



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGIA MARINA

Comparación del rendimiento productivo del cultivo de camarón blanco "*Litopenaeus vannamei*" entre la alimentación manual (tradicional) y alimentación automática temporizada en sistemas semi-intensivos.

TRABAJO PRÁCTICO

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO MARINO

Autor:

Christopher David Alvarez Perero

Tutor:

Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc.

La Libertad – Ecuador

2022

TRIBUNAL DE GRADO



Blga. Mayra Cuenca Zambrano, MSc.

DECANA

FACULTAD CIENCIAS DEL MAR



Firmado electrónicamente por:

**TANYA ANNABEL
GONZALEZ BANCHON**

Blga. Tanya González Banchón, Mgt.

DIRECTORA

CARRERA DE BIOLOGÍA



Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc.

DOCENTE TUTORA

MARIA
HERMINIA
CORNEJO
RODRIGUEZ

Firmado digitalmente
por MARIA HERMINIA
CORNEJO RODRIGUEZ
Fecha: 2022.07.13
17:00:11 -05'00'

Blga. María Herminia Cornejo, M.Sc.

DOCENTE DEL ÁREA

AGRADECIMIENTOS

El realizar una meta requiere de muchas personas participando de forma positiva durante el proceso, para que el resultado sea un éxito.

Me siento muy feliz de haber sido apoyado por muchas buenas personas que conocí durante todos estos años dedicados en mi formación académica como profesional, personas que reconocieron mi fuerza de voluntad y la alentaron. El apoyo viene tanto de familiares que no me dejaron sentir solo, su apoyo vino incluso en sus enseñanzas previas, pero jamás dejaron que olvidase mis principios y fuerza. También muchas gracias a todos los docentes a quienes siempre les quedare muy agradecido por haber puesto su confianza en mí al momento de enseñar, de compartir el conocimiento, abrieron nuevas fronteras, expandieron mis posibilidades dentro de un mundo apresurado y competitivo, gracias por impulsar mis deseos de aprender y avivar la llama de mi curiosidad para seguir explorando y descubriendo cosas nuevas para el beneficio de nuestra comunidad e incluso del país. Todas aquellas personas que siempre busque enorgullecer y demostrar que sigo siendo digno de su confianza, les dedico este trabajo.

INDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. JUSTIFICACIÓN	5
3. OBJETIVOS	7
3.1. OBJETIVO GENERAL	7
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4. MARCO TEORICO.....	8
4.1. Camarón blanco <i>Litopenaeus vannamei</i>	8
4.1.1. Ciclo de vida	8
4.2. Cultivo de <i>L. vannamei</i>	9
4.2.1. Sistema de producción	9
4.2.2. Alimentación en cultivos de <i>L. vannamei</i>	12
5. METODOLOGÍA.....	17
5.1. AREA DE ESTUDIO	17
5.2. MÉTODO EXPERIMENTAL	18
5.2.1. Pre-crías y transferencia a las piscinas de engorde	18
5.2.2. Muestras biológicas	19
5.2.3. Sujetos de investigación	19
5.2.4. Alimentación artesanal o tradicional.....	21
5.2.6. Métodos de verificación de consumo del alimento	25
5.2.6.1. Arrastres con triángulo.....	25
6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	27
6.1. Determinación de índices productivos	27
6.1.1. Pesos promedios.....	27
6.1.2. Promedio de las Lb/ha obtenidas.....	27
6.1.3. Sobrevivencia promedia obtenida.....	28
6.1.4. Incremento semanal promedio	29
6.1.5. Factor de conversión alimenticia promedio	29
6.2. Prueba de hipótesis T-Student	30
6.3. Discusión de resultados	31
7. CONCLUSIONES.....	33

9. ANEXOS	35
10. BIBLIOGRAFÍA	41

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sujetos de investigación en la alimentación automática. Identifica las piscinas utilizadas con los alimentadores automáticos tanto su número de equipos como las hectáreas.....	19
Tabla 2. Sujetos de investigación en la alimentación tradicional. Identifica las piscinas utilizadas con la alimentación al boleó y el número de platos utilizados para adicionar el alimento	20
Tabla 3. Prueba T-Student para medias de dos muestras independientes de los índices productivos entre la alimentación automática y alimentación tradicional.	30
Tabla 4. Sujetos de investigación en la alimentación automática. Identifica las piscinas utilizadas con los alimentadores automáticos y sus valores promedios de los índices productivos durante toda la corrida.....	39
Tabla 5. Sujetos de investigación en la alimentación tradicional. Identifica las piscinas utilizadas con la alimentación al boleó y platos más sus valores promedios de los índices productivos durante toda la corrida	40

INDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Ciclo de vida, en sistemas de producción, de <i>L. vannamei</i> (Dugassa & Gaetan, 2018)	9
Figura. 2. Distribución de la camarónera “Gramilesa”. Fuente: Lanec, 2021	17
Figura. 3. Equipo de alimentación automática. Fuente: GRAMILESA	22

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva de alimentación inicial Elaboración: Alvarez, 2021. Fuente: GRAMILESA S.A, 2021	23
Gráfico 2. Curva de alimentación media Elaboración: Alvarez, 2021. Fuente: GRAMILESA S.A, 2021	24
Gráfico 3. Curva de alimentación final Elaboración: Alvarez, 2021. Fuente: GRAMILESA S.A, 2021	24
Gráfico 4. Pesos promedios de toda la corrida de las piscinas con alimentación automática vs piscinas con alimentación tradicional. Elaboración: Alvarez, 2021. Fuente: GRAMILESA S.A, 2021	27
Gráfico 5. Libras por hectárea promedios obtenidos de toda la corrida de las piscinas con alimentación automática vs piscinas con alimentación tradicional. Elaboración: Alvarez, 2021. Fuente: GRAMILESA S.A, 2021	28
Gráfico 6. Porcentajes de sobrevivencia promedios obtenidos de toda la corrida de las piscinas con alimentación automática vs piscinas con alimentación tradicional. Elaboración: Alvarez, 2021. Fuente: GRAMILESA S.A, 2021	28
Gráfico 7. Incrementos semanales promedios obtenidos de toda la corrida de las piscinas con alimentación automática vs piscinas con alimentación tradicional. Elaboración: Alvarez, 2021. Fuente: GRAMILESA S.A, 2021	29
Gráfico 8. Factores de conversión alimenticia promedios obtenidos de toda la corrida de las piscinas con alimentación automática vs piscinas con alimentación tradicional. Elaboración: Alvarez, 2021. Fuente: GRAMILESA S.A, 2021	30

RESUMEN

La investigación se realizó en los meses de septiembre del 2020 y febrero del 2021 en la camaronera "Gramilesa" ubicada en la comuna Engungu-Santa Elena en la provincia de Santa Elena. Se efectuó una comparación entre dos tipos de alimentación utilizados para suministrar y distribuir el alimento en las piscinas de producción. La comparación se llevó a cabo en 75 piscinas para determinar si la alimentación automática, mediante dosificadores temporizados por medio de una curva diseñada, era más eficiente que la alimentación manual que usa boleadores artesanales (tradicional). Los datos fueron recolectados durante muestreos semanales; la toma de datos incluyó pesos promedios, crecimientos semanales y poblaciones (%sobrevivencia), además de una evaluación del consumo del alimento en las piscinas por medio de la aplicación de arrastres en los suelos y revisión de platos muestreadores. Las piscinas utilizadas en esta investigación tenían el mismo número de días promedio de cultivo teniendo una diferencia mínima de ± 2 . Los resultados obtenidos fueron: Para las piscinas con alimentación automática un peso promedio de 20.27g, un factor de conversión alimenticia de 1.88, una sobrevivencia de 73.6% y un valor promedio de 6.003 Lb/ha y para las piscinas con alimentación manual se obtuvo un peso promedio de 19.48g, un factor de conversión alimenticia de 2.39, una sobrevivencia de 65.5% y un valor promedio de 5.547 Lb/ha el valor más importante para determinar la eficiencia es el factor de conversión alimenticia (FCA) ya que es un indicador sobre el costo beneficio de la producción de camarón. Obteniendo como resultado final una mejor eficiencia en la alimentación automática, resaltando como buena propuesta de inversión para la comunidad dedicada a la producción que aún utilizan sistemas de alimentación tradicional.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Litopenaeus vannamei* comenzó en Ecuador en la década de 1970 en la provincia del Oro (Reyes, 2018). Actualmente, la producción de camarón en el país es la industria con más alto valor de exportación por debajo del petróleo, teniendo mercado dentro de países como E.E.U.U, China y España (Arias Dominguez, 2019). En el período de enero a mayo del 2020 fueron \$1.663 millones representando un crecimiento del 12% comparada con el mismo período del año 2019, teniendo un crecimiento anual de 16%, a pesar de la crisis sanitaria que azotó a todos los mercados productores de alimentos; sin embargo, la industria camaronera jamás dejó de operar en sus actividades, para sostener la crisis disminuyeron sus espejos de agua o densidades de cultivo (Cámara Nacional De Acuicultura – CNA, 2021).

El precio del camarón ecuatoriano se está recuperando de forma lenta pero constante a su valor antes de la crisis, esto debido a una reducción de las libras producidas mensualmente, ayudando a reorganizar los mercados internacionales que fueron inundados de camarón en un momento donde la demanda era muy baja, las disminuciones varían entre un 40 a 50%. Todos estos factores han generado diferentes necesidades entre ellas aumentar la eficiencia en la alimentación ya que el costo del alimento formulado es uno de los más altos en la producción llegando a representar el 60% de los gastos totales para la producción de la biomasa de camarón (FAO, 2019).

Autores como Ullman (2017), Jescovitch et al. (2018) y Reis et al. (2020) han demostrado que la cantidad de dietas suministradas en un día mejora el rendimiento en el crecimiento del camarón, puesto que se puede lograr ahorros significativos en los costos de alimentación con una aplicación adecuada (De Silva, 1989). El alimento es la fuente original de la mayoría de los productos de desecho en un sistema de estanques, pues su descomposición contribuye a la degradación de la calidad del agua a través del aumento de la demanda de amoníaco y oxígeno biológico (Ullman et al., 2018). La descomposición se debe

a la adherencia de bacterias en el alimento que permanece largos periodos en el fondo del estanque, aumentando el problema cuando se tratan de bacterias patógenas que pueden ser consumida de forma directa (Smith et al., 2002). Por lo cual, la sobrealimentación, además de incrementar los costos de alimentación, reduce la calidad del agua en el estanque, lo que resulta en un mayor costo de manejo de la calidad del agua (Ullman et al., 2018). Adicionalmente la sobrealimentación conlleva a un rendimiento de crecimiento reducido y un FCR más alto debido a que cuanto más tiempo esté el alimento en el agua, menor es el valor nutricional producto de la lixiviación de sus componentes que son solubles en el agua (Reis et al., 2020).

