UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CENTRO DE POSTGRADO CEPOST

ESTUDIO DE CASO A CONSIDERACIÓN DEL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN ACUACULTURA

EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE POST-LARVAS *Litopenaeus vannamei* EN RACEWAY. CAMARONERA LA BOCANA S.A., TUMBES-PERÚ

MILTON SANDRO SÓCOLA SUNCIÓN

AUTOR

DRA. LITA SORROZA OCHOA

TUTORA

2016

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACTA DE CESIÓN DE DERECHO DE TESIS DE GRADO Y TRABAJO DE TITULACIÓN

Consigno con el presente escrito la Cesión de Derechos de Tesis de Grado/Trabajo de Titulación de conformidad con las siguientes cláusulas:

PRIMERA. –

Por sus propios derechos y en la calidad de Tutor de Tesis la Dra. Lita Sorroza Ochoa, Ph. D. y el tesista Ing. Milton Sandro Sócola Sunción, por sus propios derechos, en calidad de autor de Tesis.

SEGUNDA. -

El tesista Ing. Milton Sandro Sócola Sunción, realizó el Estudio de Caso Titulado: "**EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE POST-LARVAS** *Litopenaeus vannamei* **EN RACEWAY. CAMARONERA LA BOCANA** S.A., **TUMBES-PERÚ**", para optar el Título de MAGÍSTER EN ACUACULTURA, en el Centro de Posgrado CEPOST, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, bajo la dirección de la Docente Dra. Lita Sorroza Ochoa, Ph. D. Es política de la Universidad que la Tesis de Grado se aplique y materialice en beneficio de la colectividad.

Los comparecientes Dra. Lita Sorroza Ochoa, Ph. D. como Directora de Tesis y el Tesista Ing. Milton Sócola Sunción, como autor de la misma, por medio del presente instrumento, tiene a bien ceder en forma gratuita sus derechos en el Estudio de Caso Titulado, "**EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE POST-LARVAS** *Litopenaeus vannamei* **EN RACEWAY. CAMARONERA LA BOCANA** S.A., **TUMBES-PERÚ**", a favor de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala y conceden autorización para que la Universidad pueda utilizar esta tesis en su favor y/o de la colectividad sin reserva alguna.

APROBACIÓN. -

Las partes declaran que reconocen expresamente todo lo estipulado en la presente Cesión de Derechos.

Para constancia suscriben la presente Cesión de Derechos en la ciudad de Machala a los 31 días del mes de Julio del año 2016.

Dra. Lita Sorroza Ochoa Ph. D.
DIRECTORA DE TESIS

Ing. Milton Sandro Sócola Sunción
AUTOR

URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Ensayo machala-F.docx (D20710700)
Submitted: 2016-06-03 22:09:00
Submitted By: msocola@costadelsolperu.com
Significance: 5 %

Sources included in the report:

información teorica ppt.pdf (D10029222)
tesis final flavio.docx (D11808049)
http://www.gaalliance.org/mag/2014/SP-Jan-Feb/download.pdf
http://www.nicovita.com/extranet/Boletines/ene_mar_2010.pdf
http://fenacam.com.br/pdf/fenacam2014/carcinicultura/16-cultivo-do-camarao-l.-vannamei-em-raceways-com-utilizacao-de-probioticos-_-fabrizzio-vanoni.pdf

Instances where selected sources appear:

11

Este Estudio de Caso, ha sido aceptado en la forma presente por el tribunal de grado nominado por el Consejo Directivo de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, como requisito parcial para optar el grado de:

MAGÍSTER EN ACUACULTURA

Dra. Lita Sorroza Ochoa

Directora

Dr. Mauro Nirchio Tursellino

Miembro

Dr. Roberto Santacruz Reyes

Miembro

Mg. Sc. Leonor Rivera Intriago

Miembro Alterna

RESPONSABILIDAD

La responsabilidad del presente trabajo de investigación
es única y exclusiva de su autor

Milton Sandro Sócola Sunción

DEDICATORIA

A mis hijos, Rubí, Milton y Sandro.

A mi esposa Erlita, por su incondicional paciencia, comprensión y aliento siempre, en cada proyecto planteado en especial durante el estudio de la maestría y la ejecución del presente trabajo.

Milton Sandro Sócola Sunción

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos al Ing. Pesq. David Edilberto Saldarriaga Yacila, Ph. D., por el apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo.

Al personal que labora en la camaronera La Bocana S.A.

A la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala y a todos los tutores del programa de Maestría en Acuacultura, a mis familiares y amigos por su apoyo incondicional durante los estudios de la maestría.

Milton Sandro Sócola Sunción

CONTENIDO

		Página
LISTA DE FIGURAS		**IX**
LISTA DE TABLAS		**X**
LISTA DE TABLAS EN ANEXOS		**XI**
RESUMEN		**XII**
ABSTRACT		**XIII**
I.	**INTRODUCCIÓN**	**14**
II.	**ANTECEDENTES**	**16**
III.	**MATERIALES Y MÉTODOS**	**23**
3.1.	Lugar y periodo de ejecución	23
3.2.	Tipo y diseño del estudio de caso	23
3.3.	Población en estudio	24
3.4.	Métodos y recolección de datos	24
3.4.1.	Tratamiento de agua del reservorio	24
3.4.2.	Descripción de los tanques Raceway	25
3.4.3.	Aireación	25
3.4.4.	Acondicionamiento de tanques	26
3.4.5.	Evaluación de la calidad de post-larvas	27
a.	Evaluación directa	27
b.	Pruebas microbiológicas y moleculares	28
3.4.6.	Aclimatación y transporte de post-larvas	29

3.4.7. Control de crecimiento y supervivencia 29

3.4.8. Alimentación de post-larvas 31

3.4.9. Parámetros físicos y químicos del agua 32

3.4.10. Calidad de las post-larvas 33

3.4.11. Cosecha 33

3.5. Procesamiento y análisis de datos 33

3.5.1. Hipótesis estadísticas para el crecimiento de post-larvas 35

3.5.2. Hipótesis estadísticas para la supervivencia de post-larvas 35

IV. RESULTADOS 36

4.1. Crecimiento y supervivencia de post-larvas 36

4.2. Factor de conversión alimenticio de post-larvas 38

4.3. Parámetros de calidad de agua 39

V. DISCUSIÓN 40

VI. CONCLUSIONES 46

VII. RECOMENDACIONES 47

VIII. REFERENCIAS 48

IX. ANEXOS 53

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Foto aérea de la ubicación de la camaronera La Bocana S.A.	23
Figura 2.	Aireación del agua de reservorio para la crianza de post-larvas de *Litopenaeus vannamei*	25
Figura 3.	Blower utilizados en la aireación del agua para la crianza de *Litopenaeus vannamei*	26
Figura 4.	Filtración de agua en el llenado de tanques	27
Figura 5.	Muestra de post-larvas de *Litopenaeus vannamei*	30
Figura 6.	Distribución del alimento balanceado utilizado	32
Figura 7.	Cosecha de las post-larvas de *Litopenaeus vannamei*	34
Figura 8.	Muestra de post-larvas de *Litopenaeus vannamei* cosechadas y transferidas a los estanques de engorde	34
Figura 9.	Crecimiento de *Litopenaeus vannamei* en raceway a diferentes densidades de siembra	37
Figura 10.	Supervivencia de *Litopenaeus vannamei* en raceway a diferentes densidades de siembra	38

LISTA DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Ciclo de producción, densidad de siembra y población en los tanques Raceway	24
Tabla 2.	Peso y supervivencia de *Litopenaeus vannamei* en raceway a diferentes densidades de siembra	36
Tabla 3.	Factor de conversión alimenticio (Feed Conversion Ratio: F.C.R.) en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a diferentes densidades de siembra	38
Tabla 4.	Parámetros de calidad de agua en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a diferentes densidades de siembra	39

LISTA DE TABLAS EN ANEXOS

		Página
Tabla A.	Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway. Camaronera La Bocana S.A., Tumbes-Perú. 2015	53
Tabla B.	Análisis de Varianza para el crecimiento (mg) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L	54
Tabla C.	Prueba de Duncan para el crecimiento (mg) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L	54
Tabla D.	Crecimiento (mg) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L	55
Tabla E.	Crecimiento (mg) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 30 PL/L	56
Tabla F.	Crecimiento (mg) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 40 PL/L	57
Tabla G.	Análisis de Varianza para la supervivencia (%) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L	58
Tabla H.	Prueba de Duncan para la supervivencia (%) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L	58
Tabla I.	Supervivencia (%) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L	59
Tabla J.	Supervivencia (%) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 30 PL/L	60
Tabla K.	Supervivencia (%) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 40 PL/L	61
Tabla L.	Datos de alimentación en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L	62
Tabla M.	Datos de alimentación en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a 30 PL/L	63
Tabla N.	Datos de alimentación en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a 40 PL/L	64
Tabla O.	Parámetros de calidad de agua en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L	65
Tabla P.	Parámetros de calidad de agua en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a 30 PL/L	65
Tabla Q.	Parámetros de calidad de agua en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a 40 PL/L	66

Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway. Camaronera La Bocana S.A., Tumbes-Perú

RESUMEN

En el cultivo semi-intensivo de *Litopenaeus vannamei*, la pre-cría de post-larvas en raceway, asegura un potencial crecimiento compensatorio, mejora la supervivencia y se logra aumentar la resistencia a enfermedades recurrentes en estanques de engorde. La eficiencia de este sistema de cultivo depende de la densidad de siembra, alimentación natural, balanceada y factores de calidad agua. En este contexto, en la Camaronera La Bocana S.A., Tumbes-Perú, se realizó el estudio de caso, con el objetivo de evaluar el efecto de la densidad de siembra en el crecimiento y supervivencia de *L. vannamei* en tres ciclos de producción de 10 días cada una, realizados entre septiembre a octubre de 2015. La población estudiada fue de 7 560 000 post-larvas, en el estadio PL-12, con un peso promedio de 3,13 mg ± 0,16 mg, distribuidos en tres tanques por cada ciclo de producción. Las post-larvas fueron sembradas a 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L. El control diario de crecimiento se realizó por el método gravimétrico y el conteo poblacional, por el método volumétrico, con el cual se estimó el porcentaje de supervivencia. Se utilizó alimento balanceado con 45 % de proteína, con una tasa de alimentación inicial de 25 % de la biomasa, la cual disminuyó a razón de 1 % por día, distribuido en 12 frecuencias. El peso promedio final de las post-larvas a las densidades de 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L fue de 27,00 mg ± 2,08 mg, 21,33 mg ± 2,09 mg y 17,67 mg ± 1,53 mg, respectivamente, obteniendo diferencias significativas entre estos pesos ($p < 0,05$). La supervivencia promedio final a 20 PL/L y 30 PL/L fue de 96,98 % ± 0,74 % y 96,15 % ± 1,07 %, respectivamente, que no tuvieron diferencias significativas ($p > 0,05$) pero fueron mayores a la supervivencia de 92,63 % ± 1,15 % obtenida con 40 PL/L ($p < 0,05$). Los factores de conversión alimenticio aumentaron con la densidad de siembra, obteniéndose valores de 0,50 (20 PL/L), 0,69 (30 PL/L) y 0,80 (40 PL/L) y disminuyeron al aumentar el peso promedio de las post-larvas. La temperatura promedio del agua fue de 30,17 °C por la mañana y 33,23 °C en la tarde, el oxígeno disuelto disminuyó al aumentar la densidad de siembra, siendo la concentración promedio de 5,13 ppm a 20 PL/L; 4,71 ppm para 30 PL/L y 4,58 ppm a 40 PL/L. Se concluyó que el crecimiento y la supervivencia disminuyen con el aumento de la densidad de siembra.

