

**Evaluación técnica y económica del reemplazo  
de *Artemia* spp. por zooplancton en  
larvicultura de camarón (*Penaeus vannamei*)**

**Lino Xavier Cárdenas Nieto  
Alberto José López Cabús**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras  
Noviembre, 2017**

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

# **Evaluación técnica y económica del reemplazo de *Artemia spp.* por zooplancton en larvicultura de camarón (*Penaeus vannamei*)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
a los títulos de Ingeniero en Administración de Agronegocios e Ingeniero Agrónomo en  
el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Lino Xavier Cárdenas Nieto**  
**Alberto José López Cabús**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2017

## **Evaluación técnica y económica del reemplazo de *Artemia* spp. por zooplancton en larvicultura de camarón (*Penaeus vannamei*)**

**Lino Xavier Cárdenas Nieto**  
**Alberto José López Cabús**

**Resumen.** El sector camaronero en Latinoamérica ha buscado diferentes maneras de reemplazar el uso de artemia en la fase larvaria del camarón debido a su alto costo. Este estudio se llevó a cabo en la empresa LARVIPAC, S.A. en el año 2017. La investigación se desarrolló con el fin de encontrar una dieta más accesible y económica para el acuicultor y mejorar sus ganancias. El objetivo del estudio fue evaluar técnica y económicamente cinco dietas con diferentes proporciones de artemia y copépodos en la etapa larvaria del camarón y así elegir la mejor opción. Las dietas ofrecidas fueron: 1) 100% artemia, 2) 75% artemia y 25% copépodos, 3) 50% artemia y 50% copépodos, 4) 25% artemia y 75% copépodos y 5) 100% copépodos. Se evaluaron los parámetros de sobrevivencia, cantidad de larvas por gramo y una prueba de estrés. Estas variables se interpretaron de manera estadística con un análisis de varianzas, utilizando una separación de medias DUNCAN y LSMEANS ( $P \leq 0.05$ ). Ninguna de las variables mostró diferencias entre los cinco tratamientos. La evaluación económica se realizó por medio de un presupuesto parcial. Se concluyó que no existieron diferencias en los rendimientos productivos de sobrevivencia. No obstante, con los datos de este estudio, se obtuvo que el tratamiento con 100% de artemia tuvo mayores ganancias debido al valor de sobrevivencia obtenido. Esto puede variar en otras repeticiones, por lo cual se recomienda realizar el experimento más veces para ver las diferencias en utilidades entre cada una de las dietas.

**Palabras clave:** Copépodos, costos, larva, sobrevivencia.

**Abstract.** The shrimp industry in Latin America has searched different ways to replace the use of artemia in shrimp larviculture due to its high cost. The study was done at LARVIPAC, S.A in 2017. This research was developed in order to determine if there is an alternative diet for shrimp larviculture. The objective of this study was to evaluate technically and economically five diets with different proportions of artemia and copepods during the shrimp (*Penaeus vannamei*) larval stages and as a result choose the best option for the producer. The diets offered were: 1) 100% artemia 2) 75% artemia and 25% copepods 3) 50% artemia and 50% copepods 4) 25% artemia and 75% copepods and 5) 100% copepods. The parameters evaluated were survival, larvae per gram, and a stress test. These variables were interpreted statistically with an analysis of variance and a separation of means using DUNCAN and LSMEANS ( $P \leq 0.05$ ). None of the variables showed significant differences between the five treatments. The economic evaluation was based on partial budget. It was concluded that there were no significant differences in survival yields. However, with the data collected in this experiment, it was obtained that the treatment with 100% artemia had higher profits due to the survivals values obtained. These profits can vary in other repetitions, so it is recommended to perform the experiment more times in order to observe differences in profits between each diet.

**Key words:** Copepods, costs, larvae, survival.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros y Figuras .....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>33</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>34</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>35</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Cantidades de artemia y copéodos en las dietas.....	5
2. Programa de alimentación de la primera dieta (100% Artemia) en LARVIPAC, agosto del 2017.....	7
3. Programa de alimentación de la segunda dieta (Artemia 75% & Copéodos 25%) en LARVIPAC, agosto del 2017. ....	8
4. Programa de alimentación de la tercera dieta (Artemia 75% & Copéodos 25%) en LARVIPAC, agosto del 2017. ....	9
5. Programa de alimentación de la cuarta dieta (Artemia 25% & Copéodos 75%) en LARVIPAC, agosto del 2017.....	10
6. Programa de alimentación de la quinta dieta (100% Copéodos) en LARVIPAC, agosto del 2017.....	11
7. Distribución de dietas en cada tanque en LARVIPAC, agosto del 2017. ....	12
8. Fecha de siembra inicial de nauplios (N-5) en cada tanque en LARVIPAC, agosto del 2017.....	14
9. Uniformización y traslado de larvas en estadio Zoea 2 de los tanques vaciados a los primeros tanques sembrados en LARVIPAC, agosto del 2017.....	15
10. Segunda siembra de nauplios (N-5) en los tanques vaciados después de la uniformización en LARVIPAC, agosto del 2017.....	15
11. Parámetros de calidad de agua óptimos para el desarrollo larval.....	16
12. Porcentaje de sobrevivencia final de larvas por cada tratamiento en LARVIPAC, septiembre del 2017.....	24
13. Promedio de cantidad de larvas necesarias para pesar un gramo por cada tratamiento en LARVIPAC, septiembre del 2017.....	25
14. Porcentaje de sobrevivencia en prueba de estrés en larvas por cada tratamiento en LARVIPAC, septiembre del 2017.....	26
15. Precios de insumos de la empresa LARVIPAC, septiembre del 2017.....	26
16. Cantidades de insumos usados durante los 20 días del experimento en LARVIPAC (N5- PL 12), septiembre del 2017. ....	27
17. Densidades de siembra inicial y rendimiento final promedio de los tratamientos del experimento en LARVIPAC, septiembre del 2017. ....	27
18. Desglose de beneficios brutos anuales de las dietas de larva de camarón <i>P. vannamei</i> en LARVIPAC, septiembre del 2017. ....	28
19. Desglose de los costos que varían anuales (USD/22m <sup>3</sup> ) para las dietas de larva de camarón <i>P. vannamei</i> , LARVIPAC, septiembre del 2017. ....	28
20. Beneficios netos anuales (USD/22m <sup>3</sup> ) para las distintas dietas de larva de camarón <i>P. vannamei</i> , LARVIPAC, septiembre del 2017.....	29

21. Tasa de retorno marginal y sus componentes (USD/22m <sup>3</sup> ) para las distintas dietas de larva de camarón <i>P. vannamei</i> , LARVIPAC, septiembre del 2017. ....	30
22. Residuos del presupuesto parcial (USD/22m <sup>3</sup> ) para las distintas dietas de larva de camarón <i>P. vannamei</i> , LARVIPAC, septiembre del 2017. ....	31

Figuras	Página
1. Relación de los beneficios netos con los costos que varían para las distintas dietas de larva de camarón <i>P. vannamei</i> (USD/22m <sup>3</sup> ), LARVIPAC, septiembre del 2017. ....	31

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del camarón es el mayor referente en cuanto a la producción acuícola de Latinoamérica. Ninguna actividad económica en el área de la acuicultura, como lo es la camaronicultura, ha tenido un rápido desarrollo en los últimos años (Marroquín *et al.* 2012). El continente asiático ha tenido un alto crecimiento en su producción acuícola debido a sus avances tecnológicos en los últimos años, tales como los sistemas superintensivos de biofloc o sistemas de recirculación acuícola; esto los ha vuelto más eficientes y al mismo tiempo han reducido costos de producción (FAO 2007). Entre los rubros más importantes del continente asiático se encuentra el camarón blanco (*Penaeus vannamei*), por lo que se espera que la competencia incentive a la industria camaronera latinoamericana a desarrollar métodos de producción más innovadores, reduciendo los costos y generando una mayor rentabilidad a los acuicultores (Tahim *et al.* 2014). A largo plazo esta podría ser una variante determinante para competir contra las grandes potencias de este cultivo a nivel mundial, debido a que la alimentación es uno de los mayores gastos en esta área (FAO 2016).

Los altos costos de alimentación en el sector camaronero (larvicultura) representan los principales factores que influyen en la competitividad y productividad de una camaronera. De los alimentos más usados en la larvicultura del camarón se encuentra la *Artemia spp.* debido a su gran contenido nutricional. Este alimento se ha usado desde los años 1930s (Sorgeloos *et al.* 2017). Sánchez (2001) reportó los precios de importación de artemia desde los Estados Unidos de América oscilaban entre los USD 35 y USD 45 para los años 2000. No obstante, cabe destacar que este producto tiene un constante aumento en sus precios. Actualmente este precio se ha elevado a aproximadamente USD 100 por kilo. Esto ha llevado a los productores a buscar alternativas de alimentación en los larvarios para reducir los costos de producción.

Encontrar un sustituto económicamente más accesible que no altere la calidad final de la post-larva es necesario para competir con los productores asiáticos. Las alternativas en cuanto a las dietas ofrecidas deben tomar en consideración el factor nutritivo y económico. Estas diferentes opciones no deben causar un cambio significativo en la sobrevivencia, el desarrollo del sistema digestivo de las larvas y su resistencia a una prueba de estrés. Estudios previos se han realizado en cuanto al uso de crustáceos alternativos a la artemia, que cuenten con una mayor disponibilidad y precios que permitan el desarrollo económico de los laboratorios con el fin de impulsar a la industria con nuevas opciones para el acuicultor. El impacto económico proveniente del uso de la artemia se ha vuelto dependiente para los productores. Ellos siguen usando este crustáceo sin importar su elevado costo, dada su efectividad durante los primeros estadios larvarios del camarón (Puello *et al.* 2008).

Las publicaciones sobre reemplazo de dietas en el cultivo del camarón no se han enfocado en el análisis económico, en otras palabras, no muestran los costos específicos incurridos en cada dieta ni los beneficios que esta genera. Generar estos datos sería de utilidad para los productores actualmente establecidos en el mercado y a inversionistas que estén interesados en ingresar a la industria de larvicultura, considerando el costo-beneficio de cada una de las dietas provistas, para determinar la mejor decisión.

