



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

**“Evaluación de tres regímenes de alimentación y del uso de
geomembrana sobre el cultivo intensivo de camarón bajo
invernadero”**

Tesis de Grado
Previa a la obtención del título de:

MAGISTER EN CIENCIAS

Presentada por:
Wilfrido Ernesto Argüello Guevara

Guayaquil – Ecuador

2006

TESIS ELABORADA CON EL SOPORTE DE:



FUNDACIÓN CENAIM-ESPOL



COOPERACIÓN TÉCNICA BELGA



**UNIVERSIDAD DE GANTE
BÉLGICA**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE LOVAINA – BÉLGICA**

VITA

Wilfrido Ernesto Argüello Guevara, hijo de Wilfrido Argüello Villacís y Angelita Guevara Villamar, nació el 24 de mayo de 1981 en la ciudad de Milagro, Ecuador. Estudió en la Escuela de Biología de la Universidad de Guayaquil donde obtuvo el título de Biólogo en octubre del 2003. Fue aceptado en el programa de Maestría en Acuicultura Marina de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, becado por la Cooperación Técnica Belga, en octubre del 2003.

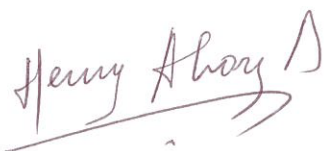
DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).



Wilfrido Argüello Guevara

TRIBUNAL DE TESIS

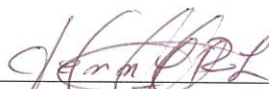
Ac. Henry Álvarez Arellano
Presidente del Tribunal



Laurence Massaut, Ph.D.
Director de Tesis



María de Lourdes Cobo, M.Sc.
Miembro del Tribunal



Jenny Rodríguez, Ph.D.
Miembro del Tribunal



Stanislaus Sonnenholzner, Ph.D.
Miembro del Tribunal

AGRADECIMIENTOS

A Dios, fuente de mi vida e inteligencia por bendecirme día a día.

A mi familia, quienes me han dado todo su amor y su apoyo incondicional en el caminar constante por alcanzar mis metas.

A Jorge Calderón, Ph.D., ex-coordinador de la Maestría, por aceptarme dentro del programa y ser un ejemplo de realización profesional.

A Laurence Massaut, Ph.D., por su amistad, consejos, paciencia y acertada dirección para culminar con éxito este trabajo.

A Daniel Chalén, por ser un verdadero amigo y enseñarme que cada uno se va haciendo camino con sinceridad, honestidad, esfuerzo y mucho trabajo.

A Marcia Pacheco, por demostrarme que con el paso del tiempo nuestra amistad se fortalece y se convierte en un sentimiento verdadero y eterno. *Gracias mi rambito!!!*

A Jacqueline Ortiz, Luis Rendón, Enrique Suquilanda y María Zambrano mas que grandes amigos, *los mejores !!* A pesar de la distancia siempre han estado conmigo.

A la Cooperación Técnica Belga por el financiamiento parcial de esta Tesis.

Al personal de la Estación Experimental del CENAIM y de los laboratorios de calidad de agua y microbiología por su esmerada dedicación en el desarrollo de este trabajo.

A F. Pazmiño, J.P. Castillo, J. Córdoba, N. Espinoza y E. Escala por su desinteresada colaboración en el trabajo de campo en la Estación Experimental.

A los profesores de la Maestría, por impartirme sus conocimientos sin egoísmo.

A M.A. Bravo, M. Lucas, J.L. Vélez, R. Román, G. Cárdenas, G. Casco, C. Pulgarín, R. Orrala, A. Valladares, M5 y M6 por los buenos momentos compartidos.

Al personal Técnico y Administrativo, Operaciones básicas, y todo quienes hacen CENAIM, me llevo lo mejor de ustedes.

Wilfrido

DEDICATORIA

Ejemplo puro de amor divino, por ser mi inspiración e iluminarme con sus sonrisas

A mis amados sobrinos

Arnette Tashina, José Ernesto y Mia Gianella

Con todo mi amor

Wilfrido

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
RESUMEN.....	xiii
1. Introducción	1
2. Revisión bibliográfica.....	4
2.1. Producción intensiva de camarón	4
2.2. Alimentación en sistemas intensivos	8
2.3. Procesos microbianos en estanques de camarón y su influencia sobre la calidad del agua	10
2.4. Importancia del suelo en sistemas de producción de camarón.....	14
3. Materiales y Métodos.....	16
3.1. Diseño experimental	16
3.2. Manejo del ciclo de cultivo	17
3.3. Parámetros de calidad del agua y suelo.....	19
3.4. Productividad primaria y respiración del plancton.....	22
3.5. Análisis estadísticos	22
4. Resultados	24
4.1. Crecimiento, supervivencia y producción de camarón	24
4.2. Parámetros de calidad del agua y suelo.....	25
4.3. Niveles de oxígeno disuelto, productividad primaria y tasa de respiración.....	31
5. Discusión.....	33
5.1. Crecimiento, supervivencia y producción de camarón	33

5.2. Parámetros de calidad del agua.....	35
6. Conclusiones	38
7. Recomendaciones.....	39
8. Anexos.	40
8.1. Anexo I: Fórmulas utilizadas para el cálculo del FCA y SGR.....	40
8.2. Anexo II: Valores p y ANOVA de dos vías para los efectos principales tipo de fondo, tipo de régimen alimenticio y sus interacciones para las variables de producción del cultivo intensivo de <i>L. vannamei</i> bajo invernadero.....	41
8.3. Anexo III: Valores p y ANOVA de dos vías para los efectos principales tipo de fondo (F), tipo de régimen alimenticio (A) y sus interacciones para las variables de calidad de agua evaluadas durante el cultivo intensivo de <i>L. vannamei</i> bajo invernadero.....	45
9. Bibliografía.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representación esquemática de la repartición aleatoria de los tres protocolos de alimentación dentro de cuatro bloques de seis estanques, dos bloques con fondos de tierra y dos con liners.	17
Figura 2: Crecimiento semanal estimado de <i>L. vannamei</i> en cultivo intensivo bajo invernadero.	24
Figura 3. Evolución en el tiempo de las lecturas del disco Secchi (cm) durante el periodo de cultivo.....	26
Figura 4: Fluctuaciones en el tiempo de las concentraciones de clorofila <i>a</i> (a y b); TSS (c y d) y POM (e y f), en estanques con fondo de tierra y liner durante el cultivo intensivo de <i>L. vannamei</i> bajo invernadero.	27
Figura 5. Fluctuaciones en el tiempo de las concentraciones de TAN (a y b); DN (c y d) y SRP (e y f), en estanques con fondo de tierra y liner durante el cultivo intensivo de <i>L. vannamei</i> bajo invernadero.	29
Figura 6. Fluctuaciones en el tiempo de las concentraciones de bacterias totales (a y b) y vibrios (c y d), en estanques con fondo de tierra y liner durante el cultivo intensivo de <i>L. vannamei</i> bajo invernadero.	30

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Combinaciones obtenidas con el diseño experimental.....	16
Tabla 2:	Ejemplo teórico de los cálculos de requerimiento para alimento y cáscara de arroz para los estanques experimentales (500 m ²).	19
Tabla 3:	Valores mínimo y máximo de los parámetros físicos registrados durante el cultivo de <i>L. vannamei</i> con tres regímenes de alimentación en sistemas intensivos bajo invernadero.....	20
Tabla 4:	Media ($\pm$ desviación estándar) de los parámetros de producción de <i>L. vannamei</i> , bajo tres regímenes de alimentación en sistemas intensivos con invernadero.	25
Tabla 5:	Concentraciones medias ($\pm$ desviación estándar) de las variables de calidad del agua evaluadas durante el cultivo intensivo de <i>L. vannamei</i> bajo invernadero.	28
Tabla 6:	Promedio de las variables de calidad del suelo ($\pm$ desviación estándar) evaluadas al inicio y final del cultivo intensivo de <i>L. vannamei</i> bajo invernadero.	31
Tabla 7:	Medías ($\pm$ desviación estándar) del consumo y producción de oxígeno disuelto, de su relación (P/R) y de la cantidad de aeración aplicada en los estanques durante el cultivo intensivo de <i>L. vannamei</i> bajo invernadero.	32

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análisis de Varianza
CENAIM	Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas
DIM	Materia inorgánica disuelta
DN	Nitrógeno disuelto
DOM	Materia orgánica disuelta
FCA	Factor de conversión alimenticia
PIM	Materia inorgánica particulada
POM	Materia orgánica particulada
SGR	Tasa de crecimiento específico
SRP	Fosfato soluble reactivo
TAN	Nitrógeno amoniacal total
TCBS	Tiosulfato Citrato Bilis Sucrosa
TDS	Sólidos disueltos totales
TSS	Sólidos suspendidos totales
UFC/mL	Unidades formadoras de colonias por mililitro

RESUMEN

Se evaluaron tres regímenes de alimentación para el cultivo intensivo (80 PL/m²) de camarón *Litopenaeus vannamei* en estanques bajo invernadero (500 m²) con y sin fondos recubiertos por geomembrana y en base a un diseño de parcelas divididas (split plot). La parcela completa (whole plot) correspondió a la ausencia o presencia de geomembrana y las sub-parcelas (split plot) representaron tres protocolos de alimentación: control (35% de proteína), baja proteína (22% de proteína) y baja proteína con adición de carbohidratos (cáscara de arroz). Se obtuvieron seis combinaciones, cada una con dos réplicas. La cáscara de arroz fue adicionada en relación con la cantidad de nitrógeno suministrada con el alimento, manteniendo una relación 8C:1N y asumiendo que el 40% del nitrógeno que entra con el alimento es asimilado por el camarón. Después de 89 días de cultivo, la supervivencia osciló entre 31 y 40% y se alcanzó un rendimiento promedio de 2.427 kg/ha, sin observar diferencias por el tipo de fondo. Sin embargo, los rendimientos fueron más altos en los estanques que recibieron el alimento de 35% de proteína ($P = 0,03$) como resultado de un mejor crecimiento ($P < 0,01$), mayor peso promedio al momento de la cosecha ($P < 0,01$) y mejor FCA ($P = 0,02$). La adición de cáscara de arroz no mejoró de manera significativa los factores de producción, comparando con el tratamiento de baja proteína. En general, las concentraciones de las variables de calidad del agua se incrementaron en el transcurso del cultivo, sin presentar diferencias significativas entre tipo de fondo o regímenes alimenticios. Sin embargo, los estanques con adición de cáscara de arroz presentaron concentraciones de fosfato soluble reactivo y materia inorgánica disuelta más altas ($P = 0,05$ y $P < 0,01$, respectivamente), sin resultar en un incremento en las concentraciones de bacterias totales ($P = 0,96$). Los estanques presentaron concentraciones muy altas de fitoplancton (promedio de 384 ± 326 µg de

clorofila *a* por L), lo que ocasionó altas tasas de respiración (entre 3,51 y 6,48 mg O₂/L/h) que fueron mayores en los estanques con geomembrana ($P = 0,01$) y en los estanques control en relación con los estanques que recibieron la fuente de carbohidratos ($P = 0,03$). En conclusión, el uso de una dieta baja en proteína redujo los niveles de producción de camarón en sistemas intensivos bajo invernadero, y la adición de una fuente de carbohidratos no logró mejorarlos, tampoco mejoró la calidad del agua en estos sistemas.

1. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua en sistemas de cultivo de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) determina los niveles de producción que se pueden alcanzar (Boyd y Tucker, 1998; McIntosh *et al.*, 2000). La estrategia ampliamente utilizada para su manejo en muchos estanques de producción, es realizar frecuentes recambios de agua, lo que permite mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto y reducir la carga en materia orgánica y amonio, los cuales tienden a incrementarse a lo largo del ciclo de cultivo. Sin embargo, se ha demostrado altas tasas de producción en sistemas con cero recambio, manteniendo una adecuada calidad del agua (Samocha *et al.*, 1998; Velasco *et al.*, 1998; Tacon *et al.*, 2002; Burford *et al.*, 2003). Un sistema cerrado conlleva como ventaja la reducción de la descarga de nutrientes y sólidos suspendidos en aguas costeras que pueden contribuir a la eutrofización del ecosistema circundante. Por otro lado, los recambios eliminan nutrientes y plancton, por lo tanto disminuyen la productividad natural y su contribución en la alimentación del camarón en cultivo (Boyd, 1998).

Optimizar la utilización del alimento balanceado puede resultar en el mejoramiento de la calidad del agua, reduciendo la necesidad de hacer recambios (Boyd y Tucker, 1998; McIntosh *et al.*, 2001). De todo el alimento adicionado en estanques camaroneros comerciales, sólo del 25 al 45% del nitrógeno, del 20 al 30% del fósforo y del 10 al 15% del carbono son convertidos en tejido del camarón (Funge-Smith y Briggs, 1998; Martin *et al.*, 1998; Teichert-Coddington *et al.*, 2000; Saldias, 2001; Jackson *et al.*, 2003). El resto es aprovechado por la microflora de los estanques de producción, o se acumula como nutrientes inorgánicos que pueden llegar a concentraciones tóxicas para el animal en cultivo. La cantidad de amonio excretado por peces y camarones, así como el nivel de

sólidos suspendidos totales, están directamente relacionados con la cantidad de nitrógeno suplido por el contenido de proteína en la dieta y con la tasa de alimentación (Samocha *et al.*, 1998).

Reducir el contenido de proteína en el alimento puede tener múltiples beneficios, puesto que los alimentos con alto contenido de proteína, representa un gasto mayor en la producción de camarón y puede tener impactos negativos en la calidad del agua de cultivo, generando un incremento en nitrógeno amoniacal y otros compuestos nitrogenados inorgánicos (Molina-Poveda, 1998; Tacon, 2002). Aunque los animales acuáticos necesitan altas concentraciones de proteína en el alimento, debido a que la producción de su energía depende, en gran parte, de la oxidación y catabolismo de proteínas (Avnimelech, 1999), existen reportes exitosos en el cultivo de *L. vannamei* utilizando dietas con bajos niveles de proteína (Velasco *et al.*, 1999; Velasco *et al.*, 2000; McIntosh *et al.*, 2001; Martínez-Córdova *et al.*, 2002; Burford *et al.*, 2003; Martínez-Córdova *et al.*, 2003). Sin embargo, estimar hasta cuánto se puede reducir la proteína sin afectar la producción es complicado, ya que muchos factores (biológicos, químicos y estacionales) determinan cómo se alimenta el camarón y cómo utiliza la proteína en la dieta.