Palabras clave: *Litopenaeus vannamei*, pre-cría, camarón, post-larva

Effect of stocking density on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* post larvae in raceway. Shrimp farm La Bocana S.A., Tumbes-Perú

ABSTRACT

In the semi-intensive crop of *Litopenaeus vannamei*, nursery rearing in raceway ensures a potential compensatory growth, improves survival and achieves an increasing resistance to recurrent disease in fattening ponds. The efficiency of this system depends on the crop density, balanced natural food, and water quality factors. On this framework, a case study was conducted in the shrimp farm of "La Bocana S.A.", Tumbes-Perú in order to evaluate the effect of stocking density on the growth and survival of *L. vannamei* in three periods of 10 days culture cycles, between September and October 2015. The study population was 7,56 million of post-larvae in the PL-12 stage, with an average weight of 3,13 mg ± 0,16 mg, distributed in three tanks per production cycle. The post-larvae were stocked at 20 PL/L, 30 PL/L and 40 PL/L. The daily growth control was conducted by the gravimetric method and the population count by the volumetric method. Then with these parameters the survival rate was calculated. The shrimp feed used had 45% protein the initial feed rate was 25% of the biomass, which then decreased at a rate of 1% per day, divided into 12 feedings per day. The final average weight of the post-larval at density of 20 PL/L, 30 PL/L and 40 PL/L was 27,00 mg ± 2,08 mg, 21,33 ± 2,09 mg and 17,67 ± 1,53 mg, respectively, obtaining significant differences between these weights ($p < 0,05$). The final average survival of the post-larval al density of 20 PL/L and 30 PL/L was 96,98% ± 0,74% and 96,15% ± 1,07%, respectively without significant differences ($p > 0,05$), however they were greater than 92,63% survival ± 1,15% obtained with 40 PL/L ($p < 0,05$). Food conversion factors increased with stocking density, obtaining yield values of 0,50 (20 PL/L), 0,69 (30 PL/L) and 0,80 (40 PL/L) and decreased when the average weight increased. The average water temperature was between 30,17 °C in the morning and 33,23 °C in the afternoon. The dissolved oxygen level decreased with increasing density, being the average concentration between 5,13 ppm at 20 PL/L; 4,71 ppm at 30 PL/L and 4,58 ppm at 40 PL/L. It was concluded that growth and survival rate decreased when increasing the stocking density.

Key words: *Litopenaeus vannamei*, pre-breeding, shrimp, post-larvae

I. INTRODUCCIÓN

Debido al acelerado crecimiento de la población mundial, cada vez la disponibilidad de alimentos es más escasa, tanto que la producción de alimentos provenientes de la agricultura no satisface ésta demanda, por lo que la acuicultura que es una actividad dedicada a la producción de recursos hidrobiológicos destinados a la alimentación de la humanidad, cada vez toma mayor importancia.

Los recursos hidrobiológicos producidos a nivel mundial por la acuicultura, se clasifican en peces, crustáceos, moluscos y algas. En el Perú, la producción de peces está dirigida a especies como: *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris), *Orechromis niloticus* (tilapia del Nilo), *Piaractus brachypomus* (paco), *Colossoma macropomum* (gamitana), *Arapaima gigas* (paiche), etc. En la producción de moluscos, la actividad está dirigida principalmente a *Argopecten purpuratus* (concha de abanico). Pero los mayores volúmenes producidos por la actividad acuícola, son de *Litopenaeus vannamei* (camarón blanco).

En Tumbes, Perú, esta actividad productiva se desarrolla en una extensión aproximada de 3 500 ha, que durante 38 años se ha conducido a la obtención de un producto de alta calidad y demanda en el mercado nacional y extranjero. Desde entonces se han incorporado nuevas biotecnologías, se ha ganado experiencia tecnológica y empresarial para el desarrollo de proyectos de producción de camarón, contando con profesionales capacitados, y manteniendo una buena imagen del producto nacional (manejo y procesamiento), la política nacional alienta la inversión para la producción y exportación, el entorno macro-económico del país es estable y existe una creciente demanda mundial de mariscos que la pesca no puede atender.

La empresa camaronera La Bocana S.A. opera desde el 2002, dedicándose a la producción y comercialización de *Litopenaeus vannamei*, en 106,00 ha ubicadas en el Estero El Álamo, Sector El Alcalde, distrito, provincia y departamento de Tumbes, Perú.

En este contexto, como en otros centros de producción, el cultivo de *L. vannamei* afronta diferentes enfermedades de tipo bacteriano, viral y fúngico, desde la etapa de post-larva hasta la cosecha, motivo por el cual se han implementado varias estrategias para optimizar los resultados de producción en engorde, siendo uno de ellas los métodos para mejorar la calidad de post-larva, en cuanto a la resistencia a enfermedades, crecimiento y supervivencia en los sistemas de cultivo.

Una alternativa para mejorar la calidad de post-larvas, es el uso de sistemas de cultivo con pre-cría y entre ellos los del tipo raceway, que permite la pre-crianza y mejor control de las post-larvas en cuánto salud, alimentación, crecimiento y supervivencia en los primeros días de cultivo.

Uno de los aspectos a manejar en este tipo de sistemas de cultivo es la densidad de siembra lo que conllevó a desarrollar el presente estudio de caso con el siguiente objetivo:

Evaluar el efecto de la densidad de siembra en el crecimiento y supervivencia de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en sistema de pre-cría en raceway en la camaronera La Bocana S.A., Tumbes-Perú.

II. ANTECEDENTES

El uso de la pre-cría intensiva en tanques artificiales (raceway) se está volviendo una práctica muy común en el cultivo de camarón en Sudamérica. En países como Perú y Ecuador ya se realizan incluso bajo techo (en invernaderos) para mantener temperaturas altas y evitar brotes tempranos del virus WSSV (Nicovita, 2004). La pre-cría de post-larvas, según Treece y Yates (1990), se recomienda antes de sembrarlas en los estanques de engorde para que el camarón termine su metamorfosis y lograr su adaptación a las nuevas condiciones.

Los sistemas de pre-cría permiten calcular acertadamente la población a sembrar en estos estanques, además al transferir juveniles se aumenta la probabilidad de supervivencia en el engorde, tanto en sistemas de cultivo semi-intensivo como en sistemas de cultivo intensivo (Saldarriaga 1995).

El manejo de raceway, sistema utilizado a nivel mundial como pre-cría, supone una alternativa dentro de la producción habitual que ayuda a la reducción significativa de días de cultivo por un mejor aprovechamiento de estanques de engorde, mayor supervivencia y resistencia a enfermedades recurrentes, asegurando además una mejor aclimatación y adaptación de los animales al momento de ser sembrados o transferidos a los estanques de engorde (Ching 2014; Vanoni 2014; Arias 2010).

Entre otras ventajas de la pre-cría de post-larvas en raceway, es que adquieren un potencial crecimiento compensatorio después de la transferencia, pues las post-larvas alcanzan un peso promedio de 10 PL/g (0,10 g) que con apropiado manejo en los estanques de engorde alcanzan entre 3,0 g a 5,0 g en un mes; además en los raceway, se pueden controlar enfermedades como mancha blanca (WSSV), Síndrome de Mortalidad Temprana (EMS) y vibriosis (Ching 2014).

Según Gervais y Zeigler, T. (2014), los cultivos de pre-cría resultan en juveniles fuertes, sanos y uniformes con un gran potencial de crecimiento compensatorio cuando se siembran en estanques de producción. Las pre-crías producen un número máximo de juveniles de un peso deseado, y su uso puede reducir los costos de producción, acortando el tiempo en los estanques de crecimiento y aumentan la eficiencia del estanque a través de ciclos adicionales por año. Los principales objetivos de los sistemas de pre-cría incluyen crecimiento promedio más rápido en los estanques de producción después de la transferencia, y la prevención de la enfermedad por la exclusión y el uso de temperatura controlada por encima de 32 °C para tratar el síndrome del virus de la mancha blanca.

Como un ejemplo de crecimiento compensatorio, Gervais y Zeigler (2014) indican que después de la siembra directa en un estanque de engorde, las post-larvas pueden alcanzar un tamaño de 1 g a 2 g, dependiendo de la temperatura. Un juvenil de 0,1 g a 0,3 g producido en una pre-cría durante tres semanas puede alcanzar un tamaño de 4 a 6 g alrededor de cuatro semanas después de la transferencia a los estanques.

El uso de estanques de pre-cría reduce el tiempo de cultivo en los estanques de engorde, permitiendo más ciclos de producción por año para un estanque de engorde (Samocha y Lawrence 1992).

En los sistemas de pre-cría en raceway la densidad de siembra está basada en el número de animales por volumen que varía desde 30 PL/L a 40 PL/L y el peso promedio final por individuo es de 0,8 g a 1,0 g, luego se realiza la transferencia a los estanques de engorde (Saldarriaga 1995).