Este efecto se evidencia en diversas fincas camaroneras nacionales, que alimentan de manera que los organismos tengan acceso al pienso durante periodos de tiempo prolongados, buscando disminuir la necesidad de numerosas alimentaciones (Espinoza & Almeida, 2017). No obstante, la lixiviación del alimento resulta en una disminución en el valor nutricional del alimento artificial, disminuyendo así también la asimilación de nutrientes convirtiendo muy poco del alimento en músculo, aumenta el factor de conversión alimenticia al tener que suministrar más alimento para obtener un crecimiento constante o igual al que hubiera obtenido con menos alimento, la desnaturalización de proteínas y carbohidratos aumenta rápidamente cuando los fondos se encuentran colonizados por bacterias y hongos producto de altos valores en materia orgánica (Carvalho & Nunes, 2006).

Para minimizar la incidencia de la descomposición del alimento no consumido, autores como Espinoza & Almeida (2017) y Landa & Hernández (2019) señalan que aplicarse con frecuencia y solo en la cantidad que se consumirá rápidamente mejora el crecimiento y reduce residuos alimenticios posteriores. En otras palabras, aumentar el número de dosificaciones y distribuir sus cantidades en raciones más pequeñas para aumentar la efectividad de la alimentación mejorando el aprovechamiento de alimento y su conversión en músculo. Entre las soluciones recientes presentadas están los alimentadores autónomos, que

han ganado popularidad porque pueden proporcionar más dosis y raciones de alimento por día y requieren menos trabajo que la alimentación manual (Jorry, 2016). Estos ayuda a disminuir la lixiviación del alimento y aumentando las horas de accesibilidad al mismo tiempo, mejorando significativamente el tamaño, peso y rendimiento del cultivo de camarón (Landa & Hernández, 2019; Ullman et al., 2018)

Los alimentadores automáticos con temporizador son los que han logrado reducir mayoritariamente el tiempo y la energía dedicados a la alimentación a la vez que aumentan la cantidad de tomas diarias. Los alimentadores automáticos incluyen posibilidades tales como monitoreo/recolección de datos, activación solar, temporizada, retroalimentación acústica y mucho más (Jescovitch et al., 2018). Sin embargo, estas tecnologías no abordan los problemas de ingesta, ya que los comportamientos de actividad varían constantemente ya sea por condiciones ambientales, suministro de oxígeno y balance iónico en el agua, por lo tanto nace la necesidad de diseñar pruebas en condiciones de cultivo reales para evaluar su efectividad (Ullman, 2017). En Ecuador se registran diferentes empresas dedicadas a ofrecer los servicios de alimentación automática, por medio de la compra o alquiler de sus tolvas autónomas. Actualmente se están utilizando la alimentación automática en modalidad timer e hidrófono (Espinoza-Almeida, 2017).

Basado en esto, es crucial el comprender y contrastar las técnicas tradicionales de alimentación respecto de las tecnologías actuales existente; aunque, antes de realizarse un cambio total en los sistemas de alimentación tradicional deben realizarse pruebas piloto para poder asegurar la funcionalidad de los alimentadores automáticos y determinar en porcentajes estadísticos sus beneficios, además de realizar comparaciones de costo beneficios y contribuir a una expansión eficiente de la industria. Por tanto, el objetivo de este estudio fue comparar la efectividad en el rendimiento de la alimentación automática vs alimentación artesanal o tradicional en relación a sus índices productivos.

2. JUSTIFICACIÓN

Los costos del alimento artificial son altos, más aún cuando estos vienen con insumos extras como probióticos, mayor porcentaje de proteína, vitaminas y minerales, por lo tanto, buscar que el alimento tenga un mejor aprovechamiento se vuelve fundamental para la producción de camarón cuidando así el capital invertido en el alimento generando una reducción en los costos del balanceado y obtener mejores FCR (Engle et al., 2017). Las dosis permiten que el alimento sea asimilado por el camarón y que sea digerido totalmente antes de una nueva dosificación. No obstante, se ha prestado poca atención a la mejora de las prácticas de manejo de alimentos, a pesar de su potencial para reducir la presión económica y ambiental en las granjas camaroneras (Carvalho & Nunes, 2006).

Varios estudios han demostrado un mejor rendimiento de crecimiento para el cultivo de camarón con múltiples alimentaciones a lo largo del día (Carvalho & Nunes, 2006; Jescovitch et al., 2018). Esto se debe al aumento de la disponibilidad de alimentos. Por lo tanto, múltiples alimentos pequeños y de consumo rápido pueden mejorar la entrega de nutrientes a través de una reducción de la lixiviación de nutrientes, lo que resulta en un mejor crecimiento y manejo de desechos debido a que los desperdicios disminuyen (Ullman, Rhodes, & Davis, 2019).

Sin embargo, ofrecer múltiples comidas puede ser muy laborioso y costoso (mano de obra), por lo cual, ante la necesidad de la industria camaronera de mejorar sus protocolos de manejo de alimentos, han surgido algunas técnicas y tecnologías para abordar este problema (Reis et al., 2020). Los alimentadores con temporizador no son una tecnología reciente y se utilizan ampliamente en varios sectores y sistemas de producción acuícola. Estos comederos permiten aumentar la cantidad de tomas sin afectar negativamente el costo laboral, además de lograr una mejor productividad aumentando los insumos de alimentos (Reis et al., 2020; Ullman, Rhodes, & Davis, 2019). Por otra parte las tecnologías usadas en otros sistemas de producción acuícola como la de bivalvos y peces

no son compatibles con las necesidades alimenticias del camarón, así que a pesar de que llevan existiendo varios años las tecnologías de alimentación autónoma, no se han registrado muchos trabajos de investigación que puedan demostrar y satisfacer las dudas del gremio camaronero. Uno de los mayores problemas para la pobre divulgación de información es que el sector de producción de camarón es privado por lo tanto el resultado de sus pruebas en campo también lo son. Debido a todas estas limitantes muchos productores del sector aún utilizan sistemas de alimentación tradicional ya que no conocen a ciencia cierta los beneficios que pueden obtener al optimizar sus procesos de alimentación, generando temor a la hora de invertir en la compra o alquiler de algún sistema autónomo, ya que muchas marcas líderes de alimentación automática tienen costos representativos, por lo cual muchos inversores y dueños prefieren mantener sus viejos modelos de alimentación y no arriesgarse por métodos nuevos con resultados desconocidos.

Es por tal, que la presente investigación tiene como finalidad demostrar que la alimentación automática otorga mayores beneficios económicos y productivos en el cultivo de camarón blanco ecuatoriano, generando información para la toma de decisiones de las empresas o instituciones que se dedican a la producción y estudio de la especie haciendo su cultivo más económico y su empresa más rentable.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de la alimentación automática y alimentación artesanal mediante análisis de índices productivos de camarón *Litopenaeus vannamei* determinando su rendimiento en sistemas semi-intensivos en la camaronera Gramilesa S.A

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la sobrevivencia del camarón en las piscinas experimentales de cultivos semi-intensivos de GRAMILESA
- Comparar el valor promedio de las Lb/ha y pesos promedios durante toda la corrida entre la alimentación automática vs alimentación tradicional
- Relacionar el factor de conversión alimentación entre la alimentación automática Timer y alimentación manual (tradicional)

4. MARCO TEORICO

4.1. Camarón blanco *Litopenaeus vannamei*

L. vannamei es una especie de crustáceo peneido autóctono de la costa del Pacífico oeste de América Central y del Sur, se distribuye desde Tumbes en Perú, hasta el norte de México. Ha sido introducido abundantemente en muchos países desde la década de 1970 por su rentabilidad económica al momento de cultivarlo (CABI, 2019). *L. vannamei* es una especie que habita zonas donde la temperatura del agua es superior los 25°C durante todo el año y los fondos son fangosos. Su alimento lo obtiene de pastorear los fondos, llegando a consumir incluso otros crustáceos y desechos de materia orgánica de otros animales, tienen una digestión acelerada y su consumo energético lo obtiene de carbohidratos. (FAO, 2019).

4.1.1. Ciclo de vida

Dugassa & Gaetan (2018) describen en su trabajo el ciclo de vida de la especie *L. vannamei*. Los adultos de esta especie viven y desovan en el océano; sin embargo, las larvas y los juveniles se encuentran generalmente en áreas de aguas costeras como estuarios costeros, lagunas o áreas de manglares. Las hembras de *L. vannamei* crecen más rápido en comparación con el macho de esta especie. La hembra madura pesa entre 30 - 45 g y puede desovar entre 100000 y 250000 huevos. El ciclo de vida de este peneido es muy complejo (Figura 2). Las hembras maduras de *L. vannamei* desovan sus huevos en aguas costeras. La fertilización ocurre en el ambiente externo. El proceso de eclosión del huevo se suscita 6 a 8 horas posterior del desove y la fertilización. Después del proceso de eclosión, la primera etapa larvaria, los nauplios se liberan de los huevos para incubarse. Los nauplios se alimentan de las reservas internas del saco de yema de huevo. Los nauplios se desarrollan en diferentes etapas larvarias a través de la metamorfosis. Las siguientes etapas de las larvas

incluyen Zoea, mysis y etapa temprana de postlarvas, respectivamente. Los Zoea se alimentan de fitoplancton (algas unicelulares), mientras que mysis y etapas tempranas de postlarvas se alimentan principalmente de zooplancton (rotíferos, artemia, copépodos) y un mínimo de fitoplancton. Las postlarvas tempranas se desarrollan en una etapa tardía de postlarvas, que es muy similar en morfología a las etapas juvenil y adulta.

