ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Análisis sobre la eficiencia de diferentes métodos de dosificación de alimento en piscinas camaroneras de *Penaeus vannamei* en condiciones de cultivo Semi-intensivo

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Acuicultura

Presentado por:
Jonathan Alberto Reyna Morocho

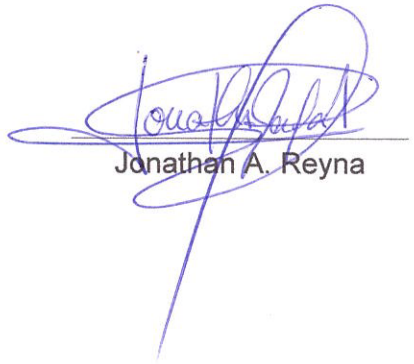
GUAYAQUIL - ECUADOR
Año: 2020

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a cada una de las personas que de manera desinteresada han decidido ayudarme, a aquellas personas que se convirtieron en pilares y ejemplo a seguir en mi vida personal y profesional en especial a Carlos O. Pallares. Y a quienes apostaron y colaboraron con su tiempo, experiencia y criterio profesional para formar este trabajo.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Jonathan Alberto Reyna Morocho* doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Jonathan A. Reyna

EVALUADORES

Adrián Marquez Montiel

PROFESOR DE LA MATERIA

Jerry Landivar Zambrano

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

A nivel global alrededor de 2.5 millones de toneladas de peces son destinados a la producción de harina de pescado la cual es utilizada como materia prima en la elaboración del alimento balanceado, cada año las especies que se utilizan para la fabricación de esta harina están desapareciendo causando un impacto negativo al medio ambiente y encareciendo los costos de fabricación, esto se ha vuelto una limitante para el crecimiento de la acuicultura sostenible por ende se debe buscar la eficiencia en el uso del alimento. Para ello se propone realizar una comparativa entre tres sistemas de alimentación tomando como base el uso de la tecnología con el fin de diseñar un protocolo del sistema más eficiente. El diseño experimental duró 16 semanas donde se escogieron 3 piscinas al azar con sus respectivas replicas y se aplicaron los diferentes sistemas, con una densidad 12 camarones/m2, se utilizaron métricas técnicas de producción y un KPI financiero, la captura de los datos se la realizo in situ con ayuda de una plataforma de administración de data de producción. El sistema que obtuvo un mejor crecimiento semanal junto con una mayor supervivencia fue el Sistema de alimentación automática con sensores de acústica, gracias a este se obtuvo una mayor rentabilidad/ha/día. logrando acortar ciclos, tener mejor calidad de suelo y agua disminuyendo en impacto al medio externo y se obtiene una mejor eficiencia del manejo del balanceado asegurando un mayor margen de ganancias a mediano plazo.

Palabras Clave: Camarón, Alimentación automática, Eficiencia, Sensor de acústica, Rentabilidad.

ABSTRACT

Globally, about 2.5 million tons of fish are destined for the production of fishmeal which is used as raw material in the production of aquaculture feed, every year the species used for the manufacture of this flour are limited causing a negative impact on the environment and making manufacturing costs more expensive, this has become a limitation for the growth of sustainable aquaculture therefore, efficiency in the management of feed must be sought.

It is proposed to make a benchmarking between three feeding systems based on the use of technology in order to design a protocol from the more efficient system. The experimental design lasted 16 weeks where 3 random ponds with their respective duplicate were chosen and the different systems were applied, with a density of 12 shrimp / m2, technical production metrics and a financial KPI were used. Data collection was done in situ with assistance of a production data management platform. The system that obtained a better weekly growth together with a greater survival was the automatic feeding system plus acoustic sensors, resulting in a higher profitability was obtained. Managing to shorten cycles, to have better quality of water diminishing in impact to the external environment and a better efficiency of the feed management is obtained assuring a greater profit margin in the medium term.

Keywords: Shrimp, Automatic feeding, Efficiency, Acoustic sensor, Profit.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES 5
RESUMEN I
ABSTRACT II
ÍNDICE GENERAL III
SIMBOLOGÍA VI
ÍNDICE DE FIGURAS VII
ÍNDICE DE TABLAS VIII
CAPÍTULO 1 1
1. Introducción 1
1.1 Descripción del problema 1
1.2 Justificación del problema 2
1.3 Objetivos 2
1.3.1 Objetivo General 2
1.3.2 Objetivos Específicos 2
1.4 Marco teórico 3
1.4.1 Producción de camarón a nivel global 3
1.4.2 Producción de cultivo en Ecuador 4
1.4.3 Tipos de cultivo en Ecuador 5
1.4.4 Manejo del alimento en el cultivo de camaron 6
1.4.5 Métodos de alimentación 7
1.4.6 Alimentación automática 8
1.4.7 Ecosistema tecnológico 8
CAPÍTULO 2 10
2. Metodología 10

2.1 Recopilación de datos 10
2.2 Condiciones del desarrollo del experimento 10
2.2.1 Ubicación 10
2.2.2 Tratamientos 11
2.2.3 Alimentación al voleo 11
2.2.4 Sistema de Alimentación automática 11
2.2.5 Sistema de alimentación automática + sensores de acústica 11
2.3 Diseño experimental 12
2.4 Manejo de proyecto 13
2.4.1 Preparación de piscina 13
2.4.2 Siembra y aclimatación 14
2.4.3 Alimentación 14
2.4.4 Frecuencia y horario de alimentación 15
2.4.5 Cosecha 15
2.5 Toma de datos 16
2.5.1 Peso 16
2.5.2 Calidad de agua 17
2.5.3 Supervivencia 17
2.5.4 Factor de conversión alimenticia (FCA) 17
2.5.5 Utilidad Neta 18
CAPÍTULO 3 19
3. Resultados y Análisis 19
3.1 Diagnóstico de datos en campo 19
3.2 Calidad de agua 19
3.2.1 Voleo 20
3.2.2 Alimentación automática 22