Este proyecto tiene como propósito encontrar un reemplazo en las dietas de la larvicultura de camarón, que sea más rentable, en comparación con la *Artemia spp.* La competitividad de las medianas y grandes empresas depende de su capacidad de reducir sus costos sin alterar la calidad y sobrevivencia final de la post-larva. Un mayor margen de utilidades en la industria podría incentivar a mejores inversiones en infraestructura y expandir su frontera de producción de manera eficiente, volviéndose un negocio atractivo para nuevos inversionistas.

Este estudio aplica para los productores que quieran implementar una nueva dieta como alternativa a la artemia tradicionalmente usada en la industria; para ello deben contar con la mano de obra calificada para manejar el nuevo crustáceo. Además, deben contar con una infraestructura que permita desarrollar las larvas de manera óptima. Para esto se tienen que mantener parámetros de calidad de agua constantes (i.e. pH, salinidad, dióxido de nitrógeno, amonio, oxígeno disuelto, temperatura, turbidez, dureza, alcalinidad y salinidad), de igual manera, contar con un sistema de adaptación que permita controlar los factores ambientales dentro del sistema de producción. La información generada en esta investigación podrá aumentar las opciones alimenticias que los camaronicultores pueden ofrecer a sus larvas durante el ciclo productivo.

El objetivo general del estudio es evaluar económicamente el reemplazo del alimento tradicional (*Artemia spp.*) por copépodos en la larvicultura del camarón blanco. Los objetivos específicos del estudio son:

- Determinar el rendimiento de nauplios a larvas de camarón según la dieta ofrecida.
- Caracterizar el ciclo de larvas anuales para cada dieta aplicada.
- Determinar los costos que varían entre cada una de las dietas.
- Determinar los beneficios netos al usar las distintas dietas ofrecidas.
- Analizar la tasa de retorno marginal y valores del análisis de residuos para elegir la dieta óptima.

## 2. METODOLOGÍA

El experimento se realizó en la empresa Larvicultura del Pacífico, S.A (LARVIPAC), ubicada en Amapala, departamento de Valle, Honduras. Esta zona registra una temperatura promedio de 28 °C y una altura de 44 msnm. LARVIPAC es una empresa con integración vertical la cual provee de larvas a sus fincas de engorde de camarón. Actualmente su producción de larvas está destinada en un 60% a sus propias fincas de engorde y un 40% para fincas de engorde pertenecientes a otras empresas. La sala donde se desarrolló el experimento cuenta 20 tanques rectangulares con 8.87 m de largo, 2 m de ancho y 1.43 m de altura.

En la empresa LARVIPAC se establecieron condiciones controladas en cuanto a temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH de agua con el fin de tener menos sesgos en el desarrollo de las larvas. Con las dimensiones mencionadas previamente, cada estanque tiene una capacidad máxima de 25.3682 m<sup>3</sup>, lo cual equivale a 25,368.2 L. Estos tanques están marcados por dentro desde 6 Tm (6,000 L) hasta 24 Tm (24,000 L). El máximo nivel de operación es de 22 Tm porque se deja un umbral de acción por si en algún caso algún trabajador olvida cerrar una válvula de llenado de agua. También, por si ocurre algún movimiento telúrico exista espacio para que el agua no se rebalse del estanque. Cada estanque tenía un sistema de aireación en la base del mismo. Esta aireación fue necesaria para mantener niveles óptimos de oxígeno disuelto en el agua de cada tanque.

Este sistema era abastecido por un soplador de 5 hp (Baldor Reliancer Industrial Motor). Cada soplador tenía la capacidad de proporcionar aire a cinco estanques. Por lo tanto, cada estanque requería 1 hp. De esta manera, solo fue necesario utilizar cuatro sopladores para suplir toda la sala. El sistema de aireación estaba conectado entre sí con tubos de PVC (policloruro de vinilo). Este sistema cuenta con una tubería principal de cuatro pulgadas el cual se divide en una tubería distribuidora de tres pulgadas. Después se divide en otros distribuidores con tubos de 3/4". La última división era la red de distribuidores en la base del tanque, los cuales eran tubos de media pulgada. Los orificios de donde salía el aire eran de 1/16".

La investigación realizada se dividió en dos partes, la técnica y la económica. En este estudio se realizó un ciclo completo de la etapa larvaria del camarón. Esto va desde el estadio N5 (nauplio 5) hasta PL-12 (post-larva 12). Una vez realizada la cosecha, se determinó el tiempo promedio del ciclo productivo para establecer los ciclos realizables por el periodo de un año. Para evaluar la sección económica se utilizó el método del presupuesto parcial, donde se identificaron los costos que varían junto con los beneficios netos obtenidos de las distintas dietas. Además, un análisis marginal y de residuos permitió establecer cuál es el tratamiento que generará un mayor margen de ganancia al acuicultor

### **Análisis técnico.**

Para evaluar la etapa productiva se analizaron tres variables productivas en las larvas de camarón. Las variables tomadas fueron: sobrevivencia (producción final), cantidad de larvas por un gramo y una prueba de estrés (porcentaje de sobrevivencia). La variable de sobrevivencia se midió mediante el conteo de larvas al final del ciclo productivo, partiendo de la densidad inicial de 3.76 millones de larvas. Este valor se incluyó en la fórmula 1:

$$\% \text{ Sobrevivencia: } \frac{\# \text{ de larvas en conteo final}}{\# \text{ de larvas sembradas}} \times 100 \quad [1]$$

Para la evaluar la variable de prueba de estrés se colectaron 100 larvas provenientes de tanques con una salinidad aproximada de 21 partes por mil (ppt). Estas fueron trasladadas a un recipiente con agua dulce por 15 minutos. Después, las larvas se trasladaron nuevamente a su agua de origen por otros 15 minutos. Seguido, se hizo un conteo del número de larvas que sobrevivieron al estrés para obtener el porcentaje de sobrevivencia usando la misma fórmula usada en la variable de sobrevivencia (Ecuación 1). Finalmente, para tomar los datos de la variable de larvas en un gramo se usó una balanza (Scout™ Pro OHAUS®).

Las condiciones del experimento fueron planificadas de antemano para su ejecución en la empresa LARVIPAC, en la cual el estudio se adaptó a sus instalaciones. Los tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente dentro de cada bloque en una sala aclimatada para contar con las condiciones ideales para las larvas de camarón. El manejo a lo largo del ciclo se llevó a cabo por una serie de protocolos de buenas prácticas acuícolas, controlando diariamente la calidad del agua y examinando las larvas de los tratamientos. La alimentación fue el enfoque principal de la investigación, donde se mantuvieron los ingredientes base usados por la empresa. Lo único que se modificó fueron las proporciones de artemia y copépodos en cada una de las cinco dietas ofrecidas.

**Tratamientos.** La evaluación consta de cinco distintos tipos de tratamientos. En cada tratamiento cambia la cantidad de copépodos y artemia ofrecida durante todo el ciclo. Las cantidades de estos dos alimentos fueron modificados a partir de la cantidad base que usaba la empresa por tanque por ciclo. Estas cantidades bases eran de 2.1 kg de artemia y 8.18 kg de copépodos. A partir de aquí solo se multiplicaba por el porcentaje a ofrecer para obtener la cantidad del alimento a darse en gramos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidades de artemia y copépodos en las dietas.

Tratamiento	Componentes (g)	
	Artemia	Copépodos
100% ART- 0% COP	2,100	0
75% ART- 25% COP	1,575	2,025
50% ART- 50% COP	1,050	4,050
25% ART- 75% COP	525	6,075
0% ART- 100% COP	0	8,100

ART-Artemia

COP-Copépodos

Los estadios larvales que recibieron las dietas ofrecidas fueron: Mysis 1, Mysis 2, Mysis 3, PL-1, PL-2, PL-3, PL-4, PL-5, PL-6, y PL-7. A continuación se describen las dietas ofrecidas:

**Control / Artemia %100.** Es el tratamiento testigo, puesto que tradicionalmente se usa este microorganismo en los laboratorios para la producción de larvas debido al contenido nutricional que este aporta. Además, el objetivo del estudio es comparar diferentes dietas que puedan reemplazar el uso de la *Artemia spp.* En esta dieta solamente se usó artemia y otros ingredientes base pero no copépodos (Cuadro 2).

**Artemia 75%.** El 25% de la cantidad de artemia utilizada en la dieta control fue retirada por copépodos. De esta manera la dieta quedó con una composición de 75% de artemia y 25% de copépodos (Cuadro 3). Se plantea utilizar copépodos como base de prueba de suplementación de zooplancton. Este zooplancton se provee comúnmente en las fases iniciales del camarón, o fase larval, y en raramente en de la fase de engorde (Martínez et al. 2010).

**Artemia 50%.** El 50% de la cantidad de artemia utilizada en la dieta control fue retirada por copépodos. Con este cambio esta dieta contenía 50% de Artemia y 50% de copépodos (Cuadro 4).

**Artemia 25%.** El 75% de la cantidad de artemia utilizada en la dieta control fue retirada por copépodos. Con este cambio esta dieta contenía 25% de Artemia y 75% de copépodos (Cuadro 5).

**Artemia 0%.** El 100% de la cantidad de artemia utilizada en la dieta control fue retirada por copépodos; para compensar la alimentación en los primeros estadios de la larva se agregaron a la dieta 90 ml adicionales de las dietas líquidas LQMPL y LHF-2. Esta fue la única dieta en la cual se modificaron ingredientes base. Este cambio efectuado fue mínimo y de carácter obligatorio (Cuadro 6).

Las dietas de cada tratamiento comparten las mismas condiciones con excepción de la cantidad de artemia y copépodos que estas presentan. Cada una de las dietas contaba con

otros ingredientes base para suplir todos los requerimientos de las larvas (Anexo 1). El tratamiento cinco de 0% artemia fue complementado con una mayor cantidad de suplementos líquidos para compensar la ausencia de artemia y copépodos en los estadios Mysis 1, 2 y 3.