Para la siembra, las post-larvas son transportadas desde el laboratorio hasta la granja en diferentes estadios pero regularmente sobre 250 PL/g, los tanques se siembran con temperaturas

en la columna de agua de 32 °C en promedio, la densidad de siembra depende del objetivo a alcanzar en estanquería y las condiciones estructurales de la granja, el rango promedio está en el orden de 20 PL/L hasta 2 PL/L (Vanoni 2014), mientras que en Perú y Ecuador se utiliza la densidad de siembra de 28 PL/L (Ching 2014).

Guevara y Córdova (2015), realizaron un estudio del efecto de la densidad de siembra de post larvas (PL-12, de 2,60 mg de peso promedio) de *L. vannamei* en el crecimiento y supervivencia de cultivo en raceway en la camaronera ATISA, Tumbes, Perú. El peso promedio final de post-larvas a la densidad de 20 PL/L fue de 12,67 mg ± 0,76 mg, que fue mayor ($p < 0,05$) a los pesos promedios de 10,33 mg ± 0,57 mg y 9,37 mg ± 0,76 mg obtenidos con las densidades de siembra de 30 PL/L y 40 PL/L, respectivamente, y la supervivencia promedio final a la densidad de 20 PL/L fue de 85,33 % ± 0,58 % y a 30 PL/L fue de 85,00 % ± 1,00 %, que entre ellas no fueron significativamente diferentes ($p < 0,05$), pero sí mayores a la supervivencia de 70,00 % ± 2,00 % obtenida con 40 PL/L.

En relación al uso de este sistema de cultivo, Ching (2014) señala que, en Ecuador, a la densidad de siembra de 30 PL/L, utilizando una tasa de alimentación 25 % de la biomasa (reduciendo 1 %/día), con alimento balanceado de 35 % a 40 % de proteína y recambio de agua de 5 % por día, se obtuvo un rango de peso entre 10 PL/g a 20 PL/g (100 mg a 50 mg) y supervivencia de 80 %, en 15 a 20 días de cultivo.

Este autor refiere que, en Perú, la talla de siembra es PL 12-13, a densidades de siembra de 25 PL/L a 40 PL/L, y se utiliza la tasa de alimentación 25 % de la biomasa diario con balanceado de 35 % a 40 % de proteína distribuido en 12 dosis por día, con recambio de agua de 10 % a 25 % por día, y se obtienen pesos promedio por individuo de 40 mg (10 días a 12 días de cultivo) a 200 mg (26 días a 28 días de cultivo), siendo la supervivencia de 80 %.

Gervais y Zeigler, (2014), consideran que en sistemas de cultivo en raceway, las densidades de siembra varían entre 8 PL/L a 50 PL/L para producir juveniles de 100 mg a 300 mg de peso promedio a la cosecha.

Pardo (2012), reportó que a 12 días de crianza de *L. vannamei* a la densidad de siembra de 30 PL/L (PL 12) en dos raceway de cemento utilizando 70 m^3 de agua, bajo un sistema invernadero y recambio de agua al 20 %, con una tasa de alimentación balanceada de 25 % a 15 %, las post-larvas alcanzaron un peso promedio de 30,0 mg y 35,0 mg, y una supervivencia de 90,0 % y 87,7 %, respectivamente. El oxígeno disuelto promedio en cada tanque fue de 5,0 mg/L y 4,8 mg/L, la temperatura promedio fue 31,4 ºC y 32,2 ºC y la salinidad promedio fue de 35,0 ppt y 34,5 ppt.

Al respecto, Cañizares (2010), refiere que en el manejo de post-larvas *Penaeus vannamei*, el peso promedio inicial es de 600 PL/g, la densidad de siembra en raceway varía entre 20 PL/L a 30 PL/L. Al final de un periodo de 18 a 22 días, el peso promedio es de 2 PL/g a 4 PL/g (200 mg a 250 mg), con la supervivencia de 90 % a 95 %. La alimentación se realiza cada 2 h (12 raciones al día) con la ración inicial 28% de biomasa.

Arias (2010), reportó que a la densidad de siembra de 10 PL/L y en 15 días de cultivo, post-larvas con un peso inicial de 4,8 mg, alcanzaron un peso promedio de 36,0 mg y la supervivencia fue de 93,87 %; a la densidad de 18 PL/L y 15 días de cultivo con post-larvas de peso inicial de 3,2 mg obtuvieron un peso 26,0 mg y 87 % de supervivencia, mientras que a 24 PL/L y 14 días de cultivo partiendo con un peso inicial 3,0 mg alcanzaron el peso final de 24,0 mg y supervivencia de 71 %.

Por otra parte, Correa (2005) utilizando un sistema de cultivo en raceway de 40 m^3 de agua a 26,6 PL/L con post-larvas de 2,3 mg obtuvo juveniles con peso de 6,8 mg y una

supervivencia de 89,45 %, con una variación de temperatura entre 29,6 ºC a 33,6 ºC y el oxígeno disuelto fluctuó entre 4,0 mg/L a 5,1 mg/L.

En un estudio sobre el crecimiento de *L. vannamei* cultivado a tres densidades de siembra: 40 ind./m^2, 60 ind./m^2 y 80 ind./m^2, Roque-Salinas, Urey-Salinas, Sequeira-Araujo, y Martínez-González, (2015), reportaron que el crecimiento fue mayor en la densidad de 40 ind./m^2 pero con mayor rendimiento productivo con la densidad de 80 ind./m^2, y en los tres tratamientos el resultado tuvo diferencias significativas.

Estudios sobre la relación entre la densidad de siembra y el crecimiento de *L. vannamei* en una granja camaronera de agua salobre, mostró que la densidad de población afecta el crecimiento (Balakrishnan, et al., 2011), lo que coincide con los resultados reportados por Sookying, Silva, Davis y Hanson, (2011), obtenidos en juveniles de *L. vannamei* (2,8 g de peso inicial) que fueron cultivados en tanques de 24,80 m^3 a densidades de siembra de 15 ind./m^2, 25 ind./m^2, 35 ind./m^2, 45 ind./m^2, 55 ind./m^2 y 65 ind./m^2 por 10 semanas, mostrando que el crecimiento del camarón se relaciona inversamente con la densidad de población, sin embargo, no hubo un efecto significativo entre la densidad de siembra y la tasa de supervivencia.

En este sentido Aragón-Noriega, Córdova-Murueta, Trías-Hernández, y García-Juárez, (2000), encontraron que en *Litopenaeus stylirostris*, el crecimiento depende inversamente de la densidad, y que la mayor mortalidad ocurre a mayor densidad de cultivo. Por otro lado, Samocha, Córdova, Blacher, y De Wind, (2000), reportaron que la densidad de la población afecta negativamente al crecimiento y la supervivencia, además puntualizan que el crecimiento de las post-larvas es exponencial y que para las densidades de carga probadas las tasas de crecimiento se duplicaron aproximadamente cada tres a cuatro días; por otra parte, después de 10 días a 12 días, el crecimiento aumentó drásticamente.

Estos autores, además, indicaron que, a densidades mayores a 70 PL/L, las post-larvas se debilitaron y en algunos casos reflejaron una mayor mortalidad, sin embargo, en los estanques de engorde sembrados con post-larvas provenientes de raceway tuvieron un aumento en la supervivencia de 16%.

Al respecto, Casillas, H. e Ibarra, G. (1996), demostraron que los crecimientos fueron mayores conforme se disminuyó la densidad de siembra y la supervivencia no fue afectada por la densidad de siembra.

Con relación al crecimiento alcanzado, al aplicar dietas con diferentes niveles de proteína y densidades de siembra Fraga-Castro y Jaime-Ceballos (2011), refieren que a medida que se aumenta la densidad de siembra, los camarones requieren de mayor nivel de proteína en la dieta, por el gasto fisiológico en el confinamiento de los estanques; indicaron también, que en la medida en que se incrementa la densidad de siembra, el crecimiento de los camarones disminuye. Además, Sookying et al. (2011), indican que hay una correlación negativa entre la densidad de población y el factor de conversión alimenticio (F.C.R), sin embargo, no hubo un efecto significativo de la densidad de siembra y la tasa de supervivencia.

En cuanto a la calidad de agua de los sistemas de cultivo de camarones Saldarriaga (2013), señala que en el cultivo de camarón, la densidad de siembra y la intensidad de alimentación balanceada, son los factores con mayor influencia en los niveles de sólidos disueltos y metabolitos tóxicos hallados en los efluentes y del acúmulo de materia orgánica en el fondo; al aumentar las densidades de siembra, el aporte alimenticio balanceado también aumenta, en consecuencia el alimento no consumido y las heces de los camarones contribuyen directamente en la polución del estanque bajo la forma de materia orgánica, además, los nutrientes provenientes de las heces, mudas y materia orgánica en descomposición estimulan la producción adicional de materia orgánica como al fitoplancton.

En consecuencia, Mercier et al. (2006) consideran que los cambios ambientales causan condiciones estresantes que aumentan la vulnerabilidad del camarón a las bacterias normalmente presentes en el agua de mar mediante la reducción de la capacidad de la respuesta inmune de los crustáceos. Citando a varios autores, indican que camarones expuestos a altas concentraciones de amoníaco, hipoxia, salinidades extremas o temperaturas, y el cautiverio muestran alteraciones en los componentes celulares y humorales del sistema inmunitario.

Balakrishnan et al. (2011), señala que *L. vannamei*, es ampliamente cultivado en América Central y del Sur y tolera las salinidades de 2 ppt a 45 ppt, y que algunos autores recomiendan un rango de salinidad sobre 10 ppt a 35 ppt como ideal para su cultivo.

En cuanto al pH del agua, estos autores recomiendan el rango de favorable de 7,6 a 8,6 para *L. vannamei*. Ching (2014), sugiere que, entre las condiciones de calidad de agua, la temperatura de manejo preferentemente está entre 29 °C a 32 °C y el oxígeno disuelto debe ser mayor a 5 ppm, lo que refuerzan a las post-larvas contra la vibriosis y ataques virales como mancha blanca.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y periodo de ejecución

El estudio de caso se realizó en la camaronera La Bocana S.A. que se encuentra ubicada en el Estero Hondo y La Bocana, Sector El Alcalde, distrito, provincia y departamento de Tumbes.