3.2.3 Alimentación automática + Sensores de acústica 24
3.3 Peso promedio 27
3.3.1 Voleo 27
3.3.2 Alimentación automática 28
3.3.3 Alimentación automática + sensores de acústica 29
3.4 Supervivencia Final 32
3.5 Factor de conversión alimenticia 33
3.6 Utilidad ha/día 34
CAPÍTULO 4 36
4. Conclusiones y Recomendaciones 36
4.1 Conclusiones 36
4.2 Protocolo Alimentación automática + sensores de acústica. 37
4.2.1 Capacidad de Carga 37
4.2.2 Ubicación 37
4.2.3 Llenado de los alimentadores 38
4.2.4 Programación 38
4.2.5 Control del alimento 39
4.3 Recomendaciones 39
BIBLIOGRAFÍA 40

SIMBOLOGÍA

mg	Miligramo
Kg	Kilogramo
ha	Hectárea
g	Gramo
AA	Alimentación automática
AA+SA	Alimentación automática con sensores de acústica
FCA	Factor de conversión alimenticia
Ro	Rango óptimo

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 2.1 Vista satelital de las piscinas seleccionadas 13
Gráfico 3.1 Rango de temperaturas durante el ciclo de cultivo en sistema al voleo .. 20
Gráfico 3.2 Niveles de oxígeno disuelto durante el ciclo de cultivo en sistema al voleo 20
Gráfico 3.3 Niveles de oxígeno disuelto durante el ciclo de cultivo en sistema al voleo-replica 21
Gráfico 3.4 Rango de temperaturas durante el ciclo de cultivo en sistema al voleo-replica 21
Gráfico 3.5 Rango de temperaturas durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática 22
Gráfico 3.6 Niveles de oxígeno durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática 22
Gráfico 3.7 Niveles de oxígeno durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática replica 23
Gráfico 3.8 Rango de temperaturas durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática replica 23
Gráfico 3.9 Rango de temperaturas durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática + sensores de acústica 24
Gráfico 3.10 Niveles de oxígeno durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática + sensores de acústica 24
Gráfico 3.11 10 Niveles de oxígeno durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática + sensores de acústica replica 25
Gráfico 3.12 Rango de temperaturas durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática + sensores de acústica replica 25
Gráfico 3.13 Efecto sobre el crecimiento semanal en sistema de alimentación al voleo 27
Gráfico 3.14 Efecto sobre el crecimiento semanal en sistema de alimentación automática 28
Gráfico 3.15 14 Efecto sobre el crecimiento semanal en sistema de alimentación automática + sensores de acústica 29

Gráfico 3.16 Efecto del peso semanal entre los diferentes sistemas de alimentación 30
Gráfico 3.17 Comparación entre los ecosistemas tecnológicos sobre el crecimiento semanal promedio (g/camarón) durante el ciclo. 31
Gráfico 3.18 Efecto del FCA en los diferentes sistemas de alimentación 33
Gráfico 3.19 Comparación del KPI financiero entre los tres sistemas de alimentación 34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Producción de camarón en Ecuador 5
Tabla 3.2 Supervivencia final en los sistemas de alimentación 31
Tabla 3.1 Crecimiento semanal 32

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la producción acuícola ha mantenido crecimientos constantes, durante el periodo 2004 y 2014 la producción global creció alrededor de 33.8 millones de toneladas de todas las especies acuáticas. Desde el 2017 a lo que va de la fecha el incremento de camaronicultura en 2018 se estimó alrededor de 4 millones de toneladas de camarón blanco, según un artículo de la *Aqua Culture Asia Pacific*, los continentes en general muestran una tendencia positiva en su consumo interno y las exportaciones. Los principales países exportadores para el año 2018 registraron incrementos de memos del 10 por ciento, Ecuador fue el único que obtuvo un aumento del 19 por ciento en libras de camarón respecto al año 2017. Estas exportaciones se mantuvieron estables, donde el 61 por ciento de la producción fue destinada al mercado asiático.

1.1 Descripción del problema

La producción tradicional en Ecuador se ha vuelto menos eficiente, el alto porcentaje de harina de pescado que se utiliza para la fabricación de balanceado junto a una forma de suministrar que aún no está del todo optimizado y que aprovecha poco las nuevas tecnologías disponibles local e internacionalmente dan como resultado un incremento de materia orgánica causando un impacto negativo al ambiente. Debido a un incremento en la producción de esta especie es normal que exista un aumento en la demanda de harina de pescado uno de los productos esenciales para la fabricación de balanceado esta demanda está unida al desarrollo de la acuicultura, la mayoría de los productos consumidos a nivel mundial provienen de las actividades acuícolas. Todo esto junto con los precios a la baja encarecen los costos de producción, reduciendo la utilidad neta.

1.2 Justificación del problema

La creciente demanda de camarón a nivel global ha vuelto a los ecosistemas marinos cuestionable en cuanto a sostenibilidad por el uso de harina de pescado, debido a esto el balanceado encarece su costo (Europa Azul, 2018). Debemos recordar que la alimentación es el 60 por ciento de los costos totales en la producción por ende suministrarlo de manera inteligente nos asegura una mejor rentabilidad. Si bien es cierto Ecuador se ha vuelto uno de las países exportadores por excelencia el precio promedio por libra de este crustáceo se ha mantenido a la baja lo que lleva a la búsqueda de nuevas alternativas para volver la producción más eficiente e impactar en menor medida los ecosistemas, las nuevas técnicas con ayuda del uso de tecnología como son los alimentadores automáticos y sensores tiene muchas ventajas El presente trabajo pretende analizar la comparativa de diferentes ecosistemas junto con el uso de hardware y software aplicados a la producción de camarón.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un protocolo de alimentación eficiente en base al análisis comparativo de diferentes ecosistemas tecnológicos.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Analizar la influencia en el crecimiento, conversión alimenticia y supervivencia de camarones en sistemas de cultivo semi intensivo bajo 3 diferentes métodos de alimentación.
2. Determinar que ecosistema es el más eficiente teniendo en cuenta las métricas de producción más importantes (crecimiento, conversión alimenticia, supervivencia) y cual presenta una mejor utilidad neta.
3. Recomendar un protocolo de alimentación basado en el sistema de alimentación más eficiente.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Producción de camarón a nivel global