Algunos trabajos han propuesto la estimulación de un flóculo bacteriano como fuente adicional de proteína para el camarón, al mismo tiempo, estos flóculos podrían reducir los niveles de nitrógeno amoniacal total y de materia orgánica disuelta en el sistema de cultivo (Avnimelech, 1999; Burford *et al.*, 2003). Trabajos teóricos indican que, a través de la estimulación del crecimiento de bacterias beneficiosas se podría mejorar la calidad del agua, llegando a modificar comunidades microbianas en el agua y sedimento,

reduciendo o eliminando microorganismos patógenos y mejorando el crecimiento y supervivencia de especies acuáticas cultivadas (Moriarty, 1998; Samocha *et al.*, 1998). Por otro lado, con la adición de carbohidratos en el sistema y el consecuente incremento en crecimiento bacteriano, se remueve el amonio de la columna de agua a través de su asimilación dentro de proteínas microbianas (Avnimelech *et al.*, 1995; Avnimelech, 1999; Hari *et al.*, 2004).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la posibilidad de utilizar una dieta con bajo porcentaje de proteína en sistemas intensivos de cultivo de camarón bajo invernadero sin y con fondos recubiertos por geomembrana (liners) y la necesidad de fomentar la producción de proteínas bacterianas como suplemento a esta dieta para alcanzar niveles adecuados de producción. Se esperó reducir costos, contribuyendo en el desarrollo de buenas prácticas de manejo, incrementando la eficiencia en el uso de recursos y reduciendo el potencial impacto ambiental de estos sistemas de cultivo intensivo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. PRODUCCIÓN INTENSIVA DE CAMARÓN:

Actualmente los bajos precios establecidos en los mercados internacionales de venta de camarones, obligan a quienes se dedican a su cultivo a buscar nuevas fórmulas para maximizar su producción a bajo costo. El sector productor de camarón ha ensayado varias estrategias para incrementar las producciones, tratando de establecer metodologías costo-efectivas, una de ellas ha sido la implementación de sistemas intensivos de cultivo en estanques relativamente pequeños. La ventaja de los sistemas intensivos es que permiten alcanzar niveles altos de producción en menor área de cultivo, pero requieren de altas inversiones económicas para su desarrollo (gastos para adecuaciones de estanques, alimento de alta calidad, sistema de aeración, y para mantener la calidad del agua y suelo). Existen reportes en los que la producción en estos sistemas ha dado excelentes resultados, con rendimiento sostenible en el tiempo por encima de 10.000 kg/ha/ciclo (Samocha *et al.*, 1998; Velasco *et al.*, 1998; McIntosh *et al.*, 2000; McIntosh *et al.*, 2001; Burford *et al.*, 2003; Tacon *et al.*, 2002). En el futuro los cultivos intensivos tomarán más importancia (Thakur y Lin, 2003), sin embargo, sus retos serán entender los procesos ecológicos subyacentes que permitan lograr de manera repetible altos niveles de producción a menor costo.

Varios son los mecanismos empleados en los sistemas intensivos para mantener una relación amigable con el medio ambiente. Generalmente, se recomienda operarlos con cero recambio de agua (Burford *et al.*, 2003), lo que les permite desasociarse completamente de su dependencia de la zona costera (McNeil, 2001). Un sistema sin recambio de agua evita los siguientes problemas asociados con sistemas abiertos: (1)

descarga de efluentes durante los recambios de agua y cumplimiento con regulaciones medioambientales, limitando la liberación de aguas ricas en nutrientes al medio ambiente; (2) riesgo de introducir patógenos bombeando aguas contaminadas; (3) costo asociado con el bombeo de grandes volúmenes de agua. Sin embargo, los sistemas cerrados se caracterizan por una rápida eutrofización del agua de los estanques, como resultado del aumento de las concentraciones de nutrientes y materia orgánica sobre el periodo de cultivo (Thakur y Lin, 2003). Los nutrientes acumulados dentro del sistema soportan el crecimiento de microorganismos, que a su vez, pueden servir de alimento natural y contribuir al crecimiento del camarón. Así mismo, ocasionan problemas para los organismos cultivados como estrés, bajo crecimiento y disminución en el consumo de alimento (Molina-Poveda, 1998; Martínez-Córdova *et al.*, 2002).

Parte de los problemas asociados con la calidad del agua provienen de la lixiviación de nutrientes del alimento, puesto que los sistemas intensivos de cultivo, generalmente utilizan altos niveles de proteína para suplir los requerimientos nutricionales y energéticos del camarón. Varios estudios han demostrado que la utilización del alimento artificial por parte del camarón es pobre. Aproximadamente, sólo un 20% de los nutrientes aportados con el alimento artificial terminan en el tejido del camarón, un 15% del alimento no es consumido y un 20% es excretado (Funge-Smith y Briggs, 1998; Martin *et al.*, 1998; Teichert-Coddington *et al.*, 2000; Saldias, 2001; Jackson *et al.*, 2003). La porción mas grande, cerca del 45% de los nutrientes, es invertido por los animales en procesos de muda, mantenimiento de energía y otros procesos fisiológicos (Horowitz y Horowitz, 2001).

La lixiviación de nutrientes desde el alimento no ingerido y los productos de excreción ocasionan un incremento en nutrientes (especialmente N y P), los cuales son

aprovechados por bacterias y fitoplancton. Burford *et al.* (2003) reportan concentraciones de nitrógeno amoniacal total (TAN, para sus siglas en inglés) y nitrito en sistemas intensivos de *L. vannamei* de hasta 3,10 y 2,48 mg/L, respectivamente, sin que estas concentraciones ocasionen un mayor impacto en la producción de camarón. McIntosh *et al.* (2000) observaron un incremento en fósforo con el tiempo en un cultivo intensivo, alcanzando valores de 5,2 – 6,2 mg/L para fosfatos solubles reactivos (SRP para sus siglas en inglés) y de 11,1 – 11,4 mg P/L para fósforo total y reportaron que los niveles de nitrógeno inorgánico (TAN, nitrito y nitrato) se mantuvieron bajos y fueron controlados por la población microbiana que se desarrolló en el estanque.

Para evitar el deterioro de la calidad del agua y polución de los efluentes por el alimento no consumido, Focken *et al.* (1998) recomiendan optimizar la formulación del alimento y frecuencias de alimentación. Además, los procesos involucrados en la producción de los balanceados influyen en su estabilidad y tiempo de disponibilidad una vez suministrado al camarón (Molina-Poveda, 1998; Smith *et al.*, 2002). Estos factores tienen un substancial efecto en la cantidad de desechos producidos a través de la fragmentación del pellet, pérdidas por lixiviación y cantidad de alimento no consumido o digerido.

Otra de las estrategias utilizadas en sistemas intensivos o semi-intensivos para mantener la calidad del agua y suelos, es la remoción de compuestos nitrogenados a través de su inclusión en proteínas microbianas, que a su vez pueden servir de alimento para el camarón (McIntosh *et al.*, 2000). Las bacterias generalmente contienen 10% de nitrógeno y 50% de carbono en base a materia seca, con una eficiencia de asimilación de carbono del 5% (Boyd, 2001), por lo que una relación de 5C:1N en la materia orgánica

asegura su total descomposición (Boyd y Tucker, 1998). Dos alimentos con la misma cantidad de carbono pero diferente concentración de proteína, y consecuentemente, diferentes niveles de nitrógeno, resultarán en diferentes relaciones C:N, siendo el alimento con más proteína el que tendrá una relación C:N más baja. Avnimelech (1999) y Montoya y Velasco (2001) afirman que ocurre inmovilización del nitrógeno cuando la relación C:N es mayor a 10. Si la materia orgánica es baja en contenido de N (alto C:N), una parte del nitrógeno para el crecimiento microbiano debe ser obtenida de la columna de agua y será inmovilizada como proteína microbiana (Boyd, 2001).

El control de la acumulación de nitrógeno inorgánico en estanques, está basado en el metabolismo de carbono y la inmovilización de nitrógeno por procesos microbianos. Para inducir la inmovilización de amonio en las bacterias, se recomienda estimular el crecimiento bacteriano a través de la adición de compuestos orgánicos ricos en carbono (Burford *et al.*, 2003). Las bacterias y otros microorganismos usan carbohidratos (azúcares, almidones y celulosa) como un alimento para generar energía y crecer (producción de proteínas y nuevas células). Según estudios realizados por Avnimelech *et al.* (1995), Avnimelech (1999) y Hari *et al.* (2004), la adición de derivados de carbono orgánico y el ajuste de la relación C:N en el ecosistema acuático estimulan la formación de biomasa bacteriana y remoción del nitrógeno inorgánico acumulado. Además, Hari *et al.* (2004) encontraron que la adición de harina de tapioca en un sistema extensivo de cultivo de *Penaeus monodon*, redujo la demanda para proteína (del 40% al 25%) y los costos asociados con la dieta artificial, manteniendo niveles de producción adecuados. Sin embargo, Burford *et al.* (2003) afirman que, mientras la adición de alimento a base de granos y melaza puede ser efectiva en promover crecimiento bacteriano heterotrófico, ésta puede ser limitante para la nitrificación debido a la adición de carbono orgánico.

2.2. ALIMENTACIÓN EN SISTEMAS INTENSIVOS:

Estanques manejados bajo criterios de sistemas intensivos incluyen en su rutina la utilización de alimento artificial para poder suplir los requerimientos energéticos del camarón cultivado. La oxidación y catabolismo de proteínas contenidas en el alimento generan la energía requerida por los animales acuáticos (Avnimelech, 1999). Existe una marcada tendencia en utilizar alimentos altos en proteína para generar altas tasas de crecimiento y maximizar la producción (McIntosh *et al.*, 2001). Tacon (2002) menciona que el requisito mínimo en proteína para *L. vannamei* es de 30% y los productores ecuatorianos generalmente utilizan un alimento balanceado que contiene de 28 a 35% de proteína. Las fuentes de proteína frecuentemente empleadas son la harina de pescado, harina de calamar, harina de krill o harina de bivalvos. Estos ingredientes son escasos, con disponibilidad variable de año a año y son considerados como los componentes más caros en la formulación del alimento para camarón (Chamberlain, 1995).

El uso de altas concentraciones de proteína en la dieta puede ser innecesario cuando una gran abundancia de alimento natural está presente en el sistema de cultivo (Jory, 1995a). Se estima que la biota natural puede contribuir entre 20 y 75% de los requerimientos nutricionales de los camarones cultivados (Anderson *et al.*, 1987; Jory, 1995b; Martínez-Córdova *et al.*, 1997; Martínez-Córdova *et al.*, 1998; Peña, 1999; Burford *et al.*, 2004). Sin embargo, diferentes especies de camarones exhiben distintas preferencias por el alimento natural. *L. vannamei* es considerada una de las especies menos carnívora dependiendo más de la productividad natural primaria, a diferencia de *Litopenaeus stylirostris* o *P. monodon* que prefieren proteína de origen animal como el zooplancton (Chong y Sasekumar, 1981). El contenido de proteína del zooplancton es similar al encontrado en las dietas formuladas. Los microorganismos contienen además, vitaminas

que pueden reducir o eliminar la necesidad de vitaminas suplementarias en las dietas formuladas (Horowitz y Horowitz, 2001). La abundancia elevada de organismos que sirven como alimento es especialmente crítica al inicio del cultivo. Boyd (1998) menciona que las larvas de camarón crecen apropiadamente si poseen niveles estables de productividad natural.

El uso de alimentos con alto nivel de proteína puede mejorar su digestibilidad, evitar desperdicios y consecuentemente mejorar la calidad del agua (Chamberlain, 1995). Sin embargo, la cantidad de amonio producida por el camarón en cultivo está directamente relacionada a la cantidad de nitrógeno suministrada a través de la proteína del alimento (Molina-Poveda, 1998; McIntosh *et al.*, 2001). Además, el contenido de proteína de la dieta influye sobre el metabolismo y consumo de oxígeno del animal. Estudios con postlarvas de *Litopenaeus setiferus*, *Litopenaeus schmitti*, *Farfantepenaeus duorarum* y *Farfantepenaeus notialis* mostraron que el nivel de proteína en la dieta tiene un gran efecto en el incremento aparente de calor, indicando que dietas con altos niveles de proteína pueden resultar en un alto costo metabólico (Rosas *et al.*, 1996; Taboada *et al.*, 1998). Es importante utilizar la proporción apropiada de proteína en la dieta para cubrir los requerimientos de los organismos cultivados, al más bajo costo posible y evitando incrementar la concentración de amonio en el agua o generar gastos metabólicos excesivos por parte del camarón. Esta proporción puede variar de acuerdo a diferentes factores incluyendo talla del camarón, condiciones medioambientales (especialmente temperatura) y disponibilidad del alimento natural en los estanques.

Varios estudios han obtenido buenos resultados reduciendo el contenido de proteína en el alimento. Existen reportes de diversas evaluaciones en las que se ha utilizado alimento

con niveles de inclusión de proteína variando del 20 al 40% y donde se sugiere que a menor nivel de proteína se obtienen equivalentes o mayores beneficios en términos de crecimiento, producción, supervivencia y factor de conversión alimenticia (FCA), y en algunos casos mejor digestibilidad de la dieta (Green *et al.*, 1996; Molina-Poveda, 1998; Velasco *et al.*, 1999; Velasco *et al.*, 2000; Martínez-Córdova *et al.*, 2002; Burford *et al.*, 2003; Martínez-Córdova *et al.*, 2003; Hari *et al.*, 2004). Sin embargo, McIntosh *et al.* (2001) obtuvieron mejores resultados de producción de *L. vannamei* con dietas que contenían 31% de proteína frente a dietas con 21%, sin observar diferencias en los parámetros de calidad del agua después de 94 días de cultivo. Molina-Poveda (1998) menciona que las implicaciones de alimentar con dietas que contienen menos proteína que el promedio de las dietas comerciales son: (a) dietas artificiales menos costosas; (b) mayor disponibilidad de energía no proteínica incrementando la retención de nitrógeno dietético; (c) reducción en los desperdicios de alimentos no consumidos y por consiguiente en las cargas de contaminación hacia el agua y sedimento del estanque; (d) mejoramiento en la calidad de los efluentes.

2.3. PROCESOS MICROBIANOS EN ESTANQUES DE CAMARÓN Y SU INFLUENCIA SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA:

Los microorganismos ocupan un rol principal en los estanques de cultivo, particularmente en relación con los procesos de fotosíntesis y respiración, ciclos de nutrientes, nutrición de los animales cultivados, calidad del agua, aparición de enfermedades e impacto ambiental de los efluentes (Boyd y Tucker, 1998; Boyd, 2001). El manejo de los procesos microbianos en estanques acuícolas es necesario para optimizar las producciones, mantener condiciones adecuadas de cultivo y reducir el impacto sobre el medio ambiente (Moriarty, 1997). Las redes alimenticias microbianas son una parte

integral de todo estanque de acuicultura y tienen un impacto directo en la productividad (Moriarty, 1986).

El fitoplancton es el tipo dominante de microorganismos en estanques de producción acuícola (Boyd y Tucker, 1998). Su composición y abundancia están relacionadas con el tiempo y con factores bióticos y abióticos presentes en el cuerpo de agua (Tilman *et al.*, 1982). Los nutrientes suplidos en los estanques tienen un efecto directo en la producción de fitoplancton. La dominancia de un grupo de algas sobre otros depende de la cantidad de nutrientes proporcionada y de su relación estequiométrica (Alonso-Rodríguez y Paez-Osuna, 2003). Las diatomeas y las algas verdes son consideradas beneficiosas, forman parte del alimento de un gran número de invertebrados acuáticos y larvas de peces. Boyd (1990) consideró a las diatomeas como el mejor alimento para camarones comparándolas con otros tipos de algas. Mientras que las cianobacterias y dinoflagelados están asociados con pobre calidad del agua y eutrofización (Paerl, 1988). Además, las cianobacterias son consideradas una molestia en estanques acuícolas por aportar poco oxígeno disuelto al medio. Estas algas además, tienen impacto negativo sobre el crecimiento y la salud del camarón (Paerl y Tucker, 1995; Burford, 1997; Massaut, 1999; Burford *et al.*, 2003).

