



AquaTIC

ISSN: 1578-4541

editor@revistaqaquatic.com

Universidad de Zaragoza

España

Faillace Bautista, Jaime Francisco; Vergara, R.; Suarez, A.
Evaluación de una fórmula alimenticia para camarón de cultivo (*L. vannamei*) con
inclusión de proteína vegetal a base de harina de soya
AquaTIC, núm. 44, 2016, pp. 12-29
Universidad de Zaragoza
Zaragoza, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49449812002>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Evaluación de una fórmula alimenticia para camarón de cultivo (*L. vannamei*) con inclusión de proteína vegetal a base de harina de soya

Jaime Francisco Faillace Bautista, R. Vergara y A. Suarez

Centro de Investigaciones de la Acuicultura de Colombia.
Carrera 70 F No. 78, A-84. Colombia.
e-mail: jfaillace@ceniacua.org

Resumen

En la preparación y análisis de las dietas experimentales se formuló una dieta con alta inclusión de proteína vegetal a base de harina de soya. Esta dieta se formuló teniendo en cuenta que tuviera los mismos niveles energéticos y proteicos que la dieta control con harina de pescado. Para la evaluación comercial de la dieta se utilizaron nauplios del programa de mejoramiento genético del laboratorio, se sembraron en piscinas de investigación de producción de camarón (Finca 1) y en una finca camaronera del sector (Finca 2). Se realizaron toma de parámetros fisicoquímicos tales como oxígeno disuelto (mg L^{-1}) diario, temperatura, amonio, nitrito y nitrato y análisis microbiológicos en el agua, para determinar los recuentos en TSA y TCBS. Para los muestreos de crecimiento y sobrevivencia, se realizaron muestreos semanales a partir de la cuarta semana de cultivo. Se cosecharon los camarones tras 100 días aproximadamente y se evaluaron los principales parámetros de cultivo. Los resultados demostraron que los análisis bromatológicos de la dieta vegetal y control contenían los mismos porcentajes de proteína (35%) y energía (20,7%). Las variables físico-químicas de calidad de agua se encontraban dentro de los rangos apropiados para el cultivo de camarón. Los parámetros de crecimiento demostraron que la dieta control y la dieta vegetal son igual de eficientes para el cultivo de camarón, presentando similares índices productivos el peso promedio final (g), que para la Finca 1 fue de 17,10 g para el control y 18,36 g para el tratamiento. Mientras que en la Finca 2 fue de 18,62 g para el control y 20,26 g para el tratamiento. Finalmente, la evaluación de una formula alimenticia con inclusión de proteína vegetal es una alternativa para sustituir el uso de harina de pescado, reduciendo los costos de producción y ayudar a mitigar en parte la presión sobre la pesca.

Summary

Evaluation of a food formulated for farmed shrimp (*L. vannamei*) including vegetable protein

In the preparation and analysis of the experimental diets including a diet high formulated vegetable flour. This diet was formulated taking into account that had the same energy and protein levels than the control diet with fishmeal. For commercial dietary assessment program *nauplii* breeding laboratory were used, they were planted in pools research shrimp production (Farm 1) and shrimp farm sector (Farm 2). Making physicochemical parameters such as dissolved oxygen (mg L^{-1}) daily, temperature, ammonia, nitrite and nitrate and microbiological water analysis were conducted to determine the counts in TSA and TCBS. For samples of growth and survival, weekly samples were taken from the fourth week of culture. Shrimp were harvested after about 100 days and the main cultivation parameters were evaluated. The results showed that the chemical composition analysis found that plant and control diets contained the same percentages of protein (35%) and energy (20.7%). The physicochemical water quality variables were within appropriate for shrimp farming ranges. The growth parameters showed that the control diet and vegetable diet are equally efficient for shrimp farming that have similar production rates. Finally, evaluation of a food formulated including vegetable protein is an alternative to replace the use of fishmeal, reducing production costs and help alleviate some of the pressure on fishing.

Introducción

El cultivo de camarón es una actividad muy importante dentro de la industria acuícola, provee proteína animal de excelente calidad y alto valor nutricional, aportando al mantenimiento de la seguridad alimentaria mundial. Para tener éxito en este cultivo, se

deben llevar a cabo prácticas que optimicen el rendimiento de los camarones, el monitoreo, control y adecuación de los procesos deben ir de la mano con los avances científicos. Las investigaciones al respecto deben orientar los procesos en conjunto con los avances tecnológicos y, en este sentido, replantear prácticas o técnicas de manejo para mejorar los procesos. Si se tiene en cuenta que el alimento concentrado representa entre el 50% y 70% de los costos de producción, es importante garantizar que este insumo, sea lo más eficiente posible, en términos nutricionales y que además se suministre de manera óptima a los organismos de cultivo. Por lo anterior, es importante la búsqueda y aplicación de materias primas de origen vegetal para reemplazar la harina de pescado. También es importante recalcar que el reemplazo de esta harina no es sólo importante por aminorar los costos de producción, sino también por razones ambientales, es decir, para mitigar en parte la presión sobre la pesca y el daño a ecosistemas marinos.

Las harinas vegetales, son también una importante fuente nutricional para los camarones, si se tiene en cuenta la selección de los ingredientes adecuados, con los perfiles nutricionales que suplan los requerimientos de los organismos de cultivo, se pueden elaborar dietas a un menor costo y que sean eficientes en el cultivo. También es importante garantizar que el proceso de elaboración de las dietas se haga de forma adecuada, para que las características de los alimentos sean la indicada. Investigaciones previas han mostrado resultados exitosos con el uso de harina vegetal, de esta forma es prioritario evaluar la nueva dieta en condiciones de engorde comercial con el fin de determinar si es posible utilizarla en forma rutinaria en la fase de engorde del *L. vannamei*. Como lo reportado por Alvárez (2007), donde evaluó la respuesta de *L. schmitti* a la sustitución parcial y total (46, 59, 75, 88 y 100%) de harina de pescado por harina de soya, usando como control, alimento comercial. Los resultados obtenidos a los 52 días mostraron que no hay diferencias significativas en peso final, factor de conversión del alimento, y eficiencia proteica, al sustituir hasta un 75% la harina de pescado por harina de soya.

Amaya (2007), evaluó el crecimiento, la sobrevivencia y el FCR en cultivo de camarón durante 18 semanas reemplazando la harina de pescado en cuatro dietas para camarones *L. vannamei* que contienen 35% de proteína cruda y 8% de lípidos. Estas dietas incluyen niveles de harina de pescado (9, 6, 3, y 0%) y fueron sustituidas por una combinación de proteínas vegetales (harina de soya 32,5; 34,9; 37,2 y 39,6%, respectivamente) y harina de gluten de maíz (0,0; 1,7 variando; 3,2, y 4,8%, respectivamente) Al concluir el período experimental, no hubo diferencias significativas ($p \geq 0,05$) en la producción de camarón entre las dietas de prueba. Rendimiento final, peso final, valores de la relación de conversión del alimento y supervivencia. Los resultados de este estudio demuestran que la harina de pescado puede ser reemplazada por completo, el uso de fuentes alternativas de proteínas vegetales en camarones no compromete la producción y el rendimiento económico de *L. vannamei* criado en estanques.

Soares (2014) evaluó el comportamiento del camarón marino *Litopenaeus vannamei* alimentado con diferentes niveles de reemplazo (0, 25, 50, 75 y 100%) de la proteína de la harina de pescado por concentrado de proteína de soya en las dietas. Según los resultados, el peso ganado por los camarones con sustituciones de 0% y 25% fue mayor que el de 100%, pero no difieren significativamente de otras dietas. Soares sostiene que “hubo tendencia lineal negativa con el reemplazo creciente de la harina de pescado para el crecimiento del camarón y el consumo del alimento”. Estos resultados llevaron a la investigadora a concluir que la harina de pescado puede ser reemplazada hasta en un 75% sin afectar el crecimiento del camarón.