Durante los últimos 15 años la producción de este crustáceo a nivel mundial rondaba los 4.1 millones de toneladas anuales, esto quiere decir que los niveles de producción han crecido significativamente, esto se logra en base a la aplicación de nuevos y modernos protocolos a nivel global. Cifras estimadas por la Miserees & Aquaculture Organization. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en su informe anual del 2000 indica que el cultivo de camarón alcanzó una producción mundial de 1.1 millones de toneladas, lo que corresponde alrededor del 27% de la producción mundial (4´100,000). Para el año 2015, de las 7.2 millones de toneladas anuales, el camarón de cultivo representó 4.1 millones de toneladas, lo que equivale al 57% de dicha producción; mientras que la producción de camarón salvaje de captura representó el 43% (Espinoza, 2017).

Para el año 2018 los principales países a nivel global importaron alrededor de 2,7 millones de toneladas esto es un 31% más que en el año 2017, el principal motivo fueron las altas importaciones en el mercado chino y asiático. Tanto para Estados Unidos y la Unión Europea se dio un ligero crecimiento en sus importaciones, el único mercado con una tasa de crecimiento negativa fue Japón (FAO, 2019). Los precios de este mercado comenzaron a debilitarse a finales de 2017 debido a una guerra entre el exportador más grande India frente a Estados Unidos quien es el importador más fuerte, durante los meses de agosto y diciembre de 2018 los precios se mantuvieron estables sin embargo no lo suficientemente buenos como años anteriores (FAO, 2019). Los meses en los cuales existen un alza en los precios es de diciembre a marzo sin embargo este último año fue la excepción, los productores a nivel global afirman que el cultivar camarón a un 20–30% por debajo ya no sería rentable.

1.4.2 **Producción de cultivo en Ecuador**

Según FAO, la actividad camaronera en el Ecuador tiene sus inicios en 1968, en las cercanías de Santa Rosa, El Oro, con un grupo de empresarios locales dedicados a la agricultura empezaron la actividad al observar que en pequeños estanques cercanos a los estuarios crecía el camarón. Para 1974 ya se contaba con alrededor de 600 ha dedicadas al cultivo de este crustáceo (FAO, 2005).

La década de los sesenta fue muy importante para el sector camaronero del Ecuador ya que representa el inicio de la producción del camarón en la economía del país. En especial para las provincias de Guayas y El Oro debido a los salitrales y post larva salvaje en abundancia que existían, esto hizo que el Ecuador se convirtiera con mucho éxito en exportador de este crustáceo (Espinoza, 2017). A mediados de los 90 la empresa privada invirtió en este mercado, creando laboratorios, empacadoras y fábricas de alimento balanceado. Hasta 1998 (último año en que se tienen estadísticas sobre este tema) la Subsecretaría de Recursos Pesqueros registró 2006 camaroneras, 312 laboratorios de larvas, 21 fábricas de alimento balanceado y 76 plantas procesadoras. Para 1999 el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos por Sensores Remotos, CLIRSEN, determinó que 175 253,5 ha estaban ocupadas por la infraestructura camaronera (FAO, 2005).

Un año más Adelante aparece el virus White spot o virus de la Mancha blanca en la zona de la provincia de Esmeraldas luego se propagaría a las provincias de Manabí, Guayas y El Oro. La aparición de este virus afecto de manera negativa la producción en Ecuador tanto así que paro de forma drástica la actividad causando un impacto en la economía interna parando las fuentes de empleo (FAO, 2005).

Luego de este acontecimiento y debido a la infraestructura ya establecida el mercado decidió diversificar con el cultivo de Tilapia *Oreochromis sp*., aprovechando las 14000 ha que estaban dedicada a la actividad acuícola en ese momento. Poco a poco el cultivo de camarón fue retomando fuerza con nuevos protocolos en bioseguridad hasta convertirse una vez más en la principal actividad acuícola en Ecuador (Bernabé, 2016).

Tabla 1.1 Producción de camarón en Ecuador

Provincias	Área (ha)	Porcentaje
Guayas	126000	60
El Oro	31500	15
Esmeraldas	18900	9
Manabí	18900	9
Santa Elena	14700	7

Fuente: (MAGAP, 2016)

Ecuador tiene alrededor de 210.000 ha dedicadas a la producción de camarón de este total el 60% se encuentran en Guayas, 15% en El Oro, 9% en Esmeraldas, 9% en Manabí y el 7% en Santa Elena a continuación, se describe en la tabla 1 (MAGAP, 2016).

1.4.3 Tipos de cultivo en Ecuador

Existen 4 tipos de cultivo para la fase de engorde las cuales se dividen en extensiva, semi-intensiva, intensiva y super intensiva donde cambia principalmente la densidad de siembra que va desde una densidad baja hasta densidades altas respectivamente (FAO, 2009).

1.4.3.1 Extensivo

Esta técnica es muy utilizada en países de Latinoamérica se desarrollan en zonas donde no existe bombeo ni aireación en piscinas muy grandes y se caracteriza por tener una densidad muy baja (4-10/m^2). La alimentación principal se da por la fertilización en el medio (FAO, 2019).

1.4.3.2 Semi-intensivo

Las piscinas semi-intensivas generalmente tienen un área de 1 – 5 ha. En este tipo de cultivo se utiliza semilla de laboratorios y se siembra a una densidad de 10-30 PL/m^2 existe un recambio de agua diario la aireación es mínima y es artificial, la alimentación se da por fertilización del medio complementando con alimentación artificial 2 o 3 veces al día (FAO, 2009) (Superintendencia de Industria y Comercio, 2013).