El fitoplancton juega un rol fundamental en estanques camaroneros en mantener la calidad del agua, influenciando en los niveles de oxígeno disuelto, concentración de dióxido de carbono y nutrientes inorgánicos, niveles de pH y números bacterianos (Tucker y Lloyd, 1984; Paerl y Tucker 1995; Burford, 1997; Boyd y Tucker, 1998). La absorción de amonio y nitrato por parte del fitoplancton es la principal vía de remoción del nitrógeno inorgánico en estanques camaroneros, evitando la acumulación de compuestos nitrogenados tóxicos (Tucker y Lloyd, 1984; Hargreaves, 1998; Burford y Glibert, 1999). El fitoplancton también proporciona sombra al fondo de los estanques

previniendo el crecimiento de algas bentónicas (Brunson *et al.*, 1994) y, además puede servir de fuente de alimento para otros organismos que a su vez sirven de alimento para los camarones (Burford, 1997). Sin embargo, poblaciones densas de fitoplancton (generalmente referidas como blooms) son responsables del consumo de mucho del oxígeno disuelto (Brunson *et al.*, 1994; Boyd y Tucker, 1998).

Otro grupo diverso de microorganismos presentes en estanques acuícolas son las bacterias que viven libres, en asociación con partículas o en el sedimento de estanques camaroneros. El rol ecológico más importante de las bacterias en estanques camaroneros es la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes. Ellas lideran en gran parte el mantenimiento de la calidad del agua en un sistema, siendo un nexo en la transferencia de energía hacia los niveles tróficos superiores y controlando la disponibilidad de nutrientes (Avnimelech *et al.*, 1995; Moriarty, 1997; McIntosh *et al.*, 2000; Boyd, 2001). Así mismo, las bacterias agregadas a partículas orgánicas pueden servir de alimento directo para el camarón (Burford *et al.*, 2004).

Las bacterias autotróficas son capaces de producir energía para su crecimiento a partir de la transformación química de nutrientes inorgánicos, mientras que la fuente principal de alimento para las bacterias heterotróficas es la materia orgánica presente en los estanques. Esto genera concentraciones más altas de bacterias en los sedimentos debido a un mayor contenido en materia orgánica (Hargreaves, 1998; Rao y Karunasagar, 2000). Dentro de las bacterias autotróficas, el grupo de bacterias nitrificantes tiene un papel importante en el reciclaje de compuestos nitrogenados transformando el amonio, potencial tóxico, a nitrato, compuesto no tóxico. Bacterias de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrosococcus* generan energía para su crecimiento a través de la oxidación del amonio a nitrito y

dependen de niveles adecuados de oxígeno disuelto (Boyd, 2001). Un segundo grupo de bacterias nitrificantes incluyendo los géneros *Nitrobacter*, *Nitrococcus* y *Nitrospira* oxidan el nitrito a nitrato de manera facultativa, siendo también capaces de utilizar compuestos orgánicos para su crecimiento (Montoya y Velasco, 2001).

En la zona fótica de la columna de agua, la producción de oxígeno disuelto durante el día y a través de la fotosíntesis es igual o más grande que su consumo por procesos de respiración. Todo organismo consume oxígeno disuelto y libera dióxido de carbono durante el proceso de respiración aeróbica. Además, la descomposición aeróbica de la materia orgánica por las bacterias heterotróficas, la oxidación del amonio durante la nitrificación y las oxidaciones químicas de compuestos reducidos consumen oxígeno. De manera general, el mayor consumo de oxígeno disuelto está dado por la respiración de los organismos presentes en los estanques camaroneros. Boyd y Tucker (1998) estimaron que las tasas de consumo de oxígeno disuelto por parte del plancton y de procesos que ocurren en el sedimento de estanques de producción, oscilan entre 0 – 40 y 0 – 4 mg O₂/L/día, respectivamente. Estos mismos autores (aunque existe poca información) aseveran que tasas de respiración para camarones, están en un rango de 200 a 400 mg O₂/kg de camarón/h (Boyd y Tucker, 1998). Para mitigar el efecto de la falta de oxígeno disuelto en sistemas intensivos de cultivo de camarón, a menudo se emplean altas tasas de aeración (Boyd y Tucker, 1998; Martínez-Córdova *et al.*, 1998). Además, la aeración es comúnmente utilizada como una alternativa para mejorar la calidad del agua, promoviendo la descomposición aeróbica de materia orgánica, mejorando la supervivencia de los animales en cultivo y realzando los niveles de producción. Martínez-Córdova *et al.* (1997) indican que una tasa de aeración de 6 h/día en sistemas semi-intensivos de cultivo es suficiente para mantener niveles adecuados de oxígeno

disuelto, obteniendo similares resultados de producción con tasas de 12 y 24 h/día. Para estanques con densidad de siembra mayor, McGraw *et al.* (2001) y Schuur (2003) recomiendan una capacidad de aeración de 5 a 20 kW/ha, sin embargo, la demanda puede llegar hasta 40 kW/ha.

2.4. IMPORTANCIA DEL SUELO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAMARÓN:

No sólo una buena calidad del agua es esencial en el manejo de estanques camaroneros para asegurar un óptimo crecimiento y buena supervivencia de los camarones. Del mismo modo, el suelo de los estanques acuícolas requiere de potencial atención para alcanzar producciones exitosas (Boyd, 1995; Burford, 1997; Boyd y Tucker, 1998). El cultivo de *L. vannamei* es generalmente conducido en estanques con fondo de tierra o arena. Los fondos naturales permiten que el camarón se entierre para evitar el canibalismo durante el periodo crítico de su ciclo de muda (Pruder *et al.*, 1992). Además, la presencia de sedimento a través de los procesos de adsorción y desorción químicas tiene un efecto directo en la calidad del agua de estanques de tierra, siendo fuente o sumidero para macronutrientes como N y P, además de contener substancialmente altas concentraciones de micronutrientes tales como cobre, hierro, manganeso y cinc (Ritvo *et al.*, 1998). Mientras estos nutrientes pueden facilitar el crecimiento del camarón, altas concentraciones también pueden tener potenciales efectos adversos, como la modificación de la biota del sedimento, alteración del ciclo de nutrientes liberados a la columna de agua y niveles estresantes (o tóxicos) de nutrientes (Bratvold y Browdy, 2001).

Una gran desventaja asociada con fondos naturales en estanques acuícolas es su deterioro con el tiempo (Boyd, 1995). El desarrollo de condiciones de anoxia en el sedimento

puede afectar adversamente la calidad del agua, favoreciendo la aparición de sustancias reducidas como nitrito, sulfuro de hidrógeno y metano, todos compuestos altamente tóxicos para el animal en cultivo. Los sustratos naturales también proveen un hábitat protegido para el crecimiento de agentes de enfermedades y permiten la intrusión de agua de los acuíferos y la introducción de contaminantes del suelo (Pruder *et al.*, 1992). Consecuentemente, estanques con liners han atraído interés porque tienen el potencial de proveer lo siguiente: remoción más efectiva de materia orgánica sedimentada, fácil desinfección de agentes de enfermedades y fácil remoción de depredadores entre ciclos de cultivo, aceptabilidad de sitios marginales para producción acuícola y reducción de contaminación del agua (Pruder *et al.*, 1992).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL:

El presente trabajo fue desarrollado en la estación experimental de la Fundación CENAIM-ESPOL, ubicada en Palmar (Península de Santa Elena, Ecuador). Se utilizaron 12 estanques experimentales de 0,05 ha (25m x 20m) con invernadero, ubicados en cuatro bloques (dos bloques con fondo de tierra y dos con fondo recubierto con liner). El diseño experimental fue el de parcelas divididas (Split plot), donde la parcela completa (whole plot) correspondió a la presencia o ausencia de recubrimiento con geomembrana (liners) en el fondo de los estanques. Para las sub-parcelas (split plot) se consideraron tres protocolos de alimentación: una dieta comercial con 35% de proteína (Control), una dieta comercial con 22% de proteína (Baja proteína) y la misma dieta de 22% de proteína con adición de cáscara de arroz como fuente de carbohidratos (Cáscara de arroz). Se obtuvieron seis combinaciones, cada una con dos réplicas (Tabla 1).

Tabla 1: Combinaciones obtenidas con el diseño experimental.

Sub-parcelas (Split plot)	Parcela completa (Whole plot)	
	Estanques con fondo de tierra	Estanques con fondo con liner
	Control Baja proteína Cáscara de arroz	Control Baja proteína Cáscara de arroz

Se repartieron los tres protocolos de alimentación de forma aleatoria en tres estanques de cada bloque (Figura 1). Cada uno de estos bloques estuvo provisto de un blower para alimentar un sistema de aeración común a los seis estanques. Los bloques con estanques de fondo de tierra contaban con un aereador de 10 hp (3F 2POLO 50/60 Hz), mientras que un bloque con liner tenía un aereador de 21,7 hp (YANGDONG 5115 NM) con

motor a diesel y el otro tenía un aereador de 12,5 hp (350 rpm 60 Hz) con motor eléctrico. Los aereadores fueron accionados cuando la concentración de oxígeno disuelto en uno de los estanques alcanzaba el umbral de 2 mg/L. Cada estanque tenía un suministro de aire adicional de tipo venturi (Aire-O₂ sumergible de una fase y 2 hp) activado en casos de emergencia, cuando el sistema de aeración común no era suficiente para mantener adecuadas concentraciones de oxígeno disuelto (>2 mg/L).

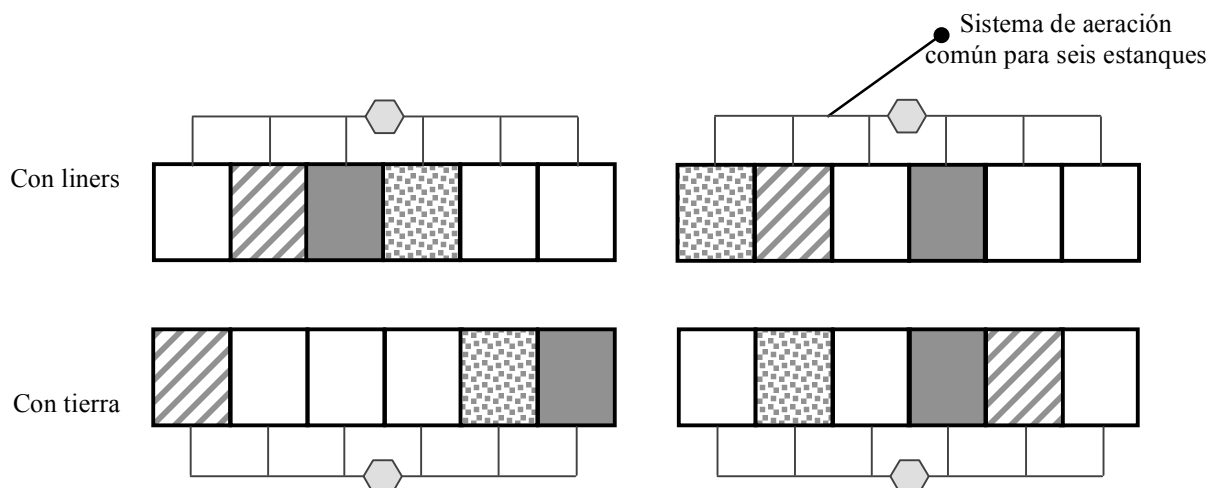


Figura 1. Representación esquemática de la repartición aleatoria de los tres protocolos de alimentación dentro de cuatro bloques de seis estanques, dos bloques con fondos de tierra y dos con liners.

3.2. MANEJO DEL CICLO DE CULTIVO:

El 24 de febrero del 2005, se sembraron postlarvas (PL35) de *L. vannamei* obtenidas en el laboratorio de larvicultura de la Fundación CENAIM-ESPOL, a una densidad de 80 PL/m². Los animales fueron mantenidos bajo un sistema con bajo recambio de agua, en el día 68 se realizó un recambio en todos los estanques para elevar las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, y en los días 75 y 82 en los estanques del tratamiento control con fondos de tierra, por similares circunstancias. Además, cada día se compensó la pérdida de agua por percolación tratando de mantener una columna de agua promedio superior a 0,6 m de profundidad. La salinidad se mantuvo alrededor de 40 ± 1 g/L y la

temperatura promedio a las 06h00 y 18h00 fue de $30,8 \pm 1,0$ y $32,8 \pm 1,3$ °C, respectivamente.

El alimento fue suministrado desde la segunda semana de cultivo, al voleo en todo el estanque, en dos raciones por día (10h00 y 16h00). Durante la segunda y tercera semanas de alimentación, la cantidad de alimento proporcionada era calculada teóricamente asumiendo un peso promedio de 1 g y supervivencia de 100% (segunda semana) o del 80% (tercera semana). Con el transcurso del cultivo, se ajustaron las dosis de alimento de acuerdo a los resultados de los muestreos semanales de biomasa. En los estanques del tratamiento con fuente de carbohidratos, se adicionó cáscara de arroz pulverizada una sola vez al día, dos horas después de la primera alimentación. La cáscara de arroz fue adicionada en relación con la cantidad de nitrógeno suministrada con el alimento, manteniendo una relación 8C:1N (ver Tabla 2 para los cálculos teóricos y asunciones realizadas).

Al término del ciclo de cultivo (24 de mayo del 2005), 100 animales de cada estanque fueron pesados individualmente. Con estos valores y los resultados de la cosecha se calcularon la supervivencia y peso final, rendimiento, FCA y tasa de crecimiento específico (SGR para sus siglas en inglés). Las fórmulas de cálculo se encuentran en el Anexo I.

Tabla 2: Ejemplo teórico de los cálculos de requerimiento para alimento y cáscara de arroz para los estanques experimentales (500 m²).

Peso (g)	Densidad ⁽¹⁾ (#/m ²)	Superv ⁽²⁾ (%)	Biomasa (kg)	TA ⁽³⁾ (%)	Alimento (kg)	N _{alim} ⁽⁴⁾ (g)	N _{agua} ⁽⁵⁾ (g)	C ⁽⁶⁾ (kg)	Arroz ⁽⁷⁾ (kg)
2	64	80	64	6,2	3,97	139,7	83,8	0,67	2,1
3	64	80	96	5,3	5,09	179,1	107,5	0,86	2,7
4	64	80	128	4,7	6,02	211,8	127,1	1,02	3,2
5	60	75	150	4,2	6,3	221,8	133,1	1,06	3,3
6	60	75	180	3,9	7,02	247,1	148,3	1,19	3,7
7	60	75	210	3,6	7,56	266,1	159,7	1,28	4,0
8	56	70	224	3,4	7,62	268,1	160,8	1,29	4,0
9	56	70	252	3,2	8,06	283,9	170,3	1,36	4,2
10	56	70	280	3,0	8,40	295,7	177,4	1,42	4,4

⁽¹⁾ Estimación de la densidad de animales en el estanque de acuerdo a los muestreos semanales.

⁽²⁾ Superv = Supervivencia estimada de acuerdo a los muestreos semanales.

⁽³⁾ TA = Tasa de alimentación en porcentaje de la biomasa total estimada (Dixon, 1997).

⁽⁴⁾ N_{alim} = Cantidad de nitrógeno que entra al ecosistema asumiendo un alimento de 22% de proteínas y el hecho que las proteínas contienen 16% de nitrógeno.

⁽⁵⁾ N_{agua} = Cantidad de nitrógeno que entra en la columna de agua asumiendo que 40% del nitrógeno que entra con el alimento en el ecosistema es retenido en los tejidos del camarón.

⁽⁶⁾ C = Cantidad de carbono que se requiere proveer al sistema para mantener una relación 8C:1N con el nitrógeno que llega a la columna de agua.