Las coordenadas de ubicación en el sistema de Unidades Transversales de Merkator (UTM) en el ingreso al campo son: 562 842,87 m Este y 9 613 111,77 m. El área total del terreno es 106,00 ha y el perímetro 6 504,10 m (Figura 1).

Se realizaron tres ciclos de producción, con un periodo de 10 días cada uno.

Figura 1. Foto aérea de la ubicación de la camaronera La Bocana S.A.

3.2. Tipo y diseño del estudio de caso

De acuerdo a su fin, el estudio de caso fue aplicado (Tresierra, 2000), porque consistió en la aplicación de conocimientos básicos sobre cultivo intensivo de *L. vannamei* en un sistema semi-cerrado, raceway, para transformar luego estos conocimientos científicos en tecnología que sea aplicable a la industria de la acuicultura.

De acuerdo al diseño de contrastación, fue experimental (Tresierra, 2000), porque los niveles de la variable densidad de siembra (variable independiente) fueron establecidos y manejados para obtener un efecto sobre el crecimiento y supervivencia (variables dependientes).

3.3. Población en estudio

La población estuvo constituida por 7 560 000 post-larvas (en el estadio Post-larva 12: PL 12), cuyo peso promedio fue de 3,13 mg ± 0,16 mg, procedentes de un laboratorio comercial, distribuidos en tres tanques y cultivadas en el sistema raceway en tres ciclos de producción, de la siguiente manera:

Tabla 1. Ciclo de producción, densidad de siembra y población en los tanques raceway

Ciclo Producción	Tanque 1		Tanque 2		Tanque 3	
	Densidad (PL/L)	Población	Densidad (PL/L)	Población	Densidad (PL/L)	Población
1	20	560 000	30	840 000	40	1 120 000
2	20	560 000	30	840 000	40	1 120 000
3	20	560 000	30	840 000	40	1 120 000

3.4. Métodos y recolección de datos

3.4.1. Tratamiento de agua del reservorio

El agua para cultivo en el estanque reservorio (200 m^3) fue desinfectado con una solución de hipoclorito de calcio a 10 ppm con la finalidad de eliminar o inhibir algunos microorganismos patógenos. La filtración del agua se realizó a través de mallas de nytex de 100 µ en la entrada de agua del estanque reservorio (Figura 2).

3.4.2. Descripción de los tanques raceway

Los tanques raceway fueron construidos con madera de tripley cubiertos con geomembrana negra de alta densidad (940 kg/m^3 y 0,75 mm de espesor), de forma circular de 1,30 m de altura y 2,71 m de radio con capacidad total de 30 m^3, pero se utilizaron 28 m^3 de agua. En el centro del tanque se instaló un tubo de 2" de diámetro para el drenaje y evacuación del material orgánico de desecho durante el recambio de agua.

Figura 2. Aireación del agua de reservorio para la crianza de post-larvas de *Litopenaeus vannamei*

El sistema de crianza utilizado estuvo cubierto con plástico (polietileno) flexible transparente (70 % a 80 %) de baja densidad (menor a 930 kg/m^3 y 0,08 mm de espesor) que le dio las condiciones de invernadero para mantener estable la temperatura del agua durante el ciclo de producción.

3.4.3. Aireación

La aireación fue continua durante todo el día, de tal manera que el agua estuvo en constante movimiento tanto en la superficie como en el fondo. Se utilizó

aireación por difusión desde el fondo del tanque a través de un blower de 2 hp y sistema de tuberías perforadas (φ = 2 mm) (Figura 3).

3.4.4. Acondicionamiento de tanques

Los tanques fueron limpiados en su interior y desinfectados con solución de hipoclorito de calcio a la concentración de 10 ppm por 24 horas, luego se enjuagó y se dejó reposar por 24 horas para aplicar aireación de fondo y eliminar el cloro residual.

El llenado de los tanques se realizó con agua filtrada utilizando una malla de 500 µ al nivel de 1,21 m y volumen de manejo de 28 m^3 (Figura 4).

Figura 3. Blower utilizado en la aireación del agua para la crianza de *Litopenaeus vannamei*

Figura 4. Filtración de agua en el llenado de tanques

3.4.5. Evaluación de la calidad de post-larvas

La evaluación de la calidad de post-larvas se realizó en el laboratorio comercial, utilizando su propio protocolo, pero siguiendo las sugerencias de Ching (1999) y Rojas, Haws y Cabanillas (2005):

a. Evaluación directa.

- Actividad: se espera que las post-larvas tengan un movimiento reotáxico fuerte y saludable (nadan activamente contra la corriente). Alimentación activa con nauplios de *Artemia*. No debe haber presencia de post-larvas muertas en una muestra.
- Condición de hepatopáncreas: debe presentar forma piramidal, aspecto brillante y alto contenido de lípidos.
- Contenido del tracto digestivo: se prefiere el intestino lleno con movimiento peristáltico.
- Necrosis: no deben tener necrosis en los apéndices u otras partes del cuerpo.
- Pigmentación: los cromatóforos deben estar bien distribuidos y con coloración rojo-anaranjado.

- Contaminación biológica: no debe haber presencia de protozoarios (gregarinas: *Nematopsis* sp.) ciliados (*Zoothamnium* sp., *Epistylis* sp., *Vorticella* sp.); hongos (*Lagenidium* sp.); bacterias filamentosas (*Lueucotrix* sp.) en el exoesqueleto, apéndices o branquias.
- Desarrollo branquial: las homogeneidades de las tallas de las post-larvas se verifican en el último lóbulo branquial y sus ramificaciones, que en el caso de Post-Larva 12, debe tener nueve pares de ramificaciones.
- Deformidades: no deben presentar rostrum o telson deforme o doblado, daños en los apéndices causados por bacterias, pérdida de apéndices.

b. Pruebas microbiológicas y moleculares

Las post-larvas fueron evaluadas a partir del estadio PL-6 (lóbulo branquial con 4 ramificaciones), con las siguientes observaciones:

- Ausencia de *Pseudomonas* en el cultivo de macerado de post-larvas en medio Cetrimide.
- Ausencia de bacterias luminiscentes (*Vibrios*).
- Ausencia de bacterias que dan coloración verde al medio de cultivo Tiosulfato, Citrato, Bilis y Sacarosa (TCBS) o predominancia de las que dan coloración amarilla a este medio, en un macerado de post-larvas.

- Resultados negativos a White Spot Syndrome Virus (WSSV), Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus (IHHNV) y *Baculovirus penaei* (BP).

3.4.6. Aclimatación y transporte de post-larvas

Las post-larvas (Figura 5) fueron aclimatadas en el laboratorio comercial de acuerdo a la salinidad y temperatura del agua de crianza en el raceway, luego transportadas en un tanque provisto de mangueras y piedras difusoras para abastecer de oxígeno al agua de transporte, a la vez se agregaron nauplios de *Artemia salina* como alimento vivo.

3.4.7. Control de crecimiento y supervivencia

El control del crecimiento se realizó a partir del registro del peso promedio obtenido diariamente por el método gravimétrico (Saldarriaga 1995). La extracción de la muestra se hizo por la técnica de muestreo al azar simple (Steel y Torrie, 1996).

Figura 5. Muestra de post-larvas de *Litopenaeus vannamei*

Para ello se intensificó la aireación a fin de que las post-larvas se distribuyeran homogéneamente en el tanque, luego se extrajeron cuatro muestras

desde puntos diferentes con un vaso de precipitados de 250 mL; se pesó la biomasa de cada muestra y se contabilizaron las post-larvas. Se realizó una división de la sumatoria de las biomasas entre la sumatoria de los individuos de las muestras, obteniendo el peso promedio de cada post-larva, en la siguiente fórmula:

$$\mathbf{P_m = (B_1 + B_2 + B_3 + B_4)/(N_1 + N_2 + N_3 + N_4)}$$

Dónde:

P_m, es el peso promedio de cada post-larva (g);

B_1, B_2, B_3 y B_4, son las biomasas de cada muestra (mg), y

N_1, N_2, N_3 y N_4, son las cantidades de post-larvas en cada muestra.

Durante el pesado se descontó el agua presente en las muestras con un ligero y suave escurrido, a fin de minimizar el error en la determinación del peso total.

Para la determinación de la supervivencia, la muestra se obtuvo por el procedimiento anterior y primero se estimó la población actual de post-larvas por el método volumétrico (Saldarriaga, 1995), utilizando la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Nt = n.(V/v)}$$

Dónde:

Nt, es la población actual;

n, es el número promedio de post-larvas en las muestras;

V, es el volumen del tanque (28 m^3), y

v, es el volumen de la muestra (250 mL).

Luego, la supervivencia se estimó en la fórmula siguiente:

$$S = (Nt/No) \times 100\%$$

Dónde:

S, es la supervivencia (%);

Nt, es la población actual, y

No, es la población inicial o sembrada.

3.4.8. Alimentación de post-larvas

En la alimentación de post-larvas, sólo se utilizó alimento balanceado comercial de 45 % de proteína y 0,5 mm a 0,8 mm de tamaño de pellet, que luego de humedecerlo fue aplicado por dispersión homogénea (Figura 6), la tasa de alimentación inicial fue de 25 % de la biomasa inicial sembrada con una frecuencia de 12 raciones por día.

Con el tiempo de cultivo la tasa de alimentación se disminuyó en 1 % de la biomasa diaria existente hasta llegar al final del cultivo.

El factor de conversión alimenticio (F.C.R.) se calculó por la siguiente fórmula (Huet, 1978):

$$F.C.R. = Q_A/B$$

Dónde:

F.C.R., es el Factor de Conversión Alimenticio;

Q_A, es la cantidad de alimento suministrado, y

B, es la biomasa.

Durante la aplicación del alimento balanceado, se tomaron en cuenta las observaciones diarias del tracto digestivo (lleno o vacío) de las post-larvas y los

excesos de balanceado en el sifoneo, indicativo para ajustar a criterio la cantidad de alimento balanceado por ración.