1.4.3.3 Intensiva

Este tipo de cultivo se caracteriza por utuilizar fertilizantes, alimento artificial aireación continua para obtener niveles adecuados y evitar el estrés en especial en el oxigeno este cultivo inicio en Asia aunque tambien es utilizado en America latina las psicinas de engorden se diseñan en areas de 0,1-1ha y se siembran de 60 – 300 PL/m^2 la dieta se debe suministrar de 4 a 5 veces al dia (FAO, 2009).

1.4.3.4 Super-intensivo

El cultivo super-intensivo utiliza altas densidades de siembra (300-450 juvelines/ m^2) utilizando invernaderos con muy poco o nulo recambio de agua y con altos estandares de bioseguridad el tamaño de siembra de los juveniles va de 0,5 y 2 g se utilizan canales con un flujo rapido y alimentación artificial continua (FAO, 2019).

1.4.4 **Manejo del alimento en el cultivo de camaron**

El inapropiado uso de los alimentos naturales o artificiales en las piscinas de cultivo dan inicio a una cadena de problemas, entre los principales:

- Alta carga organica y de nutrientes
- FCA alto
- Enfermedades
- Baja eficiencia en la fase de producción

Una sobre alimentación junto con los demas desechos provoca un aumento de carga organica y acumulación en el fondo la cual necesita oxigeno para su degradación dando como resultado condiciones anaerobias (De León, 2015). En la fase de muda de este crustaceo su comportamiento es escarbar en los fondos para ayudarse a retirar su exoesqueleto esto provoca suspension de la materia organica liberando sustancias con alto contenido de amonio, en el caso que no exista niveles óptimos de oxigenos para cubrir la demanda de respiración y de mas procesos fisiologicos el camaron morira por falta de oxigeno o por taponamiento en sus branquias.

1.4.5 Métodos de alimentación

1.4.5.1 Al Voleo

Es el método tradicional y el más utilizado al momento de alimentar camarones este método se utiliza para sistemas intensivos y semi-intensivos, esta técnica consiste en dispersar el alimento cubriendo un área de por lo menos 80% de área total (Cenaim, 2000). En lanchas o pangas en forma de zigzag. En la alimentación al voleo es necesario conocer la biomasa de la piscina para ello se puede realizar previamente un muestro poblacional (Nicovita, 1998). Una de las partes negativas de este método es que necesita de gran mano de obra para realizarlo por ello la frecuencia al día con este método es muy baja máxima dos veces al día que considerando la fisiología de la especie resulta ser poco eficiente.

1.4.5.2 Comederos

Se considera un método de alimentación más eficaz que el anterior ya que permite ajustar la dieta diariamente para esto se utilizan dispositivos diseñados en forma de platos que permite colocar el alimento dentro, el tamaño puede variar entre 0.50 y 0.80 de diámetro. Existen dos modelos el taiwanés el cual es cuadrado y el ecuatoriano que es circular (Molina & Villareal , 2008). Este ajuste en la alimentación es basado en el consumo aparente observado en los comederos de esta manera se puede llevar un mayor control del estado biológico y la salud de la población (Cenaim, 2000).

1.4.6 **Alimentación automática**

Los alimentadores se iniciaron en Tailandia donde en los primeros prototipos obtuvieron una aceptación del 60%. Dentro de la alimentación automática existen dos sistemas El primero por tiempo (timer) el cual utiliza un temporizador que acciona el dispersor por intervalos de tiempo (Ruiz, 2018); el segundo es por análisis de sonidos por medio de hidrófono, este sistema determina la cantidad a distribuir. Los métodos de alimentación tradicionales pueden llegar hasta 4 veces al día (João & Romi , 2019). Una de las ventajas de la alimentación automática es que el aumento de estos equipos permite a los productores incrementar la cantidad de alimento sin provocar un desequilibrio brusco en la calidad del agua y de los fondos, aumentar la frecuencia de alimentación sin personal adicional.

Existen estudios los cuales demuestran que existe una mejora significativa en el crecimiento al alimentar 6 veces por día en comparación a 2 veces por día (Ullman, 2017). Debemos recordar que los camarones se alimentan de forma lenta y continua por lo cual es beneficioso tener pequeñas raciones al dia y proporcionar una fuente constante de alimento (Ullman, 2017).

1.4.7 **Ecosistema tecnológico**

Un ecosistema es una comunidad de seres vivos en la cual sus procesos vitales están relacionados entre sí y su desarrollo se basa en factores físicos del medio ambiente. La definición de ecosistema tecnológico varía dependiendo del autor, pero todos comparten un punto en común: existe una marcada relación entre las características de un ecosistema natural y un ecosistema tecnológico. Por analogía se propone que un sistema tecnológico es donde una comunidad con métodos educativos, reglamentos, aplicaciones y equipos de trabajo coexisten de manera que sus procesos están interrelacionados (Garcia, 2015).

Una fuerte tendencia en el mercado camaronero ha sido la implementación de tecnología en los sistemas de producción en todo los estadios (larva, engorde, exportación) ante la alta competitividad de los países productores, apariciones de nuevas enfermedades y una constante búsqueda en la eficiencia de como producir más y mejor, es de gran ayuda la adopción de tendencias tecnológicas tanto en hardware como en software enfocados

en mejorar crecimiento, rentabilidad y eficiencia de nuestros sistemas tradicionales de producción. Tener a la mano herramientas que constituyan y analicen los procesos productivos ayudando a formar relaciones simbióticas con un grado de integración muy elevado ayuda a surgir lo que se conoce como sistema tecnológico la cual es una metáfora derivada de un ecosistema biológico (Franciso , 2015). (Garcia, 2015).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El presente proyecto se basa en una investigación cuantitativa, el cual se alimenta de datos históricos, registros y levantamiento de información in situ, junto con la implementación de un método analítico para determinar y examinar la influencia y relación entre las variables técnicas.