⁽⁷⁾ Arroz = Cantidad de cáscara de arroz que se requiere proveer al sistema asumiendo que la cáscara de arroz tiene 90% de materia seca, alrededor de 90% de carbohidratos y que los carbohidratos contienen 40% de carbono.

3.3. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA Y SUELO:

Cada día a las 06h00 y 18h00 fueron registrados los valores de concentración de oxígeno disuelto y temperatura del agua medidos con un oxigenómetro (Oxi 33i/set Modelo 2B, WTW). Además, se midieron al medio día la salinidad con un refractómetro y profundidad del disco Secchi en todos los estanques. Los rangos para cada uno de esos parámetros se muestran en la Tabla 3.

Cada semana, muestras de la columna de agua fueron colectadas junto a la compuerta de entrada del estanque. Se tomaron aproximadamente 16 L de agua introduciendo varias veces un tubo de PVC de 1 m de altura en la columna de agua, que fueron mezclados en una cubeta. De la muestra total se tomaron dos veces 500 mL para la evaluación de las

variables de calidad del agua (en botellas de plástico) y 125 mL para la cuantificación de bacterias y vibrios (en frascos previamente esterilizados). Las muestras colectadas fueron transportadas a 4°C hasta el laboratorio donde se realizaron los análisis.

Tabla 3: Valores mínimo y máximo de los parámetros físicos registrados durante el cultivo de *L. vannamei* con tres regímenes de alimentación en sistemas intensivos bajo invernadero.

	Mínimo	Máximo
Temperatura a las 06h00 (°C)	28,1	33,1
Temperatura a las 18h00 (°C)	29,0	36,7
Oxígeno disuelto a las 06h00 (mg/L)	1,7	7,5
Oxígeno disuelto a las 18h00 (mg/L)	3,5	20,0
Salinidad a las 12h00 (g/L)	37	44
Disco Secchi a las 12h00 (cm)	11	58

Se filtraron entre 50 y 500 mL a través de un filtro Whatman GF/F (0,7 µm de apertura de poro). El filtro con la muestra fue utilizado para la determinación de clorofila *a* después de una extracción con una solución de acetona:metanol (5:1) y a 65°C (Pechar, 1987). Además, se filtraron entre 40 y 100 mL a través de un filtro Whatman GF/F previamente lavado con agua destilada y secado durante 24 horas en estufa a 104°C, para la determinación de los sólidos. Los sólidos suspendidos totales (TSS para sus siglas en inglés) fueron medidos en base a la muestra recogida sobre el filtro y secado posteriormente durante 24 horas a 104°C (APHA *et al.*, 1998). Se diferenció entre la parte orgánica (POM o materia orgánica particulada) e inorgánica (PIM o materia inorgánica particulada) de los sólidos, incinerando los filtros en una mufla por 30 minutos a 550°C (APHA *et al.*, 1998). Los componentes de la fracción disuelta (sólidos disueltos totales o TDS, materia inorgánica disuelta o DIM y materia orgánica disuelta o DOM, respectivamente) fueron estimados por gravimetría siguiendo los mismos protocolos

utilizados para la fracción particulada, sobre una muestra de 40 mL no filtrada (APHA *et al.*, 1998).

Del agua filtrada, se determinaron las concentraciones de fosfato soluble reactivo (SRP) por el método del ácido ascórbico (APHA *et al.*, 1998), nitrógeno amoniacal total (TAN) por el método del fenolhipoclorito (Solórzano, 1969) y nitrógeno disuelto (DN) después de una doble digestión con persulfato de potasio en condiciones básicas y detección por colorimetría después de la reducción de los nitratos en una columna de cadmio (APHA *et al.*, 1995; Burford *et al.*, 2003).

De las muestras de agua colectadas en los frascos estériles se fijaron 9 mL con 1 mL de una solución de gluteraldehído al 5% (p/v) para la posterior cuantificación de bacterias totales (APHA *et al.*, 1998). Se tiñó durante 2 minutos la muestra fijada con naranja de acridina al 0,01% (v:v) y se filtraron al vacío 2 mL de esta solución a través de un filtro de policarbonato negro (0,2 μ m de apertura de poro). Después de filtrar, se agregaron 3 mL de una solución de buffer fosfato para mejorar la distribución de las células sobre el filtro y se contaron las bacterias retenidas sobre el filtro con la ayuda de un microscopio de epifluorescencia OLYMPUS BH-2 a una magnificación de 400X. Para la cuantificación de vibrios, 100 μ L de las muestras originales (sin dilución y por duplicado) fueron sembrados directamente en cajas Petri descartables que contenían agar TCBS Difco™ e incubados a 28°C por 24 horas (Colwell, 1984). Los resultados de las cuantificaciones fueron expresados en células y Unidades Formadoras de Colonia (UFC) por mL de agua para bacterias totales y vibrios, respectivamente.

Para evaluar el efecto de los protocolos de alimentación sobre la acumulación de materia orgánica en los estanques con fondo de tierra, se tomaron muestras de suelo (6 cm de

profundidad en cinco puntos de cada estanque) al inicio y al final del cultivo. Se estimaron el porcentaje de materia orgánica por ignición durante 8 horas a 350°C (APHA *et al.*, 1998) y el pH en una solución 1:1 (v:p) agua destilada:suelo seco (Boyd, 1995).

3.4. PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y RESPIRACIÓN DEL PLANCTON:

En los días 33, 47 y 61 del ciclo de cultivo y alrededor del medio día, fueron estimadas las tasas de productividad primaria (fotosíntesis) y respiración, con incubación de botellas claras y oscuras dentro de los estanques a una profundidad fija (donde penetraba el 75% de la luz incidente) (APHA *et al.*, 1998). Se estimó la zona fótica multiplicando la lectura del disco Secchi por dos (Boyd, 2001) y la profundidad de incubación fue calculada asumiendo una disminución proporcional de la penetración de la luz con el incremento en la profundidad (a una profundidad estimada a la mitad de la lectura del disco Secchi). El tiempo de incubación varió entre 1 y 2 horas y fue considerado dependiendo de las condiciones climáticas al momento de la incubación. La concentración del oxígeno disuelto en las botellas se midió en el laboratorio por el método de Winkler (APHA *et al.*, 1998).

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS:

Para los análisis estadísticos se utilizaron los programas STATISTICA® 4.1 (1994-2000, StatSoft, Oklahoma, EE.UU.) y Data Desk® 6.1 (2003, Data Description, Inc., Nueva York, EE.UU.). Los datos del experimento fueron sometidos a las pruebas de Kolmogorov-Smirnov para verificar normalidad y de Bartlett para determinar homogeneidad de varianzas. Los valores obtenidos del análisis de TAN fueron transformados con $X^{0.1}$ para cumplir con estas condiciones. Las demás variables de calidad del agua y suelos, rendimiento, productividad primaria, tasa de respiración de la

columna de agua y disco Secchi no fueron transformadas. Los datos fueron explorados por medio de un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para los parámetros de calidad del suelo (pH y materia orgánica) al inicio y final del experimento, y ANOVA de dos vías para las demás variables. Además se realizó un ANOVA de dos vías para TAN (en los días 54, 61 y 68), clorofila *a* (en los días 47, 54 y 89), POM (en el día 89) y TSS (en el día 89) para comprobar posibles diferencias observadas gráficamente. Cuando hubo significancia al 95% ($\alpha = 0,05$), se realizó la prueba de Scheffe para la comparación de medias. Los cálculos estadísticos se realizaron en base a la suma total de los datos obtenidos semanalmente, lo que representó 13 muestreos para cada variable evaluada, a la excepción de la tasa de respiración de la columna de agua (R), productividad primaria (P) y relación P/R que tenían solamente tres semanas de datos. Para facilitar la interpretación, los datos son presentados sin transformación como media $\pm$ desviación estándar.

4. RESULTADOS

4.1. CRECIMIENTO, SUPERVIVENCIA Y PRODUCCIÓN DE CAMARÓN:

La supervivencia final promedio fue de $35 \pm 3\%$, sin observar diferencias por efecto de tipo de fondo o régimen alimenticio. Los rendimientos oscilaron entre 1.720 y 3.289 kg/ha y no hubo diferencias significativas entre los estanques con fondo de tierra y con fondo con liner, tampoco hubo diferencias significativas para las otras variables de producción (Tabla 4). Sin embargo, el SGR fue más alto en el tratamiento control comparando con los tratamientos de baja proteína o adición de cáscara de arroz ($P < 0,01$; Figura 2), lo que se reflejó en un peso final más alto ($P < 0,01$; Tabla 4). Además, el factor de conversión alimenticia fue menor para el tratamiento control ($P = 0,02$). Este mejor aprovechamiento del alimento, se tradujo en un rendimiento promedio más alto para los estanques de este tratamiento ($P = 0,03$). Detalles de los resultados de los análisis de ANOVA para las variables de producción se presentan en el Anexo II.

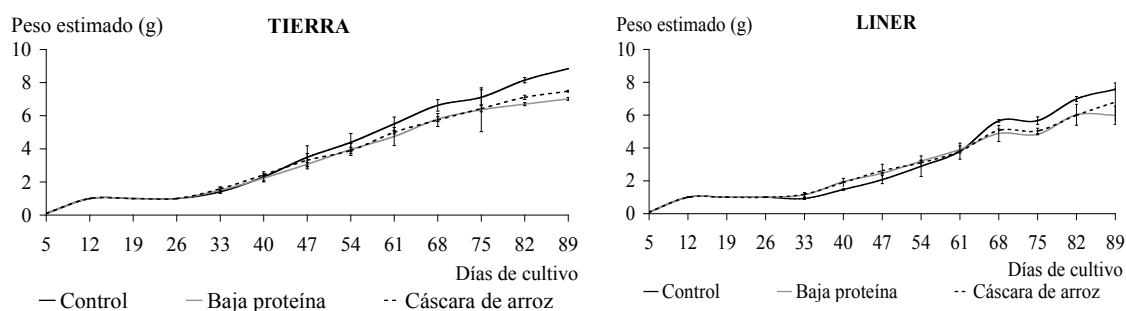


Figura 2. Crecimiento semanal estimado de *L. vannamei* en cultivo intensivo bajo invernadero. Cada curva representa el promedio de dos estanques (con desviación estándar).

Tabla 4. Media ($\pm$ desviación estándar) de los parámetros de producción de *L. vannamei*, bajo tres regímenes de alimentación en sistema intensivo con invernadero. Datos en la misma columna (hasta línea de subdivisión) con diferente superíndice son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Supervivencia (%)	Peso final (g)	SGR (g/semana)	FCA
Control	2.927 $\pm$ 339^b	36 $\pm$ 6 ^a	7,9 $\pm$ 1,0^b	0,61 $\pm$ 0,07^b	2,4 $\pm$ 0,3^a
Baja Proteína	2.224 $\pm$ 448^a	36 $\pm$ 11 ^a	6,1 $\pm$ 1,2^a	0,48 $\pm$ 0,09^a	3,1 $\pm$ 0,6^b
Cáscara de arroz	2.130 $\pm$ 437^a	31 $\pm$ 7 ^a	6,5 $\pm$ 1,0^a	0,50 $\pm$ 0,08^a	2,9 $\pm$ 0,4^b
Tierra	2.470 $\pm$ 565 ^a	34 $\pm$ 10 ^a	7,6 $\pm$ 1,0 ^a	0,58 $\pm$ 0,07 ^a	2,9 $\pm$ 0,6 ^a
Liner	2.384 $\pm$ 534 ^a	35 $\pm$ 6 ^a	6,1 $\pm$ 1,0 ^a	0,47 $\pm$ 0,08 ^a	2,7 $\pm$ 0,4 ^a
Control – Tierra	2.884 $\pm$ 573	37 $\pm$ 9	8,4 $\pm$ 1,1	0,65 $\pm$ 0,08	2,5 $\pm$ 0,5
Control – Liner	2.969 $\pm$ 99	36 $\pm$ 3	7,3 $\pm$ 0,6	0,57 $\pm$ 0,04	2,3 $\pm$ 0,1
Baja proteína – Tierra	2.201 $\pm$ 637	33 $\pm$ 15	7,0 $\pm$ 1,1	0,54 $\pm$ 0,08	3,3 $\pm$ 0,8
Baja proteína – Liner	2.248 $\pm$ 442	40 $\pm$ 11	5,3 $\pm$ 0,6	0,41 $\pm$ 0,04	2,9 $\pm$ 0,4
Cáscara de arroz – Tierra	2.325 $\pm$ 574	32 $\pm$ 11	7,3 $\pm$ 0,7	0,57 $\pm$ 0,05	3,0 $\pm$ 0,6
Cáscara de arroz – Liner	1.934 $\pm$ 303	31 $\pm$ 2	5,7 $\pm$ 0,3	0,44 $\pm$ 0,03	2,9 $\pm$ 0,1

4.2. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA Y SUELO:

Las lecturas del disco Secchi se encontraron en un rango de 10 a 60 cm y bajaron en el transcurso del cultivo, manteniéndose en 20 ± 5 cm del día 37 en adelante para todos los tratamientos (Figura 3). A pesar de no ser estadísticamente diferentes, la sumatoria de las lecturas del disco Secchi fue mayor ($P = 0,17$) en el tratamiento con bajo porcentaje de proteína frente a los otros dos regímenes alimenticios, indicando condiciones de columna de agua más transparentes para este tratamiento. El día 68 en el cual se realizó recambio de agua en todas los estanques, se observó un aumento en las lecturas del disco Secchi en los estanques con liner. Detalles de los resultados de ANOVA para las diferentes variables de calidad del agua se presentan en el Anexo III.

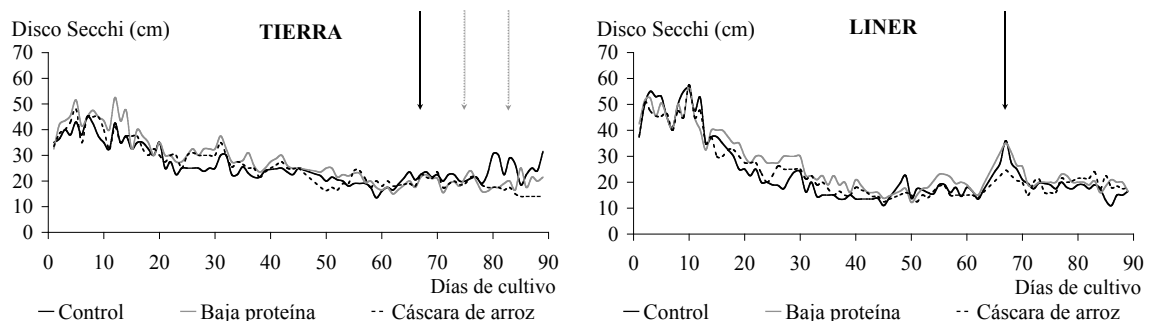


Figura 3. Evolución en el tiempo de las lecturas del disco Secchi (cm) durante el periodo de cultivo. La flecha continua negra indica recambio de agua en todos los estanques, mientras que las dos flechas no-continuas grises indican los días de recambio de agua en los estanques controles con fondo de tierra.

Las concentraciones de clorofila *a* oscilaron entre 20 y 1.554 $\mu\text{g/L}$ con un incremento progresivo hasta el día 47 (Figuras 4a, b). El recambio de agua realizado al día 68 produjo un descenso en la concentración de esta variable en todos los estanques, volviendo a incrementarse hasta el final del cultivo (día 89). No se registraron diferencias para esta variable de calidad del agua según el tipo de fondo ($P = 0,33$; Tabla 5) o tipo de alimentación ($P = 0,23$).