Cuadro 2. Programa de alimentación de la primera dieta (100% Artemia) en LARVIPAC, agosto del 2017.

Día de cultivo	Estadio larval	Ingredientes											Flake Brine Shrimp (g)		
		LQ Z/M (ml)	LHF-1 (ml)	LQ M/PL (ml)	LHF-2 (ml)	LQ PL (ml)	LHF-3 (ml)	Artemia Sep-Art (g)	Copépodos 500-850 (g)	Artemia 300-500 (g)					
1	N-5														
2	Z-1		140												
3	Z-2	70	70												
4	Z-3	70	70												
5	M-1			70	70							180			
6	M-2			70	70							180			300
7	M-3			70	70							180			400
8	PL-1				80	80						200			400
9	PL-2				80	80						200			400
10	PL-3				80	80						210			400
11	PL-4				80	80						220			400
12	PL-5					100	100					230			400
13	PL-6					100	100					250			500
14	PL-7					100	100					250			500
15	PL-8					100	100						100		600
16	PL-9					100	100						100		600
17	PL-10					100	100						100		700
18	PL-11														700
19	PL-12														700
<b>Total</b>		140	280	210	530	920	600	2100	0	300	7000				

LQ-Liquid Hatchery Feed, Z-Zoea, M-Mysis, PL-Post-larva, N-Nauplio, L.LARVIPAC-Larvicultura del Pacífico, S.A.

Cuadro 3. Programa de alimentación de la segunda dieta (Artemia 75% & Copépodos 25%) en LARVIPAC, agosto del 2017.

Día de cultivo	Estadio larval	Ingredientes										Flake Brine Shrimp (g)			
		LQ Z/M (ml)	LHF-1 (ml)	LQ MPL (ml)	LHF-2 (ml)	LQ PL (ml)	LHF-3 (ml)	Artemia Sep-Art (g)	Copépodos 500-850 (g)	Artemia 300-500 (g)					
1	N-5														
2	Z-1		140												
3	Z-2	70	70												
4	Z-3	70	70												
5	M-1			70	70							210			
6	M-2			70	70							210			300
7	M-3			70	70							210			400
8	PL-1				80	80						120	240		400
9	PL-2				80	80						120	240		400
10	PL-3				80	80						130	290		400
11	PL-4				80	80						130	290		400
12	PL-5					100	100					140	320		400
13	PL-6					100	100					140	320		500
14	PL-7					100	100					165	325		500
15	PL-8					100	100							100	600
16	PL-9					100	100							100	600
17	PL-10					100	100							100	700
18	PL-11														700
19	PL-12														700
Total		140	280	210	530	920	600	1575	2025	300	7000				

LQ-Liquidlife, Z/M-Zoea-Mysis, LHF-Liquid Hatchery Feed, Z-Zoea, M-Mysis, PL-Post-larva, N-Nauplio, LARVIPAC-Larvicultura del Pacífico, S.A.

Cuadro 4. Programa de alimentación de la tercera dieta (Artemia 75% & Copépodos 25%) en LARVIPAC, agosto del 2017.

Dia de cultivo	Estadio larval	Ingredientes										Flake Brine Shrimp (g)		
		LQ Z/M (ml)	LHF-1 (ml)	LQ MPL (ml)	LHF-2 (ml)	LQ PL (ml)	LHF-3 (ml)	Artemia Sep-Art (g)	Copépodos 500-850 (g)	Artemia 300-500 (g)				
1	N-5													
2	Z-1		140											
3	Z-2	70	70											
4	Z-3	70	70											
5	M-1			70	70						210			
6	M-2			70	70						210			300
7	M-3			70	70						210			400
8	PL-1				80	80					50	570		400
9	PL-2				80	80					50	570		400
10	PL-3				80	80					50	570		400
11	PL-4				80	80					60	570		400
12	PL-5					100	100				70	580		400
13	PL-6					100	100				70	590		500
14	PL-7					100	100				70	600		500
15	PL-8					100	100						100	600
16	PL-9					100	100						100	600
17	PL-10					100	100						100	700
18	PL-11													700
19	PL-12													700
Total		140	280	210	530	920	600	1050	4050	300				7000

LQ-Liquidlife, ZM-Zoea-Mysis, LHF-Liquid Hatchery Feed, Z-Zoea, M-Mysis, PL-Post-larva, N-Nauplio, LARVIPAC-Larvicultura del Pacifico, S.A.

Cuadro 5. Programa de alimentación de la cuarta dieta (Artemia 25% & Copépodos 75%) en LARVIPAC, agosto del 2017.

Dia de cultivo	Estadio larval	Ingredientes																			
		LQ Z/M (ml)	LHF-1 (ml)	LQ MPL (ml)	LHF-2 (ml)	LQ PL (ml)	LHF-3 (ml)	Artemia Sep-Art (g)	Copépodos 500-850 (g)	Artemia 300-500 (g)	Flake Brine Shrimp (g)										
1	N-5																				
2	Z-1	140																			
3	Z-2	70	70																		
4	Z-3	70																			
5	M-1			70	70						170										300
6	M-2			70	70						170										400
7	M-3			70	70						185										400
8	PL-1				80	80						675									400
9	PL-2				80	80						800									400
10	PL-3				80	80						800									400
11	PL-4				80	80						900									400
12	PL-5					100	100					900									400
13	PL-6					100	100					1000									500
14	PL-7					100	100					1000									500
15	PL-8					100	100							100							600
16	PL-9					100	100							100							600
17	PL-10					100	100							100							700
18	PL-11					100	100							100							700
19	PL-12																				700
Total		140	280	210	530	920	600	525	6075	300	7000										

LQ-Liquidlife, Z/M- Zoea-Mysis, LHF-Liquid Hatchery Feed, Z-Zoea, M-Mysis, PL-Post-larva, N-Nauplio, LARVIPAC- Larvicultura del Pacifico, S.A.

Cuadro 6. Programa de alimentación de la quinta dieta (100% Copépodos) en LARVIPAC, agosto del 2017.

Día de cultivo	Estadio larval	Ingredientes										Flake Brine Shrimp (g)			
		LQ Z/M (ml)	LHF-1 (ml)	LQ MPL (ml)	LHF-2 (ml)	LQ PL (ml)	LHF-3 (ml)	Artemia Sep-Art (g)	Copépodos 500-850 (g)	Artemia 300-500 (g)					
1	N-5														
2	Z-1		140												
3	Z-2	70	70												
4	Z-3	70	70												
5	M-1			100	100										
6	M-2			100	100										300
7	M-3			100	100										400
8	PL-1				80	80						950			400
9	PL-2				80	80						950			400
10	PL-3				80	80						1050			400
11	PL-4				80	80						1150			400
12	PL-5					100	100					1250			400
13	PL-6					100	100					1350			500
14	PL-7					100	100					1400			500
15	PL-8					100	100						100		600
16	PL-9					100	100						100		600
17	PL-10					100	100						100		700
18	PL-11														700
19	PL-12														700
Total		140	280	300	620	920	600	0	8100	300	7000				

LQ-Liquid, Z/M- Zoea-Mysis, LHF-Liquid Hatchery Feed, Z-Zoea, M-Mysis, PL-Post-larva, N-Nauplio, LARVIPAC-Larvicultura del Pacífico, S.A.

Cada tratamiento fue asignado aleatoriamente en los distintos tanques presentes en la sala (Cuadro 7). La sala fue dividida en cuatro bloques, cada uno de los bloques contenía los cinco tratamientos. Los tanques asignados tenían una numeración desde el número 49 hasta 68. El estudio se llevó a cabo durante toda la etapa larvaria del camarón hasta llegar a PL-12. Pero específicamente las dietas a evaluadas fueron desde el estadio Mysis 1 hasta PL-7. Esto comprendió un lapso de 10 días. Sin embargo, siempre se dejó la dieta protocolo usada por el laboratorio. Lo único que se cambio fue la proporción de artemia y copéodos durante estos estadios.

Cuadro 7. Distribución de dietas en cada tanque en LARVIPAC, agosto del 2017.

# Tanque	Repetición	Tratamiento
49	R-1	75% ART – 25% COP
50	R-1	50% ART – 50% COP
51	R-1	100% ART – 0% COP
52	R-1	0% ART – 100% COP
53	R-1	25% ART – 75% COP
54	R-2	100% ART – 0% COP
55	R-2	75% ART – 25% COP
56	R-2	25% ART – 75% COP
57	R-2	0% ART – 100% COP
58	R-2	50% ART – 50% COP
59	R-3	0% ART – 100% COP
60	R-3	25% ART – 75% COP
61	R-3	100% ART – 0% COP
62	R-3	50% ART – 50% COP
63	R-3	75% ART – 25% COP
64	R-4	100% ART – 0% COP
65	R-4	0% ART – 100% COP
66	R-4	50% ART – 50% COP
67	R-4	25% ART – 75% COP
68	R-4	75% ART – 25% COP

R-Repetición

T-Tratamiento

C-Control

**Manejo.** Para llevar a cabo el ciclo larvario en la sala asignada se llevaron a cabo varias actividades. Todas estas contribuyeron a un buen desarrollo del ciclo. Todas las tareas realizadas estaban sujetas a protocolos previamente establecidos por le empresa, entre los cuales destacan: protocolo de limpieza / preparación de salas, protocolo de recepción y

siembra de nauplios, protocolos para mantener calidad de agua, y protocolos de alimentación.

**Protocolo de limpieza y preparación de salas.** Los 20 estanques fueron lavados y enjuagados con agua y escobas el día anterior a la siembra de los nauplios. Al finalizar el lavado se prosiguió a cubrir los estanques con plástico. Una vez cubiertos los estanques se llenaron con una cantidad de 10,000 L de agua. El plástico cumplió la función de uniformizar y mantener el agua a una temperatura entre 31 °C y 32 °C con el fin de ser óptima para la recepción de nauplios.