Una metodología cuantitativa “Se refiere a especificar el registro de conductas o comportamientos, de manera sistemática, ordenada y confiable, para analizar conflictos, eventos masivos, etc.” (Gomez, 2012).

Los tipos de investigación utilizados fueron descriptivos y de campo, se inicia con el estudio de la problemática para luego centrarnos en la búsqueda de opciones que permitan solucionar de manera satisfactoria con los requisitos del proyecto.

2.1 Recopilación de datos

Se empelaron varias técnicas y seguimiento remoto para la recolección de los datos, entre las principales tareas que fueron realizadas se encuentran: recolección en campo y técnica histórica, validación de la calidad y el análisis de cada dato, lo que permitió un banco de datos confiable.

2.2 Condiciones del desarrollo del experimento

2.2.1 Ubicación

El presente estudio se llevó a cabo en una finca ubicada en la zona de Las Esclusas al sur de Guayaquil la zona del proyecto consta con un total de 25 piscinas de engorde con un área promedio por piscina de 5 ha y 8 pre-criaderos de 2 has. La fuente de agua para la actividad acuícola es el canal reservorio del grupo que a su vez tiene como fuente el Rio Guayas. Los meses que duro el proyecto comparativo fueron entre agosto y diciembre de 2019.

2.2.2 **Tratamientos**

Durante la comparativa se pusieron a prueba tres vías diferentes para la distribución del alimento balanceado, también nombrados ecosistemas tecnológicos, a continuación, se describe cada uno de ellos.

2.2.3 **Alimentación al voleo**

Este es el método de distribución más antiguo utilizado en la industria el cual consiste en suministrar raciones de balanceado en las piscinas de engorde o pre criaderos en determinados horarios preestablecidos por el administrador del campamento camaronero.

2.2.4 **Sistema de Alimentación automática**

El método de alimentación automática es a timer o con temporizador es el segundo escalón en cuanto a métodos de distribución se refiere, estos alimentadores pasan perennes durante todo el ciclo y se lo rellena cada día para su posterior distribución una ventaja respecto al método anterior es que pueden trabajar durante 18 horas seguidas y suministrar el alimento en raciones pequeñas durante el día. Este sistema cuenta con:

- Tolva de alimentación: Tienen una capacidad de 100 a 150kg de alimento para ser suministrado a lo largo del día mediante intervalos programables. Tienen un motor el cual rota y distribuye el alimento, cuentan con un segundo motor que ayuda a dispersar el alimento en las piscinas los radios van desde 12 m hasta 15 m.
- Temporizador: Sirve para programar el número de intervalos y el horario de funcionamiento en el cual se suministra el balanceado.

2.2.5 **Sistema de alimentación automática + sensores de acústica**

Este sistema de alimentación inteligente representa un progreso tecnológico, comparado a los alimentadores convencionales a timer, mediante una unidad central (“cerebro”) que contiene sensores que captan la acústica y los automatizan los sensores identifican un

sonido especifico provocado por el camarón que según la intensidad de este se calcula y se raciona el cual se traduce a un índice de actividad, características del sistema:

- Monitoreo: Se realiza por medio de un software el cual permite visualizar ciertos datos
- Software: El sistema operativo mediante un algoritmo traduce el sonido especifico en un factor de actividad
- Sensores acústicos: Este sensor se instala dentro de la piscina cerca de un alimentador a una profundidad de 0.4 – 0.8 metros desde la superficie
- Placas de comunicación: Mediante esta placa el alimentador común puede comunicarse con la unidad central y recibir la orden de alimentación.

2.3 Diseño experimental

Para el diseño experimental se escogen tres piscinas al azar distribuidas dentro de la finca en cada piscina se aplica cada uno de los diferentes métodos de alimentación con su respectiva replica, la duración del experimento es de todo un ciclo (16 semanas) de producción en el cual se aplica el mismo protocolo de alimentación, fertilización, muestreo. Para medir las comparativas se toman en cuenta las principales métricas de producción que son: crecimiento semanal, FCA (Factor de conversión alimenticia), supervivencia. También se tomará en cuenta métricas financieras como la utilidad neta de las piscinas de cada versión.

La recopilación, seguimiento y la observación de los datos se lo realizara mediante el uso de una plataforma de análisis de data online diseñada para la producción de camarón y que además permite el seguimiento en tiempo real de diversos parámetros.
Al final se realizará un análisis de todas estas variables para para determinar qué método es el más eficiente para sistemas semi – intensivos.

Gráfico 2.1 Vista satelital de las piscinas seleccionadas

Fuente : iQuatic TM.

2.4 Manejo de proyecto

2.4.1 Preparación de piscina

El llenado de las piscina se lo realiza con agua proveniente del reservorio dentro de la compuerta de entrada donde se colocan filtros como prevención este paso se lo realiza de manera lenta y con supervisión constante por parte del parametrista para asegurar un filtrado óptimo, antes de realizar un llenado se chequean los bolsos y mallas adicional a esto se existe un plan de chequeo periódico semanal para asegurarnos de mantener el cuerpo de agua con las condiciones iniciales y evitar el ingreso de vectores de enfermedades. Al momento de la fertilizar se toma en cuenta el equilibrio iónico para favorecer un óptimo crecimiento de productividad primaria (Cuéllar & Lara, 2010) en todas las piscinas puestas a prueba esto se logran con la aplicación del protocolo fertilización y maduración de cuerpo de agua diseñado por el biólogo a cargo del campamento el cual incluye la aplicación de sulfato de cobre, cal, fertilizantes y sustrato de bacterias por alrededor de 15 días.