Del mismo modo que para la clorofila *a*, las concentraciones de TSS y POM presentaron un incremento progresivo hasta el día 47 y una reducción al día 68 (Figuras 4c, d, e, f), fecha en la que se realizó el recambio de agua. Las concentraciones acumuladas de TSS y POM en los estanques con liner apuntaron a valores más altos que para los estanques con fondo de tierra ($P = 0,16$ y $P = 0,08$; respectivamente), sin presentarse diferencias entre los protocolos de alimentación ($P = 0,40$ y $P = 0,66$, respectivamente). Las concentraciones de PIM oscilaron alrededor de 299 mg/L, incrementándose ligeramente en el tiempo y representando en promedio el 77% de los TSS.

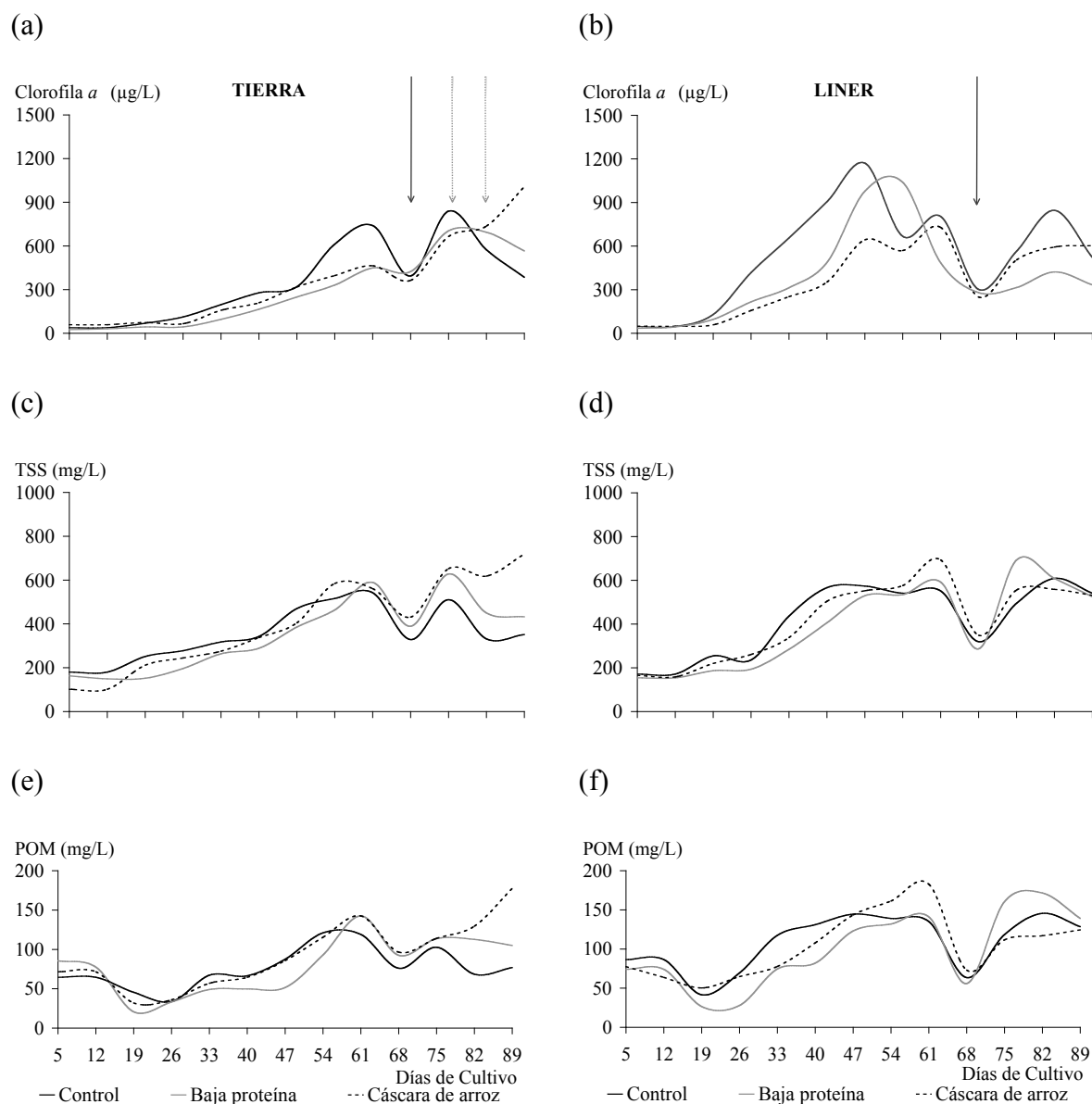


Figura 4. Fluctuaciones en el tiempo de las concentraciones de clorofila *a* (a y b), TSS (c y d) y POM (e y f) en estanques con fondo de tierra y liner durante el cultivo intensivo de *L. vannamei* bajo invernadero. La flecha continua negra indica recambio de agua en todos los estanques, mientras que las dos flechas no-continuas grises indican los días de recambio de agua en los estanques controles con fondo de tierra

De la fracción disuelta de los sólidos, las sumas de los valores de TDS y DOM obtenidos a lo largo del cultivo no presentaron diferencias significativas entre los diferentes tipos de fondo, tampoco por el régimen de alimentación. Estas variables se incrementaron regularmente durante el tiempo de cultivo y de manera más drástica en la última semana de cultivo (a partir del día 82).

Tabla 5. Concentraciones medias ($\pm$ desviación estándar) de las variables de calidad del agua evaluadas durante el cultivo intensivo de *L. vannamei* bajo invernadero.

Variables	Control		Baja proteína		Cáscara de arroz	
	Tierra	Liner	Tierra	Liner	Tierra	Liner
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	353 $\pm$ 321	544 $\pm$ 383	294 $\pm$ 281	370 $\pm$ 256	352 $\pm$ 315	388 $\pm$ 357
TSS (mg/L)	354 $\pm$ 132	421 $\pm$ 170	350 $\pm$ 164	396 $\pm$ 192	403 $\pm$ 211	420 $\pm$ 184
PIM (mg/L)	277 $\pm$ 107	312 $\pm$ 138	271 $\pm$ 138	297 $\pm$ 150	320 $\pm$ 162	315 $\pm$ 146
POM (mg/L)	76 $\pm$ 32	108 $\pm$ 39	79 $\pm$ 39	99 $\pm$ 49	92 $\pm$ 44	104 $\pm$ 47
TDS (10^3 mg/L)	44 $\pm$ 7	47 $\pm$ 9	45 $\pm$ 8	46 $\pm$ 8	48 $\pm$ 14	46 $\pm$ 7
DIM (10^3 mg/L)	36 $\pm$ 1	37 $\pm$ 1	35 $\pm$ 2	36 $\pm$ 1	37 $\pm$ 1	37 $\pm$ 2
DOM (10^3 mg/L)	9 $\pm$ 7	10 $\pm$ 9	9 $\pm$ 8	10 $\pm$ 8	11 $\pm$ 14	9 $\pm$ 7
SRP ($\mu\text{g/L}$)	25 $\pm$ 19	28 $\pm$ 16	42 $\pm$ 30	49 $\pm$ 39	64 $\pm$ 54	81 $\pm$ 97
TAN (mg/L)	0,02 $\pm$ 0,03	0,02 $\pm$ 0,06	0,01 $\pm$ 0,01	0,01 $\pm$ 0,02	0,01 $\pm$ 0,02	0,04 $\pm$ 0,10
DN (mg/L)	1,11 $\pm$ 0,43	1,35 $\pm$ 0,58	0,92 $\pm$ 0,35	1,09 $\pm$ 0,37	1,16 $\pm$ 0,50	1,32 $\pm$ 0,61
Bacterias totales ($10^6/\text{mL}$)	2,98 $\pm$ 2,92	2,31 $\pm$ 1,59	2,40 $\pm$ 2,04	2,65 $\pm$ 2,67	2,80 $\pm$ 3,41	2,42 $\pm$ 1,55
<i>Vibrio</i> spp. (UFC/mL)	328 $\pm$ 714	261 $\pm$ 561	165 $\pm$ 396	170 $\pm$ 352	179 $\pm$ 431	146 $\pm$ 374

Las concentraciones de TAN no presentaron diferencias por el tipo de fondo o régimen alimenticio ($P = 0,72$ y $P = 0,58$, respectivamente) y se observaron los valores más altos en el día 61, con el valor máximo correspondiente a un estanque con liner y adición de cáscara de arroz (0,46 mg/L). El recambio de agua en el día 68 redujo la concentración de TAN a valores iniciales (0,01 – 0,04 mg/L), hasta la última semana de cultivo donde se proyecta nuevamente un aumento en la concentración de esta variable (Figuras 5a, b). Las concentraciones promedio de DN para los estanques con fondo de tierra y liner fueron $1,06 \pm 0,13 \text{ mg/L}$ y $1,25 \pm 0,14 \text{ mg/L}$, respectivamente, apuntando a valores más bajas en el tratamiento con baja proteína ($P = 0,11$), en relación con los demás regímenes alimenticios. En el día 68 se produjo una reducción de DN, incrementándose ligeramente luego de esta fecha en todos los tratamientos, para terminar con una concentración promedio de $1,55 \pm 0,47 \text{ mg N/L}$.

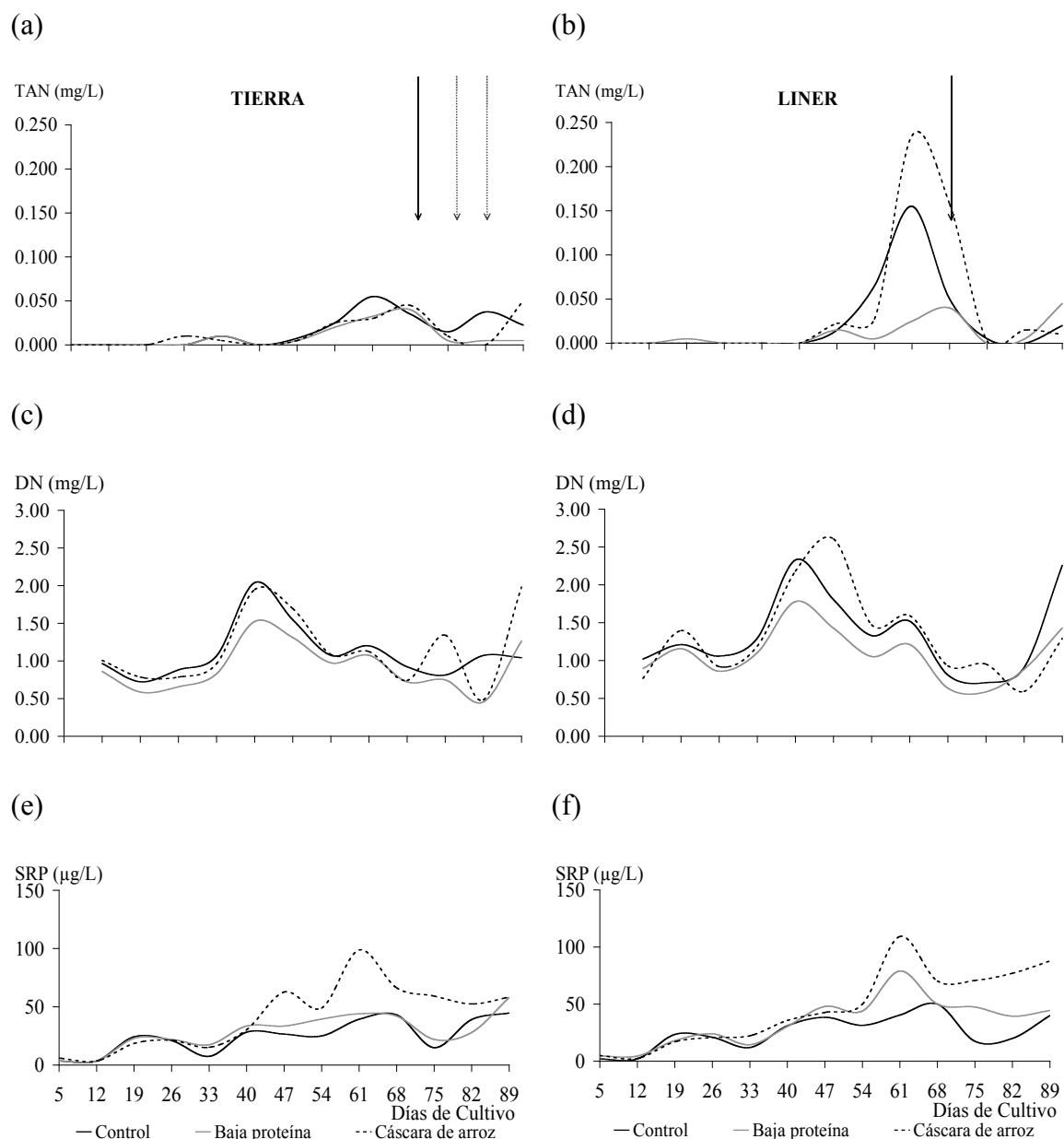


Figura 5. Fluctuaciones en el tiempo de las concentraciones de TAN (a y b); DN (c y d) y SRP (e y f), en estanques con fondo de tierra y liner durante el cultivo intensivo de *L. vannamei* bajo invernadero. La flecha continua negra indica recambio de agua en todos los estanques, mientras que las dos flechas no-continuas grises indican los días de recambio de agua en los estanques controles con fondo de tierra.

Las concentraciones de SRP oscilaron entre 2 y 462 μg/L, manteniéndose en promedio por debajo de 90 μg/L (Tabla 5). Los valores obtenidos en los estanques donde se adicionó cáscara de arroz fueron mayores ($P = 0,05$) en relación con los estanques

control, aunque no fueron diferentes de los valores obtenidos en el tratamiento con baja proteína (Figuras 5e, f).

Las concentraciones de bacterias totales y vibrios no fueron afectadas por los diferentes tipos de fondo ($P = 0,41$ y $P = 0,80$; respectivamente) o regímenes de alimentación ($P = 0,96$ y $P = 0,46$; respectivamente). Los conteos oscilaron entre 0 y 2.635 UFC/mL para vibrios y 0,62 y 14,30 10^6 células/mL para las bacterias totales y se registraron los valores más altos en los días 12 (vibrios) y 19 (bacterias totales) (Figura 6).