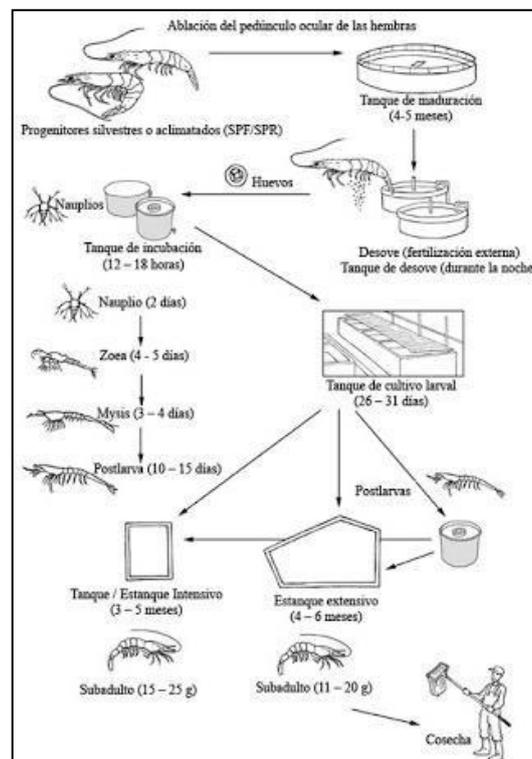


Figura. 1. Ciclo de vida, en sistemas de producción, de *L. vannamei*
Fuente: Dugassa & Gaetan, 2018

4.2. Cultivo de *L. vannamei*

4.2.1. Sistema de producción

Los sistemas de producción de *L. vannamei* en la actualidad se clasifican en cuatro categorías: extensivo, semi-intensivo, intensivo y súper-intensivo, esto según Tacon (2002) y datos de la FAO (2019)

4.2.1.1. Sistemas extensivos

Según Suastegui et al.,1996 la producción en estos sistemas es realizada comúnmente en grandes piscinas en tierra (con tamaños desde 1 Ha hasta más de 100 Ha). Se caracteriza por un bajo o nulo recambio de agua y densidades de siembra muy bajas (no superan los 5 org/m² en la mayoría de los casos). No requiere de aireación artificial. La fuente alimenticia de los camarones principalmente está dada por alimento natural mejorado por fertilización y alimentación suplementaria una vez al día con dietas bajas en proteínas. A pesar de las densidades poblacionales bajas, los camarones de 11 a 12 g pueden ser cosechados en 4 a 5 meses.

4.2.1.2. Sistemas semi-intensivos

Los sistemas semintensivos de cultivo 1–5 ha son sembrados con larvas producidas en hacheries a razón de 10–30 org/m² el intercambio regular de agua se realiza a través de bombeo. La profundidad del estanque varía entre 1,0 a 1,2 m de profundidad. La aireación es mínima en el mejor de los casos. La alimentación es más controlada que en los sistemas extensivos, suministrándose alimentos naturales mejorados por la fertilización del estanque y complementados con dietas formuladas 2-3 veces al día. Los rendimientos de producción en estos sistemas fluctúan entre 1000 y 4000 lb/ha/cosecha, con 2 cosechas por año (Aguilar, 2018)

4.2.1.3. Sistemas intensivos

Las granjas de producción intensivas se sitúan en áreas por sobre el nivel del mar (con una tendencia a estar cada vez más lejos del mar, en áreas más baratas

y disponibilidad de agua de baja salinidad), donde los estanques se pueden drenar, secar y preparar completamente antes de cada siembra. Según Kongkeo, H. (1997) este sistema de cultivo es común en el continente asiático y en contadas granjas latinoamericanas que buscan aumentar la productividad. Los estanques suelen ser de tierra, aunque se pueden utilizar revestimientos de plástico para reducir la erosión y mejorar la calidad del agua. Los estanques tienden a ser pequeños (0,1 a 1,0 ha) y cuadrados o redondos. La profundidad del agua suele ser mayor a 1,5 m. Las densidades de población oscilan entre 60 y 300 PL / m². La aireación intensa a 1 HP / 400-600 kg de camarón cosechado es necesaria para la circulación del agua y la oxigenación. La alimentación con dietas artificiales se realiza de 4 a 5 veces al día. Los FCR son de 1,4 a 1,8: 1.

La utilización de estos sistemas se ha visto en aumento, debido a que se puede tener un mayor control de brotes de síndromes virales, la implementación de medidas de bioseguridad, además de que su rentabilidad permite la adquisición de poblaciones domesticadas libres de enfermedades (SPF) y resistentes (SPR). A esto se le suma sistemas reducidos de intercambio de agua. No obstante, el alimento, el intercambio/calidad del agua, la aireación y las floraciones de fitoplancton requieren un control y una gestión cuidadosos. Se pueden lograr rendimientos de producción de 15000 a 45 000 lb/ha/cultivo, con 2 a 3 cultivos por año, hasta un máximo de 65000 a 75000 lb/ha/cultivo (Mishra et al., 2008).

4.2.1.4. Sistemas superintensivos

Según Haslun et al., 2012 son sistemas de alta densidad de siembra cerrados en invernaderos, en piscinas tipo canales, sin intercambio de agua (a excepción del reemplazo de pérdidas por evaporación) o descarga. Utiliza larvas SPF que les permiten obtener una mayor rentabilidad por su alta sobrevivencia. Son bioseguros, ecológicos, tienen una pequeña huella ecológica, por lo cual producen camarones rentables y de alta calidad. La siembra de canales de 3 Tm con 300–450 juveniles de 0,5–2 g por m² y el crecimiento durante 3–5 meses ha logrado una producción de 60000 - 150000 lb/ha/cultivo a tasas de crecimiento

de 1,5 g/semana, supervivencias que ascienden a un 91%, peso promedio de 16 a 26 g y Factor de Conversión Alimenticia de 1,5.

4.2.2. Alimentación en cultivos de *L. vannamei*

La alimentación representa el principal costo en el cultivo del camarón, representando más del 60% de los costos operativos en sistemas semi-intensivos (Martinez-Cordova et al., 1998). El manejo de alimentos es una parte integral de todas las prácticas de acuicultura y se vuelve particularmente difícil en la producción de camarón debido a la dificultad de monitorear el consumo. A pesar del problema del manejo de alimentos, poca investigación se ha enfocado en mejorar las técnicas de alimentación en la producción de camarón, además de desarrollar métodos de supervisión de consumo tales como los arrastres en los fondos, para determinar la cantidad de sobrantes, donde si estos son altos se mantiene la alimentación o se la disminuyen por otra parte si estos son nulos se tiende a aumentar la dosificación. Otro método utilizado es la lectura de platos muestreadores donde se aplica un porcentaje del alimento y se lo revisa pasado las cuatro horas después de haber alimentado para determinar si necesita una mayor dosificación o si las raciones suministradas son suficientes (Ullman, Rhodes, & Allen-Davis, 2019).

Según Ullman, Rhodes, & Allen-Davis, (2019), los principales métodos de alimentación utilizados en la cría de camarones peneidos son la alimentación con el uso de platos (tradicional) y el uso de alimentadores automáticos.

4.2.2.1. Alimentación tradicional (Boleo)

La alimentación tradicional consistió en el uso de una persona con un dosificador (recipiente con el que se bolea el pellet), subida en una canoa con remo o baliza para desplazarse por las zonas de alimentación boleando el balanceado (técnica

utilizada para suministrar el alimento a la piscina, formando una media luna). Estas bandejas proporcionan alimento a los camarones, considerando solo su tamaño y biomasa. Las tablas no consideran el alimento natural de los estanques. Esto puede derivar en sobrealimentación (si la comida natural es abundante) o subalimentación (si la comida natural es baja en abundancia). Ambos casos pueden tener consecuencias adversas (To-Pham, 2016) .

Esta práctica de alimentación tiene la ventaja de permitir una estimación en cualquier momento de la cantidad de alimento que se consume. De acuerdo con este consumo aparente, las raciones se pueden ajustar. Por supuesto. Es imposible determinar si todos los camarones tienen acceso a las bandejas, o qué alimento se está consumiendo o si solo los camarones lo sacan de las bandejas, por lo cual se llega a utilizar de 3-4 platos por hectárea, los cuales se les agrega un 20-30 % de la dieta total del día, el resto del alimento es dosificado por un boleador artesanal en una panga por toda la piscina en las zonas de alimentación que con frecuencia son las panameñas debido a que su profundidad es mayor y el camarón prefiere pasar la mayor parte del tiempo en estas áreas debido a la baja influencia de la radiación solar en estas áreas, así mantenerse fresco y lejos del alcance visual de las aves. Las dietas pueden variar entre 2, 3 y 4 por día según la experiencia del productor (Martinez et al., 1998). La utilización de los platos ayuda a tener un control del consumo del balanceado, por otra parte, cuando se quiere disminuir el margen de error se aumenta el número de platos por hectárea y se dosifica una cantidad mayor en los platos.

4.2.2.2. Alimentación con alimentadores automáticos

Las investigaciones sobre la alimentación automática para la crianza de especies con potencial económico son muy amplias en granjas de producción avícola, porcina y vacuna, todos los sistemas de alimentación llevan más de 10 años en el mercado, en algunos casos formando parte integral en los corrales o jaulas en las granjas avícolas y porcinas (Chiappe, 2010). Los sistemas autónomos tienen

en común el uso de sensores, programas de inteligencia artificial o temporizadores, algunos incluyen suministros de agua y calefacción. Se logra cubrir sus necesidades rápidamente debido al fácil acceso a la información en los cultivos terrestres (Delgado & Rosas, 2006).

Los sistemas de alimentación automática para el cultivo de especies acuáticas se originaron en el cultivo de peces por medio de la inteligencia artificial la cual procesa imágenes en tiempo real y responde según la necesidad del estanque, un método bastante sencillo debido a que el alimento artificial para peces flota, por lo tanto, facilita la obtención de alimentación (Lujan-Corro, 2018), estos sistemas interpretan imágenes y generan una respuesta, cuando el estanque se encuentra claro debido a la ausencia de balanceado el alimentador suministra una dieta según la densidad del cultivo, pero si procesa imágenes donde se detecta alimento el sistema dosifica una cantidad mínima o simplemente no dosifica. Por otra parte, los sistemas de alimentación automática para camarón no llevan más de 7 años y ya se han establecido diferentes marcas ofertando sus servicios como APACROM (AQ1), BIOFEEDER, MADAN, EUROVAK, etc (Triviño-Lino & Zhunin-Muruzumbay, 2018).

4.2.2.2.1. Alimentación automática con alimentadores timer

Los alimentadores automáticos con temporizador han logrado reducir el tiempo y la energía dedicados a la alimentación al tiempo que aumentan la cantidad de tomas diarias. Los alimentadores automáticos incluyen posibilidades tales como monitoreo/recolección de datos, activación solar, temporizada, retroalimentación acústica y mucho más. Los comederos con bucles de retroalimentación automatizados tienen el potencial de alimentar a los camarones a una tasa más óptima aplicando alimento solo durante los períodos de alimentación activa. Las prácticas eficientes de manejo de alimentos son fundamentales para mejorar la producción y minimizar los impactos ambientales, como el deterioro de la calidad del agua. Los camaricultores deben monitorear la calidad del agua, de modo que

puedan observar las tendencias en los cambios de concentración y adaptar sus prácticas de manejo en consecuencia (Ullman, Rhodes, & Allen-Davis, 2019).

El sistema de alimentación para camaroneras consiste principalmente en una tolva que contenga el alimento, un motor dosificador el cual regula la cantidad de alimento a suministrar, un spinner o dosificador que arroja el alimento en un área determinada variando el halo de dosificación entre 10-20 metros de diámetro, la tarjeta madre (cerebro del equipo) la cual procesa toda la información y se mantiene en comunicación con un servidor en línea cada hora para confirmar el % de alimento a suministrar durante esa hora (Landa-Hernández, 2019). Las horas de dosificación, como también el porcentaje a suministrar por hora, el número de dosificaciones y el intervalo de tiempo entre dosificaciones, son establecidos por la gerencia de producción y los productores encargados. Los cuales pueden variar según las necesidades de la piscina, el peso promedio y la densidad de la población actual, todo según la experiencia del productor (Landa-Hernández, 2019).

