poblaciones de bacterias disminuyeron en 800 y 700% (de 4,950 a 550 y de 2,500 a 300 unidades formadoras de colonias/ml, respectivamente). Con los demás tratamientos las bacterias disminuyeron en solamente 150% con respecto al nivel inicial. La concentración de bacterias en el agua debe ser la mínima posible. Para el bienestar del camarón el recuento total bacteriano en el agua debe ser menor a 800 ufc/ml (Rodríguez 1997).

3.7 ANÁLISIS DE LOS COSTOS

3.7.1 Costos por unidad PRNT de cada producto

Los cuatro productos presentaron diferentes costos por unidad de su PRNT. La cal Dikari fue 2.5 veces más barata por unidad PRNT que Calciomar[®] (US\$ 1.04 y 2.64 respectivamente). La Incal[®] y Quimex 90[®] tuvieron valores similares (Cuadro 4). Se recomienda que la cal empleada para encalar estanques de camarones tenga un PRNT mínimo de 35% (Malavolta 1992).

3.7.2 Proyección de costos para cada producto

Los cuatro productos tienen precios unitarios diferentes y costos de aplicación diferentes (Cuadro 3). La Incal[®], Calciomar[®] y Quimex[®] tuvieron un sobreprecio promedio de 14%, mientras que Dikari tiene un subprecio de 17%, con respecto al costo de la cal que se usa en Zamorano. Se observó que al usar Dikari se tendría un ahorro en costos del 36%. El uso de la Incal[®] y Calciomar[®] resultó 6% más costoso que usar Quimex 90[®].

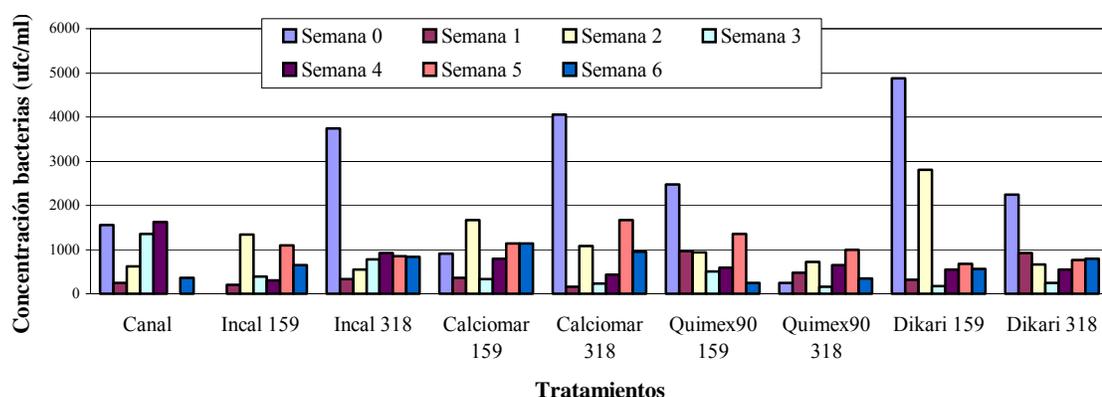


Figura 6. Comparación de la concentración de bacterias en el agua de los estanques encalados con cuatro tipos de cal a dos dosis (159 y 318 kg/ha) y en el canal de abastecimiento de agua de la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.

Cuadro 4. Comparación de los costos por unidad de Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT) de cuatro tipos de cal obtenidos al combinar su Eficiencia Granulométrica y su Equivalente Químico (EQ) correspondiente.

Producto	EG (%)	EQ (%)	PRNT (%)	Costo/ton (US \$)	[§] Costo/PRNT (US \$)
Calciomar [®]	50.80	70.83	35.98	95.06	2.64
Quimex 90 [®]	82.00	72.15	59.16	96.06	1.62
Incal [®]	88.40	72.41	64.01	90.06	1.41
Dikari	92.60	71.72	66.41	68.82	1.04

[§]Sin IVA incluido, tasa de cambio L. 19.0275/US\$

Cuadro 5. Comparación del precio de adquisición de cuatro tipos de cal para aplicar en 100 ha de espejo de agua durante un ciclo normal de cultivo de camarón en Choluteca, Honduras, 2005.