Figura 6. Distribución del alimento balanceado utilizado

3.4.9. Parámetros físicos y químicos del agua

Para mantener buena calidad de agua, se realizó la limpieza del fondo de los tanques por sifoneo en las mañanas, eliminando así los desechos orgánicos como alimento balanceado no consumido, heces, exoesqueletos, etc. presentes en el agua de cultivo. En este momento se realizaron los recambios diarios de agua en 10 % del volumen del tanque.

Se registraron diariamente la temperatura y oxígeno disuelto a 3:00 horas, 6:00 horas, 12:00 horas, 18:00 horas y 24:00 horas. La salinidad se tomó una vez por semana a las12:00 horas.

3.4.10. Calidad de las post-larvas

Durante el desarrollo del cultivo, la calidad de post-larvas se observó directamente, haciendo una examinación parcial y rápida en cada tanque, tanto por las mañanas como por las tardes, se consideró: la actividad natatoria, heces excretadas, apariencia del tracto digestivo (lleno o vacío) y reo-taxismo (positivo

o negativo) y uniformidad de tallas. No se realizaron análisis microbiológicos ni moleculares.

3.4.11. Cosecha

Por la mañana, se bajó el nivel a 15 m^3 del volumen de agua utilizado (28 m^3) en cada tanque y se realizó la captura de post-larvas utilizando un "calcalillo" rectangular con malla de 500 µ, luego fueron trasportadas a los estanques de engorde (Figura 7 y 8).

En esta etapa, para obtener el peso promedio final de las post-larvas se volvió a aplicar el método gravimétrico indicado en el ítem 3.4.7.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Los datos de crecimiento y supervivencia (Tabla A, en anexos) fueron procesados con el programa estadístico informático Statistical Package for Social Sciences (SPSS) utilizando IBM SPSS Statistics 20, de la SPSS Inc.; mediante el cual se realizaron los análisis de varianza y las pruebas de Duncan (Calzada, 1982) a un nivel de significancia de 5%; y utilizando el programa computacional Excel de Microsof Office 2010, se construyeron las curvas de crecimiento y supervivencia.

Previo al análisis de varianza y prueba de Duncan, los datos de supervivencia final fueron transformados a arcoseno√(%Sup./100).

Figura 7. Cosecha de las post-larvas de *Litopenaeus vannamei*

Figura 8. Muestra de post-larvas de *Litopenaeus vannamei* cosechadas y transferidas a los estanques de engorde

En el análisis estadístico se probaron las siguientes hipótesis:

3.5.1. Hipótesis estadísticas para el crecimiento de post-larvas

Hipótesis nula (Ho):

Los crecimientos (peso promedio final: μ) de post-larvas *Litopenaeus vannamei* son iguales cuando se cultivan a densidades de siembra de 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L.

$$\mu_{20} = \mu_{30} = \mu_{40}$$

Hipótesis alternativa (Ha):

Los crecimientos (pesos promedios finales: μ) de post-larvas *Litopenaeus vannamei* son diferentes cuando se cultivan a densidades de siembra de 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L.

$$\mu_{20} \neq \mu_{30} \neq \mu_{40}$$

3.5.2. Hipótesis estadísticas para la supervivencia de post-larvas

Hipótesis nula (Ho):

Las supervivencias finales (μ) de post-larvas *Litopenaeus vannamei* son iguales cuando se cultivan a densidades de siembra de 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L.

$$\mu_{20} = \mu_{30} = \mu_{40}$$

Hipótesis alternativa (Ha):

Las supervivencias finales (μ) de post-larvas *Litopenaeus vannamei* son diferentes cuando se cultivan a densidades de siembra de 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L.

$$\mu_{20} \neq \mu_{30} \neq \mu_{40}$$

IV. RESULTADOS

4.1. Crecimiento y supervivencia de post-larvas

Los pesos promedios finales de post-larvas de *L. vannamei* a la densidad de siembra de 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L fueron de 27,00 mg ± 2,08 mg, 21,33 mg ± 2,09 mg y 17,67 mg ± 1,53 mg, respectivamente (Tabla 2 y Figura 9), que según el ANOVA y prueba de Duncan, fueron significativamente diferentes ($p < 0,05$, Tabla B y C, anexo).

Tabla 2. Peso y supervivencia de *Litopenaeus vannamei* en raceway a diferentes densidades de siembra (tres repeticiones)

Densidad (PL/L)	Peso promedio ± D.E. (mg)	Supervivencia ± D.E. (%)
20	27,00 ± 2,08[a]	96,98 ± 0,74[a]
30	21,43 ± 2,09[b]	96,15 ± 1,07[a]
40	17,67 ± 1,53[c]	92,63 ± 1,15[b]

- D.E.: Desviación Estándar
- Superíndices diferentes (a, b y c) en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

El efecto de la densidad de siembra se observó a partir del séptimo día de cultivo con la tendencia de que el peso promedio disminuyó con el aumento de la densidad de siembra.

Los datos de campo que dieron origen a las tablas y figuras anteriores se encuentran en anexos, desde la tabla D a la tabla F.

La supervivencia promedio final de post-larvas de *L. vannamei* a la densidad de siembra de 20 PL/L fue de 96,98 % ± 0,74 % y de 96,15 % ± 1,07 % a 30 PL/L (Tabla 2), que entre ellas no fueron significativamente diferentes según el ANOVA y prueba de Duncan, pero sí mayores ($p < 0,05$) a la supervivencia de 92,63 % ± 1,15 % obtenida con la densidad de 40 PL/L (Tabla G y H, anexo).

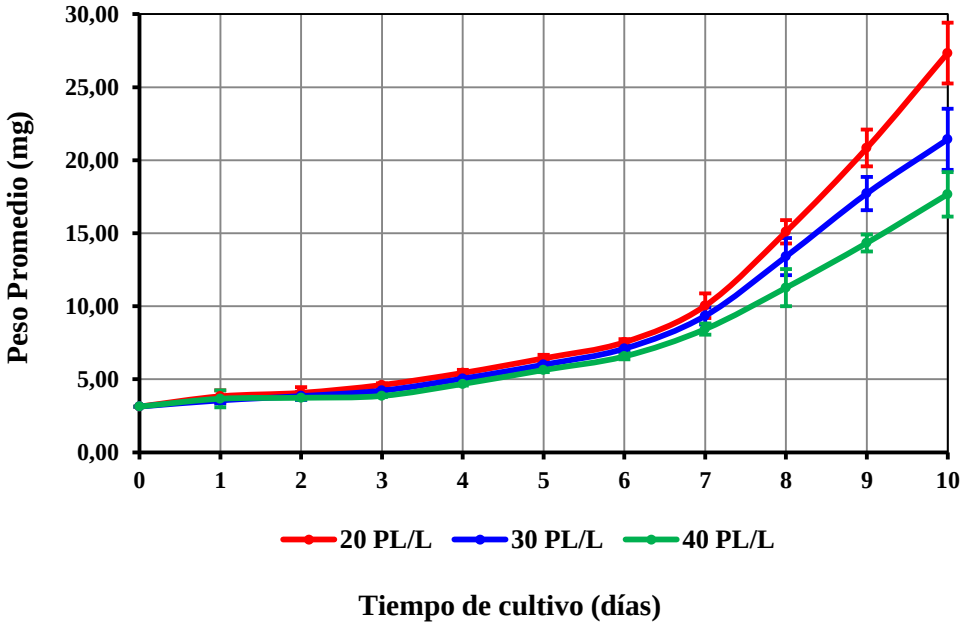

Figura 9. Crecimiento de *Litopenaeus vannamei* en raceway a diferentes densidades de siembra

Se observó que la supervivencia varió linealmente con respecto al tiempo y a densidades de siembra de 20 PL/L y 30 PL/L se mantuvo la misma tendencia durante la experiencia, deduciéndose que la tasa de mortalidad promedio por día fue de 0,30 % y 0,39 %, respectivamente. Mientras que a 40 PL/L, se estimó que la tasa de mortalidad promedio fue de 0,74 % por día (Figura 10).

Los datos de campo que dieron origen a las tablas y figuras anteriores se encuentran en anexos, desde la tabla I a la tabla K.

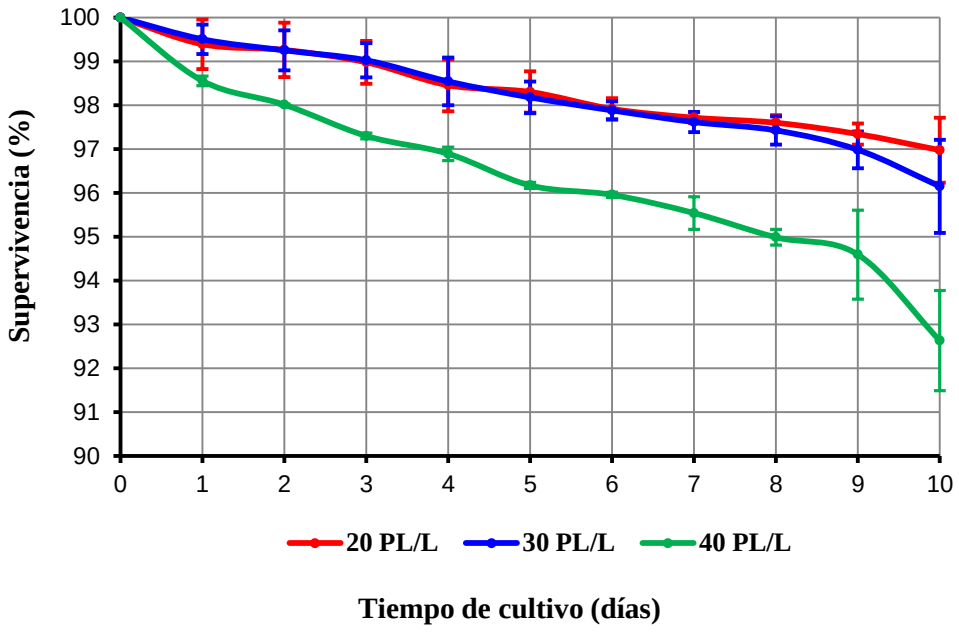

Figura 10. Supervivencia de *Litopenaeus vannamei* en raceway a diferentes densidades de siembra

4.2. Factor de conversión alimenticio de post-larvas

Los factores de conversión alimenticio (F.C.R.) aumentaron con la densidad de siembra, obteniéndose valores de 0,50 (20 PL/L), 0,69 (30 PL/L) y 0,80 (40 PL/L) y disminuyeron al aumentar el peso promedio de las post-larvas (Tabla 3, Tablas L a N, anexos).