Existen trabajos científicos y pruebas internas realizadas por cada empresa camaronera para determinar el costo beneficio de la alimentación automática y promover su uso en la industria sin embargo la mayor cantidad de información sobre los sistemas de alimentación son confidenciales debido que se las realizo de forma interna y jamás se publicó resultados, por otra parte los trabajos científicos como Espinoza-Almeida, (2017) y Landa-Hernández (2019) son pruebas realizadas en piscinas de producción con espejos de agua pequeños por lo cual al momento de aplicarlo en piscinas de producción con mayor espejo de agua o una mayor densidad varían por lo tanto generar información pública sobre los sistemas de alimentación automática, sobre su funcionalidad y eficiencia es muy importante para las personas que se dedican directa indirectamente al cultivo de camarón blanco.

Parte de la información proviene de las empresas que suministran balanceado desarrollando sus propios programas de alimentación automática, de esta forma ofrecer asesoría sobre su funcionamiento y manejo, junto con las empresas dedicadas a ofrecer los sistemas de alimentación automática, empresas como NICOVITA, BIOMAR Y SKRETTING diseñaron sus propias curvas y tablas de alimentación para los sistemas de alimentación automática, buscando así integrarse a la automatización de la alimentación, generando competitividad dentro del mercado y una forma de guiar a los empresarios que deciden arriesgarse con la automatización en sus sistemas de alimentación.

5. METODOLOGÍA

5.1. AREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en la comuna Engunga- provincia de Santa Elena en la camaronera “GRAMILESA” la cual está comprendida en dos sectores, el sector A “GRAMILESA” y el sector B “ENGUNGAMAR” ambas son parte de la Corporación Lanec, conforman un espejo de agua de 830 ha. El Sector A para las piscinas con alimentación automática (48 piscinas de producción) y el sector B para la alimentación tradicional (26 piscinas de producción) Figura 3. El hectareaje varía entre 6 a 17 ha. Los periodos de producción y engorde entre piscinas se monitorearon a lo largo de septiembre de 2020 hasta febrero de 2021, teniendo cinco meses de monitoreo.

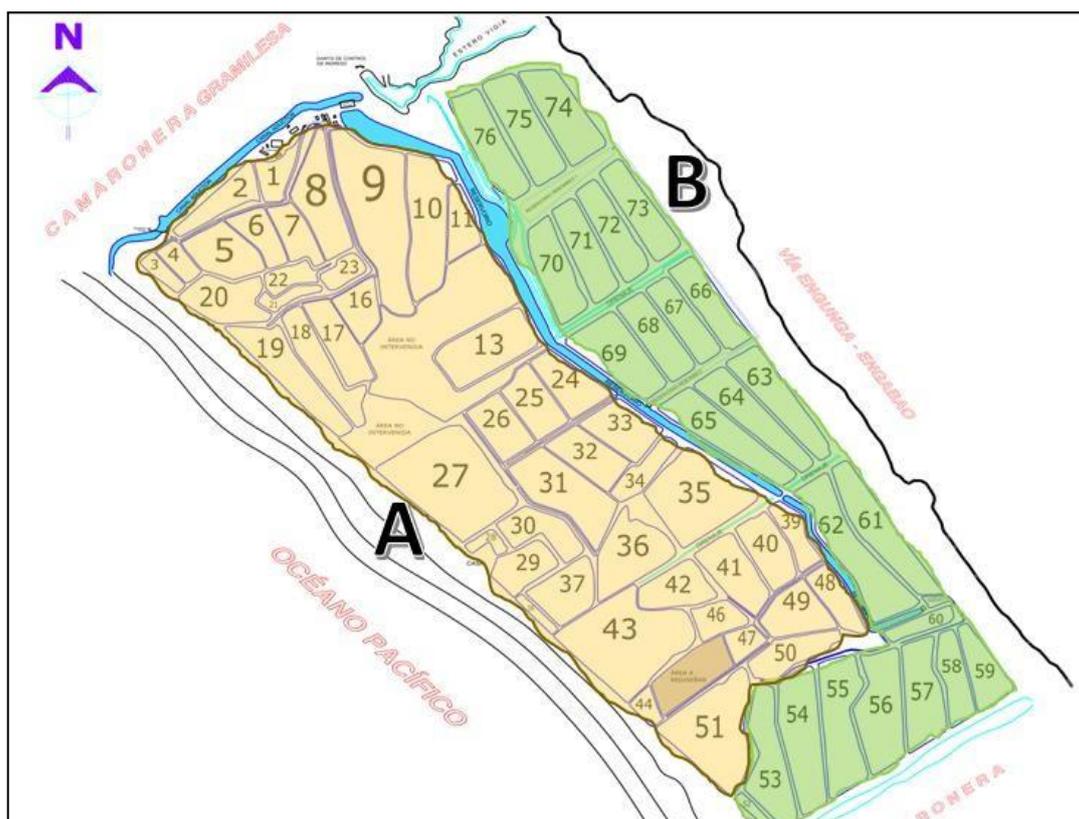


Figura.2. Distribución de la camaronera “Gramilesa” ubicada en la provincia de Santa Elena en la comuna Engunga delimitada en dos sectores el A de color anaranjado y sector B de color verde

Fuente: Corporación Lanec camaronera Gramilesa, 2021.

5.2. MÉTODO EXPERIMENTAL

5.2.1. Pre-crías y transferencia a las piscinas de engorde

El cultivo de camarón para el engorde inicia desde la obtención de la larva, su cuidado en las piscinas de pre-cría y posteriormente la transferencia en las piscinas de engorde donde el fin es aumentar su crecimiento en el menor tiempo posible.

La obtención de las larvas se la realizó por medio de la compra en los laboratorios de producción de semilla, en el presente trabajo se obtuvo larvas de diferentes laboratorios tales como; BIOGEMAR, TEXCUMAR y OMARSA. Las cuales llegaron a la camaronera por medio de tanqueros equipados con tanques de oxígeno, alimento, un parametrista y un biólogo de producción, los cuales monitorearon el traslado. Unos días antes y durante el viaje se realizaron ajustes tanto en la temperatura y salinidad todo esto de acuerdo al requerimiento de la camaronera los cuales fueron de 28 °C y una salinidad de 15ppt. Previo a la siembra se preparó las piscinas usadas como pre-crías, las cuales se les aplicó una fertilización de fitoplancton para promover el aumento de la comunidad de zooplancton, además de proporcionar bacterias probióticas a una densidad de 80.000-120.000 cel/ml.

El traslado de la larva del tanquero a la piscina se realizó con una combinación y mezcla del agua del tanquero y el agua de la piscina, estos periodos duraron entre una o dos horas. Las densidades de siembra en las pre-crías fueron de 1'000.000 a 1'500.000 org/ha. Los organismos llegan con un peso promedio de 130 a 160 org/g y se realizó la transferencia a las piscinas de engorde después de 15 a 20 días, cuando los organismos tuvieron pesos promedio de 0.40 – 0.60 g, es preferible realizar las transferencias antes de que los organismos tengan un gramo como peso promedio debido a que el proceso de transferencia puede

generar daños físicos en los organismos por la manipulación manual y disminuir la sobrevivencia.

El proceso de transferencia se realizó por medio de tanqueros provistos de oxígeno y una concentración de vitamina C al 5ppt para disminuir el estrés producto de la manipulación física. La transferencia se realiza con el uso de un bolso cerrado, por el cual se captó a los animales, se los peso y se tomó varias muestras para determinar un peso promedio. Así se estimó la densidad total que se sembró en las piscinas de engorde. Las densidades de siembra fueron de 130.000 – 140.000 org/Ha.

5.2.2. Muestras biológicas

La investigación empezó a considerar dentro de los análisis a todas las piscinas cuando los pesos promedios eran iguales o mayores a 2 g. Esto debido a que los sistemas de alimentación automática empezaron a utilizarse a partir de ese peso. La razón es que los equipos no pueden distribuir un alimento artificial inferior a 1.6mm del tamaño del pellet, por lo tanto, en ambos tipos de alimentación se consideraron sus valores productivos a partir de este peso promedio.

5.2.3. Sujetos de investigación

Tabla 1. Sujetos de investigación en la alimentación automática. Identifica las piscinas utilizadas con los alimentadores automáticos tanto su número de equipos como las hectáreas.
Fuente: Gramilesa S.A, 2021 **Elaborado por:** Alvarez, 2021

ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICA					
Piscina	Nº de equipos	Hectáreas	Piscina	Nº de equipos	Hectáreas
2	7	4,50	35	14	13,10
3	2	1,50	40	9	6,00
4	3	1,90	41	10	6,50

6	5	3,70	42	8	5,30
7	6	3,90	43	25	18,20
11	6	3,70	44	9	6,00
13	14	9,20	45	8	5,50
14	6	6,00	46	7	3,00
15	4	2,70	47	3	2,00
16	6	3,90	48	8	5,20
17	8	5,60	49	8	5,60
23	4	2,00	50	7	4,90
24	4	2,00	51	16	13,90
25	5	5,40	12	10	8,00
26	5	5,10	1	4	3,70
27	9	18,90	5	8	6,20
28	2	1,10	8	13	8,30
29	5	4,50	9	27	18,30
30	6	5,00	10	12	11,10
31	15	10,30	18	9	6,20
32	6	5,70	19	11	8,60
33	6	5,90	20	10	6,50
34	4	3,30	21	2	1,40
36	14	8,60	22	3	2,30

Tabla 2. Sujetos de investigación en la alimentación tradicional. Identifica las piscinas utilizadas con la alimentación al boleó y el número de platos utilizados para adicionar el alimento.
Fuente: Gramilesa S.A, 2021 **Elaborado por:** Alvarez, 2021

ALIMENTACIÓN TRADICIONAL		
Piscina	Nº de platos	Hectáreas
74	32	8,10
75	34	8,40
76	31	7,70
73	26	6,50
72	25	6,20
71	25	6,30
70	27	6,70
66	24	6,00
67	20	5,10
68	24	6,00
69	34	8,50
63	35	8,80
64	30	7,60

65	30	7,60
62	45	11,30
61	36	9,00
60	16	4,00
59	19	4,80
58	18	4,60
57	31	7,70
56	39	9,70
55	40	10,00
54	41	10,30
53	34	8,60
52	4	1,00
67	20	5,10
73	26	6,50

5.2.4. Alimentación artesanal o tradicional

La alimentación tradicional se distribuye el 100% de la dosis diaria en dos dietas en el día, la primera dosis es de 9:00 am-11:00 am donde se aplica un 60% de la dosificación, la segunda dosis es de 2:00-4:00 pm aplicando el 40% de la dieta. En la dosificación de la mañana se aplica un 20% de dieta en los platos muestreadores los cuales se encuentran distribuidos de forma homogénea siguiendo patrones de formas cuadradas o lineales para su colocación, se utilizan 4 platos muestreadores por hectárea para verificar el consumo de alimento en la tarde antes de la segunda dieta, el arrastre se realiza en la mañana antes de suministrar la primera dosis.