2.4.2 Siembra y aclimatación

Las larvas para sembrarse en las piscinas de engorde provienen de un sistema de precrías interno, para lograr una siembra óptima se igualan las condiciones ambientales y parámetros fisicoquímicos de estas piscinas, la siembra se la realiza durante la mañana (5 a.m. – 8 a.m.) de esta manera se asegura un ambiente con temperaturas bajas y menos estrés para la especie. Antes de realizar la siembra en las piscinas de engorde se realiza los cálculos de densidad de siembra en base a la carga orgánica que puede soportar la piscina, talla de siembra, talla proyectada de cosecha. Para transferir las larvas hacia las piscinas seleccionadas se utilizan tanques de transferencias los cuales son transportados en un vehículo, este tanque de transferencias se introduce dentro de la piscina de engorde para igualar los factores ambientales este paso se lo conoce como aclimatación al existir una diferencia de un grado centígrado las larvas pueden ser liberadas siempre en el mismo sentido del viento para evitar que se acumulen. Luego de esto se realiza un chequeo de supervivencia en las próximas 24 y 48 horas.

2.4.3 Alimentación

La alimentación está dada por alimento artificial y organismos en la columna que forma parte de la productividad primaria del cuerpo de agua, siendo el primero la principal fuente de nutrición. Durante las primeras 4 semanas de cultivo la distribución del alimento fue al voleo para todos los sistemas, debido a las características fisiológicas del animal. La cantidad de alimento por día se calcula en base a protocolos ya establecidos por el acuicultor a cargo de la camaronera donde se toman en cuenta la supervivencia, días de cultivo, tipo de alimento, etc. Adicional al balanceado se distribuyó soya fermentada distribuida al voleo por las mañanas en todas las piscinas.

2.4.4 **Frecuencia y horario de alimentación**

Se fijaron frecuencias y horarios de alimentación para cada tratamiento según las características de cada sistema de alimentación.

En el sistema de alimentación al voleo la distribución se realiza dos veces al día, la primera ronda de alimentación durante la mañana y la segunda por la tarde, utilizando un total de dos operarios por sesión y el uso de una panga, la distribución se dio en forma de zigzag por medio de las piscinas.

Los alimentadores automáticos trabajaron en un horario especifico con un total de 12 horas por día. Durante la mañana se realiza el llenado de las tolvas con la dosificación correspondiente. La frecuencia y horarios establecidos fueron aplicados en base a un protocolo diseñado por los técnicos de la empresa.

Durante las primeras 4 semanas en el sistema de alimentación automática potencializada con los sensores de acústica se distribuyó el alimento mediante voleo hasta que el camarón alcance una talla mínima donde el sensor de acústica ya reconoce el sonido característico lo registra e interpreta, al momento que el sensor reconoce este sonido automáticamente el sistema cambia a modo “inteligente” donde el equipo toma las decisiones de frecuencia y dosificación diaria. Las tolvas fueron llenadas por la mañana a su máxima capacidad.

2.4.5 **Cosecha**

Antes de iniciar la cosecha, se debe elaborar un plan el cual defina cada paso, quién, cuándo, cómo y dónde se deben cumplir las actividades de la operación, personal, materiales y equipo; además, para asegurar la preparación de las piscinas y el cumplimiento de los tiempos de retiro de los alimentos medicados (Cuéllar & Lara, 2010). Para planificar la cosecha de una piscina se deben cumplir ciertos requisitos tales como talla comercial, condiciones físicas y organolépticas aceptables según el mercado destinado, esto con el fin de aumentar el porcentaje de calidad y ganancia. En todas las piscinas se realiza una única cosecha final a lo largo el ciclo, esta cosecha se la ejecutó

cuando el camarón cumplió con 16 semanas de producción, se detuvo la alimentación 24 horas antes de cada cosecha para impedir la descomposición del alimento en el tracto del camarón luego de la cosecha, problemas con el hepatopáncreas durante la cosecha. Durante la cosecha se hizo uso de personal calificado para manejar la maquinaria pesada, cadena de frio, aplicación de metabisulfito y rangos permitidos. En el proceso de pesca se utiliza una cosechadora mecanizada para reducir la manipulación del camarón logrando conservar la calidad del producto final. Luego de esto se genera un informe de cada paso y se sube a la plataforma para llevar una correcta trazabilidad.

2.5 Toma de datos

2.5.1 **Peso**

El muestro del peso se realizó todos los jueves una vez por semana, para la extracción se utilizó una atarraya en los puntos de muestreo ya determinados en cada piscina. Una vez capturada la muestra se clasifican en tres tallas con un número total de cien animales por muestro. Se obtiene el peso promedio de cada talla y se calcula el promedio general de crecimiento en esa semana (ver ecuación 2.1). Todos estos datos son ingresados por medio del software a través de una Tablet in situ.

(2.1)

$$Peso = \frac{P1 + P2 + \ldots\ldots Pn}{\#\ de\ animales}$$

2.5.2 **Calidad de agua**

El manejo en la calidad de agua es un pilar para una producción exitosa y para disminuir el impacto en el ambiente, el plan de manejo consiste en monitorear y recolectar los parámetros de calidad de agua diariamente durante los días de producción en dos horarios (4am y 6pm) utilizando un multiparámetros de membrana para la toma de datos de temperatura y oxígeno disuelto, este equipo es enviado a un laboratorio para un proceso de calibración cada mes, antes de iniciar con la prueba se sometió a un calibración. La persona encarga de esta labor es el parametrista del campamento el cual sumerge el sensor y realiza la captura de los datos a una profundidad a 0.40 metros desde la superficie en puntos ya establecidos para cada piscina. Una vez obtenidos estos datos inmediatamente son ingresados y subidos a la plataforma especializada en administración de data mediante una Tablet proporcionada por la misma compañía, de esta manera toda persona con acceso (administrador, biólogo, dueño) puede visualizarlo los datos sin necesidad de estar en el lugar y tomar acciones preventivas o correctivas según sea el caso.