**Protocolo de recepción y siembra de nauplios.** Al momento de la recepción de nauplios se prepararon cubetas con una cantidad determinada de agua. Además, estas cubetas tenían colocados aireadores para mantener un adecuado nivel de oxígeno en el agua. De esta manera se provee suficiente oxígeno disuelto en el agua mientras los nauplios se trasladaban a tanques de siembra. Estos tanques tenían una capacidad máxima de 500 L. El siguiente paso fue el recibo de nauplios en estadio N5 (nauplio 5) de la especie *Penaeus vannamei* provenientes del área de maduración de la misma empresa LARVIPAC.

Los nauplios fueron distribuidos en las cubetas llenas de agua. Posteriormente, se hizo un conteo de nauplios presentes en cada cubeta mediante el uso de pipetas de 1 ml. Primero, se mezclaba el agua dentro de las cubetas para homogenizar la distribución de nauplios. Segundo, se introdujo la pipeta en la cubeta. Después, se llevó el llenado de la pipeta hasta 1 ml exacto. Al tener la muestra de 1 ml se prosiguió al conteo de nauplios observados en la pipeta. Se realizaron diez conteos en cada tanque, de los cuales se eliminaban dos conteos (el valor extremo mínimo y máximo). Al tener la cantidad de los animales presentes en un mililitro, se realizaba el cálculo para saber cuántos había por litro.

La cantidad de nauplios sembrados en cada tanque fue de 3.76 millones por cada estanque de 10,000 L. Cabe destacar que se iban adicionando 2,000 L. de agua con algas hasta llegar a un nivel de 22,000 L. en cada tanque. Para realizar el traslado desde las cubetas a los estanques, primero se pasaron a unas cubetas con mallas de cien micras. Estas con el fin de filtrar la cantidad de litros necesarios para obtener el número exacto de nauplios sin necesidad de trasladar grandes cantidades de agua. Dos días después de la siembra se hizo una revisión de la calidad de larvas presentes en cada tanque por medio de microscopio. Se determinó que el total de larvas deformes superaba el 20%. Cuando el porcentaje de larvas deformes (malformación en el cuerpo y necrosis en la cola) supera el 20%, el gerente de producción decide uniformizar porque la mortalidad de ese lote será muy alta. La uniformización consiste en cosechar las larvas de un tanque y pasarlas a otros, para compensar la cantidad de larvas que van a morir debido a las deformidades. Para esto, se vaciaron los tanques del número 55 al 61 (Cuadro 8.)

Cuadro 8. Fecha de siembra inicial de nauplios (N-5) en cada tanque en LARVIPAC, agosto del 2017.

# Tanque	Fecha de siembra inicial
49*	15/8/2017
50*	15/8/2017
51*	15/8/2017
52*	15/8/2017
53*	15/8/2017
54*	15/8/2017
55**	15/8/2017
56**	15/8/2017
57**	15/8/2017
58**	15/8/2017
59**	15/8/2017
60**	15/8/2017
61**	15/8/2017
62	16/8/2017
63	16/8/2017
64	16/8/2017
65	16/8/2017
66	16/8/2017
67	16/8/2017
68	16/8/2017

\*-Tanques uniformizados

\*\*-Tanques vaciados

La uniformización consistió en vaciar los tanques seleccionados y cosechar sus larvas presentes. Para recolectar las larvas primero se vaciaron los tanques hasta seis toneladas de agua. Al momento de vaciar el tanque se colocó un tubo con mallas de 200 micras en el hoyo de desagüe para no dejar escapar las larvas y solo permitir el paso del agua. Después, se vaciaba el agua por la tubería principal sin usar el tubo de malla. Las larvas se colectaron en la salida del desagüe mediante una canasta que tenían mallas de 200 micras. Las larvas colectadas de los tanques vaciados se redistribuyeron en los tanques del 49 hasta el 54 (Cuadro 9). Los tanques vaciados fueron sembrados nuevamente unos días después, con el fin de contar con larvas en todos los tanques. Para esto se repitieron los protocolos de limpieza, conteo y siembra de nauplios.

Cuadro 9. Uniformización y traslado de larvas en estadio Zoea 2 de los tanques vaciados a los primeros tanques sembrados en LARVIPAC, agosto del 2017.

# Tanque	Fecha de uniformización	Origen de Zoea-2 (# tanque)
49	17/8/2017	55
50	17/8/2017	56
51	17/8/2017	57
52	17/8/2017	58
53	17/8/2017	59
54	17/8/2017	60

Debido a la uniformización quedaron siete tanques vacíos. Entonces se procedió a hacer una segunda siembra con el fin de utilizar todos los tanques presentes en la sala (Cuadro 10). Esta segunda siembra tuvo dos distintas fechas debido a logísticas de la empresa.

Cuadro 10. Segunda siembra de nauplios (N-5) en los tanques vaciados después de la uniformización en LARVIPAC, agosto del 2017.

# Tanque	Fecha de siembra
55	17/8/2017
56	18/8/2017
57	18/8/2017
58	18/8/2017
59	18/8/2017
60	18/8/2017
61	18/8/2017

Diariamente se hizo una aplicación de 1 ml de Treflan en cada tanque, el cual tiene la función de prevenir el crecimiento de hongos. Este producto se aplicó una vez en la mañana y otra vez en la tarde en una sola dosis de 0.5 ml cada una desde el estadio nauplio cinco hasta zoea tres. Debido a estas dosis se ocupaban 3 ml de Treflan por tanque por día, para un total de 60 ml para los 20 tanques. También, se hizo una aplicación diaria de 5 g de Epicin-G2 durante todo el ciclo larvario. Este probiótico se aplicaba en dos dosis. Una por la mañana a las 11:00 am y otra la tarde a las 4:00 pm. Adicionalmente, se aplicaron 1,500 g de EDTA y 4000 g de bicarbonato de sodio a los reservorios de agua con el fin de controlar los metales pesados presentes en el agua y mantener la alcalinidad, respectivamente. Con esta agua se llenan los tanques en las distintas salas presentes en la empresa (incluyendo los tanques de producción masiva de algas).

**Parámetros de calidad de agua.** Mantener una buena calidad de agua durante todo el proceso es vital para garantizar un buen desarrollo de la larva de camarón. El agua aplicada a los tanques durante todo el proceso se obtuvo de agua de mar. Esta recibía un tratamiento el cual empezaba con un proceso de ozonización. Después, el agua pasaba por tres filtros de arena y dos de carbón activado. Una vez filtrada por el carbón activado, pasaba por tres filtros de cartuchos de seda. Finalmente, el agua pasaba por un tratamiento de rayos ultra violeta. Diariamente se tomaron muestras de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en el agua de los estanques.

Estas tomas fueron hechas cada hora todos los días. Todos estos datos se obtuvieron con el uso de un aparato llamado oxigenómetro (Pro 2030 YSI Professional Series) el cual mide la salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en el agua. Este aparato se sumergió en tres estanques al azar para obtener los parámetros. Cada vez que subía la temperatura del agua durante el día por arriba de los 32 °C se abrían las cortinas laterales de la sala, se encendía un extractor de aire y se removía el plástico transparente que cubría por encima a los tanques. En la noche se cerraban las cortinas y se cubrían los tanques con plástico para mantener la temperatura. Además de revisar estos parámetros, todos los días por la mañana se realizó un conteo de células de algas presentes en cada tanque, el proceso se realizó de la siguiente manera:

1. Para realizar este conteo se tomaba una muestra de agua de cada tanque.
2. Con una pipeta desechable se colocaba una gota de agua de un estanque en una cámara Neubauer de la marca BOECO Germany.
3. Se colocaba un cubreobjetos encima de la gota aplicada.
4. Se colocaba la cámara en un microscopio (LEICA).
5. Se realizaba el conteo en los cuatro cuadrantes de las esquinas de la cámara con el lente objetivo de 40x. Se sumaban las células encontradas en los cuatro cuadrantes. Después, se multiplicaba esta suma por el factor de conversión 2,500. Con esta multiplicación se obtenía la cantidad de células presentes por cada mililitro. Cuando existía una sobrepoblación en cada cuadrante, solamente se contaba uno y este resultado se multiplicaba por 4 y después por 2,500 para obtener el resultado final.

A continuación, se presenta un cuadro con los parámetros de calidad de agua ideales que se mantuvieron durante todo el ciclo de producción (Cuadro 11.).

Cuadro 11. Parámetros de calidad de agua óptimos para el desarrollo larval.

Oxígeno	Temperatura	Salinidad
≥3ppm	31°C-32°C	22ppm-25ppm

**Parámetros de calidad de larva.** Todos los días en la mañana se observaron las larvas mediante una visualización en microscopio (LEICA) con el fin de llevar un control de las

siguientes variables: estadio, actividad, limpieza, alimento, necrosis, canibalismo, desarrollo branquial, sistemas digestivos vacíos, deformidades y porcentaje de larvas activas. Para coleccionar las larvas a ser visualizadas se llevaban a cabo estos pasos:

1. Se pasaba agua de determinado tanque por un filtro con una malla de 100 micras con el objetivo de capturar las larvas en la maya.
2. Se colocaba una muestra de un tanque en una lámina portaobjetos.
3. Las larvas capturadas con el filtro se colocaban en la muestra de agua de la lámina con el fin de tener una mayor cantidad de larvas.
4. Se ponía un cubreobjetos por encima de la muestra de agua.
5. Se proseguía a visualizar las larvas en el microscopio con lente objetivo de 4x.

### **Alimentación.**

La alimentación fue el elemento de mayor interés para este estudio. El protocolo de alimentación conto con varias secciones. Una de las secciones al inicio del estudio fue proporcionar cultivo de algas a las larvas. Estas son de vital importancia durante los primeros estadios debido a que durante los primeros días la larva solo se alimenta de fitoplancton. A medida iba creciendo la larva se proporcionada lo que son alimentos sólidos como lo son la artemia y copépodos.

**Alimentación con algas.** Una vez establecidos los nauplios en los estanques, se realizó una aplicación de algas para su alimentación, las cuales fueron *Thalassiosira weissflogii* y *Chaetoceros muelleri*. Una tonelada métrica de cada alga fue aplicada, para llegar un total de dos toneladas métricas (1,000 L) aplicadas en cada tanque. El conteo mínimo de algas por estanque es de 150,000 células/ml. Esto se obtiene de la mezcla entre los dos tipos de algas las cuales contienen aproximadamente 180,000 células/ml y 800,000 células/ml, respectivamente.