El alimento suministrado fue Exia Prime 35% (1.6mm) de 2 a 8 g de peso promedio mientras que; mayor a 8 g hasta la cosecha se suministró Exia prime 32% (2.4mm).

5.2.5. Alimentación automática modalidad Timer

La alimentación automática temporizada en modalidad TIMER consistió en la utilización de equipos compuestos (marca biofeeder) Figura 4 por una tolva

(recipiente donde se inserta el balanceado), un motor dosificador (el regulador de las cantidades de balanceado), un spinner (dosificador de balanceado) el rango de dispersión del equipo varía entre 10 a 20 metros de diámetro, un chasis (cuerpo metálico que sostiene y da estabilidad a la tolva), boyas y un muerto anclado al fondo para asegurarlos, además un plato muestreador a una distancia de ocho metros, para supervisar el consumo de alimento en la tarde. Los arrastres se realizan alrededor de los equipos automáticos y antes de suministrar el alimento a la tolva.



Figura.3. Equipo de alimentación automática.
Fuente: Gramilesa S.A, 2021

La alimentación automática inicia cuando los organismos tienen 2 g aproximadamente, debido al tamaño del pellet suministrado. Se colocó los alimentadores automáticos a una relación de 1.5 alimentadores por hectárea. La alimentación automática consiste en la utilización de tres curvas diferentes durante la producción, las cuales varían en función del peso promedio, los equipos se mantienen en comunicación constante con la plataforma para verificar las curvas. Sin embargo, todas las curvas empiezan la alimentación

10H00. Para dar inicio a la alimentación automática se consideran las curvas en función al peso promedio de los organismos.

Curva de alimentación inicial (Grafico 1), la dosificación tiene una duración de 10 horas con un total de 60 dosificaciones diarias, con una frecuencia de alimentación de 6 dosis por hora, la dosificación más intensa es a partir de las 14H00 hasta las 18H00 donde se entrega el 44% de la dieta total. Esta curva se utiliza a partir de los 2 g hasta los 8 g como peso promedio.

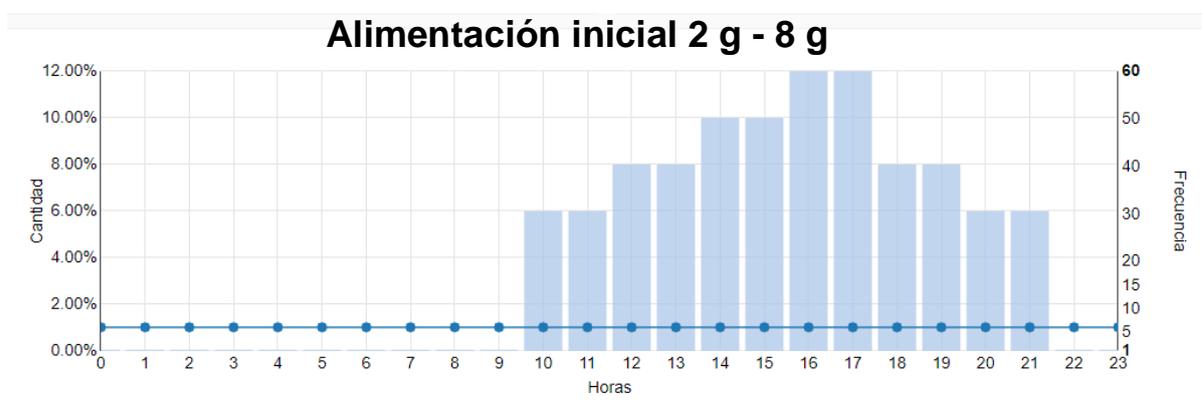


Gráfico 1. Curva de alimentación inicial
Elaboración: Alvarez, 2021. **Fuente:** GRAMILESA S.A, 2021

Curva de peso intermedio Grafico 2, la dosificación tiene una duración de 12 h con un total de 72 dosificaciones diarias, con una frecuencia de alimentación de 6 dosis/h, la dosificación más intensa es a partir de la 13H00 hasta las 16H00 donde se entrega el 30% de la dieta total. Esta curva se utiliza a partir de los 8 g hasta los 16 g como peso promedio.

Alimentación intermedia 8 g - 16 g

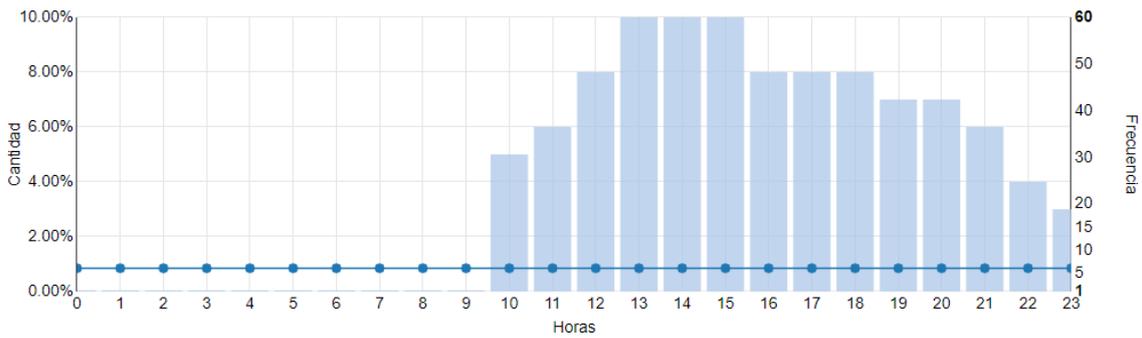


Gráfico 2. Curva de alimentación media
Elaboración: Alvarez, 2021. **Fuente:** GRAMILESA S.A, 2021

Curva final, la dosificación tiene una duración de 14 horas con un total de 84 dosificaciones diarias, con una frecuencia de alimentación de 6 dosis/h, la dosificación más intensa es a partir de la 13H00 hasta las 18H00 donde se entrega el 46% de la dieta total. Esta curva se utiliza a partir de los 16 g como peso promedio hasta finalizar el cultivo.

Alimentación intermedia 16 g – cosecha

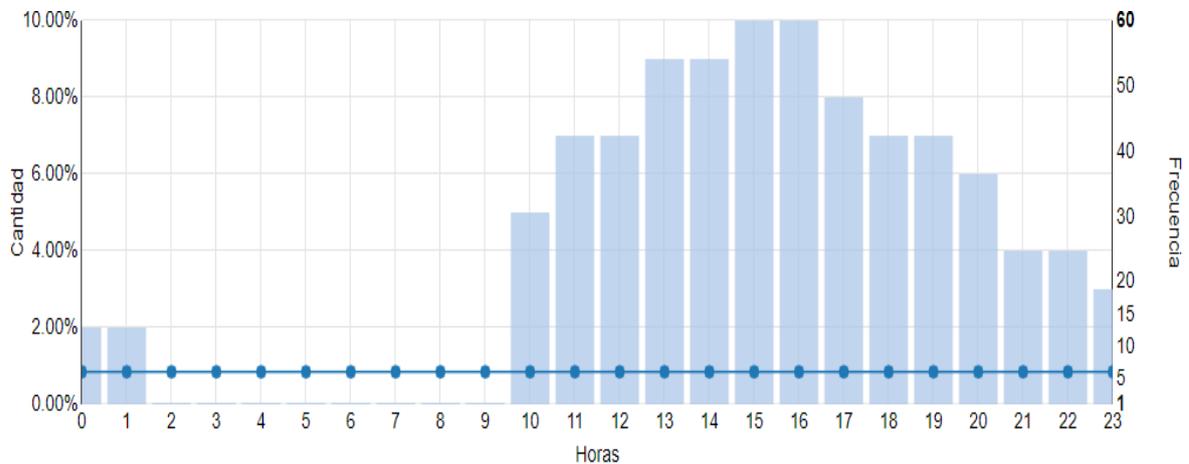


Gráfico 3. Curva de alimentación final
Elaboración: Alvarez, 2021. **Fuente:** GRAMILESA S.A, 2021

Los equipos se controlan directamente con la plataforma, donde se realizan los ajustes de alimentación tales como: Cantidad de alimento diaria, tipo de alimento (tamaño del pellet), la inclusión o exclusión de equipos operativos en la piscina.

5.2.6. Métodos de verificación de consumo del alimento

En ambos tipos de alimentación se realizan arrastres en los fondos para obtener información sobre el consumo del alimento y sobrantes en el suelo, además de resguardar la zona de alimentación y realizar cambios cuando los residuos de materia orgánica hayan degenerado el suelo de la zona de alimentación. También se realizan lecturas de platos muestreadores, otro método de inspección para generar información sobre el consumo de alimento y ajustar la alimentación. La alimentación varía en función al porcentaje de sobrevivencia y el crecimiento semanal registrados, estos métodos de supervisión del consumo del alimento ayudan a recolectar información sobre el estado físico de los alimentadores automáticos, entre otras variables.

5.2.6.1. Arrastres con triángulo

El arrastre consiste en la utilización de un triángulo metálico recubierto por mallas atado a un cabo. Se arroja al fondo de la piscina, y se lo arrastra con la canoa alrededor de la zona de alimentación, se lo recoge y se examina para verificar la presencia o ausencia de sobrantes, además de revisar el estado actual del suelo y si existe la presencia de mejillón u otros organismos que puedan afectar al cultivo. El arrastre se realiza en la mañana antes de dosificar el alimento en las tolvas o antes de realizar el boleo del alimento.

5.2.6.2. Revisión de platos muestreadores

La revisión de platos se la realiza en la tarde, en el caso de la alimentación tradicional antes de suministrar la segunda dosis, por otra parte, en la alimentación automática se lo efectuó a las 15:00 H. En la alimentación tradicional se le había proporcionado un 20 % de la dieta en la mañana por lo tanto se revisa cuanto de esto fue consumido, la alimentación automática se

colocó los platos a 5 metros del equipo para que recolecte el alimento que arroja el equipo.

Ambos métodos de verificación ayudaron a comprender el nivel de consumo del alimento y definir los ajustes de la dieta de forma diaria.

5.2.7. Prueba de hipótesis T-Student

Para determinar si las pruebas realizadas diferían significativamente se realizó un análisis T-Student para medias de dos muestras independientes con un intervalo de confianza de 95% y un valor de $p < 0,05$ utilizando el software Minitab 19.2.0.