Se ha calculado que la implementación de esta nueva dieta podría tener un ahorro en costos de alimentación de hasta un 20% lo cual significaría 4 millones de dólares al año. En el presente artículo se evalúa la dieta con altos niveles de proteína vegetal en condiciones de cultivo comercial.

Materiales y métodos

Calidad fisicoquímica de los nutrientes:

Se hizo una selección preliminar de varias harinas vegetales a las cuales se les realizaron análisis bromatológicos detallados con el fin de verificar la calidad y tener los valores de los principales nutrientes para la posterior formulación de la dieta. La fuente proteica vegetal que se utilizó fue la harina de soya, remplazando en un 85% la harina de pescado.

Formulación:

Para la formulación se utilizó el software Nutrion® que funciona con un algoritmo matemático permitiendo calcular fórmulas al menor costo posible. La nueva dieta se formuló con los mismos niveles de energía y proteína que la dieta referencia, con el propósito de mantener las condiciones "iso" de proteína y energía.

Las vitaminas y minerales se adicionaron según especificaciones dadas por la casa fabricante del Premix®, los niveles de proteína y lípidos recomendados para la elaboración de la dieta a base de harina vegetal son de 35% y 10% respectivamente.

La fórmula de la dieta comercial está basada principalmente en harina de pescado y otros de origen marino, aceite de pescado, harina de semillas oleaginosas, cereales y sus subproductos, lecitina de soya, fosfato de sodio/potasio, carbonato de calcio, cloruro de sodio, preservante autorizado, premezcla de minerales y vitaminas, aminoácidos sintéticos (metionina, lisina) (NICOVITA).

Tabla 1. Fórmula utilizada para preparar la dieta vegetal.

Batch 100 kg	Porcentaje (%)
Harina de Pescado	3
Harina de Soya	54
Gluten de Maíz	6
Harina de Trigo	23
Harina de Calamar	1
Aceite de pescado	5
Lecitina	1
Stay C (35% activo)	0,02
Di-calciumphosphate	3
Salt-potassiumchloride	2
Bentonite	1
Moldinhibitor	0,15
MixedBileAcid	0,2
Vitaminpremix	0,34
Mineral premix	0,08
Cholina	0,2
TOTAL	99,99

Fabricación:

La dieta fue elaborada por una compañía internacional productora de alimentos concentrados para camarón de cultivo, asegurando de esta forma los mejores estándares de calidad. Aunque inicialmente se contempló la fabricación a nivel local, no

fue posible debido a que las instalaciones para la fabricación del *pellet* para camarón fueron desmontadas por las empresas de concentrados del país.

Para la evaluación de la calidad físico-química de las dietas se evaluaron los niveles de proteína, grasa, aminoácidos, ácidos grasos, energía, humedad, fibra y cenizas.

Evaluación comercial de la dieta:

Animales a evaluar: Los animales que se utilizaron para evaluar la dieta provinieron del programa de mejoramiento genético. La larva se produjo en el laboratorio de Punta Canoa. Los procesos de reproducción, obtención de nauplios y larvicultura se realizaron bajo los protocolos establecidos en el laboratorio. La larva fue cosechada en estadio PL10, el peso inicial de las postlarvas es de 4 mg, aproximadamente y se evaluaron para comprobar que cumplieran con los estándares de calidad.

Evaluación en piscinas comerciales:

Con el fin de evaluar el desempeño de la dieta con diferentes sistemas de manejo se realizaron pruebas en CENIACUA (Finca 1) en estanques rectangulares en tierra, con un área de 450 m². Y en una finca camaronera del sector (Finca 2). En cada una se seleccionaron 3 piscinas comerciales con un área de 2,15; 0,4 y 0,58 ha para alimentarlas con la dieta elaborada con alta inclusión de harinas vegetales y se compararon con otras 3 piscinas con el mismo manejo, con un área de 1,53; 1,46 y 0,44 ha alimentadas con la dieta de referencia (alto nivel de inclusión de harina de pescado).

Preparación de las piscinas, siembra y aclimatación:

Se llevó a cabo teniendo en cuenta la aplicación de los protocolos de preparación de las piscinas, como son, medición de pH del suelo, aplicación de hidróxido y carbonato de calcio y demás fertilizantes con el fin de estimular la productividad primaria. La aclimatación de la larva a las condiciones de las piscinas de la finca comercial se hizo durante tres días teniendo en cuenta que es una finca *inland* que realiza sus procesos de producción en agua dulce con niveles altos de dureza y alcalinidad. Posteriormente se realizó el conteo de las larvas en estadio PL10 y peso no significativo por volumetría para estimar la población inicial. Se sembró con una densidad de 28 individuos/m² en cada caso. Para la alimentación inicialmente se suministró alimento molido en dos (2) raciones diarias durante la primera semana. A partir de la segunda semana se dividió la alimentación en tres (3) raciones diarias (8:00 a.m., 3:00 p.m., 8:00 p.m.). En la tercera semana se suministró un alimento quebrantado y a partir de la cuarta semana el *pellet* tradicional. Las raciones alimenticias se calcularon semanalmente con base en el peso promedio de los animales obtenido en los muestreos. Adicionalmente se utilizaron bandejas de alimentación como "testigos" con el propósito de ajustar el alimento y evitar sub o sobrealimentación, verificando el consumo a las 2 horas de haber aplicado el alimento. Se elaboraron tablas de alimentación semanales para cada piscina que fueron contrastadas con la biomasa calculada y el consumo de alimento.

Factores físico-químicos y microbiológicos:

En la Finca 1 se realizó toma de parámetros (temperatura y oxígeno) dos (2) veces por día (mañana y tarde). Los análisis de N-NH₃, N-NO₂, N-NO₃, pH, alcalinidad y salinidad, se realizaron una (1) vez por semana, en las horas de la mañana. Se realizaron análisis microbiológicos en el agua, con el propósito de determinar los recuentos bacterianos para flora total en medio TSA y para flora *Vibrio* en TCBS, una (1) vez por semana

durante todo el ciclo de cultivo. En la finca camaronera (2) se tomaron registros de oxígeno y temperatura según los protocolos de manejo de la finca.

Evaluación de parámetros productivos:

Muestreos de crecimiento: A partir de la cuarta semana y en forma semanal se realizaron muestreos de crecimiento en las horas de la mañana, tomando 100 animales de cada piscina para obtener el peso promedio de cada piscina.

Cosecha: Los animales fueron cosechados tras 105 días de cultivo para la Finca 2 y 109 días para la Finca 1. Con esta información se determinaron los parámetros de rendimiento productivo.

Análisis estadístico: El análisis estadístico planeado es un Modelo Linear General y métodos para comparación de medias. Todos los análisis fueron realizados con *software* de Infostat®. Los resultados fueron considerados estadísticamente significativos a un nivel de $p < 0.05$.

Una vez cosechado la totalidad del producto se evaluaron los siguientes parámetros:

- Kilogramos por hectárea: Kilogramos de camarón entero por área piscina (ha).
- Número de animales por kilo.
- Peso promedio.
- Incremento semanal de peso.
- Sobrevivencia final.
- Ganancia en peso.
- Tasa de conversión alimenticia (TCA).
- Tasa de eficiencia alimenticia (FE): Ganancia en peso por unidad de alimento consumido.
- Tasa de eficiencia proteica (PER): Incremento en peso con respecto a la proteína consumida. Esta variable se calculó para cada piscina a partir del peso promedio inicial y del peso promedio final por gramos de proteína suministrada.
- Kilogramos por hectárea y por día: cantidad de kilos producidos de camarón por hectárea y por día.