Esta solución de algas se maneja a una concentración de 25 ppt (partes por mil) con el fin de ir reduciendo eventualmente la salinidad de los tanques en los primeros días; la cual es de aproximadamente 29 ppt al inicio de la siembra de nauplios. Estas dos toneladas métricas diarias de algas se aplicaron hasta el estadio M-2, donde la adicción de algas concentradas va aumentando el nivel del agua en los tanques de larvas, hasta llegar a los 22 metros cúbicos. El objetivo de proporcionar algas durante los primeros estadios larvarios fue para suplir los requerimientos nutricionales de las larvas. Estas microalgas son una fuente de proteína, azúcares, ácidos grasos poli-insaturados, riboflavina y ácido ascórbico (Ordoñez 2017).

**Alimentación con artemia y su eclosión.** Actualmente en LARVIPAC están utilizando un tipo de artemia llamada “Artemia Separt”. Esta cuenta con una tecnología de cosechadores SepArt (INVE Aquaculture Separator) la cual logra remover la cascara del huevo mediante el uso de imanes. Al momento de comprar la artemia la compañía provee los tubos cosechadores de artemia. Estos contienen un juego de imanes en su interior. Para tener lista la artemia el día que se alimentaban las larvas se realizaba la siembra (proceso de eclosión) de la artemia 24 horas antes.

Primero, se hacía una desinfección de las cubetas receptoras. Estos se enjuagaban con agua y cloro al 12%. Posteriormente se llenaban las cubetas con 350 L de agua. Siguiendo, se hacía la siembra de 1.36 kg de artemia en cada tanque. También se colocaban tres aireadores por cada tanque. Al día siguiente se trasladaba la artemia con agua a los tubos cosechadores. Al final del tubo se recolectaba la artemia viva. Después, seguía el proceso para matar a la artemia por medio de agua en punto de ebullición y se dejaba en ella diez minutos. Finalmente, la artemia era depositada en los tanques de la sala por medio de cubiletes (beakers) de 1,000 ml.

**Alimentación con copépodos.** Los copépodos utilizados estaban en empaques sellados al vacío, congelados. Para poder ofrecerlos a las larvas estos tenían que ser descongelados. Esto se hacía con el uso de agua a una temperatura de 30 °C.

### **Dietas.**

Las dietas utilizadas en este experimento fueron adaptadas a los protocolos de alimentación actualmente empleados en LARVIPAC. Las dietas de cada tratamiento comparten las mismas condiciones con excepción de la cantidad de artemia y copépodos que estas presentan; el tratamiento cinco de 0% artemia fue complementado con una mayor cantidad de suplementos líquidos para compensar la ausencia de artemia y copépodos en los estadios Mysis 1, 2 y 3. Las dietas elaboradas para cada tratamiento fueron hechas a base de datos históricos. La cantidad de copépodos y artemia utilizados se basaron en una producción esperada de dos millones de larvas cosechadas de las 3.76 millones sembradas. La cantidad estimada de copépodos a usar en un 100% fue de 8.1 kg por tanque por todo el ciclo. En cuanto a la artemia, la cantidad estimada a usar en un 100% fue de 2.1 kg por tanque por todo el ciclo. Con estas cantidades después solo se multiplicaba por el porcentaje a utilizar en cada dieta (25, 50, o 75%).

### **Evaluación económica.**

Las cinco dietas para larvas de camarón *Penaeus vannamei* fueron evaluadas por medio de un presupuesto parcial diseñado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). “Este permite analizar resultados de ensayos agronómicos en fincas y formular recomendaciones para el agricultor” (CIMMYT 1998). Se determinaron los beneficios netos y se compararon las tasas de retorno marginal en cada dieta con la tasa mínima aceptable establecida por el acuicultor. Además, se determinaron la tasa de retorno mínimo esperado y un análisis de residuos para definir cuál alternativa, entre las cinco dietas aplicadas, es la mejor para el productor.

El agricultor debe organizar los recursos disponibles y su conocimiento para optimizar los insumos, maximizando ganancias o minimizando costos; esto le permite alcanzar los objetivos establecidos en la finca. El presupuesto permite planificar los procesos de manera cuantitativa en un tiempo estimado, donde se evalúa la relación de insumos con la producción. Esto provee información en cuanto a la combinación más eficiente de insumos, productos alternativos, y repartición de los recursos. Existen tres tipos de presupuestos: presupuesto total, presupuesto de empresa y presupuesto parcial (Doye 2014).

El presupuesto parcial es una herramienta que ayuda al agricultor en la toma de decisiones. Esta se enfoca en el efecto que tiene un cambio en un presupuesto previamente establecido,

lo que incluye la adopción de nueva tecnología de producción, la contratación de nuevo personal, el alquiler de maquinaria en lugar de su compra, cambio en las prácticas de producción o mejoramiento en inversiones de capital. Estos son algunos casos donde se puede evaluar el impacto de los cambios en las ganancias y los gastos dentro del presupuesto previamente establecido (Harper *et al.* 2013).

**Presupuesto parcial.** El presupuesto parcial es una herramienta que puede facilitar la toma de decisiones al comparar los costos y beneficios de cada dieta con un análisis marginal entre tratamientos. Además, para ensayos agrícolas es el más adecuado para generar un diagnóstico preliminar que precede a la planificación del ensayo, su experimentación en campo y evaluación de los resultados para finalmente obtener las recomendaciones finales; “Este es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos” (CIMMYT 1998). Los elementos para establecer el presupuesto parcial fueron: beneficio bruto, costos que varían, beneficio neto, tasa de retorno marginal, la tasa mínima aceptable y un análisis de residuos.

**Beneficio neto.** El beneficio neto es el beneficio bruto de cada tratamiento (USD) obtenido por la venta de las larvas de camarón menos los costos totales que varían (Ecuación 2), los cuales en este estudio son: mano de obra, alimentación y suplementos. También, se realizó una gráfica para determinar la curva de beneficios netos.

$$\text{Beneficio neto} = \text{Beneficio bruto} - \text{Costos que varían} \quad [2]$$

**Beneficio bruto.** El beneficio bruto representa toda actividad que genera beneficios para el agricultor. Esta variable será obtenida por medio de la producción promedio de larvas de cada tratamiento (# de larvas/metro cúbico), por su precio en dólares americanos (USD). Adicionalmente, se calculó el número de ciclos realizables al año según tratamiento, para obtener los beneficios brutos anuales.

**Precio de mercado.** El mercado es el encargado de establecer los precios de la larva de camarón, en función de la oferta y la demanda. En algunos casos se puede acceder a un precio mayor en caso de tener certificaciones del laboratorio. En el mercado no certificado de venta de larvas no se distinguen calidades de larva por su peso ni tamaño, por lo que la venta de larvas está enfocada en la cantidad producida al final del ciclo productivo. Los productores generalmente dan un porcentaje adicional al comprador para compensar la mortalidad, sea de laboratorio o por transportación, la cual varía según productor. Sin embargo, el estándar es del 10% sobre la cantidad de larvas compradas. Se tomó el precio de venta de larva de Honduras para elaborar el presupuesto parcial, el cual es de USD 3,000 por cada millón de larvas (USD 3/millar).

La calidad de la larva es un factor determinante a la hora de establecer el prestigio de un laboratorio. En la empresa LARVIPAC se maneja un porcentaje de sobrevivencia constante, mostrando su compromiso con los compradores. Considerando el factor estándar de compensación, se estableció la siguiente fórmula para ajustar la producción según este porcentaje (Ecuación 3), y obtener un estimado más acertado de la venta de larvas:

$$\text{Producción ajustado} = Y * (1 - \%S) \quad [3]$$

Donde:

%S: Porcentaje estándar adicional

Y: Producción de larvas (en miles)

Los beneficios brutos nos indican la cantidad ajustada de larvas producidas por el acuicultor reflejada en dólares al final del año para cada tratamiento, en función del precio de mercado. Se utilizará la producción ajustada de larvas, el precio de mercado y el número de ciclos de producción para obtener los beneficios brutos anuales (Ecuación 4).

$$\text{Beneficios brutos anuales} = P * Y * n \quad [4]$$

Donde:

P: Precio (por millar)

Y: Producción de larvas (en miles) ajustada

n: número de ciclos anuales

**Costos que varían.** Los costos incurridos en la producción de larvas son tanto variables (nauplios, zooplancton, ácidos grasos, algas, medicamentos, suplementos alimenticios) como fijos (mantenimiento, infraestructura, sueldos). Para el fin de la investigación se determinaron tres factores a evaluar: Mano de obra, alimentación y suplementación adicional; siendo los costos de producción diferentes para cada tratamiento realizado en el experimento.

**Mano de obra.** El manejo a lo largo del proceso de producción de larvas es uno de los más importantes puesto que se requiere supervisión y mediciones de calidad las 24 horas del día. La mano de obra incluye el muestreo, medicación, siembra, cosecha, análisis de parámetros de agua y de larva. Se tomará únicamente el costo de mano de obra de cada tratamiento, reflejada en dólares (USD), dependiendo de la cantidad de días adicionales que la larva permanece en laboratorio después del punto de cosecha, este es el único costo que varía en la mano de obra.

Al final del estudio se determinó que la mano de obra no tuvo variación entre cada uno de los tratamientos. Esta variable se consideró como un costo que varía al inicio debido a que no se sabía si iba a ser diferente en cada tratamiento. Las cantidades de horas trabajadas para cada tratamiento fueron iguales durante todo el estudio.

El pago de cada empleado es de USD 358.68 al mes. Cada empleado trabaja 60 horas por semana. Este cuenta con dos días libres por semana, por lo cual la cantidad de días trabajados al mes son 22 (Ecuación 5).

$$\text{Sueldo diario} = \frac{\text{USD } 358.68}{22 \text{ días}} = \text{USD } 16.30 \quad [5]$$

Con el sueldo diario se pudo obtener el sueldo por hora, al ser dividido por la cantidad de horas diarias que deben cumplir los trabajadores, siendo un total de 12 horas por día. (Ecuación 6)

$$\text{Sueldo por hora} = \frac{\text{USD } 16.30}{12 \text{ h}} = \text{USD } 1.36 \quad [6]$$

Dependiendo de la necesidad adicional de mano de obra se podrá considerar el costo adicional, sean días adicionales u horas adicionales para los tratamientos; no serán considerados en caso de no haber diferencias entre los días a cosecha.