Cuando se realizan las comparaciones en los sistemas de alimentación se debe minimizar las variables externas que puedan perjudicar el crecimiento de los organismos por lo tanto se monitorea las piscinas cada 6 horas con la finalidad de mantener los sistemas lo más homogéneos, tanto en su balance iónico y oxígeno disuelto, no se consideró dentro de la investigación aquellas piscinas que tuvieron problemas de oxígeno repetidas veces en un mismo periodo de producción.

6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Los resultados obtenidos provienen de cultivos semi-intensivos de la camaronera GRAMILESA durante septiembre de 2020 hasta febrero de 2021, denotando que los días de cultivo no varían significativamente debido a la capacidad de cosecha de la camaronera, lo cual ayuda a normalizar los promedios obtenidos. Se utilizó los índices de producción más importantes para obtener el costo/beneficio de las piscinas acuícolas; determinándose el sistema de alimentación más eficiente.

6.1. Determinación de índices productivos

6.1.1. Pesos promedios

El peso promedio de cosecha para las piscinas con alimentación automática fue de 20,27 g mientras que el peso promedio de la alimentación tradicional fue de 19,48 g. La alimentación automática obtuvo un resultado superior por 0,79 g al peso promedio obtenido en las piscinas con alimentación tradicional.



Gráfico 4. Pesos promedios de toda la corrida de las piscinas con alimentación automática vs piscinas con alimentación tradicional.

Elaboración: Alvarez, 2021. **Fuente:** GRAMILESA S.A, 2021.

6.1.2. Promedio de las Lb/ha obtenidas

El promedio de las Lb/Ha en las piscinas con alimentación automática fue de 6030 Lb/Ha mientras que para la alimentación tradicional fue de 5547 Lb/Ha. Teniendo una diferencia promedio de 483 Lb/Ha más en la alimentación automática

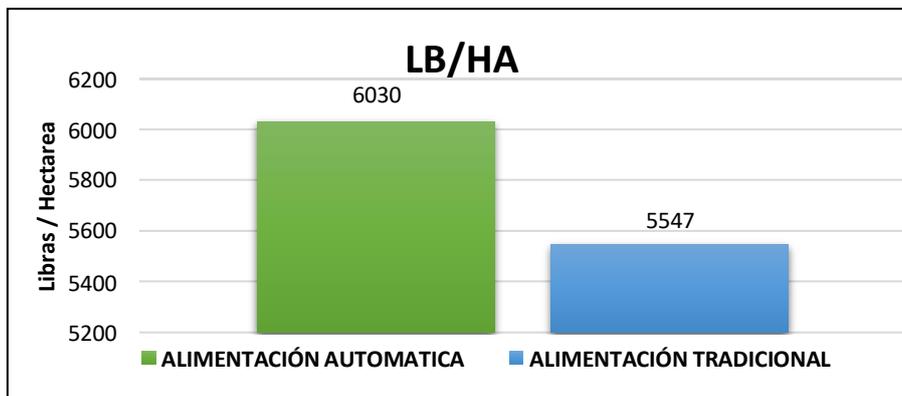


Gráfico 5. Libras por hectárea promedios obtenidos de toda la corrida de las piscinas con alimentación automática vs piscinas con alimentación tradicional.
Elaboración: Alvarez, 2021. **Fuente:** GRAMILESA S.A, 2021

6.1.3. Supervivencia promedio obtenida

La supervivencia promedio obtenida fue de 73,6% para las piscinas con alimentación automática mientras que la alimentación tradicional fue de 65,5%. Resultando 8,1% de supervivencia más alta en la alimentación automática con respecto a la alimentación tradicional

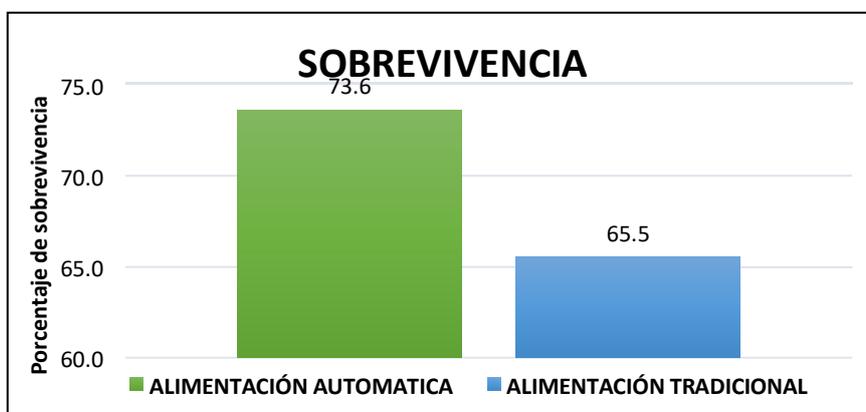


Gráfico 6. Porcentajes de supervivencia promedios obtenidos de toda la corrida de las piscinas con alimentación automática vs piscinas con alimentación tradicional.
Elaboración: Alvarez, 2021. **Fuente:** GRAMILESA S.A, 2021

6.1.4. Incremento semanal promedio

Las piscinas con alimentación automática tuvieron un incremento semanal promedio de 1,29 g por semana mientras que la alimentación tradicional obtuvo un incremento semanal de 1,20 g. Resultando una diferencia positiva para la alimentación automática de 0,9 g por semana.

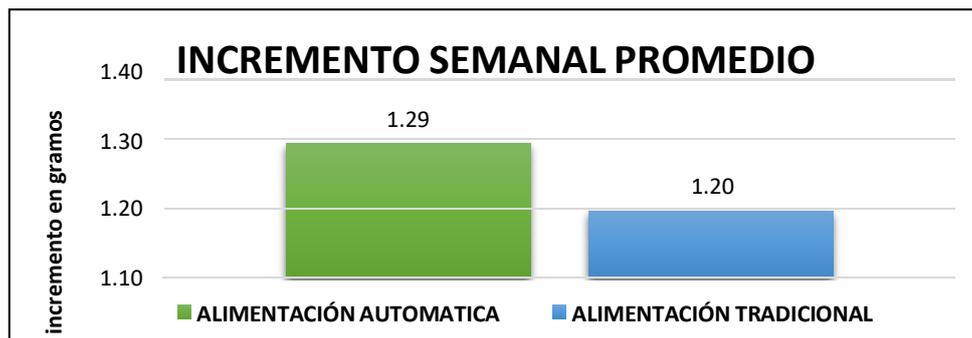


Gráfico 7. Incrementos semanales promedios obtenidos de toda la corrida de las piscinas con alimentación automática vs piscinas con alimentación tradicional.

Elaboración: Alvarez, 2021. **Fuente:** GRAMILESA S.A, 2021

6.1.5. Factor de conversión alimenticia promedio

El factor de conversión alimenticia para las piscinas con alimentación automática fue de 1,88 para producir 1 kg de biomasa, mientras que se necesitó 2,39 para producir 1kg de biomasa con la alimentación tradicional. Resultando que se necesita 0,51 kg menos de alimento para producir la misma cantidad de biomasa en la alimentación automática.

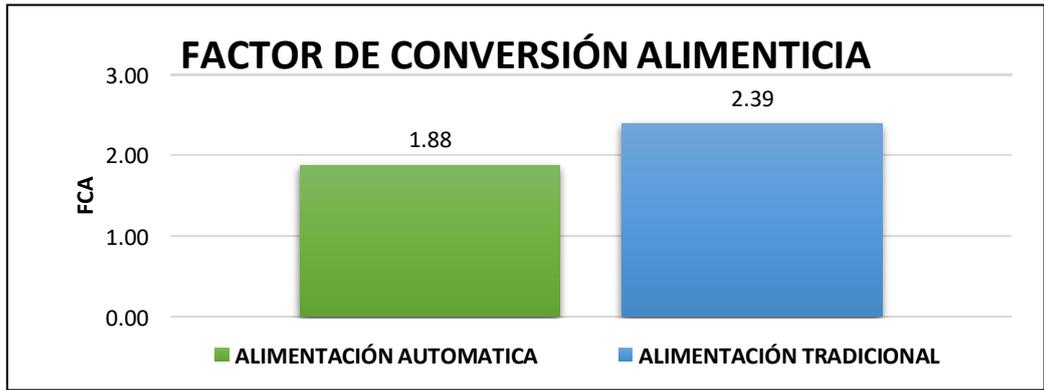


Gráfico 8. Factores de conversión alimenticia promedios obtenidos de toda la corrida de las piscinas con alimentación automática vs piscinas con alimentación tradicional.
Elaboración: Alvarez, 2021. **Fuente:** GRAMILESA S.A, 2021

6.2. Prueba de hipótesis T-Student

Los análisis T-Student indicaron que no existen diferencias significativas en los pesos promedios y las Libras/ha. No obstante, se evidencia que existen diferencias significativas entre el factor de conversión alimenticia, incremento promedio semanal y las sobrevivencias de ambos grupos. Es decir que los tratamientos con alimentadores automáticos obtuvieron un menor FCA, incremento promedio semanal y mayor sobrevivencia que las pruebas con alimentación tradicional como se muestra en la Tabla 3; donde Pm: Peso promedio, FCA: Factor de Conversión Alimenticia, %S: Porcentaje de sobrevivencia, LH: Libras/Ha, InSe: Incremento por semana, 1: alimentación con alimentadores automáticos, 2: alimentación tradicional

Tabla 3. Prueba T-Student para medias de dos muestras independientes de los índices productivos entre la alimentación automática y alimentación tradicional.
Elaboración: Alvarez, 2021. **Fuente:** GRAMILESA S.A, 2021

Variable analizada	Estadístico T	P(T<=t) dos colas
$Pm_a = Pm_t$	1.30956919	± 2.00664681
$FCA_a = FCA_t$	-5.6344203	± 2.00664681
$\%S1_a = \%S_t$	2.57254995	± 2.00664681
$LH_a = LH_t$	1.609354979	± 2.006646805

* a: alimentación automática; t: alimentación tradicional

6.3. Discusión de resultados

Se han realizado diferentes pruebas, investigaciones y análisis de datos para determinar cuáles son los indicadores e índices óptimos para determinar un mejor rendimiento en la producción. De acuerdo a los datos obtenidos en el presente trabajo podemos acotar que la alimentación automática supero a la alimentación tradicional en aspectos tales como un mejor FCA infiriendo de esto que se necesita una menor cantidad de alimento balanceado para obtener 1 kg de biomasa de camarón esto contribuye a la disminución de costos en la compra de balanceado a su vez la alimentación automática demostró tener una mayor sobrevivencia en todo el periodo de cultivo debido a que racionaliza mejor el alimento, logrando alimentar a un mayor número de individuos lo que se traduce en un mejor estado de salud, disminuyendo las mortalidades del sistema de cultivo. Otro aspecto importante donde se encontró diferencias significativas fue el incremento semanal, acelerando las velocidades de crecimiento y disminuyendo los periodos de cultivo, evitando consumir más insumos de campo, durante un tiempo más prolongado de cultivo.