Tabla 2. Análisis bromatológico de la materia prima vegetal.

Materias Prima de la Harina de Soya	Porcentaje (%)
Nitrógeno total	47,95
Grasa cruda	3,48
Extracción de lípidos	18
Perfil ácidos grasos	20
Concentración de aminoácidos	***
Humedad	7,96
Fibra cruda	3,79
Cenizas	7,88
Energía neta (kJ g ⁻¹)	19,5
 <i>***Aminoácidos</i>	
Arginina	3,59
Histidina	1,28
Treonina	1,96
Lisina	2,61
Isoleucina	2,35
Valina	2,69
Metionina	0,68
Fenilalanina	2,48
Triptófano	0,56

Resultados

Calidad fisicoquímica de los nutrientes:

Se realizó un análisis bromatológico detallado de la harina vegetal y se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 2). Los valores obtenidos fueron tenidos en cuenta para la formulación en la dieta.

También se realizó el análisis bromatológico de la dieta con alta inclusión de harina vegetal y el de la dieta control (Tabla 3). Se encontró que en la dieta vegetal el nivel de grasa era un 93% superior con respecto a la dieta control en tanto que el contenido de cenizas en la dieta vegetal fue 66% menor con respecto a la dieta control.

Tabla 3. Comparación del análisis bromatológico de las dos dietas.

Porcentaje en la dieta (%)	Vegetal	Control
Proteína	34,78 ± 0,03	35,00 ± 0,02
Grasa	8,7	4,5
Aminoácidos	***	***
Ácidos Grasos	0,3	0,4
Energía	20,7 ± 1,53	20,7 ± 1,63
Fibra	5,64 ± 0,1	6,38 ± 0,35
Cenizas	6,3 ± 0,24	9,5 ± 0,334
Pérdida de material seca en 1h		
<i>Pellets g⁻¹</i>	23,00 ± 0,71	41,00 ± 1,5
Densidad (g cm ⁻³)	0,77	0,78
Absorción de agua en pellet	84,3 ± 0,0	85,0 ± 2,1
Lixiviación	14,78 ± 1,1	12,78 ± 0,22
<i>***Aminoácidos</i>		
Arginina	1,0 ± 1,9	3,1 ± 2,4
Histidina	2,8 ± 3,3	4,8 ± 5,4
Treonina	3,5 ± 3,1	4,2 ± 3,2
Lisina	1,7 ± 1,1	4,2 ± 1,9
Isoleucina	6,7 ± 1,4	3,7 ± 1,6
Valina	4,2 ± 5,5	12,2 ± 1,6
Metionina	1,2 ± 1,9	1,2 ± 4,10
Fenilalanina	3,7 ± 3,9	2,8 ± 2,8
Triptófano	4,7 ± 1,2	2,9 ± 10,3

Formulación y preparación de las dietas:

Para la formulación de la dieta vegetal se utilizó la fórmula de propiedad de CENIACUA, la cual se le cedió a la empresa que realizó la maquila, bajo un acuerdo de confidencialidad.

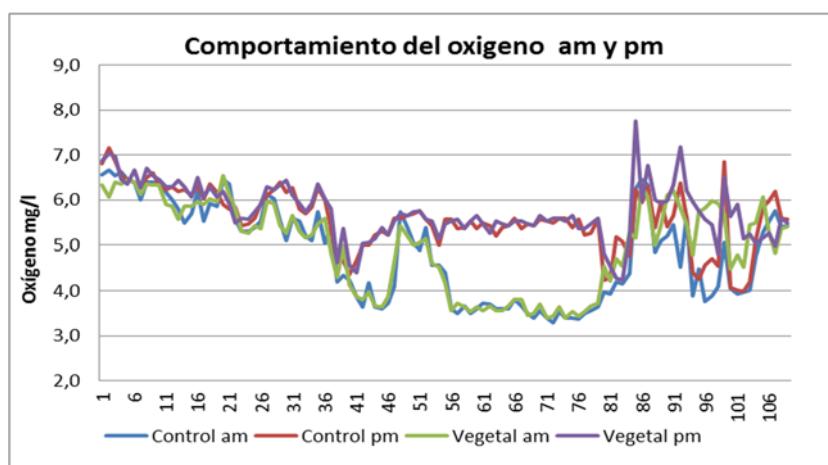
La empresa donde se realizó el concentrado para camarón y que dio inicio a las primeras pruebas fue la empresa peruana NICOVITA, con más de 25 años de experiencia en la industria acuícola, que forma parte de ALICORP, una empresa multinacional dedicada a la elaboración de productos industriales de consumo masivo y nutrición animal.

La dieta vegetal presentó una coloración café más clara que la dieta control y textura más grasosa, los cambios en el color entre las dos dietas pueden corresponder a los diferentes ingredientes utilizados y los niveles de inclusión.

Evaluación comercial de la dieta:

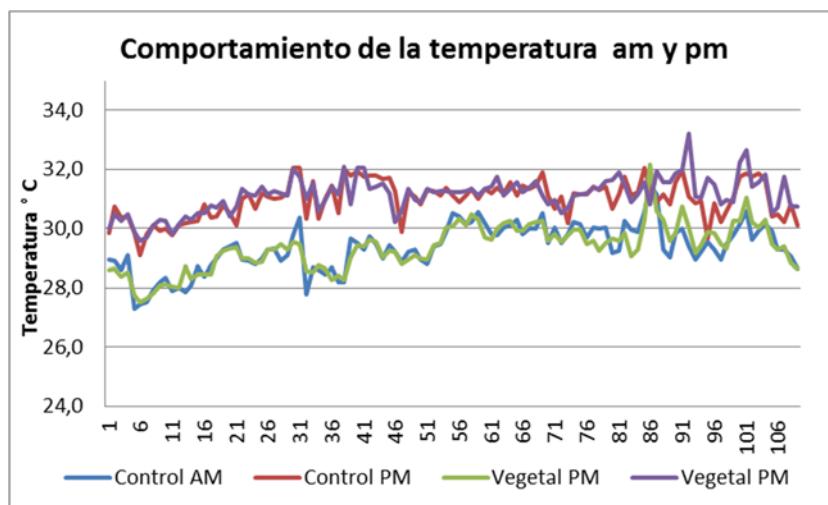
Factores físico-químicos de calidad de agua

Oxígeno: El promedio de oxígeno en horas de la mañana para las piscinas alimentadas con la dieta control fue de $4,8 \text{ mg L}^{-1}$ siendo el mínimo $3,3 \text{ mg L}^{-1}$ y un máximo de $6,7 \text{ mg L}^{-1}$ (Gráfica 1). En las piscinas alimentadas con la dieta vegetal el promedio de oxígeno en horas de la mañana fue de 5 mg L^{-1} con un mínimo de $3,4 \text{ mg L}^{-1}$ y máximo $6,5 \text{ mg L}^{-1}$. El promedio de oxígeno en horas de la tarde para las piscinas alimentadas con la dieta control fue de $5,6 \text{ mg L}^{-1}$ siendo el mínimo 4 mg L^{-1} y un máximo de $7,2 \text{ mg L}^{-1}$. En las piscinas alimentadas con la dieta vegetal el promedio de oxígeno en horas de la tarde fue de $5,7 \text{ mg L}^{-1}$ con un mínimo de $4,2 \text{ mg L}^{-1}$ y máximo $7,7 \text{ mg L}^{-1}$.