**Alimentación.** La alimentación cambia en su composición debido a las diferentes cantidades de artemia y/o copépodos que se proveyó a las larvas en cada tratamiento durante la fase de producción, incluyendo los costos de algas y dietas líquidas que puedan requerir los tratamientos; siendo estos reflejados en dólares americanos (USD/kg).

**Suplementación.** El tratamiento cinco requirió 90 ml adicionales de las dietas líquidas (LiquaLife y Epifeed Liquid Hatchery Feed) durante todo el estadio de la fase Mysis, lo cual se representó en dólares americanos por mililitro (USD/ml). El tamaño inicial de las larvas es inferior al del copépodo provisto, siendo necesario complementar los requerimientos nutricionales con dietas líquidas en su alimentación.

**Tasa de retorno marginal.** El acuicultor debe comparar el retorno del costo adicional entre los distintos tratamientos para tener un mejor criterio al momento de tomar una decisión. La tasa de retorno marginal se obtiene mediante el cambio en el beneficio neto (beneficio marginal) dividido entre el aumento en los costos que varían (costo marginal), debido al cambio de una dieta a otra (Ecuación 7). La tasa de retorno marginal es comparada con la tasa mínima aceptable que establece el acuicultor, si esta es mayor, significa que se está obteniendo un mayor retorno sobre el costo de cambiar a una dieta distinta.

$$\text{Tasa de retorno marginal} = \frac{\Delta \text{Beneficio Neto}}{\Delta \text{Costos que varían}} \times 100 \quad [7]$$

**Tasa de retorno mínima aceptable.** El acuicultor debe establecer una tasa mínima aceptable por la cual estaría dispuesto a cambiar su dieta actual por una diferente para las larvas de camarón, estableciendo un porcentaje mínimo entre 50% y 100%. Según el CIMMYT, la tasa de retorno marginal debe ser mayor a esa tasa establecida, para ser

considerada como alternativa, que junto con el análisis de residuos permite determinar la dieta óptima para el acuicultor.

**Análisis de residuos.** El análisis de residuos indica la diferencia de los beneficios netos y el costo de inversión adicional (CIMMYT 1998). Esto permitió apoyar las conclusiones junto con el análisis marginal. Para obtener los residuos de cada tratamiento a cada beneficio neto de los tratamientos se les sustrae un porcentaje (o el total) de sus costos que varían, dependiendo de la tasa mínima aceptable establecida (Ecuación 8). Una vez obtenido el resultado se prosigue a analizar los residuos obtenidos en cada tratamiento.

$$\text{Residuos} = \text{Beneficio neto } Ti - (\text{Tasa mínima aceptable} * \text{Costos que varían } Ti) \quad [8]$$

Donde:

Tasa mínima aceptable: 100%

Ti: Tratamiento evaluado

### **Diseño experimental.**

Para este experimento se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) en el cual las unidades experimentales fueron agrupadas en grupos homogéneos (bloques). Cada bloque contenía todos los tratamientos y se hicieron cuatro repeticiones simultáneamente. Se utilizó un BCA para evitar sesgos en la mano de obra usada para la sala. De esta manera compensar los errores que podría cometer un trabajador al realizar algún protocolo en un tanque. Para el análisis de datos se usó el programa estadístico “Statistical Analysis System”. El análisis de varianza (ANOVA) sirvió para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Este análisis se usa para determinar si hay diferencia o igualdad de medias de poblaciones independientes. Las tres variables evaluadas se interpretaron utilizando una separación de medias DUNCAN y LSMEANS ( $P \leq 0.05$ ).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se enfocaron en dos etapas: la etapa técnica y la etapa económica. Se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA), para establecer si había diferencias estadísticas entre las dietas suplementadas. El análisis económico se realizó con la herramienta de presupuesto parcial, para evaluar como varían los beneficios en función de los costos que varían de cada tratamiento.

#### **Análisis técnico y productivo.**

Para este análisis se usaron datos obtenidos al final del ciclo, el cual fue hasta PL (post-larva). El estadio de post-larva fue avaluado desde las fases PL-12 hasta PL-15 debido a las distintas cosechas realizadas. La cantidad de larvas obtenidas al momento de la cosecha se usaron para medir las siguientes variables técnicas: 1) sobrevivencia, 2) post-larva gramo, 3) prueba de estrés.

#### **Sobrevivencia.**

En la variable de sobrevivencia no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ofrecidos ( $\alpha$ : 0.05 y  $P \leq 0.22$ ). Las sobrevivencias encontradas en cada dieta no tuvieron una diferencia considerable (Cuadro 12). Esto indica que al proporcionar dietas con menor cantidad de artemia, la cual ha sido la alimentación base en larvicultura de camarón, no causa una mayor mortalidad al momento de la cosecha de larvas. Esto difiere con el estudio realizado por Amaya (1991), igual en *Penaeus vannamei*, quien concluyó que las post-larvas alimentadas con artemia tuvieron una mayor sobrevivencia comparable en cuanto a las alimentadas con copépodos. Entre los porcentajes de sobrevivencia obtenidos se puede notar que existe una varianza notable entre ellos a pesar de que no existen diferencias significativas. Por lo cual sería útil realizar más estudios donde se puedan detectar diferencias.

Cuadro 12. Porcentaje de sobrevivencia final de larvas por cada tratamiento en LARVIPAC, septiembre del 2017.

Tratamiento	Sobrevivencia (%)
T1 100% ART	68 <sup>a</sup>
T2 75% ART	61 <sup>a</sup>
T3 50% ART	56 <sup>a</sup>
T4 25% ART	59 <sup>a</sup>
T5 0% ART	59 <sup>a</sup>
P	0.34
£CV, %	14.13

T-Tratamiento

ART-Artemia

<sup>ab</sup>-Medias con diferente letra indican diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )

£CV, %-Coeficiente de variación en porcentaje

P-Probabilidad

### Post-larva gramo.

Esta variable se usó para determinar qué cantidad de larvas eran necesarias para llegar a pesar un gramo. En la variable de larvas para pesar un gramo tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ofrecidos ( $\alpha: 0.05$  y  $P \leq 0.22$ ). La artemia cuenta con una gran reserva energética en la cual destaca su contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Villamar 2000), pese a esto, no pudo causar diferencias en cuanto al tamaño y peso de las larvas tratadas con este alimento. A continuación, se muestran el promedio de larvas requeridas por tratamiento para lograr el peso de un gramo (Cuadro 13).

Cuadro 13. Promedio de cantidad de larvas necesarias para pesar un gramo por cada tratamiento en LARVIPAC, septiembre del 2017.

Tratamiento	# larvas por gramo (g) (larvas $\pm$ $\text{¥DE}$ )
T1 100% ART	211 $\pm$ 52.73 <sup>a</sup>
T2 75% ART	271.25 $\pm$ 37.50 <sup>a</sup>
T3 50% ART	265.25 $\pm$ 43.50 <sup>a</sup>
T4 25% ART	250.25 $\pm$ 53.50 <sup>a</sup>
T5 0% ART	271.5 $\pm$ 40.14 <sup>a</sup>
P	0.34
$\text{£CV}$ , %	18.09

T-Tratamiento

ART-Artemia

<sup>ab</sup>-Medias con diferente letra indican diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )

$\text{£CV}$ , %-Coeficiente de variación en porcentaje

$\text{¥DE}$ -Desviación estándar

P-Probabilidad

### Prueba de estrés.

En la variable de prueba de estrés no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ofrecidos ( $\alpha$ : 0.05 y  $P \leq 0.22$ ). Las sobrevivencias encontradas en cada dieta no tuvieron una diferencia considerable (Cuadro 14). Estos resultados difieren con los estudios hechos por Amaya (1991) y Sorgeloos et al. (2017) quienes concluyen que las larvas alimentadas con artemia demuestran mayor sobrevivencia a este estrés debido a la reserva energética que aporta. El estudio realizado por Sorgeloos et al. (2017) presentó diferencias probablemente debido a que en su experimento utilizó artemia con diferentes contenidos de ácidos grasos poliinsaturados mientras que en este estudio se utilizó la misma artemia para todos los tratamientos. No obstante, estos datos concuerdan con el estudio hecho por Martín *et al.* (2006) el cual concluye que no existen diferencias significativas en la sobrevivencia de las larvas (*Litopenaeus schmitti*) a una prueba de estrés entre larvas que fueron alimentadas con artemia y otras alimentadas con artemia y el crustáceo *Moina micrura*.

Cuadro 14. Porcentaje de sobrevivencia en prueba de estrés en larvas por cada tratamiento en LARVIPAC, septiembre del 2017.

Tratamiento	Sobrevivencia (%)
T1 100% ART	100 <sup>a</sup>
T2 75% ART	99.25 <sup>a</sup>
T3 50% ART	100 <sup>a</sup>
T4 25% ART	100 <sup>a</sup>
T5 0% ART	99.25 <sup>a</sup>
P	0.3
£CV, %	4.62

T-Tratamiento

ART-Artemia

<sup>ab</sup>-Medias con diferente letra indican diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )

£CV, %-Coeficiente de variación en porcentaje

P-Probabilidad

### Análisis económico.

El presupuesto parcial utilizó los beneficios brutos generados por la venta de la producción promedio de larvas de cada tratamiento, que se representó como la sobrevivencia al final del ciclo productivo (Cuadro 17.). La sobrevivencia final está representada en millares a un precio de venta de USD 3/millar, ajustada a la tasa estándar adicional que el laboratorio provee al comprador (Cuadro 18.). Los datos en las siguientes tablas pueden variar debido a que los valores fueron redondeados.