Producto	Costo/ton (US \$)	Costos Totales por ciclo de 14 semanas [§] (US\$)	
		Dosis: 159 kg/ha	318 kg/ha
Incal [®]	95.06	42,320.71	84,641.42
Calciomar [®]	96.06	42,765.91	85,531.82
Quimex 90 [®]	90.06	40,094.71	80,189.42
Dikari	68.82	30,639.60	61,279.20
Cal hidratada	82.13	36,565.34	73,130.68
Cal dolomítica	80.84	35,991.16	71,982.52

[§]Sin impuesto sobre venta (IVA) incluido. Tasa de cambio 19.0275 L./ 1 US\$.

4. CONCLUSIONES

Todos los estanques encalados tuvieron parámetros de calidad de agua adecuados para el cultivo de camarón (*L. vannamei*) durante el tiempo del estudio.

No hubo diferencia significativa entre los tratamientos sobre la concentración del oxígeno disuelto, turbidez, alcalinidad, pH, fitoplancton ni bacterias en el agua de los estanques.

En los estanques encalados con Dikari los costos fueron 36% menores comparados con los costos incurridos con los demás productos. Los mayores costos fueron incurridos con las aplicaciones de Calciomar[®].

5. RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones de la finca Promasur conviene económicamente usar el producto Dikari a 159 kg/ha para el encalado de los estanques de camarón.

Comprobar si los efectos de estos productos sobre la calidad del agua se reflejan en el mejor desempeño de los camarones (mayor tasa de ganancia de peso, mayor supervivencia y mejor rendimiento/ha).

Para estudios futuros se debe repetir el ensayo en el ciclo de verano y en el de invierno.

Comparar los resultados obtenidos en de finca con un estudio bajo condiciones controladas en laboratorio.

6. BIBLIOGRAFÍA

Anzola, E. 1997. Factores Físicos y Químicos de Calidad de Agua: Calidad del Agua en Acuicultura Continental. Estación Piscícola INPA. Cartagena, Colombia. 100 p.

Boyd, C. 1989. Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming. Auburn University Agriculture Experiment Station. Alabama, Estados Unidos. 83 p.

Castro, M. 1997. Datos climáticos de las zonas costeras de Honduras: Clasificación climática de Honduras (en línea). SERNA (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente). Tegucigalpa, Honduras. Consultado 10 ago.2005. Disponible en <http://www.serna.gob.hn/sinia/DIME/PA1997/Paginas/Porcuadro2.htm>. 25 p.

Chávez, M. 1993. Importancia de las características de los correctivos de acidez del suelo: Desarrollo de un ejemplo práctico para su cálculo (en línea). San José, Costa Rica. DIECA (Dirección de Investigación y extensión de la Caña de Azúcar). Consultado 11 set. 2005. Disponible en <http://www.laica.co.cr/dieca.asp>.

Espinoza, J. 1999. Calidad de los materiales de encalado: Acidez y encalado de los suelos. INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo). Quito, Ecuador. 8 p.

Erickson, N. 2000. Propiedades físicas del suelo: Manual de Laboratorio Introducción a Suelos. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 10 p.

Haws, M.; Boyd, C.; Green, B. 2001. Principales razones del encalado en camarónicas: Manual de Buenas Prácticas de Manejo en Fincas Camaroneras. SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria). Tegucigalpa, Honduras. 157 p.

Jené, X.; De Loma, E.; Castillo, R.; Ganoza, V. 2000. Situación del subsector transformado de la pesca y la acuicultura: Estudio de la Industria Agroalimentaria en Honduras. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). San José, Costa Rica. 117 p.