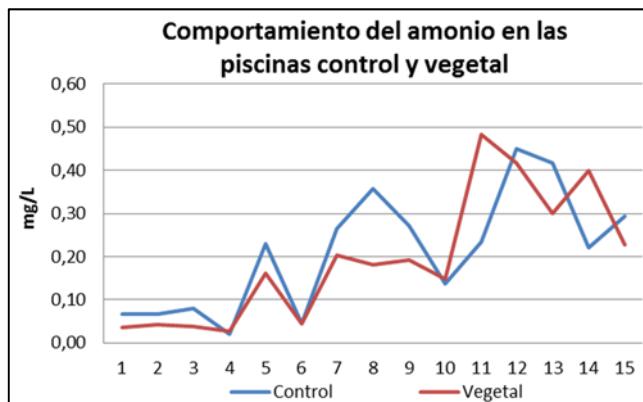
Gráfica 1. Comportamiento del oxígeno disuelto en las piscinas de la Finca 1.

Temperatura: El promedio de temperatura en horas de la mañana para las piscinas alimentadas con la dieta control fue de $29,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ siendo el mínimo $27,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y un máximo de $31,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Gráfica 2). En las piscinas alimentadas con la dieta vegetal el promedio de temperatura en horas de la mañana fue de $29,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ con un mínimo de $27,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y máximo $32,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. El promedio de temperatura en horas de la tarde para las piscinas alimentadas con la dieta control fue de $31,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ siendo el mínimo $29,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y un máximo de $32,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$. En las piscinas alimentadas con la dieta vegetal el promedio de temperatura en horas de la tarde fue de $31,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ con un mínimo de $29,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y máximo $33,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.



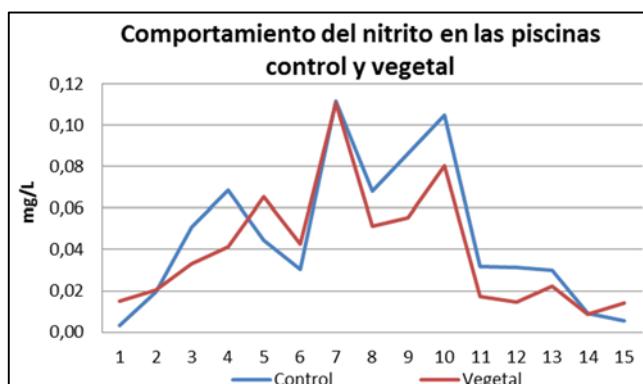
Gráfica 2. Comportamiento de la temperatura en las piscinas de la Finca 1.

Amonio: Los valores promedio de amonio estuvieron dentro de los rangos óptimos para el cultivo de camarón, notándose un aumento a partir de la sexta semana de cultivo para ambos tratamientos que nunca alcanzó niveles críticos (Gráfica 3), especialmente si se tiene en cuenta que los valores de pH oscilaron entre 7,3 y 8,7 rango en que no es significativo el porcentaje de amonio tóxico.

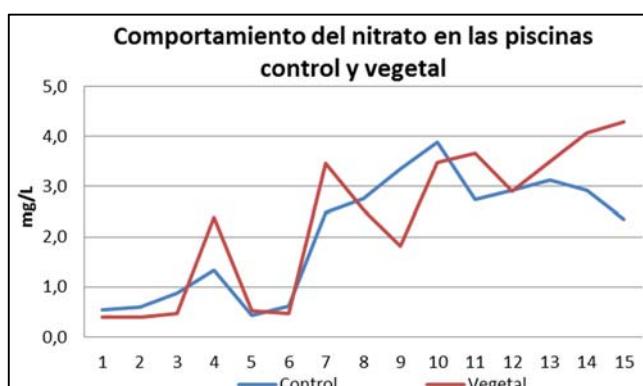


Gráfica 3. Comportamiento del amonio en las piscinas de la Finca 1.

Nitrito: En la Gráfica 4 se observa un pico en las concentraciones de nitrito durante la semana 6 a la 11 lo cual se asoció a la mayor cantidad de alimento que se suministró durante este periodo, y a excesos de productividad natural representada en clorofíceas. Por ello se procedió a incrementar los recambios de agua para asegurar la calidad de los fondos de las piscinas.



Gráfica 4. Comportamiento del nitrito en las piscinas de la Finca 1.

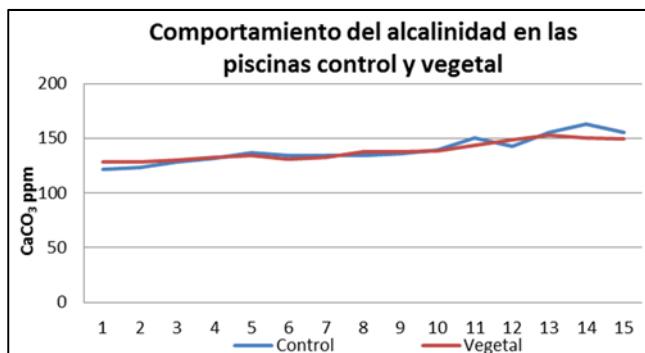


Gráfica 5. Comportamiento del nitrato en las piscinas de la Finca 1.

Nitratos: La concentración de nitratos fue variable con una tendencia ascendente pero siempre dentro de los rangos adecuados para el camarón (Gráfica 5).

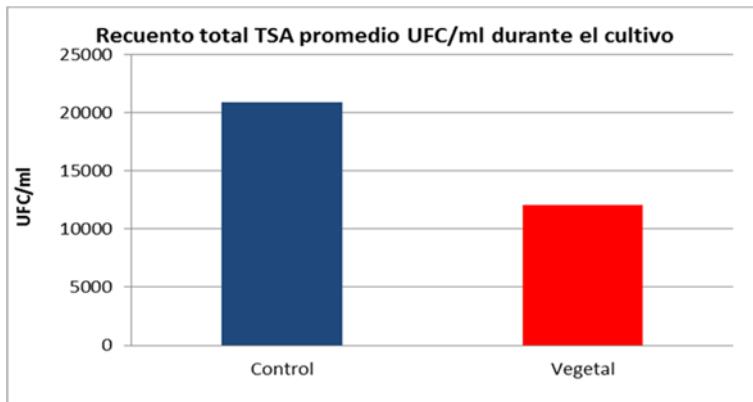
Salinidad: La salinidad durante el tiempo de cultivo fue muy estable, con un promedio de 36 ‰, un mínimo de 34 ‰ y un máximo de 37 ‰.

Alcalinidad: Como se muestra en la Gráfica 6, los valores de alcalinidad fueron similares para las piscinas alimentadas con la dieta control y vegetal, encontrándose dentro de los rangos óptimos para cultivo de camarón. Este parámetro, según Limsuwan (2005), no debe bajar de 80 mg CaCO₃ L⁻¹ para lograr un óptimo crecimiento y buena supervivencia.

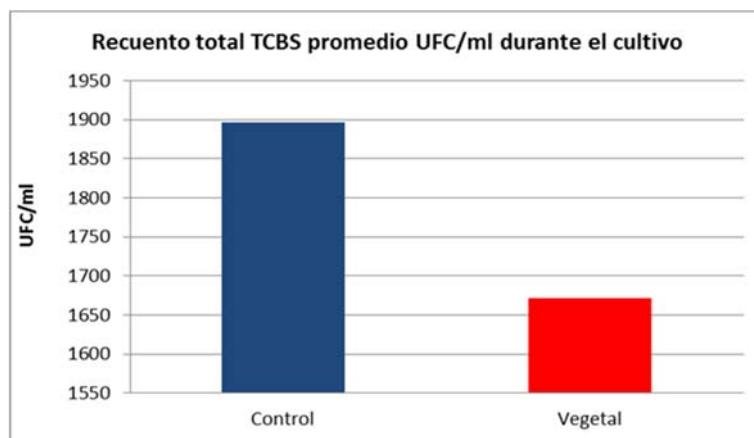


Gráfica 6. Comportamiento de la alcalinidad en las piscinas de la Finca 1.