El total de costos que varían se obtuvieron de la alimentación y los suplementos aportados (Cuadro 19.), donde los precios fueron provistos por la empresa LARVIPAC (Cuadro 15.) y las cantidades de insumos fue hecha en base a una dieta previamente establecida por la misma empresa (Cuadro 16.). Los elementos evaluados fueron: beneficio neto, tasa de retorno marginal, tasa de retorno mínimo aceptable y un análisis de residuos.

Cuadro 15. Precios de insumos de la empresa LARVIPAC, septiembre del 2017.

Producto	Unidad	Precio (USD)
Epifeed LHF-2	ml	0.08
LiquaLife M-PL	ml	0.04
Artemia separt	kg	84.46
Copéodos	kg	12.84

En el Cuadro 15 podemos apreciar los insumos utilizados en las distintas dietas del experimento realizado, y sus precios respectivos según la unidad utilizada. El precio de la artemia fue el más alto en comparación con los demás insumos. Solo la dieta cinco utilizó las dietas líquidas como costos adicionales.

Cuadro 16. Cantidades de insumos usados durante los 20 días del experimento en LARVIPAC (N5-PL 12), septiembre del 2017.

<b>Ingredientes</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
Cantidad de Artemia (kg)	2	2	1	1	
Cantidad de Copépodos (kg)		2	4	6	8
Cantidad adicional de LHF-2 (ml)					60
Cantidad adicional de LiguaLife M-PL(ml)					60

T1-Trat<sup>∞</sup> 100% Art<sup>¥</sup> 0% Cop<sup>Ω</sup>; T2-Trat 75% Art 25% Cop; T3-Trat 50% Art 50% Cop; T4-Trat 25% Art 75% Cop; T5-Trat 0% Art 100% Cop  
 Trat<sup>∞</sup>: Tratamiento; Art<sup>¥</sup>: Artemia; Cop<sup>Ω</sup>: Copépodos.

Las cantidades de artemia y copépodos toman como referencia una dieta base obtenido de dietas históricas de la empresa LARVIPAC. Tomando una base de artemia de 2.1 kg y de copépodos de 8.18 kg por estanque; se utilizaron los porcentajes de cada tratamiento para determinar la cantidad de artemia y copépedo para alimentar a las larvas.

Cuadro 17. Densidades de siembra inicial y rendimiento final promedio de los tratamientos del experimento en LARVIPAC, septiembre del 2017.

<b>Párametros</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
Densidad inicial (#larvas/22m <sup>3</sup> )	3,760,000	3,760,000	3,760,000	3,760,000	3,760,000
Porcentaje de sobrevivencia	68%	61%	56%	59%	59%
Rendimiento promedio (#larvas/22m <sup>3</sup> )	2,356,500	2,110,500	1,975,750	2,081,750	2,055,250

T1-Trat<sup>∞</sup> 100% Art<sup>¥</sup> 0% Cop<sup>Ω</sup>; T2-Trat 75% Art 25% Cop; T3-Trat 50% Art 50% Cop; T4-Trat 25% Art 75% Cop; T5-Trat 0% Art 100% Cop  
 Trat<sup>∞</sup>: Tratamiento; Art<sup>¥</sup>: Artemia; Cop<sup>Ω</sup>: Copépodos.

La densidad inicial de larvas sembradas fue igual para todos los tratamientos donde al final de los 20 días del ciclo productivo se realizó un conteo para determinar la cantidad de larvas a cosechar. Se calculó la sobrevivencia considerando las larvas cosechadas sobre la densidad inicial; para el rendimiento final para el análisis económico se utilizó el promedio observado en campo de la producción de larvas por cada tratamiento.

Cuadro 18. Desglose de beneficios brutos anuales de las dietas de larva de camarón *P. vannamei* en LARVIPAC, septiembre del 2017.

<b>Párametros</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
Producción de larvas (#larvas/22m <sup>3</sup> )	2,356,500	2,110,500	1,975,750	2,081,750	2,055,250
Producción ajustado (#larvas/22m <sup>3</sup> )	2,120,850	1,899,450	1,788,175	1,873,575	1,849,725
Millar de larvas (#millares/22m <sup>3</sup> )	2,121	1,899	1,778	1,874	1,850
Beneficio bruto(USD)	6,363	5,698	5,335	5,621	5,549
Días de cultivo	21	21	21	21	21
Días de preparación	10	10	10	10	10
Ciclos de producción anuales	12	12	12	12	12

T1-Trat<sup>∞</sup> 100% Art<sup>¥</sup> 0% Cop<sup>Ω</sup>; T2-Trat 75% Art 25% Cop; T3-Trat 50% Art 50% Cop; T4-Trat 25% Art 75% Cop; T5-Trat 0% Art 100% Cop  
 Trat<sup>∞</sup>: Tratamiento; Art<sup>¥</sup>: Artemia; Cop<sup>Ω</sup>: Copépodos.

Los tratamientos mostraron diferencias en la parte económica debido a la variación en las larvas obtenidas al final de la cosecha. No hubo diferencia estadística, sin embargo, se puede apreciar una tendencia a que la artemia permita obtener un rendimiento mayor en comparación a las otras dietas.

Cuadro 19. Desglose de los costos que varían anuales (USD/22m<sup>3</sup>) para las dietas de larva de camarón *P. vannamei*, LARVIPAC, septiembre del 2017.

<b>Costos</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
Costo de artemia	177	133	89	44	-
Costo de copépodos	-	26	52	78	104
Costo LHF-2	-	-	-	-	5
Costo Livalife M-PL	-	-	-	-	2
Costos que varían por ciclo	177	159	141	122	111
Ciclos de producción/año	12	12	12	12	12
Total de costos que varían anuales	2,158	1,935	1,712	1,489	1,351

Podemos apreciar en el cuadro los diferentes beneficios netos anuales que genera cada tratamiento que pese a que estadísticamente no hubo diferencia significativa entre los

tratamientos, económicamente si se encontraron diferencias entre los beneficios netos de las dietas para esta repetición (Cuadro 20). Se usaron los promedios en campo de cada tratamiento para establecer el beneficio bruto debido a la alta variación mostrada en las sobrevivencias de los distintos estanques; por esta misma variación hay un riesgo implícito ( $P \leq 0.22$ ) en la toma de decisiones del acuicultor, donde al optar por la artemia estaría obteniendo un beneficio bruto esperado mayor (cerca de USD 850) en relación al costo adicional por cambiar de dieta de USD 18.

La artemia sigue representando el mayor beneficio para el acuicultor debido a su rica composición en ácidos grasos y proteínas, coincidiendo con la industria camaronesa al usarla como la mejor alternativa para la alimentación de las larvas de camarón. Los costos variaron debido a la diferencia entre el costo del copépodo (USD 12.84/kg) y de la artemia (USD 84.46/kg). La mano de obra no fue considerada entre dietas debido a que todos los tratamientos presentaron el mismo número de días para un ciclo productivo, siendo este de 20 días.

Cuadro 20. Beneficios netos anuales (USD/22m<sup>3</sup>) para las distintas dietas de larva de camarón *P. vannamei*, LARVIPAC, septiembre del 2017.

<b>Variables</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
Beneficios brutos	77,411	69,330	64,903	68,385	67,515
Total de costos que varían	2,158	1,935	1,712	1,489	1,351
<b>Beneficios Netos</b>	<b>75,253</b>	<b>67,395</b>	<b>63,192</b>	<b>66,897</b>	<b>66,164</b>

T1-Trat<sup>∞</sup> 100% Art<sup>¥</sup> 0% Cop<sup>Ω</sup>; T2-Trat 75% Art 25% Cop; T3-Trat 50% Art 50% Cop;

T4-Trat 25% Art 75% Cop; T5-Trat 0% Art 100% Cop

Trat<sup>∞</sup>: Tratamiento; Art<sup>¥</sup>: Artemia; Cop<sup>Ω</sup>: Copépodos.

Los mayores costos se dieron a medida que se utilizó mayor cantidad de artemia, pese a esto el tratamiento con 100% fue el que presentó los mayores beneficios netos anuales con USD 75,253 en comparación a los USD 67,395 generados por el segundo que generó los mayores beneficios, el tratamiento 75% artemia 25% copépodos.

**Tasa de retorno marginal.** La tasa de retorno marginal es parte del análisis económico, y muestra cuántos dólares se obtendrían de retorno por cambiar de una dieta a otra sobre cada dólar invertido (Cuadro 21).

Cuadro 21. Tasa de retorno marginal y sus componentes (USD/22m<sup>3</sup>) para las distintas dietas de larva de camarón *P. vannamei*, LARVIPAC, septiembre del 2017.

<b>Componentes</b>	<b>T5</b>	<b>T4</b>	<b>T3</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>
Total de costos que varían	1,351	1,489	1,712	1,935	2,158
Beneficios netos	66,164	66,897	63,192	67,395	75,253
Cambio costos que varían	-	137	223	446	223
Cambio beneficio neto	-	733	-3,705	498	7,858
Tasa marginal de retorno	-	533%	Dominado	112%	3521%

T1-Trat<sup>∞</sup> 100% Art<sup>¥</sup> 0% Cop<sup>Ω</sup>; T2-Trat 75% Art 25% Cop; T3-Trat 50% Art 50% Cop;

T4-Trat 25% Art 75% Cop; T5-Trat 0% Art 100% Cop

Trat<sup>∞</sup>: Tratamiento; Art<sup>¥</sup>: Artemia; Cop<sup>Ω</sup>: Copépodos.

Los datos obtenidos del experimento determinaron que el tratamiento 100% artemia fue el que presentó la mayor tasa de retorno marginal, seguido por el tratamiento 75% artemia 25% copépodos y el tratamiento 25% artemia 75% copépodos; el tratamiento 50% artemia 50% copépodos se encuentra dominado puesto que presenta los menores beneficios netos y mayores costos que varían. La tasa mínima utilizada fue del 100% sobre la inversión realizada. Se tomó esta tasa considerando el riesgo de utilizar tecnologías alternativas a la artemia, siendo esta el paradigma actual de la industria camaronera.