Tabla 3. Factor de conversión alimenticio (F.C.R.) en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a diferentes densidades de siembra

Densidad (PL/L)	F.C.R.
20	0,58
30	0,69
40	0,80

4.3. Parámetros de calidad de agua

La temperatura se mantuvo dentro del rango promedio de 30,17 °C por la mañana a 33,23 °C en la tarde, sin variaciones importantes durante el periodo de cultivo. Por otro lado, la concentración de oxígeno disuelto disminuyó al aumentar la densidad de siembra, siendo la concentración promedio de 5,13 ppm para la densidad de 20 PL/L; 4,71 ppm para 30 PL/L y 4,58 ppm en la densidad de 40 PL/L (Tabla 4 y Tablas O a Q del anexo).

Tabla 4. Parámetros de calidad de agua en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a diferentes densidades de siembra

Densidad (PL/L)	Temperatura (°C)		Oxígeno Disuelto (ppm)		Salinidad (ppt)
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
20	30,34	33,23	3,43	6,82	35
30	30,17	33,08	3,10	6,32	35
40	30,28	33,16	3,14	6,02	35

V. DISCUSIÓN

Los sistemas de cultivo de *L. vannamei* según las etapas del cultivo pueden clasificarse en pre-cría, pre-engorde y engorde. En la camaronera La Bocana S.A., se utilizan dos etapas del cultivo: pre-cría y engorde. La primera etapa, se realiza en el sistema de raceway, en el cual se asegura una mejor aclimatación y adaptación de las post-larvas al momento de ser sembradas o transferidas a los estanques de engorde (Ching, 2014; Vanoni, 2014, Arias, 2010; Treece y Yates, 1990), además al transferir juveniles, se aumenta la probabilidad de supervivencia (Saldarriaga, 1995), ayuda a la reducción significativa de días de cultivo, y se logran aumentar la resistencia a enfermedades recurrentes (Ching, 2014; Vanoni, 2014; Arias, 2010).

En estas condiciones de cultivo, las post-larvas adquieren un potencial crecimiento compensatorio después de la transferencia (Ching, 2014), en la pre-cría se obtienen juveniles fuertes, sanos, uniformes y se pueden reducir los costos de producción, acortando el tiempo de cultivo en los estanques de crecimiento de modo que aumenta la eficiencia del estanque a través de ciclos de cultivo adicionales por año (Samocha y Lawrence, 1992; Gervais y Zeigler, 2014).

En la camaronera La Bocana S.A., Perú el sistema de cultivo en raceway, se realiza en invernaderos para mantener temperaturas altas y evitar brotes tempranos del virus WSSV, Síndrome de Mortalidad Temprana (EMS) y vibriosis, como señalan Ching (2014) y Nicovita (2004).

Como en todo sistema de cultivo acuático, la eficiencia de pre-cría de post-larvas en raceway está determinada por las variables independientes como, densidad de siembra, alimentación natural, balanceada y factores de calidad ambiental o parámetros de calidad de agua que influyen fundamentalmente sobre las variables dependientes como, crecimiento y supervivencia de la especie.

En cuanto a la densidad de siembra, este es un aspecto de gran importancia que afecta al crecimiento, supervivencia y biomasa de *L. vannamei* (Roque-Salinas et al., 2015; Balakrishnan et al., 2011; Sookying et al., 2011; Aragón-Noriega et al., 2000; Samocha, et al., 2000; Casillas e Ibarra, 1996). En los sistemas de cultivo en raceway, éstas densidades son muy variadas por lo que en la camaronera La Bocana S.A. de acuerdo a los planes de producción, infraestructura, condiciones logísticas y nivel de tecnología, se probaron tres densidades de siembra: 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L, para evaluar y determinar cuál es la mejor a fin de optimizar las producciones, en concordancia con las experiencias reportadas en otras investigaciones de Perú y Ecuador, como Guevara y Córdova (2015), Ching (2014), Vanoni (2014), Gervais y Zeigler (2014), Pardo (2012), Cañizares (2010), Arias (2010), Correa (2005), Samocha et al. (2000) y Saldarriaga (1995).

En este estudio de caso, se observó que el mayor peso promedio final de 27,00 mg ± 2,08 mg ($p < 0,05$) se obtuvo a la menor densidad de siembra de 20 PL/L, siguiendo la misma tendencia reportada por Guevara y Córdova (2015) quienes experimentaron con iguales densidades de siembra obteniendo el mayor peso promedio final de 12,67 mg ± 0,76 mg con la densidad de 20 PL/L. Del mismo modo, Arias (2010), a la densidad de 18 PL/L obtuvo el peso promedio final de 26,0 mg que fue mayor al peso promedio final de 24,0 mg alcanzado a 24 PL/L.

Aunque los resultados reportados por varios investigadores son diversos (Guevara y Córdova, 2015; Ching, 2014; Gervais y Zeigler, 2014; Pardo, 2012; Cañizares, 2010; Arias, 2010; Correa, 2005), debido a que en cada lugar se tienen diferentes realidades de infraestructura, condiciones ambientales y tecnología; sin embargo, la tendencia en el efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento es la misma, infiriéndose que a mayor densidad de

siembra el crecimiento es menor como lo indicaron Fraga-Castro y Jaime-Ceballos (2011) y Sookying et al. (2011).

El efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de post-larvas *L. vannamei*, se expresó a partir de los siete días de cultivo, cuando la tasa de crecimiento fue diferenciada para las densidades probadas, hecho que también ha sido reportado por Samocha et al. (2000), cuando señalan que el crecimiento de las post-larvas es exponencial y que para las densidades de carga probadas (20 PL/L a 80 PL/L) las tasas de crecimiento se duplicaron aproximadamente cada tres a cuatro días.

En referencia a la supervivencia de post-larvas de *L. vannamei*, se observó que ésta disminuyó al aumentar la densidad de siembra, siendo que a 20 PL/L y 30 PL/L se obtuvieron valores consistentes en 96,98 % ± 0,74 % y 96,15 % ± 1,07 %, respectivamente, que no guardaron diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$) pero que fueron mayores ($p < 0,05$) a la supervivencia de 92,63 % ± 1,15 % alcanzado con 40 PL/L. Estos resultados fueron mayores a los valores reportados por Guevara y Córdova (2015), Ching (2014), Pardo (2012), Cañizares (2010), Arias (2010) y Correa (2005).

En este sentido, el efecto de la densidad de siembra se manifestó al aumentar la biomasa de cultivo, debido a que al aumentar la biomasa las post-larvas están expuestas a mayores concentraciones de metabolitos tóxicos como el amonio, nitritos y dióxido de carbono, etc., producto del incremento en la oxidación de los desechos metabólicos orgánicos y la disminución de la concentración de oxígeno disuelto, hechos que influyen en su estado de estrés y por tanto en la disminución de la tasa de crecimiento, debido al gasto fisiológico en el confinamiento (Fraga-Castro y Jaime-Ceballos, 2011) especialmente a altas densidades de cultivo en los tanques.

No obstante, que los resultados de supervivencia de este estudio de caso, difieren en su tendencia con aquellos obtenidos por Guevara y Córdova (2015), Sookying et al. (2011) y Casillas e Ibarra (1996), quienes encontraron que la densidad de siembra no afectó a la supervivencia de *L. vannamei*, en cambio se coincide con Aragón-Noriega (2000) y Samocha et al. (2000), quienes reportaron que la densidad de la población afecta negativamente la supervivencia de la especie.

Es probable, que la tendencia a la disminución de la supervivencia de camarones al aumentar la densidad de siembra se debió a que las altas poblaciones de cautiverio crean condiciones de competencia por el oxígeno disuelto en la respiración, evacuación de desechos metabólicos y exposición a gases tóxicos que conllevan al estado de estrés, lo que según Mercier et al. (2006) aumenta la vulnerabilidad de las post-larvas de camarón a la hipoxia y a las bacterias normalmente presentes en el agua, mediante la reducción de la capacidad de la respuesta inmune.

La intensificación de un sistema de cultivo implica, entre otros requisitos, también el uso de un alimento balanceado de alta calidad que sea capaz de satisfacer los requerimientos nutricionales de la especie que le permita afrontar los efectos tensores del hacinado ambiente de cultivo, y según Fraga et al. (2002) desarrollar sus potencialidades de crecimiento a mayor densidad de siembra sin afectar la calidad del medio.

En este estudio de caso, se utilizó un alimento balanceado con 45 % de proteína como sugieren Ching (2014) y Vanoni (2014), debido a que a altas densidades de siembra, los camarones requieren de mayor nivel de proteína en la dieta para compensar el gasto fisiológico en el confinamiento en los estanques (Fraga-Castro y Jaime-Ceballos, 2011).

Considerando que las post-larvas de camarones tienen hábitos omnívoros y se alimentan de manera frecuente, se realizaron 12 frecuencias de alimentación, coincidiendo con la recomendación de Jory (2001) quien indica que suministrar la ración diaria en varias frecuencias al día, mejoran el consumo de alimento balanceado, el crecimiento y el factor de conversión alimenticio.

No obstante, se determinó que el factor de conversión alimenticio (F.C.R.) aumentó con la densidad de siembra, obteniéndose valores de 0,50 a 20 PL/L, 0,69 a 30 PL/L y 0,80 a 40 PL/L, deduciéndose que al aumentar la densidad disminuye el aprovechamiento del alimento balanceado, coincidiendo con Fraga-Castro y Jaime-Ceballos (2011), al referir que en *L. schmitti*, cuando se emplean densidades de siembra diferentes, se observó que el aprovechamiento del alimento disminuyó a medida que aumentó la densidad de siembra, y como señaló Sookying et al. (2011), hay una correlación negativa entre la densidad de población y el factor de conversión alimenticio (F.C.R).