Microbiología: El promedio de los recuentos de UFC mL⁻¹ en medio TSA (en el cual crecen todo tipo de bacterias mesófilas) fue mayor en el agua de las piscinas alimentadas con la dieta control (Gráfica 7), lo que podría deberse a la gran cantidad de compuestos nitrogenados que resultan de la descomposición de estos alimentos. Igualmente el recuento de UFC mL⁻¹ en medio TCBS (el cual es selectivo para *Vibrio*) en las piscinas alimentadas con la dieta control fue un 13,5% mayor al de las piscinas alimentadas con la dieta vegetal (Gráfica 8). Aunque es clara la tendencia a mayores recuentos bacterianos en los estanques con dieta tradicional, para observar si existían diferencias significativas entre ambas para los recuentos en TSA y TCBS se corrió un Análisis de Varianza con una confianza del 95% utilizando el programa Infostat®. El resultado fue que para TSA y TCBS no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$); por lo que se deduce que para ambas dietas los resultados microbiológicos son independientes.



Gráfica 7. Recuento promedio total carga bacteriana en medio TSA en la Finca 1.



Gráfica 8. Recuento promedio total carga bacteriana en medio TCBS en la Finca 1.

Parámetros productivos:

Debido a la gran diferencia en condiciones medioambientales, los resultados de las piscinas de las dos fincas son bastante disímiles (Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Resultados de los parámetros productivos en las piscinas de la Finca 1.

Finca 1	CONTROL	VEGETAL	CONTROL	VEGETAL	CONTROL	VEGETAL
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
RESULTADOS FINALES						
Área cosechada (ha)	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
Días totales	109	109	109	109	109	109
Total kilogramos cosechados	106,6	103,0	103,2	115,2	97,1	117,1
Kilogramos por hectárea (ha)	2369	2290	2294	2559	2158	2602
Peso promedio (g)	18,8	19,8	14,5	18,1	18,8	17,5
Gramos por semana	1,21	1,27	0,93	1,16	1,21	1,12
Total de camarones cosechados	5670	5204	7119	6363	5166	6691
Sobrevivencia (%)	45,00%	41,30%	56,50%	50,50%	41,00%	53,10%
Alimento suministrado (kg)	168	168	165	176	159	189
F.C.	1,58	1,63	1,6	1,53	1,64	1,61

Tabla 5. Resultados de los parámetros productivos en las piscinas de la Finca 2.

Finca 2	CONTROL	VEGETAL	CONTROL	VEGETAL	CONTROL	VEGETAL
	P16	P18	P19	P20	P21	P22
RESULTADOS FINALES						
Densidad	28	28	28	28	28	28
Área cosechada (ha)	1,53	2,15	1,46	0,40	0,44	0,58
Días totales	105	105	105	105	105	105
Total kilogramos cosechados	5570	7405	5324	1484	1613	2308
Kilogramos por hectárea (ha)	3641	3444	3647	3709	3665	3979
Peso promedio (g)	19,7	20,5	17,6	20,7	18,7	20,9
Gramos por semana	1,31	1,37	1,17	1,38	1,25	1,39
Total de camarones cosechados	282744	361200	302512	71680	86240	110432
Sobrevivencia (%)	66%	60%	74%	64%	70%	68%
Alimento suministrado (kg)	5849	8367	5377	1608	1677	2331
F.C.	1,05	1,13	1,01	1,08	1,04	1,01

En la Tabla 6 se muestran los resultados de los parámetros productivos consolidados de las dos locaciones en los ensayos de alimentación de camarones con la dieta con alta inclusión de harina vegetal y la dieta control. La ganancia en peso es el mismo peso promedio debido a que las postlarvas se sembraron en estadio PL10 y el peso promedio inicial no es representativo.

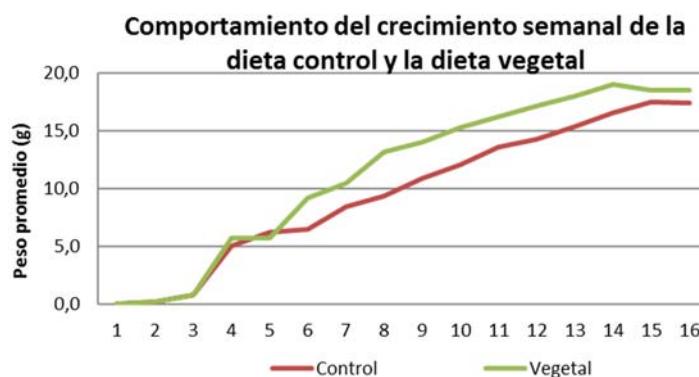
Tabla 6. Consolidado de parámetros productivos obtenidos.

Densidad de siembra: 28 camarones m ⁻²	Finca 1		Finca 2	
	Control	Tratamiento	Control	Tratamiento
Área cosechada (ha)	0,135	0,135	3,430	3,130
Días totales	109	109	105	105
Total kilogramos cosechados	307	335	12.507	11.196
Total de camarones cosechados	17955	18257	671496	543312
Alimento suministrado (kg)	493	533	12.903	12.307
Kilogramos por hectárea (ha)	2274	2484	3651	3711
Número de animales por kilogramo	58,4	54,0	53,0	48,0
Peso promedio (g)	17,10	18,36	18,62	20,60
Incremento semanal (g)	1,12	1,19	1,24	1,38
Sobrevivencia (%)	47,50%	48,30%	70,00%	64,00%
F.C.A.	1,61	1,59	1,03	1,07
Eficiencia Alimenticia (FE)	0,62	0,61	0,99	0,96
Eficiencia Proteica (PER)	1,7	1,8	2,7	2,6
Kilogramos por hectárea y por día	20,86	22,78	34,77	35,34

En las dos fincas los kilogramos por hectárea fueron mayores en la dieta con alta inclusión de harina vegetal, 9% y 2% con respecto a las alimentadas con la dieta control. En el rendimiento en términos de kilogramos por hectárea, se presentaron diferencias significativas entre las locaciones (mayor para la Finca 2), pero no entre las dos dietas evaluadas.

La sobrevivencia de los camarones en la Finca 1 fue similar tanto en las piscinas alimentadas con la dieta con alta inclusión de harina vegetal como para las alimentadas con la dieta control, en tanto que en la Finca 2 la sobrevivencia fue mayor en un 6% en las piscinas alimentadas con la dieta control, con respecto a las alimentadas con la dieta de alta inclusión de harina vegetal. Por lo cual se puede inferir que en cuanto a la sobrevivencia se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las locaciones, pero no entre las dietas dentro de cada locación (Tabla 6).

Los kilogramos por hectárea y día en la Finca 1 fue 9,2% mayor en las piscinas alimentadas con la dieta vegetal. Sin embargo en la Finca 2 los porcentajes de kg ha⁻¹ fueron similar para ambas dietas.