Por ende, según este experimento el acuicultor obtendría el mayor retorno sobre su inversión con el tratamiento 100% artemia, en comparación a los demás tratamientos, por su beneficio esperado en comparación al bajo costo adicional para cambiar de dieta; lo que vuelve considerable arriesgarse al elegir utilizar artemia como dieta por su baja pérdida esperada contra el ingreso adicional esperado. Esta decisión de arriesgarse por esta dieta ( $P \leq 0.22$ ) podría representar un ingreso adicional al cual todo acuicultor estaría dispuesto a ganar.

Se realizó una gráfica indicando la relación de los beneficios netos anuales y los costos que varían anuales (Figura 1.) con el fin de establecer una dominancia entre los tratamientos, siendo el único dominado el Tratamiento 50% artemia 50% copépodos. Este tratamiento fue dominado debido a que este presentaba altos costos que varían y los menores beneficios netos, en la siguiente gráfica podemos comparar los tratamientos.

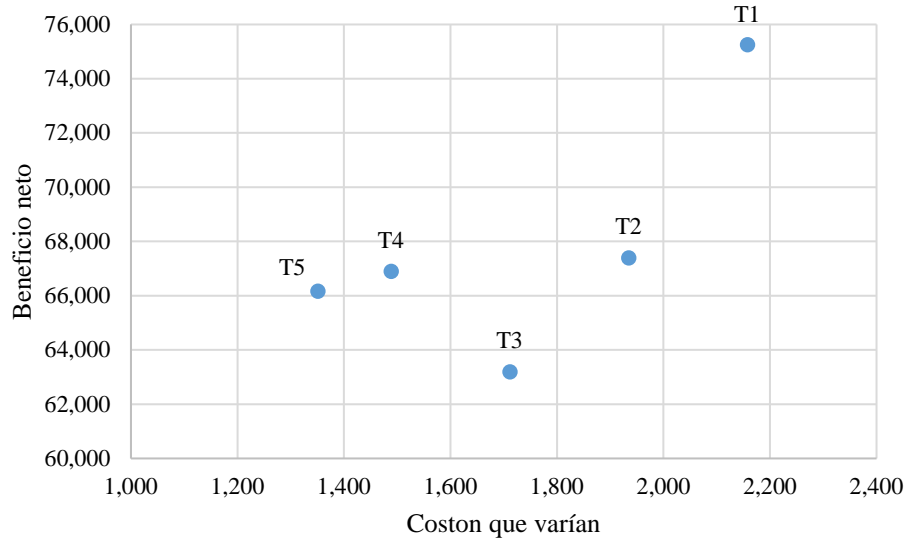


Figura 1. Relación de los beneficios netos con los costos que varían para las distintas dietas de larva de camarón *P. vannamei* (USD/22m<sup>3</sup>), LARVIPAC, septiembre del 2017.

**Análisis de residuos.** Para el análisis se designó una tasa del 100% considerando el riesgo de reemplazar la artemia por otras dietas no convencionales en la industria. El total de la inversión realizada fue restada de los beneficios netos, con el fin de ser más concluyente junto con la tasa de retorno marginal. En el siguiente cuadro podemos apreciar los residuos de cada uno de los tratamientos (Cuadro 22).

Cuadro 22. Residuos del presupuesto parcial (USD/22m<sup>3</sup>) para las distintas dietas de larva de camarón *P. vannamei*, LARVIPAC, septiembre del 2017.

Componentes	T1	T2	T3	T4	T5
Beneficio neto	75,253	67,395	63,192	66,897	66,164
Total costos que varían	2,158	1,935	1,712	1,489	1,351
Tasa de retorno mínima aceptada	100%	100%	100%	100%	100%
Retorno requerido	2,158	1,935	1,712	1,489	1,351
Residuo	73,095	65,460	61,480	65,408	64,813

T1-Trat<sup>∞</sup> 100% Art<sup>¥</sup> 0% Cop<sup>Ω</sup>; T2-Trat 75% Art 25% Cop; T3-Trat 50% Art 50% Cop;  
T4-Trat 25% Art 75% Cop; T5-Trat 0% Art 100% Cop  
Trat<sup>∞</sup>: Tratamiento; Art<sup>¥</sup>: Artemia; Cop<sup>Ω</sup>: Copépodos.

El análisis de residuos determinó que el tratamiento de 100% artemia obtuvo los mayores residuos entre los demás tratamientos, con USD 73,095, que, pese a ser la dieta que presenta los mayores costos que varían, al ser nuevamente restados del beneficio neto anual sigue siendo el tratamiento que presenta el mayor retorno para el acuicultor. Esto, es corroborado por la tasa marginal previamente obtenida en el análisis marginal, estableciendo la dieta

100% artemia como la dieta óptima para el acuicultor por el momento, dado los datos obtenidos en el experimento.

## 4. CONCLUSIONES

- El reemplazo de artemia por copépodos en las distintas dietas ofrecidas no afectó la sobrevivencia final de larvas a nauplios ni se encontraron diferencias significativas en las variables técnicas medidas.
- Las distintas proporciones de artemia y copépodos ofrecidas a las larvas no generaron diferencias en cuanto a días a cosecha.
- Las dietas ofrecidas presentaron cambios en los costos que varían a medida se fue proveyendo mayor cantidad de artemia; siendo el costo anual del tratamiento 100% copépodos de USD 1,351/22m<sup>3</sup> y el del tratamiento 100% artemia de USD 2,158/22m<sup>3</sup>.
- El uso de copépodos y artemia presentaron retornos favorables para el acuicultor, dando una serie de alternativas a la hora de tomar decisiones, no obstante, el tratamiento 100% artemia provee el mayor beneficio neto con USD 75,253; el beneficio bruto esperado sobrepasa considerablemente el costo adicional para cambiar hacia la dieta que presente el mayor porcentaje de artemia.
- El tratamiento 100% artemia es la dieta óptima a utilizar debido a la mayor tasa de retorno marginal (3,521%), superando la tasa mínima aceptable, y, con el mayor residuo (USD 73,095); siendo beneficioso tomar el riesgo de elegir la dieta con mayor porcentaje de artemia debido a su mayor beneficio bruto esperado.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar nuevamente el experimento con mayor número de repeticiones, enfocándose en las mayores proporciones de artemia para determinar la consistencia de los datos, sin realizar uniformizaciones para tener datos de mayor peso.
- Formular dietas con menos diferencias entre las proporciones de artemia ofrecidas para darle más peso a estos nuevos estudios.
- Establecer proyecciones de los precios de la artemia o realizar pedidos con anticipación con los proveedores, para planificar de mejor manera el presupuesto del año.
- Usar las dietas alternativas de copépodos en caso de que el acuicultor presente limitantes presupuestarias.
- Investigar los rendimientos de las larvas de camarón con otros crustáceos alternativos.

## 6. LITERATURA CITADA

- Amaya N. 1991. Alimentación de post-larvas de camarón con copépodos cosechados en piscinas [Tesis]. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador. 74 p.
- CIMMYT. 1998. La formulación de recomendaciones a partir de datos agrónomicos: Un manual metodológicos de evaluación económica [internet]. México D.F.: CIMMYT; [consultado 2017 abr 3] <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>
- Doye D. 2014. Martins Library [internet]. EEUU; [consultado 2017 feb 21]; <http://martinslibrary.blogspot.com/2014/05/budgets-enterprise-budget-and-partial.html>
- FAO. 2017. Programa de información de especies acuáticas: *Penaeus vannamei*. Briggs M, ed. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. [internet]. Roma: FAO. [consultado 2017 mar 20]; [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus\\_vannamei/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/es)
- FAO. 2016. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura [internet] .Roma: FAO. [consultado 2017 mar 20]; <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>
- FAO 2014. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura: Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 p.
- FAO. 2007. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Obtenido de Departamento de Pesca y Acuicultura: [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus\\_vannamei/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/es)
- Harper JK, Cornelisse S, Kime LF, Hyde J. 2013. Agricultural Alternatives: Budgeting for Agricultural Decision Making. Penn State Extension. 8 p.
- Marroquín E, Valdés M, Gonzalez J. 2012. Potencial del camarón marino (*Litopenaeus vannamei*) para cultivo en agua dulce [Tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala. 78 p.
- Martín, L, Arenal, A, Fajardo J, Pimentel E, Hidalgo L Pachecho, M, Santiesteban, D. 2006. Complete and partial replacement of *Artemia nauplii* by *Moina micrura* during early postlarval culture of white shrimp (*Litopenaeus schmitti*). *Aquaculture Nutrition* 12(2) 89-96.

- Martínez LR, Martínez M, Lopez JA, Campaña A, Miranda A, Ballester E, Porchas A. 2010. Alimento natural en acuicultura: una revisión actualizada. In: Cruz Suarez LE, Ricque Marie D, Tapia Salazar M, Nieto Lopez MG, Villareal Cavazos DA, Gamboa Delgado J, editores. Avances en Nutrición Acuícola X - Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, 8-10 Noviembre, San Nicolás de los Garza, N.L. México. p. 668-699
- Ordoñez E. 2017. Revisión acerca de alternativas de alimentación para reemplazar la artemia salina en el cultivo de larvas de camarón [Examen complejo]. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala-Ecuador. 21 p.
- Puello AC, González-Rodríguez B, García-Ortega A. 2008. Investigación en Producción y Uso de Copépodos en Larvicultura Marina. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad de Acuicultura y Manejo Ambiental, Mazatlán-Mexico. 18 p.
- Sánchez AA. 2001. Proyecto para el diseño y puesta en marcha de un sistema de extracción/cosecha, acopio, conservación, transporte y comercialización de productos de la pesca y otros altamente perecederos en las comunidades asentadas en el río Meta. IICA Consultorías No. 566. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Sorgeloos P, Coutteau P, Dhert P, Merchie G, Lavens P. 2017. Use of brine shrimp, *Artemia* spp. in larval crustacean nutrition: A Review. Reviews in Fisheries Science 6(1-2):55-68.
- Tahim EF, Dumaceno MN, De Araújo Junior IF. 2014. Trayectoria Tecnológica e Innovación en la industria del cultivo de Camarón en el Nordeste de Brasil. Revista Galega de Economía 23(3):9-32.7
- Villamar C. 2000. La Artemia salina y su importancia en la producción camaronera. AquaTIC 11.