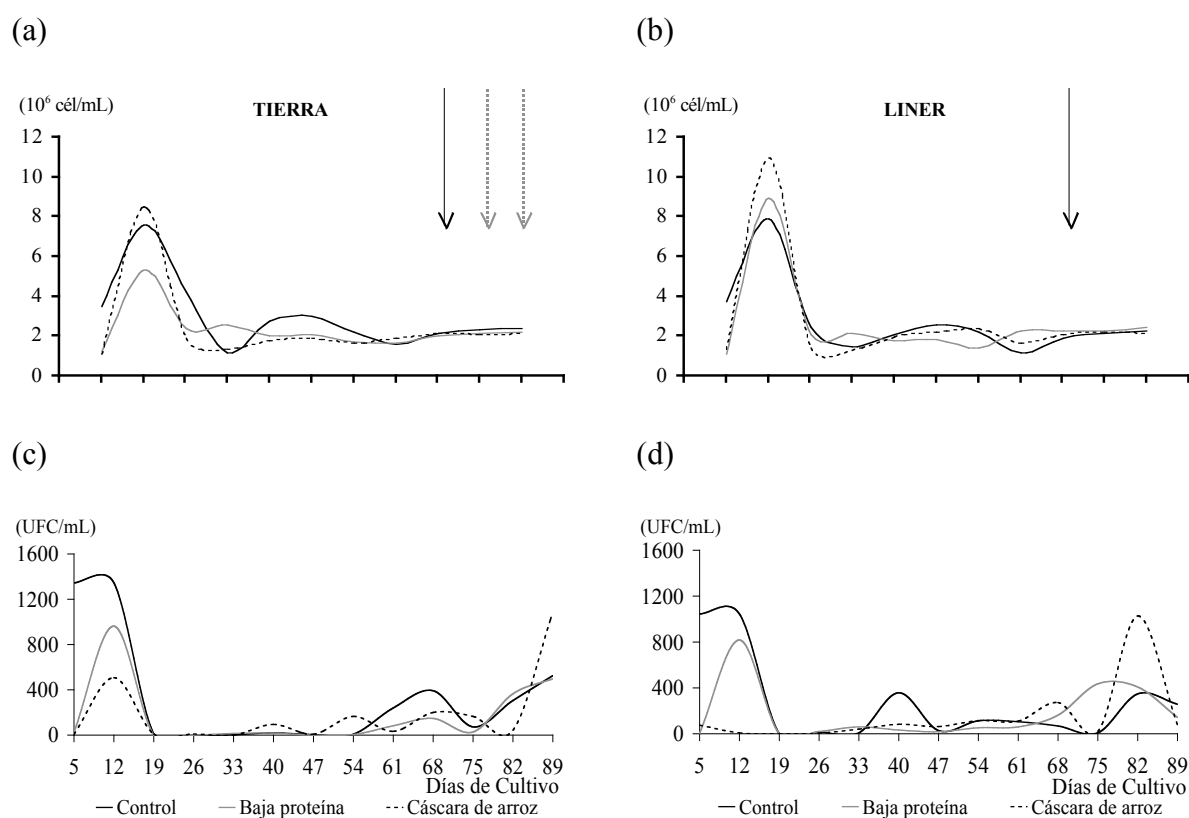


Figura 6. Fluctuaciones en el tiempo de las concentraciones de bacterias totales (a y b) y vibrios (c y d), en estanques con fondo de tierra y liner durante el cultivo intensivo de *L. vannamei* bajo invernadero. La flecha continua negra indica recambio de agua en todos los estanques, mientras que las dos flechas no-continuas grises indican los días de recambio de agua en los estanques controles con fondo de tierra.

El valor promedio inicial del pH del suelo de los estanques con fondo de tierra fue de $8,0 \pm 0,2$ sin que se registren diferencias por regímenes de alimentación ($P = 0,45$; Tabla 6). Al final del cultivo, el pH registró un incremento promedio de 0,2 sin ser significativo ($P = 0,22$). La concentración inicial promedio de materia orgánica en el suelo fue de $3,17 \pm 0,79\%$, siendo mayor para los estanques control ($P = 0,04$; Tabla 6). Sin embargo, no se observó un incremento significativo para esta variable como resultado del cultivo intensivo de *L. vannamei* ($P = 0,65$).

Tabla 6: Promedio de las variables de calidad del suelo ($\pm$ desviación estándar) evaluadas al inicio y final del cultivo intensivo de *L. vannamei* bajo invernadero. Letras diferentes en la misma fila y distinta cantidad de (*) en la misma columna, son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

Variable	Control	Baja Proteína	Cáscara de arroz
pH			
Inicio	$8,1 \pm 0,1^{a,*}$	$7,8 \pm 0,3^{a,*}$	$7,9 \pm 0,2^{a,*}$
Final	$8,2 \pm 0,2^{a,*}$	$7,9 \pm 0,1^{a,*}$	$8,2 \pm 0,1^{a,*}$
Materia orgánica (%)			
Inicio	$3,80 \pm 0,56^{b,*}$	$3,49 \pm 0,18^{ab,*}$	$2,23 \pm 0,18^{a,*}$
Final	$2,67 \pm 0,50^{a,*}$	$4,45 \pm 1,71^{a,*}$	$3,24 \pm 1,71^{a,*}$

4.3. NIVELES DE OXÍGENO DISUELTO, PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y TASA DE RESPIRACIÓN:

Las concentraciones de oxígeno disuelto promedio a las 06h00 y 18h00 fueron $4,4 \pm 2,8$ mg/L y $9,4 \pm 3,1$ mg/L, respectivamente. Los valores mínimos y máximos fueron 1,7 mg/L y 7,5 mg/L a las 06h00 y 3,5 mg/L y 20 mg/L a las 18h00. Las estimaciones de productividad primaria no resultaron ser diferentes por el tipo de fondo de los estanques ($P = 0,74$), pero con valores ligeramente más altos en los estanques control comparando

con los estanques con los protocolos con baja proteína sin y con adición de cáscara de arroz ($P = 0,14$; Tabla 7).

Tabla 7. Medias ($\pm$ desviación estándar) del consumo y producción de oxígeno disuelto, de su relación (P/R) y de la cantidad de aeración aplicada en los estanques durante el cultivo intensivo de *L. vannamei* bajo invernadero. Datos en la misma columna (hasta línea de subdivisión) con diferente superíndice son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

	Productividad (mgO ₂ /L/h)	Respiración (mgO ₂ /L/h)	P/R	Aeración (Kw-h)
Control	5,62 $\pm$ 3,05 ^a	4,31 $\pm$ 1,92^b	1,16 $\pm$ 0,51 ^a	7.446 $\pm$ 1.364 ^a
Baja Proteína	3,68 $\pm$ 2,32 ^a	5,51 $\pm$ 2,70^{a,b}	0,87 $\pm$ 0,37 ^a	7.414 $\pm$ 1.366 ^a
Cáscara de arroz	3,48 $\pm$ 2,13 ^a	3,90 $\pm$ 1,54^a	0,86 $\pm$ 0,35 ^a	7.804 $\pm$ 1.910 ^a
Tierra	2,77 $\pm$ 2,77 ^a	4,55 $\pm$ 2,47^a	0,73 $\pm$ 0,48 ^a	6.465 $\pm$ 161 ^a
Liner	2,31 $\pm$ 2,70 ^a	4,60 $\pm$ 1,87^b	0,53 $\pm$ 0,55 ^a	8.644 $\pm$ 1.275 ^a
Control – Tierra	5,25 $\pm$ 4,01	3,65 $\pm$ 1,74	1,13 $\pm$ 0,50	6.448 $\pm$ 202
Control – Liner	5,99 $\pm$ 2,02	4,97 $\pm$ 2,00	1,20 $\pm$ 0,58	8.444 $\pm$ 1.248
Baja proteína – Tierra	3,32 $\pm$ 3,19	6,48 $\pm$ 2,97	0,90 $\pm$ 0,50	6.408 $\pm$ 261
Baja proteína – Liner	4,03 $\pm$ 1,19	4,55 $\pm$ 2,22	0,83 $\pm$ 0,20	8.421 $\pm$ 1.216
Cáscara de arroz – Tierra	3,75 $\pm$ 2,61	3,51 $\pm$ 1,44	0,98 $\pm$ 0,32	6.540 $\pm$ 49
Cáscara de arroz – Liner	3,21 $\pm$ 1,73	4,29 $\pm$ 1,66	0,74 $\pm$ 0,38	9.069 $\pm$ 2.132

La tasa de respiración de los organismos presentes en los estanques experimentales alcanzó un valor más alto en los estanques con liner ($P < 0,01$) y para los estanques control comparando con los estanques recibiendo cáscara de arroz ($P = 0,03$; Tabla 7). Sin embargo, estas diferencias no se reflejaron en la cantidad de aeración suministrada a los estanques cuando se agruparon por tipo de fondo ($P = 0,18$) o tipo de régimen alimenticio ($P = 0,36$). Finalmente, se calculó una relación promedio productividad primaria: respiración (P/R ratio), sin presentar diferencias para los regímenes alimenticios ($P = 0,33$) o el tipo de fondo ($P = 0,74$; Tabla 7).

5. DISCUSIÓN

5.1. CRECIMIENTO, SUPERVIVENCIA Y PRODUCCIÓN DE CAMARÓN:

El rendimiento promedio alcanzado en los estanques experimentales bajo invernadero fue de 2.427 kg/ha, por debajo de los valores reportados generalmente para sistemas intensivos (>2.500 kg/ha; Boyd y Tucker, 1998; Tacon *et al.*, 2002). Los bajos porcentajes de supervivencia (31-36%) pueden ser debido a problemas mecánicos con los sistemas de aeración que impidieron mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto para los camarones durante las noches. Los estanques tuvieron que ser manejados con un sistema de aereación de emergencia con la instalación de aereadores tipo venturi (Aire-O₂ sumergible). McGraw *et al.* (2001) demostraron que manteniendo un mínimo de 50% de saturación del oxígeno disuelto, se incrementaba de manera significativa el nivel de producción, lo que significa en el caso del presente estudio mantener una concentración mínima de 3,3 mg/L (salinidad de 40 g/L y temperatura promedio de 30°C). Sin embargo, en 27% de los días, los estanques amanecieron con una concentración por debajo de ese umbral.

Otro factor que pudo haber contribuido a los bajos rendimientos, fue la observación de algunos eventos de mortalidades al final del cultivo, relacionados con la presencia de *Gonyaulax* sp. (J. Córdoba, comunicación personal), un dinoflagelado asociado con eventos de marea roja y mortalidades en estanques camaroneros en México (Alonso-Rodríguez y Páez-Osuna, 2003). Estos eventos anticiparon el momento de la cosecha, cuando los animales presentaban un peso promedio de entre 6 a 8 g, tamaño por debajo del que generalmente se comercializa en Ecuador. Finalmente, la salinidad permaneció

por encima de 40 g/L, valor fuera del rango óptimo para el cultivo de *L. vannamei* (Rosas *et al.*, 2001), lo que pudo haber ocasionado un estrés permanente en los animales.

Los mejores factores de producción (rendimiento, peso final, tasa de crecimiento específico y factor de conversión alimenticia) fueron asociados con la dieta control que contenía 35% de proteína. Estudios sugieren que *L. vannamei* requiere mínimo 30% de proteína en el alimento para cubrir sus requerimientos energéticos (McIntosh *et al.*, 2001; Tacon *et al.*, 2002). Sin embargo, otros autores mencionan que la utilización de altos niveles de proteína durante el periodo de cultivo no siempre es necesario y demostraron excelentes niveles de producción con dietas de bajo contenido en proteína (Green *et al.*, 1996; Velasco *et al.*, 1999; Velasco *et al.*, 2000; Martínez-Córdova *et al.*, 2002; Burford *et al.*, 2003; Martínez-Córdova *et al.*, 2003; Hari *et al.*, 2004). En el presente trabajo, se sospecha de una posible mala calidad del alimento de 22% de proteína, lo que se reflejó en un FCA más alto en los dos tratamientos que recibieron este alimento. Además, Paredes (2005), en un estudio posterior, determinó visualmente una pobre estabilidad y baja retención de la forma del pellet de la dieta con 22% de proteína utilizada en este trabajo, lo que pudo ocasionar mayor cantidad de desperdicios y poca ingestión por parte del camarón.

La adición de carbohidratos en forma de cáscara de arroz no incrementó la producción. A pesar de haber adicionado un material pulverizado, no ocasionó un incremento en el peso de los animales, tampoco en el nivel de materia orgánica (DOM o POM) que no pudo contribuir al crecimiento de las bacterias y reducir la dependencia hacia la proteína del alimento balanceado, como lo reportado en estudios presentados por Avnimelech (1999) y Hari *et al.* (2004). Sin embargo, cabe resaltar, que en una de las réplicas del régimen

con cáscara de arroz y liner, la aeración suplementaria (Aire-O₂) tuvo que ser provista las 24 horas a partir del día 62 hasta el final del cultivo, sugiriendo que la adición de carbohidratos estimuló un sistema heterotrófico (Avnimelech *et al.*, 1995; Avnimelech, 1999; Burford *et al.*, 2003; Hari *et al.*, 2004).

5.2. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA:

La concentración de fitoplancton alcanzó valores de hasta 1.554 µg/L, valor por encima de lo reportado por Thakur y Lin (2003 – 808 µg/L) y Burford *et al.* (2003 – 453 µg/L), demostrando la alta disponibilidad de nutrientes inorgánicos en estos sistemas. Esa presencia de fitoplancton ocasionó una baja lectura del disco Secchi, que se mantuvo alrededor de 20 cm desde el día 37 en adelante. Sin embargo, la presencia de fitoplancton se incrementó de manera más rápida en estanques con fondo de liner, lo que reafirma que el aislamiento del sedimento al recubrirlo con liner, impide la pérdida de nutrientes inorgánicos hacia el fondo y fomenta el desarrollo del fitoplancton (Boyd, 1995). En cuanto a los diferentes regímenes de alimentación, no se encontraron diferencias significativas al nivel de la concentración de clorofila *a*, pero las lecturas del disco Secchi apuntan hacia una disminución del fitoplancton en los estanques que recibieron la dieta de bajo nivel de proteína, que pudo haber resultado de la tendencia a una disminución en la concentración de nitrógeno disuelto en estos.

Las tres fuentes principales de sólidos suspendidos en estanques de producción acuícola son partículas de suelo suspendidas, fitoplancton y materia orgánica particulada como detrito, restos de alimento, heces y plancton en descomposición (Boyd y Tucker, 1998). La alta concentración de fitoplancton (y por ende TSS) sugiere que el agua de estanques mantenidos bajo limitadas descargas de agua, tendría que ser tratada antes de ser liberada

al medio ambiente o para su posible reutilización (Boyd y Tucker, 1998; McIntosh *et al.*, 2001).

Las concentraciones de los diferentes nutrientes disueltos evaluados (TAN, DN y SRP), no presentaron diferencias entre los dos tipos de fondo. El TAN permaneció por debajo del umbral de 1 mg/L y muy por debajo de los límites considerados peligrosos para camarones cultivados (2,6 mg/L; Jiang *et al.*, 1999). Su concentración se incrementó en el tiempo hasta el primer recambio de agua, cuando aparentemente el control del fitoplancton no fue suficiente para evitar su acumulación. Varios autores han demostrado la relación inversa que existe entre la presencia de fitoplancton y la concentración de TAN (Hopkins *et al.*, 1993; Hargreaves, 1998). El comportamiento del DN en el tiempo fue fluctuante y no se observó una marcada acumulación, oscilando cerca de los valores reportados por Burford *et al.* (2003). Las concentraciones de SRP alcanzaron valores hasta de 220 ± 70 µg/L para el régimen con cáscara de arroz y fueron más bajas en el tratamiento control. Boyd (1990) mencionó que concentraciones de SRP rara vez exceden 100 µg/L en aguas eutróficas, sin embargo, los valores alcanzados en este trabajo son mas bajos que los reportados por McIntosh *et al.* (2000; 2001), Burford *et al.* (2003) y Thakur y Lin (2003).

A diferencia del efecto fondo, se observó un efecto del régimen alimenticio en la concentración de SRP, registrándose valores más altos en el tratamiento con 22% de proteína y adición de cáscara de arroz comparando con el tratamiento control. La supuesta mala calidad del alimento de 22% pudo ser un factor que contribuyó a la acumulación de SRP en estos estanques, indicando que la dieta no fue completamente aprovechada por parte del camarón (McIntosh *et al.*, 2000), sin embargo, este resultado

no se observó en los estanques que recibieron solamente la dieta de 22% de proteína. Otra posible explicación para este incremento, puede ser el resultado de la descomposición bacteriana de una parte lábil de la cáscara de arroz adicionada en estos estanques.