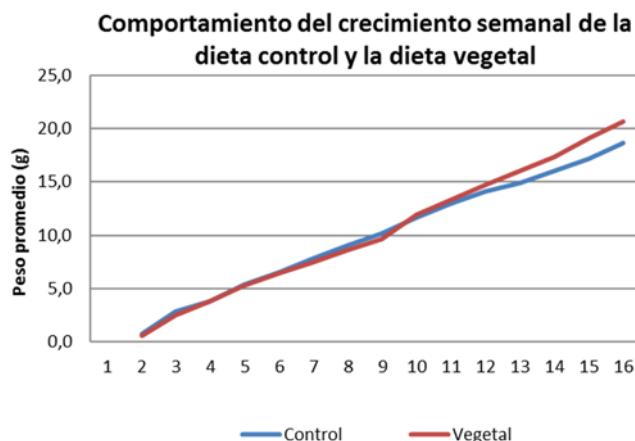
Gráfica 9. Comportamiento semanal del crecimiento promedio en las piscinas control y vegetal de la Finca 1.

La eficiencia alimenticia fue similar en las piscinas alimentadas con dieta control y dieta vegetal; sin embargo, entre orígenes se presentó diferencias en esta variable, siendo la Finca 1 dónde se presentaron los valores más bajos, por lo tanto presentaron menor eficiencia alimenticia.

La eficiencia proteica en las dos fincas fue mayor en las piscinas alimentadas con la dieta vegetal: 7,3% en la primera y 10% en la segunda.

Crecimiento semanal de las dietas control y vegetal

En ambas locaciones el crecimiento semanal fue superior en las piscinas alimentadas con la dieta vegetal: 6% en la Finca 1 (Gráfica 9) y 11% en la Finca 2 (Gráficas 10).



Gráfica 10. Comportamiento semanal del crecimiento promedio en las piscinas control y vegetal de la Finca 2.

En la Tabla 7 se muestra el costo por tonelada de cada dieta, esto significa una diferencia de 33,60 US\$ por tonelada de alimento. Aunque el 85% de la harina de pescado se remplazó por harina de origen vegetal, no se logró una mayor economía debido a la necesidad de añadir complementos a la dieta vegetal para contrarrestar los factores “antinutricionales” de las proteínas vegetales.

Tabla 7. Costo final de los alimentos (FOB) control y vegetal elaborados en Perú.

Tipos de alimento	US\$ por tonelada
Dieta a base de harina de soya	1209,93
Dieta a base de harina de pescado	1243,03

Resultados económicos

Al analizar los datos productivos y financieros entre la Finca 1 y la Finca 2, el balance financiero de la Finca 1 es considerablemente menor frente a lo que produce la Finca 2 (comercial), precisamente por las escalas y el manejo en cada unidad productiva. Sin embargo, para efectos de la comparación entre las dietas dentro de una misma localización, no hay diferencias significativas en rentabilidad entre una y otra (Tabla 8).

El porcentaje del EBIDTA (EBIDTA/ventas) fue ligeramente superior en la Finca 1 para la dieta vegetal, 7,1% vs. 0,3% para la dieta tradicional. En la Finca 2 este índice fue muy similar para ambos tratamientos, siendo un poco más alto para la dieta tradicional, 48,9% vs. 48% para la dieta vegetal (Tabla 9).

Como un Índice de Competitividad se calculó además el costo por kilo de camarón dentro de cada una de las ubicaciones y para cada dieta, cuyos valores se muestran en la Tabla 8. Cabe resaltar que en la Finca 1, el costo por kilo fue un 7,2% más alto en las piscinas alimentadas con dieta tradicional si se compara con las alimentadas con dieta vegetal. En la Finca 2, el costo por kilo fue 1,8% más alto en las piscinas alimentadas con dieta vegetal que en las alimentadas con dieta tradicional.

Tabla 8. Costo por kilogramo de camarón producido (US\$) por localización y dieta.

Localización y dieta	Finca 1		Finca 2	
	Tradicional	Vegetal	Tradicional	Vegetal
Costos variables	5,94	5,55	2,48	2,52
Alimento	3,33	3,12	1,39	1,41
Postlarvas	0,59	0,55	0,25	0,25
Nómina eventuales cosecha	0,06	0,06	0,03	0,03
Combustible y energía bombas	1,61	1,51	0,67	0,68
Transporte del producto a la planta	0,25	0,24	0,11	0,11
Transporte de la larva, fertilizantes, alimento	0,08	0,08	0,04	0,04
Costos fijos	0,61	0,56	0,61	0,63
Total costos	6,55	6,11	3,09	3,14
Gastos	0,54	0,49	0,54	0,55
Gastos financieros	0,16	0,15	0,16	0,17
Depreciaciones y amortizaciones	0,00	0,00	0,12	0,13
Total costos y gastos	7,24	6,75	3,91	3,98

Tabla 9. Resumen resultados financieros de las pruebas (US\$).

Localización y dieta	Finca 1		Finca 2	
	Tradicional	Vegetal	Tradicional	Vegetal
Área para engorde (ha)	0,14	0,14	3,43	3,13
<i>Datos totales (US\$)</i>				
Ingresos	6172,6	6739,0	259852,0	232345,9
Utilidad bruta (Utilidad operativa)	485,6	946,5	146400,6	129628,9
EBIDTA	18,8	479,6	127159,6	111,590,2
Utilidad neta	-121,2	339,6	116716,1	102060,2
<i>Datos por hectárea (US\$)</i>				
Ingresos por ha	45722,6	49918,5	75758,6	74231,9
Utilidad operacional por ha	3597,3	7010,8	42835,9	41415,0
EBIDTA por ha	139,4	3552,9	37072,8	35651,8
% del EBIDTA	0,3%	7,1%	48,9%	48,0%
Utilidad neta por ha	-897,8	2515,5	34028,0	32607,1

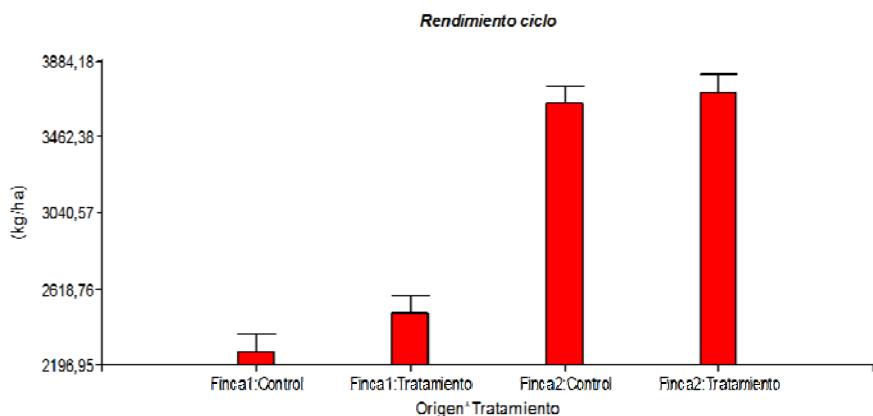
Análisis estadístico:

Para comparar los resultados de los parámetros productivos resultantes del ciclo de cultivo, se organizaron matrices de información para cada una de las variables con sus tratamientos y réplicas. Se utilizó el programa Infostat® (v. 2014) y se realizó una prueba de Análisis de Varianza con un nivel de confianza del 95%, previa verificación de los supuestos de normalidad. No se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre las dietas dentro de cada locación ($p > 0,05$), aunque al comparar algunas variables entre locaciones se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), las cuales se explican a continuación.