2.5.3 **Supervivencia**

Para obtener el porcentaje de supervivencia en cada una de las piscinas de prueba. Se estima la cantidad de animales transferidos desde el pre cría y para la cosecha se realizaron cálculos respecto a la biomasa final y peso promedio al momento de la cosecha, para obtener el número de animales cosechados. (ver ecuación 2.2)

(2.2)

$$\%\, Supervivencia = \frac{(Animales\ cosechados\ m^2)\ x\ 100}{Aniamles\ sembrados\ m^2}$$

2.5.4 **Factor de conversión alimenticia (FCA)**

La cantidad de alimento distribuido y el crecimiento de la biomasa está relacionado de manera directa y es calculado en base a un factor (FCA). El FCA es la relación del peso de biomasa del camarón por los kilogramos de alimento suministrado (ver ecuación 2.3). Este factor varía dependiendo de la biomasa de siembra, mortalidad, tamaño de cosecha

entre otros. Para calcular este factor es necesario conocer la cantidad de alimento suministrado y la biomasa total del animal, estos datos fueron recolectados de manera semanal e ingresados a la plataforma para su cálculo respectivo. Existen dos maneras de mostrar este factor FCA semanal o FCA final. El FCA semanal es impreciso ya que el tener una frecuencia semanal este valor es resultado de una estimación de biomasa que varía en el tiempo, el segundo es más preciso ya que se toma como dato la variación de biomasas final e inicial del ciclo. En el presente proyecto utilizaremos el FCA final para las comparativas respectivas. Para conocer el FCA de la corrida, se utiliza la ecuación que se detalla a continuación.

(2.3)

$$FCA = \frac{Alimento\ (Kg)}{Biomasa\ (Kg)}$$

2.5.5 **Utilidad Neta**

Este valor es la diferencia entre el precio de venta y los costos variables y fijos involucrados en la actividad. La utilidad neta se obtiene luego de pagar los gastos operacionales e impuestos generados (ver ecuación 2.4). La empresa obtiene una utilidad neta si los ingresos son mayores que sus gastos, pero si los gastos son mayores, tendrá una pérdida neta (NIF, 2007).

(2.4)

$$Utilidad\ neta = Ingresos - Costo\ y\ Gastos$$

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Diagnóstico de datos en campo

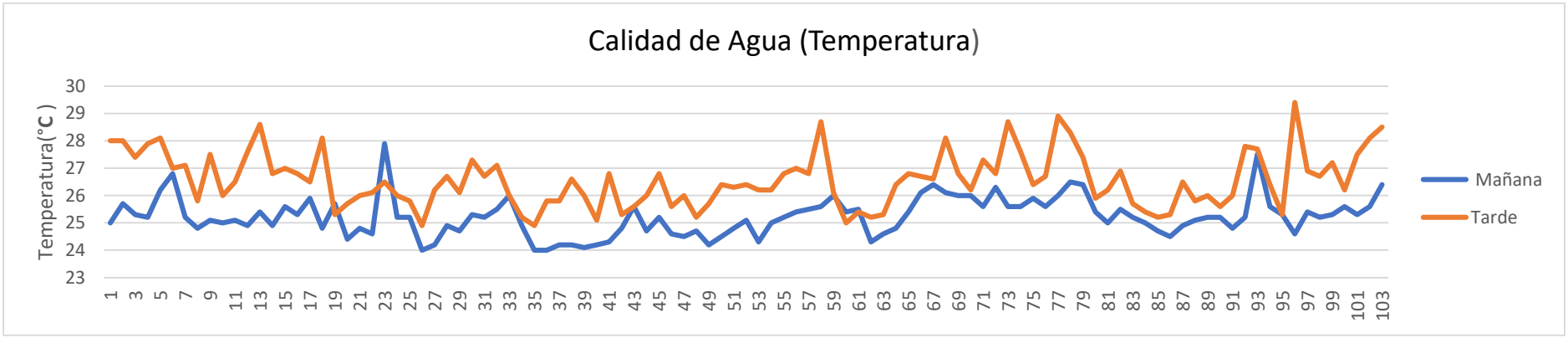
A continuación, se presenta un resumen de los datos obtenidos en campo durante el ciclo de producción para comparar las diferentes técnicas de alimentación en sistemas semi intensivos en base a las métricas técnicas y financieras antes establecidas.

3.2 Calidad de agua

Se tomaron los parámetros de temperatura y oxígeno disuelto dos veces por día, para ello se utilizó un multiparámetro de membrana en todas las piscinas puestas en prueba con su respectiva replica.

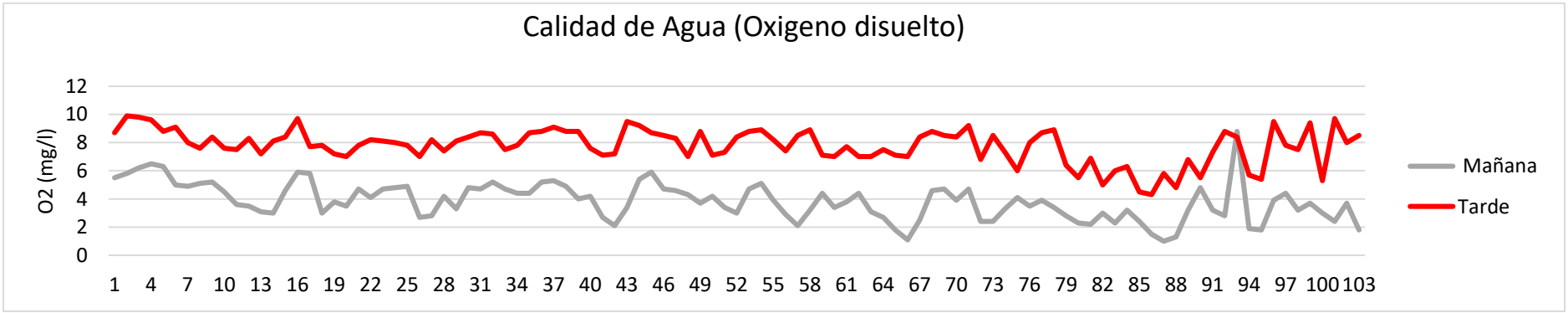
3.2.1 **Voleo**

Gráfico 3.1 Rango de temperaturas durante el ciclo de cultivo en sistema al voleo