Las concentraciones de bacterias totales y vibrios no presentaron diferencias por el tipo de fondo, tampoco por el régimen alimenticio. Su evolución en el tiempo denotó altas concentraciones durante las primeras tres semanas, y posteriormente una reducción a valores que se mantuvieron relativamente estables hasta el final del cultivo. Esto pudo ser el resultado de la presencia o el ingreso con el agua (para recuperar niveles perdidos por filtración) de predadores y virus (Burford *et al.*, 2003). Además, la microscopía de epifluorescencia permite diferenciar entre bacterias con fluorescencia rojo-naranja que se debe a la presencia predominante de RNA y denota células activas y en proceso de división, en contraste a bacterias inactivas con mayor cantidad de DNA y que toman un color verde (Hobbie *et al.*, 1977). Este último tipo de fluorescencia estuvo presente en la mayor cantidad de muestras (datos no presentados) indicando inactividad o poco crecimiento de las bacterias en los sistemas experimentales.

6. CONCLUSIONES

- En este estudio se presentaron bajas supervivencias en todos los estanques experimentales, sin observar diferencias por tipo de fondo o régimen alimenticio.
- No se registraron diferencias en los parámetros de producción y calidad del agua por el tipo de fondo de los estanques, sin embargo, la presencia de liner ocasionó una tasa de respiración más alta en estos estanques.
- Los estanques que recibieron el alimento comercial de 35% de proteína presentaron un mejor rendimiento, animales con un mayor peso final exhibiendo una tasa de crecimiento promedio más alta y un factor de conversión alimenticia más bajo.
- La adición de cáscara de arroz no mejoró de manera significativa los niveles de producción en comparación con los estanques que recibieron el alimento comercial de 22% de proteína, tampoco ocasionó un incremento en el número de bacterias totales.
- La adición de cáscara de arroz resultó en una concentración más alta de fosfatos reactivos solubles y materia inorgánica disuelta, sin ocasionar un incremento significativo en la concentración de materia orgánica en los suelos de los estanques con fondo de tierra.
- Al momento de la cosecha, se observaron puntos de acumulación de desechos orgánicos en todos los estanques con liner, lo que pudo haber ocasionado puntos locales en los estanques con menor calidad del agua.

7. RECOMENDACIONES

- Evaluar el aporte de la productividad natural en sistemas intensivos, independientemente de la concentración de proteína en el alimento balanceado.
- Añadir una evaluación de la digestibilidad de las proteínas presentes en el alimento, como control de calidad de las respectivas dietas ensayadas con la finalidad de dosificar los tratamientos a evaluar.
- Evaluar en el laboratorio la calidad de diferentes fuentes de carbohidratos como sustrato para microorganismos, lo que podría servir de base de recomendación para su futura aplicación en estanques de cultivo.

8. ANEXOS

8.1. ANEXO I: FÓRMULAS UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO DEL FCA Y SGR

$$\text{Factor de Conversión Alimenticia (FCA)} = \frac{\text{Total alimento suplido (kg)}}{\text{Total biomasa cosechada (kg)}}$$

$$\text{Tasa de Crecimiento Específico (SGR; g/semana)} =$$

$$\frac{(\text{Ln Peso final} - \text{Ln Peso inicial}) \times 100}{\text{Tiempo de cultivo}}$$

Donde los pesos son reportados en g y el tiempo de cultivo en semanas

8.2. ANEXO II: VALORES P Y ANOVA DE DOS VÍAS PARA LOS EFECTOS PRINCIPALES TIPO DE FONDO, TIPO DE RÉGIMEN ALIMENTICIO Y SUS INTERACCIONES PARA LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO INTENSIVO DE *L. VANNAMEI* BAJO INVERNADERO.

Variables	Fondo	Régimen alimenticio	Interacción
Rendimiento (kg/ha)	0,86	0,03	0,46
Supervivencia (%)	0,87	0,37	0,48
Peso final (g)	0,20	<0,01	0,21
SGR	0,19	<0,01	0,10
FCA	0,68	0,02	0,71

ANOVA para Rendimiento

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “Rendimiento”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	70664533	70664533	133.15	0.0074
Fon	1	22360.3	22360.3	0.04213	0.8564
Rép	2	1061463	530732	7.1033	0.0483
Ali	2	1516861	758430	10.151	0.0271
Fon x Ali	2	139955	69977.3	0.93658	0.4638
Error	4	298864	74716.0	0.93658	0.4638
Total	11	3039503	74716.0	0.93658	0.4638

Scheffe Post Hoc Tests

	Difference	Std. error	Prob
Control – Baja Proteina	702.500	193.3	0.054019
Cáscara Arroz – Baja proteina	-94.5000	193.3	0.890397
Cáscara Arroz – Control	-797.000	193.3	0.036270

ANOVA para Supervivencia

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “Supervivencia”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	14283.0	14283.0	62.190	0.0157
Fon	1	8.33333	8.33333	0.03628	0.8665
Rép	2	459.333	229.667	9.3108	0.0313
Ali	2	63.5000	31.7500	1.2872	0.3702
Fon x Ali	2	43.1667	21.5833	0.87500	0.4839
Error	4	98.6667	24.6667		
Total	11	673.000			

ANOVA para Peso final

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “Peso final”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	558.967	558.967	322.33	0.0031
Fon	1	6.30750	6.30750	3.6372	0.1967
Rép	2	3.46833	1.73417	44.277	0.0019
Ali	2	6.58500	3.29250	84.064	0.0005
Fon x Ali	2	0.185000	0.092500	2.3617	0.2103
Error	4	0.156667	0.039167		
Total	11	16.7025			

Scheffe Post Hoc Tests

	Difference	Std. error	Prob
Control – Baja Proteina	1.72500	0.1399	0.000658
Cáscara Arroz – Baja proteina	0.375000	0.1399	0.127988
Cáscara Arroz – Control	-1.35000	0.1399	0.001698

ANOVA para SGR

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “SGR”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	3.34963	3.34963	347.71	0.0029
Fon	1	0.036300	0.036300	3.7682	0.1917
Rép	2	0.019267	0.009633	46.240	0.0017
Ali	2	0.039117	0.019558	93.880	0.0004
Fon x Ali	2	0.001850	0.000925	4.4400	0.0964
Error	4	0.000833	0.000208		
Total	11	0.097367			

Scheffe Post Hoc Tests

	Difference	Std. error	Prob
Control – Baja Proteina	0.132500	0.0102	0.000537
Cáscara Arroz – Baja proteina	0.027500	0.0102	0.126195
Cáscara Arroz – Control	-0.105000	0.0102	0.001326

ANOVA para FCA

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “FCA”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	92.4075	92.4075	144.95	0.0068
Fon	1	0.140833	0.140833	0.22092	0.6846
Rép	2	1.27500	0.637500	15.000	0.0138
Ali	2	1.14500	0.572500	13.471	0.0167

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Fon x Ali	2	0.031667	0.015833	0.37255	0.7106
Error	4	0.170000	0.042500		
Total	11	2.76250			

Scheffe Post Hoc Tests

	Difference	Std. error	Prob
Control – Baja Proteina	-0.725000	0.1458	0.019377
Cáscara Arroz – Baja proteina	-0.175000	0.1458	0.540424
Cáscara Arroz – Control	0.550000	0.1458	0.048117

8.3. ANEXO III: VALORES *P* Y ANOVA DE DOS VÍAS PARA LOS EFECTOS PRINCIPALES TIPO DE FONDO, TIPO DE RÉGIMEN ALIMENTICIO Y SUS INTERACCIONES PARA LAS VARIABLES DE CALIDAD DE AGUA Y PRODUCTIVIDAD EVALUADAS DURANTE EL CULTIVO INTENSIVO DE *L. VANNAMEI* BAJO INVERNADERO.

Variable	Fondo	Régimen alimenticio	Interacción
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	0,33	0,23	0,45
TSS (mg/L)	0,16	0,40	0,66
PIM (mg/L)	0,23	0,32	0,59
POM (mg/L)	0,08	0,66	0,64
TDS (mg/L)	0,75	0,19	0,10
DIM (mg/L)	0,51	<0,01	<0,01
DOM (mg/L)	0,91	0,78	0,38
SRP (mg/L)	0,48	0,05	0,87
TAN (mg/L)	0,72	0,58	0,90
DN (mg/L)	0,18	0,11	0,90
Bacterias totales (10 ⁶ /mL)	0,41	0,96	0,55
<i>Vibrio</i> spp. (UFC/mL)	0,80	0,46	0,95
Productividad primaria (mg O ₂ /L/h)	0,74	0,14	0,74
Respiración (mg O ₂ /L/h)	0,01	0,03	0,22
PP/R	0,74	0,33	0,76
Aeración (kW-h)	0,18	0,36	0,57

ANOVA para Clorofila *a*

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “Clorofila *a*”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	298322352	298322352	94.075	0.0105
Fon	1	5179788	5179788	1.6334	0.3295
Rép	2	6342209	3171105	2.8935	0.1670
Ali	2	4823072	2411536	2.2005	0.2267
Fon x Ali	2	2180498	1090249	0.99482	0.4460
Error	4	4383713	1090249		
Total	11	22909280			

ANOVA para TSS

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “TSS”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	309493947	309493947	1562.9	0.0006
Fon	1	946408	946408	4.7792	0.1604
Rép	2	396055	198027	0.87469	0.4840
Ali	2	517800	258900	1.1436	0.4048
Fon x Ali	2	209510	104755	0.46270	0.6595
Error	4	905589	226397		
Total	11	2975363			

ANOVA para PIM

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “PIM”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	181149781	181149781	2901.3	0.0003
Fon	1	177147	177147	2.8372	0.2341
Rép	2	124874	62436.8	0.49794	0.6411
Ali	2	389723	194862	1.5541	0.3167
Fon x Ali	2	152451	76225.7	0.60791	0.5881
Error	4	501557	125389		
Total	11	1345753			

ANOVA para POM

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “POM”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	17566780	17566780	888.72	0.0011
Fon	1	229357	229357	11.603	0.0764
Rép	2	39532.8	19766.4	0.60934	0.5875
Ali	2	29452.2	14726.1	0.45396	0.6642
Fon x Ali	2	32319.5	16159.7	0.49816	0.6409
Error	4	129756	32438.9		
Total	11	460417			

ANOVA para TDS

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “TDS”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	4.30520e+12	4.30520e+12	4066.1	0.0002
Fon	1	138237620	138237620	0.13056	0.7525
Rép	2	2117595974	1058797987	3.9619	0.1125
Ali	2	1369608495	684804248	2.5625	0.1922
Fon x Ali	2	2374766196	1187383098	4.4430	0.0964
Error	4	1068981311	267245328		
Total	11	7069189597			

ANOVA para DIM

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “DIM”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	2.68531e+12	2.68531e+12	21952	≤ 0.0001
Fon	1	75983201	75983201	0.62116	0.5132
Rép	2	244650659	122325330	12.374	0.0194
Ali	2	614259845	307129922	31.069	0.0037
Fon x Ali	2	344680617	172340308	17.434	0.0106
Error	4	39541445	9885361		
Total	11	1319115767			

Scheffe Post Hoc Tests

	Difference	Std. error	Prob
Control – Baja Proteina	6996.50	2223	0.082767
Cáscara Arroz – Baja proteina	17413.5	2223	0.003747
Cáscara Arroz – Control	10417.0	2223	0.023752

ANOVA para DOM

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “DOM”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	1.90372e+11	1.90372e+11	330.33	0.0030
Fon	1	10166002	10166002	0.01764	0.9065
Rép	2	1152624242	576312121	1.5888	0.3106
Ali	2	191673427	95836714	0.26421	0.7802

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Fon x Ali	2	908248120	454124060	1.2519	0.3782
Error	4	1450934410	362733603		
Total	11	3713646201			

ANOVA para SRP

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “SRP”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	4.72884	4.72884	73.636	0.0133
Fon	1	0.046501	0.046501	0.72410	0.4844
Rép	2	0.128438	0.064219	1.1528	0.4024
Ali	2	0.729469	0.364735	6.5472	0.0548
Fon x Ali	2	0.015879	0.007940	0.14252	0.8714
Error	4	0.222833	0.055708		
Total	11	1.14312			

Scheffe Post Hoc Tests

	Difference	Std. error	Prob
Control – Baja Proteina	-0.246750	0.1669	0.418136
Cáscara Arroz – Baja proteina	0.354000	0.1669	0.221505
Cáscara Arroz – Control		0.1669	0.055646

ANOVA para TAN (transformación: $X^{0.1}$)

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For "TAN"

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	8.49290	8.49290	626.25	0.0016
Fon	1	0.002343	0.002343	0.17280	0.7180
Rép	2	0.027123	0.013561	3.2682	0.1441
Ali	2	0.005161	0.002580	0.62183	0.5819
Fon x Ali	2	0.000906	0.000453	0.10914	0.8992
Error	4	0.016598	0.004150		
Total	11	0.052131			

ANOVA para DN

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For "DN"

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	2322.08	2322.08	613.96	0.0016
Fon	1	15.6820	15.6820	4.1463	0.1787
Rép	2	7.56431	3.78215	1.3802	0.3501
Ali	2	21.6003	10.8002	3.9411	0.1133
Fon x Ali	2	0.566993	0.566993	0.10345	0.9041
Error	4	10.9615	2.74038		
Total	11	56.3751			

ANOVA para Bacterias totales

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “Bacterias totales”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	9.77429e+15	9.77429e+15	406.59	0.0025
Fon	1	2.54551e+13	2.54551e+13	1.0589	0.4116
Rép	2	4.80792e+13	2.40396e+13	0.61865	0.5833
Ali	2	3.46509e+12	1.73255e+12	0.04459	0.9569
Fon x Ali	2	5.34643e+13	2.67321e+13	0.68794	0.5536
Error	4	1.55433e+14	3.88583e+13		
Total	11	2.85897e+14			

ANOVA para Vibrios

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “Vibrios”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	87993752	87993752	14.171	0.0639
Fon	1	510469	510469	0.08221	0.8013
Rép	2	12419104	6209552	1.5740	0.3131
Ali	2	7596904	3798452	0.96285	0.4557
Fon x Ali	2	444613	222306	0.05635	0.9459
Error	4	15779983	3944996		
Total	11	36751073			

ANOVA para Productividad primaria

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “Productividad primaria”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	1958.66	1958.66	116.52	0.0085
Fon	1	2.45708	2.45708	0.14616	0.7390
Rép	2	33.6207	16.8103	1.1416	1.1416
Ali	2	101.030	50.5149	3.4306	0.1356
Fon x Ali	2	9.72105	4.86053	0.33009	0.7367
Error	4	58.8999	14.7250		
Total	11	205.728			

ANOVA para Respiración

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “Respiración”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	2164.65	2164.65	7093.1	0.0001
Fon	1	50.7174	50.7174	166.19	0.0060
Rép	2	0.610350	0.305175	0.24930	0.7906
Ali	2	22.2783	11.1392	9.0997	0.0325
Fon x Ali	2	5.53812	2.76906	2.2621	0.2202
Error	4	4.89650	1.22412		
Total	11	84.0407			