Dentro de la producción intensiva del camarón se puede agregar que las diferencias obtenidas en las libras por hectárea de cultivo aumentan su margen en conjunto con las hectáreas sembradas. Esto debido a que cuando se calcula esta diferencia por el espejo de agua de producción, se obtiene una diferencia mayor, brindando una mayor oferta en la misa unidad de tiempo y poder cubrir demandas mayores en los mercados. Este aspecto promueve el desarrollo sustentable de la industria, haciendo posible aumentar la producción sin aumentar las hectáreas requeridas para la producción, lo que favorece el medio ambiente.

Los datos obtenidos en la presente investigación se asemejan a trabajos como Espinoza-Almeida, 2017, donde destacan que el uso de alimentadores automáticos aumenta la producción, ya que sus resultados demostraban en todos los casos una mayor sobrevivencia y un menor FCA donde estimaba ganancias en la utilidad día/Ha mayor al 30%, donde también se destacó la importancia de generar información pública sobre el uso de alimentadores automáticos, todas las investigaciones realizadas con anterioridad determinan por medio de los índices productivos un mayor rendimiento, sin embargo las pruebas realizadas fueron exclusivamente considerando los índices, sin realizar comparaciones estadísticas, donde se determina si la diferencia que existe es significativa, por lo tanto la presente investigación determina que los valores que definen un mayor rendimiento en los métodos de alimentación son el FCA, incremento semanal promedio y sobrevivencia. Se debe destacar que estos valores se relacionan entre sí, ya que para obtener el FCA final se necesita obtener la sobrevivencia real. El incremento semanal promedio nos demuestra que se pueden acortar los tiempos de producción gracias al aumento en la velocidad de crecimiento de los individuos.

La alimentación automática puede elevar la productividad y mantener la calidad del camarón ecuatoriano. Se obtuvieron resultados favorables para la alimentación automática optimizando el uso del alimento balanceado disminuyendo los días de cultivo y manteniendo un buen porcentaje de sobrevivencia lo que se traduce en un sistema de alimentación más eficiente.

7. CONCLUSIONES

- Se obtuvo diferencias significativas en los valores de sobrevivencia, se evidencia una mayor sobrevivencia en los sistemas de cultivo que utilizaron los métodos de alimentación automática.
- Las libras obtenidas por hectárea cultivada no presentan diferencias significativas sin embargo en los pesos promedio si existe una diferencia, obteniendo pesos promedios mayores en la alimentación automática resultando en mejores precios en el mercado.
- En la evaluación de los dos sistemas de alimentación, se obtuvo un factor de conversión alimenticia superior en la alimentación automática.
- La alimentación automática supero en todos los aspectos productivos a la alimentación tradicional. Los valores de incremento semanal promedio nos indica que se puede aumentar las velocidades de crecimiento sin aumentar la cantidad de alimento suministrado, lo que permite un mayor número de corridas por año.
- Los arrastres indican que la alimentación automática aporta una menor cantidad de materia orgánica en el suelo, preservando la salud del suelo sin alterar su composición y evitando la lixiviación, mientras que la alimentación tradicional al adicionar grandes cantidades de alimento al suelo producen una mayor degradación presentando colores oscuros y la mayoría de los casos se registró balanceado viejo y descompuesto.
- Los mejores rendimientos se obtuvieron de la alimentación automática brindando un uso más eficiente del balanceado evitando el deterioro de sus valores nutricionales. La racionalización y el incremento en el número de dosificaciones aumentan el rango de disponibilidad de un alimento sin lixiviación en los periodos de cultivo, distribuyendo el alimento a gran parte de la población existente

8. RECOMENDACIONES

- Realizar futuros trabajos aumentando el número de alimentadores por hectárea, además de probar diferentes formas para distribuirlos, para cubrir más área de la piscina.
- Se recomienda realizar análisis de agua y suelo para determinar la diferencia porcentual en la composición de materia orgánica y otros elementos tales como; nitritos, nitratos, fosfatos y compuestos nitrogenados que son los indicadores químicos del estado de salud de los suelos y agua.
- Se recomienda comparar los crecimientos promedios y valores de factor de conversión alimenticia con diferentes marcas de alimentación automática para determinar si existen diferencias significativas entre los tipos de alimentación automática que se ofertan en el mercado.

9. ANEXOS



Anexo 1. Colocación de equipos, por medio del uso de mueritos de 35kg atados por un cabo a la base del chasis de los alimentadores automáticos.

Fuente: GRAMILESA S.A, 2021

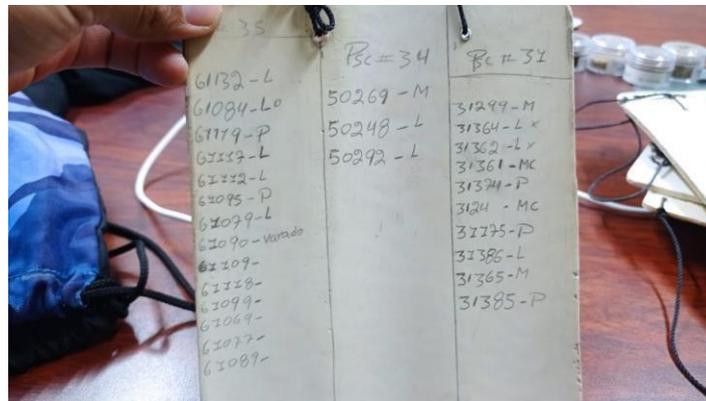


Anexo 2. Colocación de equipos y platos muestreadores en la piscina 16 y diseño de formas en las zonas de alimentación.

Fuente: GRAMILESA S.A, 2021



Anexo 3. Toma de muestra de la piscina 22 para determinar su peso promedio.
Fuente: GRAMILESA S.A, 2021



Anexo 4. Tabla de PVC utilizada por el alimentador para anotar los datos obtenidos en los arrastres y revisión de platos muestreadores.
Fuente: GRAMILESA S.A, 2021



Anexo 5. Acercamiento entre equipos y fallas en la zona de alimentación en la piscina 50.
Fuente: GRAMILESA S.A, 2021



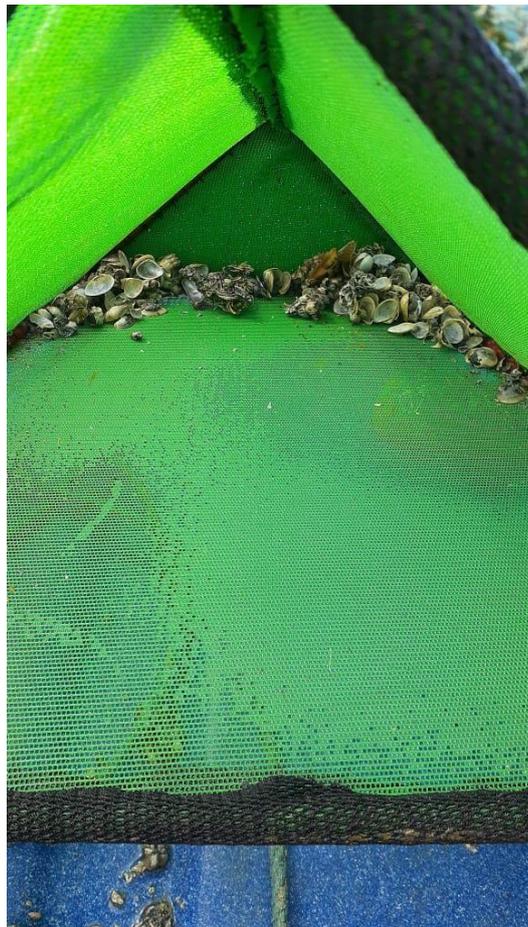
Anexo 6. Tolva abastecida en la mañana del 15 de enero del 2021 en la piscina 2.
Fuente: GRAMILESA S.A, 2021



Anexo 7. Limpieza y revisión física de los equipos de alimentación automática de la piscina 72.
Fuente: GRAMILESA S.A, 2021



Anexo 8. Revisión de platos muestreadores de la piscina 37, alimentación tradicional, sin restos de balanceado.
Fuente: GRAMILESA S.A, 2021



Anexo 8. Revisión del triángulo de arrastre de la piscina 72, se observa presencia de mejillón muerto y sin rastros de lodo en mal estado.
Fuente: GRAMILESA S.A, 2021

Tabla 4. Sujetos de investigación en la alimentación automática. Identifica las piscinas utilizadas con los alimentadores automáticos y sus valores promedios de los índices productivos durante toda la corrida. **Elaboración:** Alvarez, 2021. **Fuente:** GRAMILESA S.A, 2021

ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICA						
Piscina	Libras/Ha	Peso	Inc. Semanal	Sobrevivencia	FCA	Dias
2	6953	20,30	1,28	86,5	1,70	114
3	5573	20,19	1,54	73,7	1,61	97
4	6311	21,85	1,71	83,8	1,73	119
6	6472	21,98	1,78	80,1	1,78	126
7	5948	19,09	1,60	76,6	1,76	100
11	6866	22,53	1,40	77,7	1,99	129
13	5834	21,19	1,50	83,9	1,71	116
14	6252	22,57	1,60	69,1	1,75	127
15	6015	18,64	1,35	79,7	1,67	108
16	6656	18,51	1,19	77,3	1,89	113
17	6933	21,83	1,39	76,0	1,75	124
23	5317	18,48	1,58	70,3	1,79	113
24	7154	25,57	1,21	70,3	2,03	158
25	6012	19,07	1,10	79,5	1,92	133
26	5614	21,40	1,41	66,8	1,92	119
27	7284	20,26	1,17	93,1	1,84	138
28	4994	17,98	1,15	73,0	1,94	115
29	7963	21,46	1,76	80,9	1,54	158
30	6895	23,65	1,38	72,6	2,03	154
31	6385	19,92	1,23	80,8	1,79	130
32	5582	18,42	1,15	97,5	1,76	132
33	6254	26,62	1,47	60,0	1,85	152
34	7272	23,47	1,24	77,1	2,15	157
35	4688	18,60	1,19	68,7	1,98	112
40	7284	22,24	1,07	74,3	2,09	156
41	5708	23,33	1,36	69,4	1,80	135
42	6545	20,27	1,13	72,0	1,96	133
43	6106	21,13	1,30	71,9	1,95	124
44	6837	20,28	1,16	71,0	1,95	127
45	7144	17,98	0,95	90,2	1,97	139
46	5856	22,12	1,12	64,2	1,98	135
47	4259	21,86	1,76	53,0	1,83	90
48	6446	21,66	1,14	68,8	1,82	157
49	7706	20,45	1,15	85,4	1,85	152
50	5764	16,63	1,18	78,5	1,64	103
51	6476	20,69	1,11	68,4	1,89	135
12	4765	19,19	1,29	67,1	1,98	113
1	6743	18,29	1,04	83,3	1,85	127
5	5430	25,44	1,29	52,7	1,98	145
8	4922	18,23	1,16	62,8	1,98	116