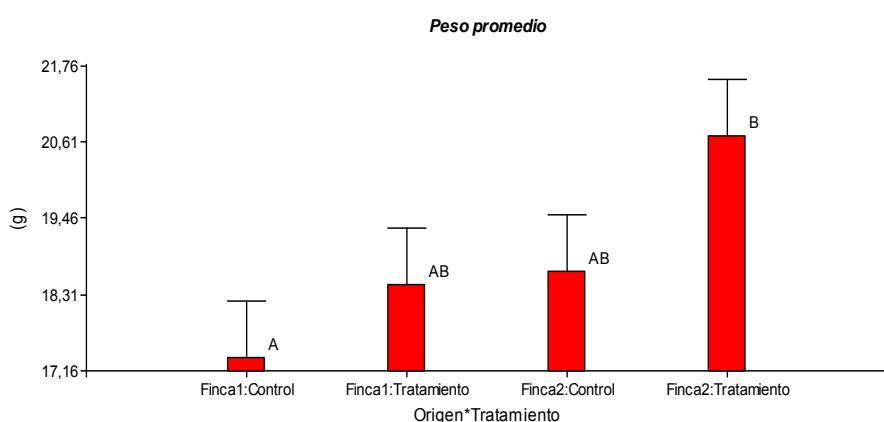
En el rendimiento en términos de kilogramos por hectárea, se presentaron diferencias significativas entre las locaciones, pero no entre las dos dietas evaluadas en las diferentes fincas (Gráfica 11).

En cuanto al peso promedio a cosecha (g), solamente se encontraron diferencias significativas entre la dieta control de la Finca 1 vs. dieta vegetal en la Finca 2. Entre las dietas por orígenes no se presentaron diferencias estadísticas (Grafica 12).

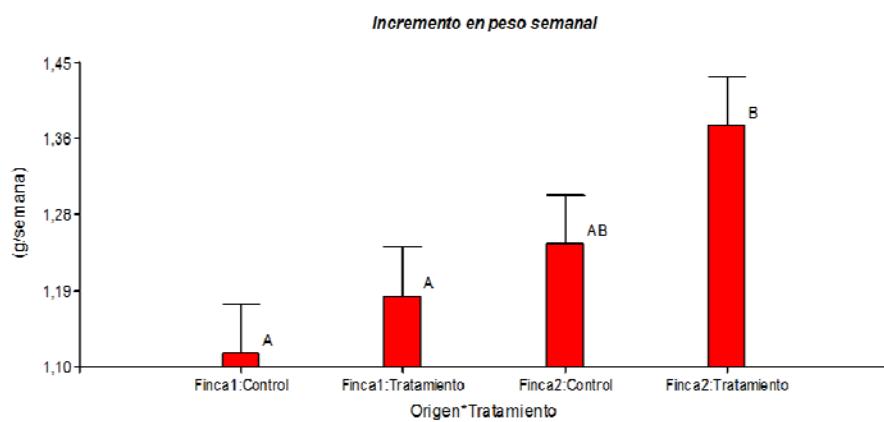
En la Gráfica 13 se muestra el incremento en peso (gramos por semana) de las piscinas de las dos fincas alimentadas con la dieta control y la dieta vegetal. Se encontró que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los orígenes, solamente hubo diferencias significativas entre las dietas de la Finca 1 respecto a la dieta vegetal de la Finca 2.



Gráfica 11. Rendimiento en kg ha^{-1} del ciclo de cultivo en las dos fincas ($p < 0,005$).



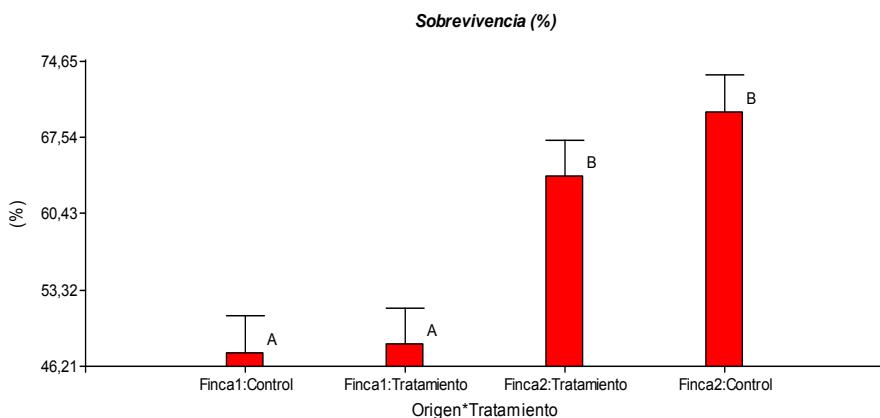
Gráfica 12. Peso promedio (g) de los camarones en alimentados en las dos fincas con la dieta control y la dieta vegetal ($p < 0,005$).



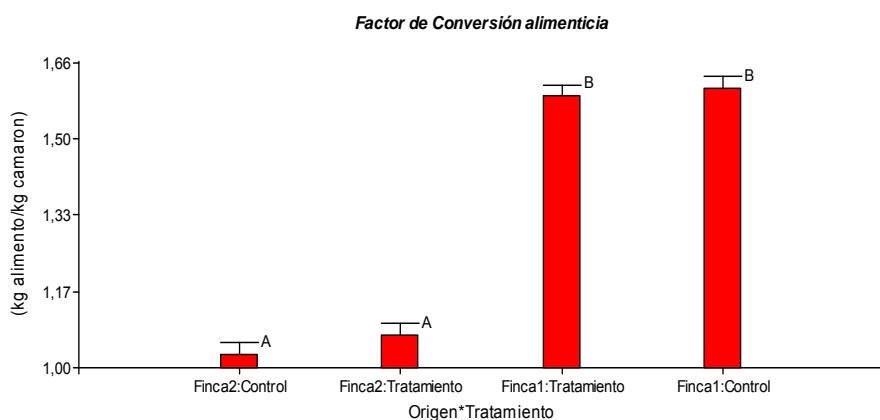
Gráfica 13. Incremento en peso (gramos por semana) de los camarones alimentados en las dos fincas con la dieta control y la dieta vegetal ($p < 0,005$).

En cuanto a la sobrevivencia se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las locaciones, pero no entre las dietas dentro de cada locación (Gráfica 14).

En la Gráfica 15, se muestra el factor de conversión alimenticia en las piscinas de las dos fincas alimentadas con la dieta control y la dieta vegetal. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las locaciones, mas no entre las dietas dentro de cada locación.



Gráfica 14. Sobrevida (%) de los camarones alimentados en las dos fincas con la dieta control y la dieta vegetal ($p < 0,005$).



Gráfica 15. Factor de conversión alimenticio de los camarones alimentados en las dos fincas con la dieta control y la dieta vegetal ($p < 0,005$).

Discusión

Calidad fisicoquímica de los nutrientes:

El análisis bromatológico realizado a la dieta con alta inclusión de harina vegetal muestra que las dietas estaban realizadas bajo las fórmulas nutricionales planteadas; por lo tanto, brindan un adecuado perfil nutricional para el cultivo de camarón, el porcentaje de proteína de esta dieta fue de 35%, apropiada para el cultivo de camarón. De forma general, es posible decir que los peneidos son clasificados como organismos omnívoros, los nutrientes ofrecidos a los camarones como proteína, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales son utilizados para la formación y mantenimiento de los tejidos y el suplemento de energía, los requerimientos proteicos dependen de las características del animal, como especie, estado fisiológico, tamaño y factores abióticos (Mendes y cols., 2006).

Preparación y formulación de la dieta:

Aunque no se contó con una empresa nacional que fabricara el alimento como se había estipulado en el proyecto, se contactó nuevamente a la empresa NICOVITA que había fabricado el alimento del anterior proyecto.