Al aumentar la densidad de siembra de las post-larvas, en los sistemas de cultivo, también es necesario aumentar las cantidades de alimento balanceado, en consecuencia al aumentar el F.C.R. se evidencia que existe alimento balanceado no consumido, que acompañado a las heces y mudas de los camarones, contribuyen directamente en la polución del agua del tanque (Saldarriaga, 2013 y Balakrishnan et al., 2011), por lo que el recambio de agua diario (10 % a 20 %) es necesario para el mantenimiento de una buena calidad del agua, característica esencial para el crecimiento óptimo y supervivencia de las post-larvas.

Dentro del manejo del agua en los tanques raceway tiene gran importancia la temperatura, ya que este parámetro limita el desarrollo post-larvario, la ingestión, digestión, asimilación del alimento y por lo tanto el crecimiento de las pos-larvas, según Jory (2001), los camarones son

animales poiquilotermos, y la temperatura afecta las tasas de procesos fisiológicos, el metabolismo y la alimentación dependen de la temperatura ambiente.

Durante la experimentación la temperatura fue una variable controlada, se mantuvo en el rango de 30,17 °C por la mañana a 33,23 °C por la tarde valores que son coincidentes con la recomendación técnica de Ching (2014) y Vanoni (2014) quienes indican que entre 29 ºC a 32 ºC es el rango de temperatura más recomendable para este tipo de cultivo.

En cuanto al oxígeno disuelto, uno de los gases más importantes para la vida acuática, fue un factor controlado e incorporado a través de la difusión de aire constante en todos los tanques de cultivo. Se observó que su concentración disminuyó cuando aumentó la densidad de siembra, siendo la concentración promedio de 5,13 ppm para la densidad de 20 PL/L, 4,71 ppm para 30 PL/L y 4,58 ppm en la densidad de 40 PL/L, niveles que permitieron un desarrollo normal de las actividades fisiológicas de las post-larvas de *L. vannamei*, ya que estas concentraciones fueron cercanas al mínimo nivel de 5,0 ppm sugerido por Ching (2014).

La salinidad fue un parámetro controlado en el momento de los recambios de agua y se mantuvo constante en 35 ppt, nivel concordante con los requerimientos naturales de esta especie dentro del rango 10 ppt a 35 ppt indicado por Balakrishnan et al. (2011).

VI. CONCLUSIONES

El presente trabajo logró demostrar cómo influye la densidad de siembra de PL sobre el crecimiento y supervivencias de las post-larvas.

Para efectos de trabajo de siembra indirecta utilizando pre-cría en raceway, es conveniente la siembra a la densidad de 20 PL/L por presentar buen crecimiento y alta supervivencia.

Se observó la tendencia de que el crecimiento y supervivencia disminuyó con el aumento de la densidad de siembra.

La diferencia en las tasas de crecimiento, según las densidades de siembra estudiadas, se mostraron después de siete días de cultivo; sin embargo, para la supervivencia, a densidades de siembra de20 PL/L y 30 PL/L no se observaron diferencias durante el periodo de cultivo, pero se observó que fueron mayores a la supervivencia observada a 40 PL/L.

El factor de conversión alimenticio (F.C.R.) aumentó con la densidad de siembra.

VII. RECOMENDACIONES

Sabiendo que las mejores densidades de siembra fueron entre 20 PL/L y 30 PL/L, se recomienda hacer el estudio para establecer, si estos intervalos u otro son las densidades que pueden dar excelentes resultados en el engorde.

Elaborar un protocolo de manejo de la pre-cría en raceway de acuerdo a las densidades de siembra que mejores resultados reporten en el engorde.

VIII. REFERENCIAS

Aragón-Noriega, E., Córdova-Murueta, J., Trías-Hernández, H., & García-Juárez, A. (2000). Efecto de la densidad de siembra y la estacionalidad en la producción de camarón azul *Litopenaeus stylirostris*. INP. SAGARPA. México. *Ciencia Pesquera No. 14*, 39-46.

Arias, S. (2010). Experiencias de manejo de raceways en el cultivo de camarón marino *Litopenaeus vannamei* en Ecuador. *Boletín Nicovita*, 1-6.

Balakrishnan, G., Peyail, S., Ramachandran, K., Theivasigamani, A., Savji, K., Chokkaiah, M. & Nataraj, P. (2011). Growth of cultured white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) in different stocking density. *Pelagia Research Library. Advances in Applied Science Research, 2 (3)*, 107-113. Recuperado de: http://pelagiaresearchlibrary.com/advances-in-applied-science/vol2-iss3/AASR-2011-2-3-107-113.pdf

Calzada, J. (1982). Capítulo V. Diseño completamente randomizado. En *Métodos estadísticos para la investigación* (pp. 10-125). Lima: Jurídica S.A. 3ra Ed.

Cañizares, R. (2010). *Manejo de post-larvas P. vannamei*. (Presentación Power Point). Primer Congreso Andino de Acuicultura 2010. Machala, Ecuador.

Casillas, H. & Ibarra, G. (1996). Efecto de la densidad de cultivo del camarón blanco *Penaeus vannamei* en estanques comerciales (Costa Sur, Sonora, México). Dirección de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar. *Oceanología, 2*(10), 153-165.

Correa, N. (2005). *Cultivo de post-larvas de Penaeus vannamei en sistema raceways en la Empresa Pesquera e Industrial Bravito, El Oro, Ecuador*. (Informe de práctica pre-profesional). Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes, Perú.

Ching, C. (2014). *Manejo de raceways y/o pre-crías en el cultivo del camarón marino*. (Presentación en Power Point). Nicovita-VITAPRO. Tumbes, Perú.

Ching, C. (1999). Evaluación y siembra de post-larvas de camarón marino. Un ejemplo práctico. *Boletín Nicovita* camarón de mar 4(10), 1-4.

Fraga-Castro, I. & Jaime-Ceballos, B. (2011). Estrategias para optimizar el manejo del alimento en el engorde del camarón blanco del Caribe *Litopenaeus schmitti*. *Revista Aquatic*, 35, 20-34.

Recuperado de: http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/35_3.pdf

Gervais, N. & Zeigler, T. (2014). Sistemas hiper-intensivos de precría ofrecen ventajas para cultivo de camarones. *Global Aquaculture Advocate*, 26-29.

Guevara, M. & Córdova, Z. (2015). *Efecto de la densidad de siembra de post larvas de Litopenaeus vannamei en el crecimiento y supervivencia de cultivo en raceways. Langostinera ATISA, 2014*. (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Pesquero). Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes, Perú.

Huet, M. (1978). Tratado de piscicultura. Madrid, España: Edit. Mundi Prensa.

Jory, D. (2001). *Manejo integral del alimento de camarón, de estanques de producción camaroneros, y principios de bioseguridad*. Curso Lance en Acuacultura. Monterrey, Nuevo León, México.

Mercier, L., Palacios, E., Campa-Córdova, A., Tovar-Ramírez, D., Hernández-Herrera, R. & Racotta, I. (2006). Metabolic and immune responses in Pacific white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to a repeated handling stress. *Aquaculture, 258 (2006)*, 633–640

Nicovita (2004). Introducción sobre precrías intensivas en Latinoamérica. *Boletín*. Recuperado de: http://www.nicovita.com.pe/extranet/Boletines/abr_jun_2004_02.pdf

Pardo, W. (2012). *Aclimatación, alimentación, crecimiento y supervivencia de poslarvas de Litopenaeus vannamei en raceway de cemento*. (Informe de práctica pre-profesional). Universidad Nacional de Tumbes. Tumbes, Perú.

Rojas, A., Haws, M. & Cabanillas, J. (2005). II. Selección del laboratorio proveedor de postlarvas y verificación de la calidad de la postlarva. En *Buenas Prácticas de Manejo para el Cultivo de Camarón.* Proyecto: Prácticas de Desarrollo Sostenible en Ambientes Costeros de Prioridad de los Ecosistemas del Golfo de California Marinas Recreativas y Maricultura (pp. 13-18). The David and Lucile Packard Foundation. United States Agency for International Development (Cooperative Agreement No. PCE-A-00-95-0030-05).

Roque-Salinas, M., Urey-Salinas, E., Sequeira-Araujo, E., & Martínez-González, E. (2015). Evaluación del crecimiento de *Litopenaeus vannamei* cultivados a tres densidades de siembra: 40 ind./m^2, 60 ind./m^2 y 80 ind./m^2. Universitas (León). *Revista Científica de la UNAN-León*. Recuperado de: *http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9QVwzOdv4IQJ:revista.unanleon.edu.ni/index.php/universitas/article/view/111&num=1&hl=es&gl=pe&strip=1&vwsrc=0*

Saldarriaga, D. (1995). *Acondicionamiento y manejo de estanques de langostino*. Tumbes, Perú. Departamento Académico de Acuicultura. Facultad de Ingeniería Pesquera. Universidad Nacional de Tumbes.

Saldarriaga, D. (2013). *Tratamiento de efluentes del cultivo intensivo de Penaeus vannamei por sedimentación y biofiltración*. (Tesis de para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias Ambientales). Universidad Nacional de Tumbes, Perú.

Samocha, T., Córdova, J., Blacher, T. & De Wind, A. (2000). Raceway nursery production increases shrimp survival and yields in Ecuador. *Global Aquaculture, The Advocate*, 66-68.

Recuperado de: http://pdf.gaalliance.org/pdf/GAA-Samocha-Dec00.pdf

Samocha, M. & Lawrence, A. (1992). Sistemas de pre-crianza de langostino y su manejo. In: Wyban, J. (Eds.), *Proceeding of the Special Session on Shrimp Farming*. *World Aquaculture Society*. (pp. 87-105). Baton Rouge, L. A.

Steel, R. & Torrie, J. (1996). *Bioestadística: Principios y procedimientos*. México: McGraw-Hill, Segunda edición (primera en español).

Sookying, D., Silva, D., Davis, D., & Hanson, T. (2011). Effects of stocking density on the performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* cultured under pond and outdoor tank conditions using a high soybean meal diet. *Aquaculture 319 (2011)*, 232–239. Recuperado de:

http://www.ag.auburn.edu/fish/allendavis/download/p104_Sookying%202011_Pond%20Lvan%20fed%20SBM%20in%20differ%20densities.pdf

Treece, G. & Yates, M. (1990). Laboratory manual for the culture of penaeid shrimp larvae. *Marine Advisory Service. Sea Grant College Program. Texas A & M University*. Pp. 95.