Scheffe Post Hoc Tests

	Difference	Std. error	Prob
Control – Baja Proteína	2.50500	0.7823	0.078768
Cáscara Arroz – Baja proteína	-0.657500	0.7823	0.722369
Cáscara Arroz – Control	-3.16250	0.7823	0.038672

ANOVA para Relación PP/R

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “Relación PP/R”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	100.514	100.514	88.154	0.0112
Fon	1	0.170408	0.170408	0.14945	0.7363
Rép	2	2.28042	1.14021	1.5805	0.3120
Ali	2	2.14847	1.07423	1.4890	0.3286
Fon x Ali	2	0.416867	0.208433	0.28892	0.7635
Error	4	2.88573	0.721433		
Total	11	7.90189			

ANOVA para Aeración

Type of analysis: OLS ANOVA

Factors

Name	Code	Nested in	Fixed/Random	Kind
Réplicas	Rép	(F)	Ran	Disc
Fondo	Fon	()	Fix	Disc
Alimento	Ali	()	Fix	Disc

Partial (Type 3) Sums of Squares – Custom interactions

Source	Fixed/Random	Max df	EMS	F-Denom
Const	-	1	Rép+Const	Rép
Fon	F	1	Rép+Fon	Rép
Rép	R	2	Rép	Error
Ali	F	2	Ali	Error
Fon x Ali	F	2	Fon x Ali	Error
Error	R	4		
Total		11		

General Results (12 total cases) - Analysis of Variance For “Aeración”

Source	df	Sums squares	Mean square	F-ratio	Prob
Const	1	684875861	684875861	192.14	0.0052
Fon	1	14248481	14248481	3.9973	0.1836
Rép	2	7129029	3564515	25.279	0.0054
Ali	2	375704	187852	1.3322	0.3602
Fon x Ali	2	183029	91514.6	0.64900	0.5700
Error	4	564039	141010		
Total	11	22500283			

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso-Rodríguez, R., y F. Páez-Osuna. 2003. Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. *Aquaculture* 219:317-336.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association, y Water Environment Federation. 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th Edition. APHA, Washington D.C., EE.UU.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association, y Water Environment Federation. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Edition. APHA, Washington D.C., EE.UU.
- Anderson, R.K., P.L. Parker, y A.L. Lawrence. 1987. A $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ tracer study of the utilization of present feed by a commercial important shrimp *Penaeus vannamei*, a pond growout system. *Journal of the World Aquaculture Society* 18:149-155.
- Avnimelech, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176:227-235.
- Avnimelech, Y., N. Mozes, S. Diab, y M. Kochba. 1995. Rates of organic carbon and nitrogen degradation in intensive fish ponds. *Aquaculture* 134:211-216.
- Boyd, C.E. 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Auburn University, Auburn, EE.UU.
- Boyd, C.E. 1995. *Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture*. Kluwer Academic Publishers, Boston, EE.UU.
- Boyd, C.E. 1998. Manejo de la productividad natural en cultivos de camarón semi-intensivos. *Acuicultura del Ecuador* Agosto/Septiembre:22-27.

- Boyd, C.E. 2001. Water Quality. An Introduction. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, Países Bajos.
- Boyd, C.E., y C.S. Tucker. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, Países Bajos.
- Bratvold, D. y C. Browdy. 2001. Effects of sand sediment and vertical surfaces (AquaMatsTM) on production, water quality and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. *Aquaculture* 195:81-94.
- Brunson, M.W., C.G. Lutz, y R.M. Durborow. 1994. Algae Blooms in Commercial Fish Production Ponds. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC) Publication No. 466.
- Burford, M.A. 1997. Phytoplankton dynamic in shrimp ponds. *Aquaculture Research* 28:351-360.
- Burford, M.A., y P.M. Glibert. 1999. Short-term nitrogen uptake and regeneration in early and late growth phase shrimp ponds. *Aquaculture Research* 30:215-227.
- Burford, M.A., P.J. Thompson, R.P. McIntosh, R.H. Bauman, y D.C. Pearson. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219:393-411.
- Burford, M.A., P.J. Thompson, R.P. McIntosh, R.H. Bauman, y D.C. Pearson. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture* 232:525-437.
- Chamberlain, G.W. 1995. Frontiers in shrimp nutrition research. Páginas 108-117 *en* C. L. Browdy y J. S. Hopkins, editores. *Swimming Through Troubled Water*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, EE.UU.
- Chong, V.C., y A. Sasekumar. 1981. Food and feeding habits of the white prawn *Penaeus merguensis*. *Marine Ecology Progress Series* 5:185-191.

- Colwell, R.R. 1984. *Vibrios in the Environment*. John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, EE.UU.
- Dixon, H. 1997. Environmental code of practice for the shrimp farming industry of Belize. Documento no publicado.
- Focken, U., A. Groth, R.M. Coloso, y K. Becker. 1998. Contribution of natural food and supplemental feed to the gut content of *Penaeus monodon* Fabricius in a semi-intensive pond system in the Philippines. *Aquaculture* 164:105-116.
- Funge-Smith, S.J., y M.R. Briggs. 1998. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implication for sustainability. *Aquaculture* 164:117-133.
- Green, W.B., D.R. Teichert-Coddington, C.E. Boyd, J.L. Harvin, H. Corrales, R. Zelaya, D. Martínez, y E. Ramírez. 1996. Effect of Diet Protein on Food Conversion and Nitrogen Discharge during Semi-Intensive Production of *Penaeus vannamei* during the Dry Season. Fourteenth Annual Technical Report, CRSP, 77-86 pp.
- Hargreaves, J.A. 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture* 166:181-212.
- Hari, B., B.M. Kurup, J.T. Varghese, J.W. Schrama, y M.C.J. Verdegem. 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture* 241:179-194.
- Hobbie, J.E., R.J. Daley, y S. Jasper. 1977. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Applied and Environmental Microbiology* 33(5):1225-1228.
- Hopkins, J.S., R.D. Hamilton, P.A. Sandifer, C.L. Browdy, y A.D. Stokes. 1993. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budget of intensive shrimp ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 24(3):300-320.

- Horowitz, A., y S. Horowitz. 2001. Microorganismos y prácticas de alimentación en acuicultura. *Aquanoticias de Latinoamérica* 1(1):37-39.
- Jackson, C., N. Preston, P.J. Thompson, y M. Burford. 2003. Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. *Aquaculture* 218:397-411.
- Jiang, D.H., A.L. Lawrence, W.E. Neill, W.H. Grant, y H. Gong. 1999. Lethal effect of ammonia to postlarval *Penaeus vannamei* at two temperatures, 25 and 30°C. Página 77 en American Aquaculture Society Annual Conference, 27-30 January, Tampa, Florida, EE.UU.
- Jory, D.E. 1995a. Management of natural productivity in marine shrimp semi-intensive ponds. *Aquaculture Magazine* 21; 90-100.
- Jory, D.E. 1995b. Feed management practices for a healthy pond environment. Páginas 188-134 en C.L. Browdy y J.S. Hopkins (editors). *Swimming Through Troubled Water*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, EE.UU.
- Martin, J.-L.M., Y. Veran, O. Guelorget, y D. Pham. 1998. Shrimp rearing: stocking density, growth, impact on sediment, waste output and their relationships studied through the nitrogen budget in rearing ponds. *Aquaculture* 164:135-149.
- Martínez-Córdova L., R. Barraza, y N. Pastén. 1997. Abundance, composition and nutritional contribution of zooplankton in fertilized and unfertilized shrimp aquaculture ponds with different feeding rates. *Journal of Aquaculture in the Tropics* 12:23-34.
- Martínez-Córdova L.R., H. Villareal-Colmenares, y M.A. Porchas-Cornejo. 1998. Response of biota to aeration rate in low water exchange ponds farming white shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research* 29:587-593.
- Martínez-Córdova, L.R., A. Campaña, y M.A. Porchas-Cornejo. 2002. The effects of variation in feed protein level on the culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*

- (Boone), in low-water exchange experimental ponds. *Aquaculture Research* 33:995-998.
- Martínez-Córdova, L.R., A. Campaña, y M.A. Porchas-Cornejo. 2003. Dietary protein level and natural food management in the culture of blue (*Litopenaeus stylirostris*) and white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in microcosms. *Aquaculture Nutrition* 9:155-160.
- Massaut, L. 1999. Manejo de sabores/olores no deseados ("off-flavor") en cultivos de camarón en Ecuador. *El Mundo Acuícola* 5(2):21-26.
- McGraw, W., D.R. Teichert-Coddington, D.B. Rouse, y C.E. Boyd. 2001. Higher minimum dissolved oxygen concentrations increase penaeid shrimp yields in earthen ponds. *Aquaculture* 199:311-321.
- McIntosh, D., T.M. Samocha, E.R. Jones, A.L. Lawrence, D.A. McKee, S. Horowitz, y A. Horowitz. 2000. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. *Aquacultural Engineering* 21:215-227.
- McIntosh, D., T.M. Samocha, E.R. Jones, A.L. Lawrence, S. Horowitz, y A. Horowitz. 2001. Effects of two commercially available low-protein diets (21% and 31%) on water and sediment quality, and on the production of *Litopenaeus vannamei* in an outdoor tank system with limited water discharge. *Aquacultural Engineering* 25:69-82.
- McNeil, R. 2001. Consideraciones claves en sistemas heterotróficos, aeróbicos con cero recambio. *Aquanoticias de Latinoamérica*. 1(1):29-32.
- Molina-Poveda, C.A. 1998. Disminución de la proteína en el alimento del camarón, como una estrategia para reducir el impacto ambiental. Páginas 183-203 *en* L.E.

- Cruz-Suárez, D. Ricquie-Marie y R. Mendoza-Alfaro, editores. IV Symposium Internacional de Nutrición Acuícola, La Paz, B.C.S., México.
- Montoya, R., y M. Velasco. 2001. El rol de las bacterias sobre estrategias nutricionales y manejo de sistemas de acuicultura. *Aquanoticias de Latinoamérica*. 1(1):18-20.
- Moriarty, D.J.W. 1986. Bacterial productivity in ponds used for culture of penaeid prawns. *Microbial Ecology* 12:259-270.
- Moriarty, D.J.W. 1997. The role of microorganisms in aquaculture ponds. *Aquaculture* 151: 333-349.
- Moriarty, D.J.W. 1998. Control of luminous *Vibrio* species in penaeid aquaculture ponds. *Aquaculture* 164:351-358.
- Paredes, Y. 2005. Ensayos in vivo de crecimiento para evaluar la “calidad” de alimentos balanceados disponibles en el mercado. CENAIM Informa, Boletín Informativo No. 132, Fundación CENAIM-ESPOL, Guayaquil, Ecuador.
- Paerl, H.W. 1988. Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine and inland waters. *Limnology and Oceanography* 33:823-847.
- Paerl, H.W., y C.S. Tucker. 1995. Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 26(2):109-131.
- Pechar, L. 1987. Use of an acetone:metanol mixture for the extraction and spectrophotometric determination of chlorophyll-a in phytoplankton. *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 78:99-117.
- Peña Messina, E. 1999. Comparación del consumo alimenticio de *Litopenaeus vannamei* y *Litopenaeus stylirostris* durante la engorda, bajo condiciones de bicultivo y monocultivo semiintensivo en estanques de bajo recambio. Tesis de Maestría, Universidad de Sonora, Hermosillo, México.

- Pruder, G.D., E.O. Duerr, W.A. Walsh, A.L. Lawrence, y W.A. Bray. 1992. The technical feasibility of pond liners for rearing Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) in terms of survival, growth, water exchange rate and effluent water quality. *Aquacultural Engineering* 11:183-201.
- Rao, P.S.S., y I. Karunasagar. 2000. Incidence of bacteria involved in nitrogen and sulphur cycles in tropical shrimp culture ponds. *Aquaculture International* 8:463-472.
- Ritvo, G., J.B. Dixon, T.M. Samocha, A.L. Lawrence, W.H. Neill. 1998. Low-cost experimental unit and growth medium for testing soil effects on shrimp culture. *Aquacultural Engineering* 18:245-249.
- Rosas, C., A. Sanchez, E. Díaz, L.A. Soto, G. Gaxiola, y R. Brito. 1996. Effect of dietary protein level on apparent heat increment and post-prandial nitrogen excretion of *Penaeus setiferus*, *P. schmitti*, *P. duorarum* y *P. notialis* postlarvae. *Journal of the World Aquaculture Society* 27:92-102.
- Rosas, C., N. López, P. Mercado, y E. Martínez. 2001. Effect of salinity acclimation on oxygen consumption of juveniles of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Crustacean Biology* 21(4):912-922.
- Saldias, C.A. 2001. Efluentes y balance de nutrientes en piscinas camaroneras con diferentes prácticas de manejo. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Samocha, T.M., A.L. Lawrence, A. Horowitz, y S. Horowitz. 1998. Commercial bacterial supplement – its potential use in the production of marine shrimp under no water exchange. En D.E. Jory, editor. *Proceedings of the First Latin American Shrimp Culture Congress & Exhibition*, 6-10 October 1998, ATLAPA Convention Center Panama City, Panamá.

- Schuur, A.M. 2003. Evaluation of biosecurity applications for intensive shrimp farming. *Aquacultural Engineering* 28:3-20.
- Smith, D.M., M.A. Burford, S.J. Tabrett, S.J. Irvin, y L. Ward. 2002. The effect of feeding frequency on water quality and growth of the black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquaculture* 207:125-136.
- Solórzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by phenol-hypochlorite method. *Limnology and Oceanography* 14:799-801.
- Taboada, G., G. Gaxiola, T. García, R. Pedroza, A. Sanchez, L.A. Soto, y C. Rosas. 1998. Oxygen consumption and ammonia-N excretion related to protein requirements for growth of white shrimp *Penaeus setiferus* (L) juveniles. *Aquaculture Research* 29:823-833.
- Tacon, A.G.J. 2002. Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp Aquaculture. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium.
- Tacon, A.G.J., J.J. Cody, L.D. Conquest, S. Divakaran, I.P. Forster, y O.E. Decamp. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition* 8:121-137.
- Teichhert-Coddington, D.R., D. Martinez, y E. Ramírez. 2000. Partial nutrient budgets for semi-intensive shrimp farms in Honduras. *Aquaculture* 190:139-154.
- Thakur, D.P., y C.K. Lin. 2003. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquacultural Engineering* 27:159-176.
- Tilman, D., S.S. Kilham, y P. Kilham. 1982. Phytoplankton community ecology: the role of limiting nutrients. *Annual Review in Ecological Systems* 13:349-372.

- Tucker, C.S., y S.W. Lloyd. 1984. Phytoplankton communities in channel catfish ponds. *Hydrobiologia* 112:137-141.
- Velasco, M., A.L. Lawrence, y W.H. Neill. 1998. Effects of dietary phosphorus level and inorganic source on survival and growth of *Penaeus vannamei* postlarvae in zero-water exchange culture tanks. *Aquatic Living Resources* 11:29-33.
- Velasco, M., A.L. Lawrence, y F.L. Castille. 1999. Effect of variations in daily feeding frequency and ration size on growth of shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture* 179:141-148.
- Velasco, M., A.L. Lawrence, F.L. Castille, y L.G. Obaldo. 2000. Dietary protein requirement for *Litopenaeus vannamei*. En L.E. Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.A. Overa-Novoa, y R. Civera-Cerecedo, editores. *Avances en Nutrición Acuícola. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Noviembre 2000, Mérida, Yucatán, México.