La apariencia física del pellet utilizado presentaba las características deseadas para ser suministrado a los camarones, tenía un color uniforme, y un diámetro adecuado. Cuando

el alimento no presenta un color uniforme indica que hubo problemas en la molienda o en el mezclado de los ingredientes, tiempo de cocción en la peletizadora irregular, mala distribución del agua al momento de peletizar o con el baño de aceite de pescado que se da por lo general al final de la peletización (Molina-Poveda, 2008). Cuando el tamaño del *pellet* no es el apropiado se presentará dificultad en la alimentación del camarón; postlarvas y camarones de hasta 2 g son demasiado pequeños para comer un *pellet* completo por lo que éstos son inicialmente alimentados con un alimento que ha sido molido y pasado a través de una serie de tamices para obtener partículas de alimento de diámetro uniforme y clasificados de acuerdo al tamaño del camarón.

Evaluación comercial de la dieta. Preparación y siembra de las piscinas:

Para la evaluación comercial de la dieta, se realizó la preparación y siembra de las piscinas según los protocolos de cada finca teniendo en cuenta la calidad de agua y productividad de cada uno de los cuerpos de agua en las diferentes locaciones. Cabe resaltar que las fincas tuvieron manejos diferentes, la Finca 2 presentó menores valores en el FCA lo cual puede estar relacionado a la mayor productividad de los cuerpos de agua, a las altas sobrevivencias y al mayor incremento en peso de los camarones durante el periodo del ensayo.

Variables fisicoquímicas de calidad de agua:

En términos generales las variables fisicoquímicas registradas en la Finca 1 se encontraron dentro de los rangos aceptables para el cultivo de camarón, exceptuando la concentración de oxígeno disuelto en el agua el cual durante algunos días registro valores bajos coincidiendo con unos eventos de lluvia, lo que trajo consigo una caída de la productividad primaria en las piscinas, generando un evento de mortalidad por la caída de este parámetro. Esta variable por representar mucha importancia para el mantenimiento de los camarones ha podido inferir en los bajos índices de sobrevivencia en las piscinas de la Finca 1, comparados con la sobrevivencia de los camarones en las piscinas de la Finca 2.

Cabe inferir que los bajos registros de oxígeno coinciden con los reportes de recuentos totales de flora bacteriana encontrados en las piscinas, lo que demuestra que existió una disminución en los niveles de productividad, ocasionando mala calidad de agua y consecuentemente un detrimento en la sobrevivencia de los camarones como se mencionó anteriormente.

Parámetros productivos:

Los rendimientos durante el cultivo de los parámetros productivos se comportaron de manera similar tanto para las dietas de origen vegetal y las de origen animal. Lo que coincide con lo reportado por Cruz-Suárez y cols. (2000), quienes evaluando las relaciones proteína/energía y proteína vegetal/animal óptimas en alimentos de engorde para *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris* encontraron que los mejores crecimientos y tasas de conversión fueron provistos por las dietas con un nivel de inclusión de proteína igual o mayor al 25%, en una respuesta simétrica para ambas proporciones de proteína vegetal/animal.

Sin embargo, los parámetros productivos presentaron diferencias de acuerdo al origen, mostrando un mejor desempeño de estos en la Finca 2 con respecto a la Finca 1. Una baja sobrevivencia y un menor tamaño incidieron directamente en el factor de conversión y en los costos de la Finca 1. Posiblemente debido a que una mayor productividad primaria genera que los camarones se encuentren en mejores condiciones de cultivo, caso evidenciado en la Finca 2, la cual obtuvo un menor FCA y mayor

sobrevivencia. Teniendo en cuenta las tendencias pasadas y las predicciones actuales, la sostenibilidad del sector acuícola es más probable que esté estrechamente relacionada con el suministro sostenido de proteínas, aceites y carbohidratos de fuentes animales y vegetales terrestres para los alimentos acuícolas. Por lo tanto, el sector acuícola debe esforzarse por garantizar un suministro sostenible de ingredientes terrestres y alimentación de la planta.

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que es posible reemplazar eficientemente un 85% de la harina de pescado por materias primas de origen vegetal (harina de soya), brindando similares requerimientos nutricionales que garantizan un buen desarrollo durante el cultivo.

Los índices de rendimiento durante el cultivo fueron muy similares si se comparan las dietas, y demuestran que la alta inclusión de harina vegetal puede ser usada de forma eficiente en el cultivo, teniendo en cuenta que su formulación y fabricación se haga bajo los protocolos adecuados y que el perfil bromatológico cumpla con los requerimientos nutricionales de los organismos de cultivo.

Por otro lado, al comparar los ensayos realizados en las dos fincas, las diferencias entre ambas localizaciones son significativas para la mayoría de las variables y parámetros evaluados, siendo los mejores resultados los obtenidos en la Finca 2. Pero lo importante es que a pesar de las diferencias ambientales tan marcadas el desempeño de las dietas fue similar en ambos sitios.

Por lo tanto, la conclusión principal del proyecto es que la dieta vegetal resulta igual de eficiente que la dieta control y cuenta con características nutricionales similares que le permiten suplir los requerimientos de los camarones. El siguiente paso es que, ante una eventual reapertura de la producción de alimento en el país, se incorpore esta formulación a las dietas para entrar al sendero de una producción más limpia y eficiente.

Bibliografía

1. Álvarez, J., García, T., Villareal, H., Galindo, J., Fraga, I. y Pelegrin, E. (2004). Alternativas para obtener alimentos más eficientes en el engorde semintensivo de camarón lanco *Litopenaeus schmitti*. In: *Avances en la nutrición acuícola*. (2004). Eds.: Cruz-Suárez, L., Riche, M., Nieto, M., Lopez, M., Villareal, D., Scholz, U. y González, M. Hemosillo, Sonora, México.
2. Amaya, E., Davis, A., David, R. (2007). Replacement of fishmeal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. *Aquaculture*. Vol. 262, p. 393-401.
3. Cruz-Suárez, E., Antimo-Pérez, J., Luna-Mendoza, N., Tapia-Salazar, M., Guajardo-Barbosa, C. y Ricque-Marie, D. (2000). Relaciones proteína/energía y proteína vegetal/animal óptimas en alimentos de engorda para *Litopenaeus vannamei* y *L. stysiostris*. In: *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Eds.: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, R. p. 19-22. Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán.
4. Cuéllar-Anjel, L., Morales de Gracia, A. y García-Suárez, O. (2010). *Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco *Penaeus vannamei**. Organismo Internacional Regional De Sanidad Agropecuaria (OIRSA). Panamá.
5. Cuzon, G. (2006). *Análisis sobre la sustitución de harina de pescado como fuente proteica y el futuro de la industria del camarón*. Boletín NICOVITA. Edición Tumpis. Perú
6. Limsuwan, C. (2005). *Cultivo intensivo de camarón blanco*. Boletín NICOVITA, Edición octubre-diciembre 2005.
7. Mendes, P., Luzia, M., Meneses, D., da Silva, D., da Costa, A., de Andrade, Y. (2006). Aclimatação do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) à água doce com diferentes estratégias de alimentação e calagem. Departamento de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Vol. 28(1), p. 89-95. Maringá.
8. Molina-Poveda (2008). Estrategias de alimentación en la etapa de engorde del camarón. *Ciencia y tecnología para el desarrollo* (CYTED). La Paz, México.

9. Soares, M. (2014). Avaliação do desempenho zootécnico do camarão-branco do Pacífico alimentado com dietas com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por concentrado proteico de soja. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciencias Agrarias, Departamento de Aquicultura. Programa de pós-graduação em aquicultura. Florianopolis, Brasil.