Tresierra, A. (2000). *Metodología de la investigación científica*. Trujillo, Perú: Editorial Biociencia, Primera Edición.

Vanoni, F. (2014). *Alternativas de sistemas de primeras fases en acuacultura 2014*. (Presentación en Power Point). Epicore Bio Networks Inc. Latin America Technical Sales Manager. Recuperado de: http://fenacam.com.br/pdf/fenacam2014/carcinicultura/16-cultivo-do-camarao-l.-vannamei-em-raceway-com-utilizacao-de-probioticos-_-fabrizzio-vanoni.pdf

IX. ANEXOS

Tabla A. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway. Camaronera La Bocana S.A., Tumbes-Perú

Documento base		Fecha de registro	
Tanque:		Área (ha)	
Siembra		Cosecha	
Densidad (PL/L)		Densidad (PL/L)	
Población		Población	
Fecha		Fecha	

Tiempo cultivo (semanas)	Peso promedio (g)	Incremento peso (g)	Supervivencia (%)	Biomasa (%)

Ing. Milton S. Sócola Sunción

Responsable

Bach. Bigberto R. Sunción Rosales

Responsable

Tabla B. Análisis de Varianza para el crecimiento (mg) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L

Fuentes de variación		Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F_c	$F_{0,05}$	Sig.
Crecimiento	Inter-grupos	132,67	2	66,33	20,59	5,14	0,002
	Intra-grupos	19,33	6	3,22	-	-	-
	Total	152,00	8	-	-	-	-

Tabla C. Prueba de Duncan para el crecimiento (mg) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L

Densidad (PL/L)	Número de datos	Subconjunto para alfa = 0,05		
		1	2	3
Densidad 40	3	17,67	-	-
Densidad 30	3	-	21,33	-
Densidad 20	3	-	-	27,00
Significación	-	1,00	1,00	1,00

Tabla D. Crecimiento (mg) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L

Tiempo de cultivo (días)	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
0	3,13	3,13	3,13
1	3,50	4,30	3,70
2	3,76	3,95	4,50
3	4,60	4,50	4,72
4	5,20	5,50	5,60
5	6,20	6,40	6,70
6	7,30	7,60	7,77
7	9,50	9,60	11,00
8	14,80	14,50	16,00
9	19,50	22,00	21,00
10	**25,00**	**28,00**	**29,00**

Tabla E. Crecimiento (mg) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 30 PL/L

Tiempo de cultivo (días)	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
0	3,13	3,13	3,13
1	3,31	3,65	3,71
2	3,56	3,93	4.06
3	4,01	4,24	4,42
4	4,97	5,01	5,15
5	5,94	5,94	6,11
6	6,98	6,98	7,32
7	8,99	9,03	10,01
8	12,22	13,25	14,74
9	16,56	17,75	18,85
10	**19,08**	**22,10**	**13,10**

Tabla F. Crecimiento (mg) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 40 PL/L

Tiempo de cultivo (días)	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
0	3,13	3,13	3,13
1	3,32	3,26	3,41
2	3,80	3,80	3,60
3	3,90	3,98	3,91
4	4,57	4,80	4,67
5	5,50	5,60	5,80
6	6,50	6,40	6,81
7	8,00	8,70	8,60
8	9,80	12,00	12,04
9	14,00	15,10	14,01
10	**16,00**	**18,00**	**19,00**

Tabla G. Análisis de Varianza para la supervivencia (%) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L

Fuentes de variación		Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F_c	$F_{0,05}$	Sig.
Crecimiento	Inter-grupos	0,017	2	0,008	14,25	5,14	0,005
	Intra-grupos	0,004	6	0,001	-	-	-
	Total	0,020	8	-	-	-	-

Datos de supervivencia final transformados a arcoseno√(%Sup./100)

Tabla H. Prueba de Duncan para la supervivencia (%) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L, 30 PL/L y 40 PL/L

Densidad (PL/L)	Número de datos	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
Densidad 40	3	1,2964	-
Densidad 30	3	-	1,3746
Densidad 20	3	-	1,3969
Significación	-	1,00	0,302

Datos de supervivencia final transformados a arcoseno√(%Sup./100)

Tabla I. Supervivencia (%) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L

Tiempo de cultivo (días)	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
0	100,00	100,00	100,00
1	98,76	99,57	99,85
2	98,56	99,50	99,73
3	98,49	98,98	99,47
4	97,82	98,56	98,99
5	97,80	98,37	98,74
6	97,68	97,90	98,17
7	97,62	97,67	97,86
8	97,46	97,54	97,80
9	97,12	97,31	97,60
10	**97,01**	**96,22**	**97,70**

Tabla J. Supervivencia (%) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 30 PL/L

Tiempo de cultivo (días)	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
0	100,00	100,00	100,00
1	99,12	99,66	99,74
2	98,74	99,41	99,61
3	98,60	99,12	99,36
4	97,93	98,74	98,96
5	97,79	98,24	98,51
6	97,68	97,88	98,09
7	97,46	97,51	97,88
8	97,12	97,40	97,76
9	96,86	96,64	97,45
10	**95,11**	**96,10**	**97,24**

Tabla K. Supervivencia (%) de *Litopenaeus vannamei* en raceway a 40 PL/L

Tiempo de cultivo (días)	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
0	100,00	100,00	100,00
1	98,52	98,47	98,68
2	98,03	98,01	98,00
3	97,24	97,29	97,37
4	96,86	96,76	97,06
5	96,14	96,12	96,25
6	95,89	96,00	95,98
7	95,14	95,61	95,87
8	94,86	94,91	95,19
9	93,92	94,10	95,76
10	**92,41**	**91,61**	**93,87**

Tabla L. Datos de alimentación en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L

Tiempo de cultivo (días)	Peso (mg)	Superv. (%)	Poblac.	Biomasa (kg)	Tasa de aliment. (% biom.)	Cant. de alim. (g)	Cant. de alim. Acum. (g)	F.C.R.
0	3,13	100,00	560 000	1,75	25	0,44	0,44	-
1	3,83	99,39	556 603	2,13	23	0,49	0,93	2,44
2	4,07	99,26	555 875	2,26	21	0,48	1,40	2,76
3	4,61	98,98	554 288	2,55	19	0,49	1,89	2,36
4	5,43	98,46	551 357	3,00	17	0,51	2,40	1,93
5	6,43	98,30	550 499	3,54	15	0,53	2,93	1,64
6	7,53	97,92	548 333	4,13	13	0,54	3,47	1,46
7	10,03	97,72	547 213	5,49	11	0,60	4,07	1,09
8	15,10	97,60	546 560	8,25	11	0,91	4,98	0,77
9	20,83	97,34	545 123	11,36	10	1,14	6,11	0,64
10	27,00	96,98	543 069	14,84	10	1,48	7,60	0,58

Tabla M. Datos de alimentación en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a 30 PL/L

Tiempo de cultivo (días)	Peso (mg)	Superv. (%)	Poblac.	Biomasa (kg)	Tasa de aliment. (% biom.)	Cant. de alim. (g)	Cant. de alim. Acum. (g)	F.C.R.
0	3,13	100,00	840 000	2,63	25	0,66	0,66	-
1	3,56	99,51	835 856	2,97	23	0,68	1,34	3,90
2	3,85	99,25	833 728	3,21	21	0,67	2,02	3,47
3	4,22	99,03	831 824	3,51	19	0,67	2,68	3,04
4	5,04	98,54	827 764	4,17	17	0,71	3,39	2,19
5	6,00	98,18	824 712	4,95	15	0,74	4,13	1,78
6	7,09	97,88	822 220	5,83	13	0,76	4,89	1,53
7	9,34	97,62	819 980	7,66	11	0,84	5,74	1,14
8	13,40	97,43	818 384	10,97	11	1,21	6,94	0,83
9	17,72	96,98	814 660	14,44	10	1,44	8,39	0,71
10	21,33	96,15	807 660	17,31	10	1,73	10,12	0,69

Tabla N. Datos de alimentación en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a 40 PL/L

Tiempo de cultivo (días)	Peso (mg)	Superv. (%)	Poblac.	Biomasa (kg)	Tasa de aliment. (% biom.)	Cant. de alim. (g)	Cant. de alim. Acum. (g)	F.C.R.
0	3,13	100	1 120 000	3,51	25	0,88	0,88	-
1	3,67	99	1 103 835	4,05	23	0,93	1,81	3,34
2	3,73	98	1 097 749	4,10	21	0,86	2,67	4,50
3	3,86	97	1 089 760	4,21	19	0,80	3,47	4,95
4	4,68	97	1 085 205	5,08	17	0,86	4,33	2,75
5	5,63	96	1 077 104	6,07	15	0,91	5,24	2,05
6	6,57	96	1 074 715	7,06	13	0,92	6,16	1,73
7	8,43	96	1 070 048	9,02	11	0,99	7,15	1,30
8	11,27	95	1 063 851	11,99	11	1,32	8,47	1,00
9	14,33	95	1 059 445	15,19	10	1,52	9,99	0,86
10	17,67	93	1 037 456	18,33	10	1,83	11,82	0,80

Tabla O. Parámetros de calidad de agua en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a 20 PL/L

Parámetros	**Hora**				
	03:00	**06:00**	**12:00**	**18:00**	**24:00**
Oxígeno Disuelto (ppm)	3,91	3,43	6,36	6,82	4,67
Temperatura (°C)	30,34	30,41	32,21	33,23	31,04
Salinidad (‰)	-	-	35	-	-

Tabla P. Parámetros de calidad de agua en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a 30 PL/L

Parámetros	**Hora**				
	03:00	**06:00**	**12:00**	**18:00**	**24:00**
Oxígeno Disuelto (ppm)	3,51	3,10	5,89	6,32	3,96
Temperatura (°C)	30,22	30,17	32,14	33,08	31,51
Salinidad (‰)	-	-	35	-	-

Tabla Q. Parámetros de calidad de agua en el cultivo de post-larvas *Litopenaeus vannamei* en raceway a 40 PL/L

Parámetros	**Hora**				
	03:00	**06:00**	**12:00**	**18:00**	**24:00**
Oxígeno Disuelto (ppm)	3,20	3,14	5,39	6,02	3,66
Temperatura (°C)	30,22	30,28	33,10	33,16	31,31
Salinidad (ppt)	-	-	35	-	-