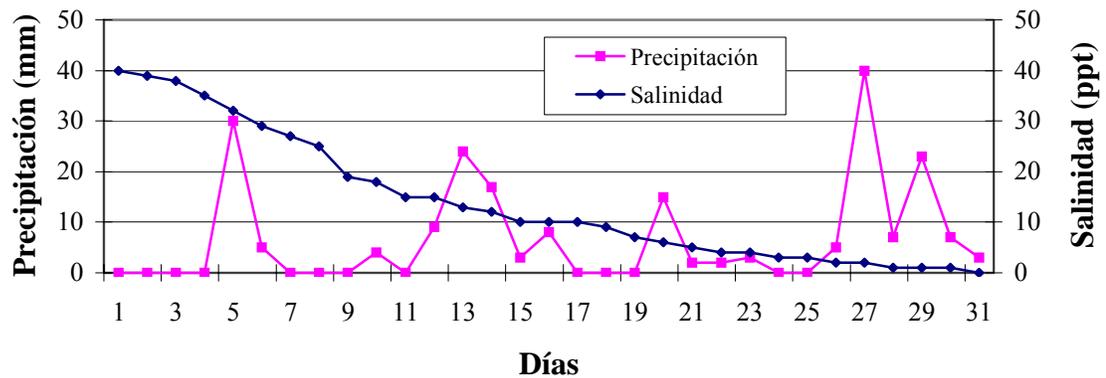
Lares, F.; Casillas, R.; Ibarra, J. 2001. Efectividad de la aplicación del Hidróxido de Calcio en los estanques de post-larvas de *Litopenaeus vannamei*. Instituto Tecnológico de Sonora, México. 12 p.

Malavolta, E. 1992. Reacción del suelo y el café. Memorias del seminario "Fertilización y Nutrición del Café". ANACAFE-INPOFOS (Asociación Nacional del Café-Instituto de la Potasa y el Fósforo). Guatemala, Guatemala. 66 p.

- Meyer, D. 2004. Introducción a la acuicultura. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 135 p.
- Morales, V. 1997. Levantamiento Larvario de Camarones Penéidos. (PRADEPESCA) Programa Regional de Apoyo al Desarrollo de la Pesca en el Istmo Centroamericano. Panamá, Panamá. 18 p.
- Molina, E. 1998. Materiales de encalado: Encalado para la corrección de la acidez del suelo. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 19 p.
- Nicholaides, J. 1993. Liming materials: Origin, composition, use and effects. In CRC Handbook of Nutritional Supplements. Vol II. Ed. por M. Recheilg, Florida. CRC Press. Florida, Estados Unidos. 337 p.
- Portillo, H. 1995. La ecotoxicología una alternativa para la evaluación de la calidad del agua: Cuaderno sobre el Estado Sanitario y Ambiental de Honduras No. 3. Tegucigalpa, Honduras. 35 p.
- Pretto, R. 1994. Manual de cría de camarones penéidos en estanques de agua salobres. Editorial Guillermo Ríos Durán. Panamá, Panamá. 250 p.
- Rodríguez, H. 1997. Factores Físicos y Químicos de Calidad de Agua: Calidad del Agua en Acuicultura Continental. Estación Piscícola INPA. Cartagena, Colombia. 100 p.
- Rojas, A.; Molina, E.; Morales, F. 1996. Evaluación agronómica de tres fuentes de cal en el cultivo de naranja: X Congreso Agronómico Nacional. Colegio de Ingenieros Agrónomos. San José, Costa Rica. Vol. III. 143 p.
- SAS, Institute. 2001. SAS user guide: statics. Version 8.0. Edition SAS Institute Inc. Cary, NY. 530 p.
- Urdiales, 1996. Policultivo de Camarón (*Litopenaeus vannamei*) y Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en pilas de concreto. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 45 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Precipitación (mm) registrada en el mes de septiembre y salinidad (ppt) del agua de los estanques que se encalaron durante seis semanas con cuatro tipos de cal en la finca camaronera Promasur, Choluteca, Honduras, 2005.



Anexo 2. Resumen de los valores medios de los parámetros de calidad de agua evaluadas en estanques encalados con cuatro tipos de cal en la finca camaronera Promasur, Honduras, 2005.

Tratamientos	Dosis (kg/ha)	Parámetros				
		Oxígeno (mg/l)		Algas (cel/ml)	Turbidez (cm)	Bacterias (ufc/ml)
		PM	AM			
Incal [®]	159	11.2	4.7	583,775	25.3	629.9
Calciomar [®]		11.1	4.6	422,947	26.0	1329.3
Quimex 90 [®]		11.0	4.8	428,992	26.5	898.4
Dikari		10.7	4.8	430,533	27.5	1181.2

Incal [®]	318	10.5	4.7	514,001	27.6	799.8
Calciomar [®]		10.9	4.7	372,814	27.4	1103.3
Quimex 90 [®]		11.8	4.9	497,418	29.1	765.5
Dikari		11.4	5.0	436,296	25.4	944.5
Canal		10.2	4.6	662,247	25.9	846.3