9	4461	20,69	1,27	60,1	2,11	125
10	5617	18,03	1,11	76,5	1,89	139
18	4363	20,36	1,30	50,4	1,99	118
19	6385	16,16	1,50	87,7	1,82	112
20	5673	15,57	1,15	77,0	1,83	98
21	4556	16,08	1,01	67,2	1,96	118
22	4370	14,52	1,06	74,9	1,97	121
36	4806	18,18	1,10	52,9	2,05	127
PROM.	6030	20,27	1,29	73,6	1,88	127

Tabla 5. Sujetos de investigación en la alimentación tradicional. Identifica las piscinas utilizadas con la alimentación al boleó y platos más sus valores promedios de los índices productivos durante toda la corrida. **Elaboración:** Alvarez, 2021. **Fuente:** GRAMILESA S.A, 2021

ALIMENTACIÓN TRADICIONAL						
Piscina	Libras/Ha	Peso	Inc. Semanal	Sobrevivencia	FCA	Dias
74	4922	21,94	1,27	69,0	2,42	126
75	4943	21,02	1,21	64,0	2,59	127
76	4809	22,1	1,55	51,9	2,22	106
73	4873	21,43	1,50	56,0	2,05	105
72	5023	18,03	1,15	61,5	3,04	118
71	4484	15,07	0,96	66,7	2,85	120
70	3275	20,93	1,59	43,7	2,46	99
66	3488	22,11	1,58	48,3	2,03	103
67	3809	20,52	1,47	52,3	2,35	116
68	4461	20,69	1,27	60,1	2,33	125
69	4040	21,4	1,29	46,2	3,05	124
63	6106	21,13	1,30	71,9	1,95	124
64	4138	20,99	1,36	52,5	1,94	122
65	4395	16,62	1,06	57,0	3,18	135
62	6142	15,5	0,86	95,7	2,29	151
61	6350	17,88	1,01	43,1	3,55	124
60	8991	22,05	1,22	68,4	2,72	136
59	6638	14,22	0,97	88,3	2,02	108
58	7942	23,32	1,21	58,2	2,98	158
57	5903	17,59	1,00	84,8	2,09	135
56	6520	21,49	1,17	73,3	2,07	138
55	6223	17,18	0,95	91,3	2,11	132
54	6530	18,56	1,11	77,6	1,74	121
53	7008	20,8	1,14	77,9	2,05	135
52	5940	18,17	0,99	73,3	2,01	133
67	6614	18,85	1,05	81,5	1,98	130
73	6189	16,31	1,05	55,3	2,43	134
PROM.	5547	19,48	1,20	65,5	2,39	125

10. BIBLIOGRAFÍA.

- Aguilar Siguenza, D. A. (2018). Control de buenas prácticas de manejo de los insumos en el cultivo semi intensivo de *litopenaeus vannamei*.
- Arias Dominguez, E. (2019). Analisis de las exportaciones de camaron antes y despues de la forma del acuerdo multipartes entre Ecuador y la Union Europea. *Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana*, 3. <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/03/exportaciones-camaron.html>
- CABI. (2019). *Litopenaeus vannamei (whiteleg shrimp)*. CABI. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/71097>
- Carvalho, E. A., & Nunes, A. J. P. (2006). Effects of feeding frequency on feed leaching loss and grow-out patterns of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* fed under a diurnal feeding regime in pond enclosures. *Aquaculture*, 252(2–4), 494–502. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.07.013>
- Chiappe, G. (2010). *Pautas de manejo para crianza de pollos parrilleros : análisis de un caso bajo condiciones reales de producción en galpones con sistema manual y automático de alimentación* [Pontificia Universidad Católica Argentina]. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/413/1/doc.pdf>
- Dall, W., Hill, B. J., Rothlisberg, P. C., & Sharples, D. J. (1990). The biology of the Penaeidae. *Advances in Marine Biology*, 27, 470–489. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19910192312>
- De Silva, S. (1989). *Reducing feed cost in semi-intensive aquaculture systems in the tropics*. Naga: The ICLARM Quarterly. http://pubs.iclarm.net/Naga/na_2683.pdf
- Delgado-Rosas, I. (2006). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN INDIVIDUAL AUTOMÁTICA, CON ALIMENTO PELETIZADO, PARA TERNEROS DE RECRÍA* [Universidad Austral de Chile].

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd352d/sources/bmfcd352d.pdf>

- Dugassa, H., & Gaetan, D. G. (2018). Biology of White Leg Shrimp, *Penaeus vannamei*: Review. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 10(2), 5–17. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjfms.2018.05.17>
- Engle, C. R., McNevin, A., Racine, P., Boyd, C. E., Paungkaew, D., Viriyatum, R., Tinh, H. Q., & Minh, H. N. (2017). Economics of Sustainable Intensification of Aquaculture: Evidence from Shrimp Farms in Vietnam and Thailand. *Journal of the World Aquaculture Society*, 48(2), 227–239. <https://doi.org/10.1111/jwas.12423>
- Espinoza-Almeida, S. (2017). *La Producción de Camarón , Análisis de Rentabilidad del Sistema Semi-Intensivo entre Alimentación Tradicional y Alimentación Automática* [Universidad de Guayaquil]. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/21673/1/TT_ESPINOZA_A_S_V.pdf
- FAO. (2019). *Cultured Aquatic Species Information Programme Penaeus vannamei (Boone, 1931)*. FAO, Fisheries and Aquaculture Department. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/en
- Jescovitch, L. N., Ullman, C., Rhodes, M., & Allen-Davis, D. (2018). Effects of different feed management treatments on water quality for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*, 49(1), 526–531. <https://doi.org/10.1111/are.13483>
- Jorry, D. E. (2016). *The proper management of commercial shrimp feeds, part 2*. Global Aquaculture Alliance. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/the-proper-management-of-commercial-shrimp-feeds-part-2/>
- Haslun, JA, Correia, E., Strychar, K., Morris, T. y Samocha, T. (2012). Caracterización de bioflocs en un sistema superintensivo sin intercambio de agua para la producción de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* de tamaño alimenticio. *Revista Internacional de Acuicultura* , 2 (1).
- Kongkeo, H. (1997). Comparación de los sistemas de cultivo intensivo de

camarón en Indonesia, Filipinas, Taiwán y Tailandia. Investigación en acuicultura , 28 (10), 789-796.

Landa-Hernández, Á. (2019). *Comparación del rendimiento en relación Día – Peso y factor de conversión alimenticia , entre la alimentación manual y automática en el cultivo de langostino blanco “ Litopenaeus vannamei” , campaña 2018-2019 en la empresa EcoAcuícola SAC.* [Universidad Nacional de Piura]. <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2350/IPES-LAN-HER-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lujan-Corro, D. (2018). *Diseño e implementacion de un prototipo automatizado para la crianza de Oreochromis niloticus “tilapia”, mediante tecnologia arduino* [Universidad Nacional de Trujillo.]. [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11897/LUJAN-CORRO%2C David Paco.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11897/LUJAN-CORRO%2C%20David%20Paco.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Martinez-Cordova, L. R., Porchas-Cornejo, M. A., Villarreal-Colemnares, H., Calderon-Perez, J. A., & Naranjo-Paramo, J. (1998). Evaluation of three feeding strategies on the culture of white shrimp *penaeus vannamei* Boone 1931 in low water exchange ponds. *Aquacultural Engineering*, 17(1), 21–28. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(97\)00010-1](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(97)00010-1)

Mishra, JK, Samocha, TM, Patnaik, S., Speed, M., Gandy, RL y Ali, AM (2008). Realización de un sistema de cría intensivo para el camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de descarga limitada. *Ingeniería acuícola* , 38 (1), 2-15.

Pillai, S. L., & Maheswarudu, G. (2014). *Taxonomy and Biology of Cultivable Species of Shrimps , Crabs and Lobsters.*

Reis, J., Novriadi, R., Swanepoel, A., Jingping, G., Rhodes, M., & Davis, D. A. (2020). Optimizing feed automation: improving timer-feeders and on demand systems in semi-intensive pond culture of shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 519, 734759. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734759>

Reyes, J. (2018). *Sensibilidad bacteriana a agentes terapéuticos utilizados para*

- controlar problemas bacterianos en larvicultura de Penaeus (Litopenaeus) vannamei.* [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4432/1/UPSE-TBM-2018-0009.pdf>
- Smith, D. M., Burford, M. A., & Tabrett, S. J. (2002). The effect of feeding frequency on water quality and growth of the black tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 207, 125–136. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848601007578>
- Suástegui, J. M. M., Barajas, F. M., Clark, G. P., & Llamas, A. H. (1996). Cultivo de camarón *Penaeus* spp. Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur, 551.
- Tacon, A. G. J. (2002). *Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp Aquaculture.* <http://library.enaca.org/Shrimp/Case/Thematic/FinalFeed.pdf>
- To-Pham, T. (2016). *Optimization of feed management for Pacific White shrimp (Litopenaeus vannamei).* [Auburn University]. <http://etd.auburn.edu/handle/10415/5163>
- Triviño-Lino, H., & Zhunin-Muruzumbay, E. (2018). *DISEÑO DE PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ALIMENTACIÓN Y MONITOREO DE TEMPERATURA EN EL PROCESO DE CRIANZA DE LARVAS DE CAMARÓN EN ESTANQUES EMPLEANDO TECNOLOGIA GSM-GPRS* [Universidad de Guayaquil.]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/34647/1/B-CINT-PTG-N.370>
Triviño Lino Henry Fernando . Zhinin Muruzumbay Edison Raúl.pdf
- Ullman, C. (2017). *An Evaluation of Feed Management, the Use of Automatic Feeders, and Feed Leaching in the Culture of Pacific White Shrimp Litopenaeus vannamei* [Auburn University]. <http://etd.auburn.edu/handle/10415/5987>
- Ullman, C., Rhodes, M. A., & Davis, D. A. (2019). The effects of feed leaching on the growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in a green-water tank system. *Aquaculture Research*, 50(10), 3074–3077.

<https://doi.org/10.1111/are.14237>

Ullman, C., Rhodes, M., & Allen-Davis, D. (2019). Feed management and the use of automatic feeders in the pond production of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 498(August 2018), 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.040>

Ullman, C., Rhodes, M., Hanson, T., Cline, D., & Allen-Davis, D. (2018). Effects of Four Different Feeding Techniques on the Pond Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 50(1), 54–64. <https://doi.org/10.1111/jwas.12531>