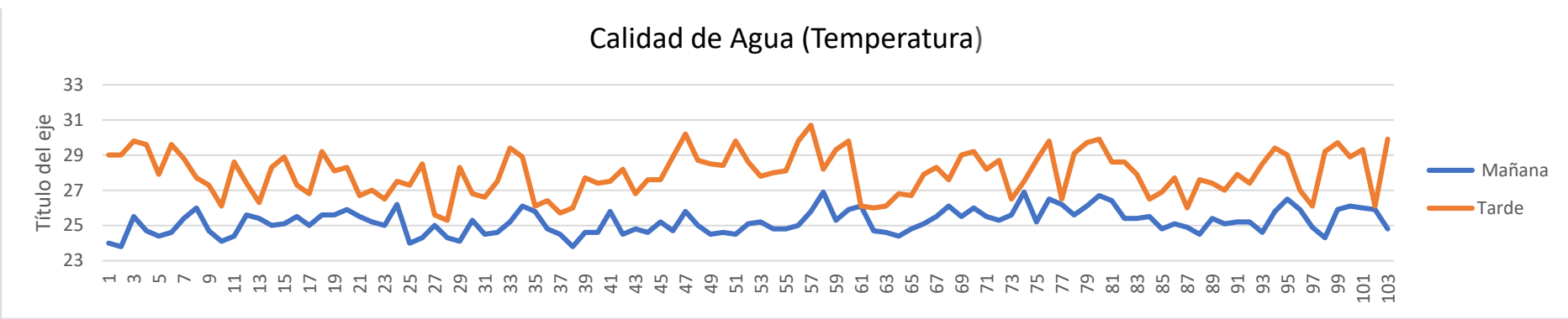
Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

Gráfico 3.2 Niveles de oxígeno disuelto durante el ciclo de cultivo en sistema al voleo



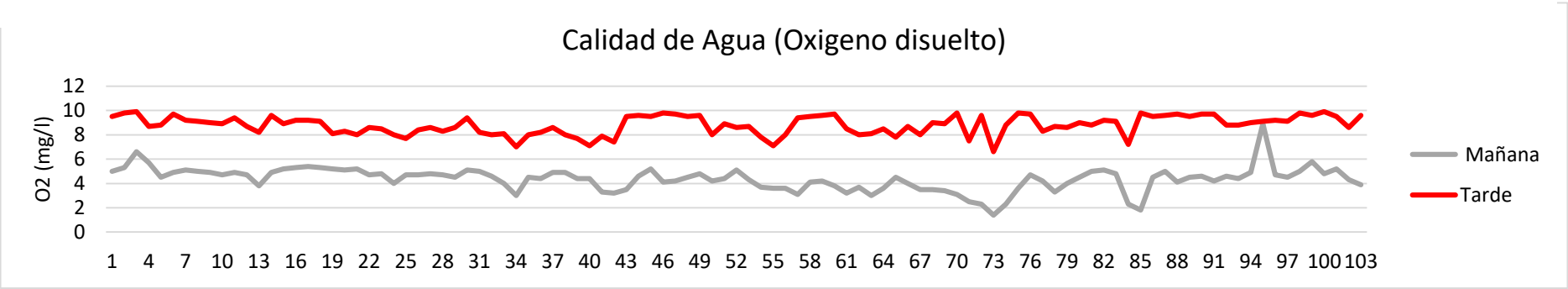
Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

Gráfico 3.4 Rango de temperaturas durante el ciclo de cultivo en sistema al voleo-replica



Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

Gráfico 3.3 Niveles de oxígeno disuelto durante el ciclo de cultivo en sistema al voleo-replica

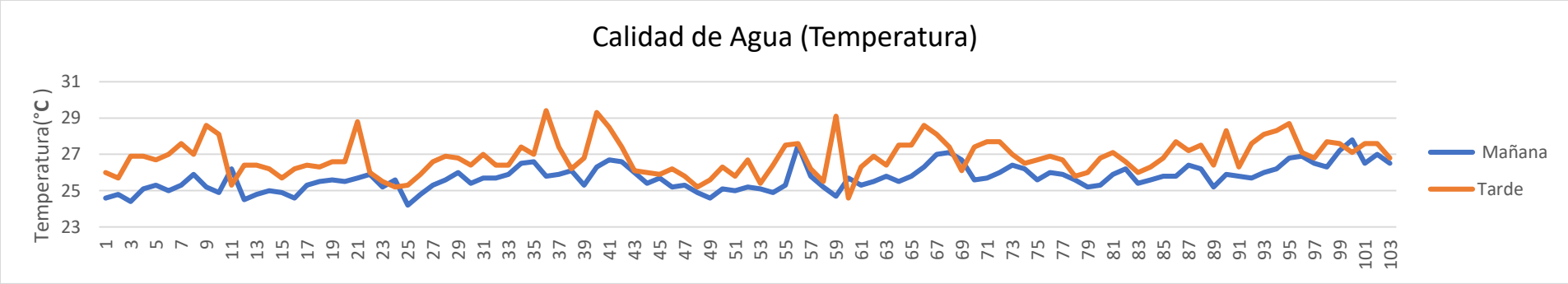


Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

Mediante las gráficas y el análisis de data se obtuvo que el 31% de la corrida los niveles de oxígeno disuelto se encontraron por fuera del rango óptimo (3mg/l en la mañana y 7mg/l en la tarde), durante la corrida no hubo cambios bruscos en la temperatura para la piscina implementada con el sistema de alimentación al voleo.

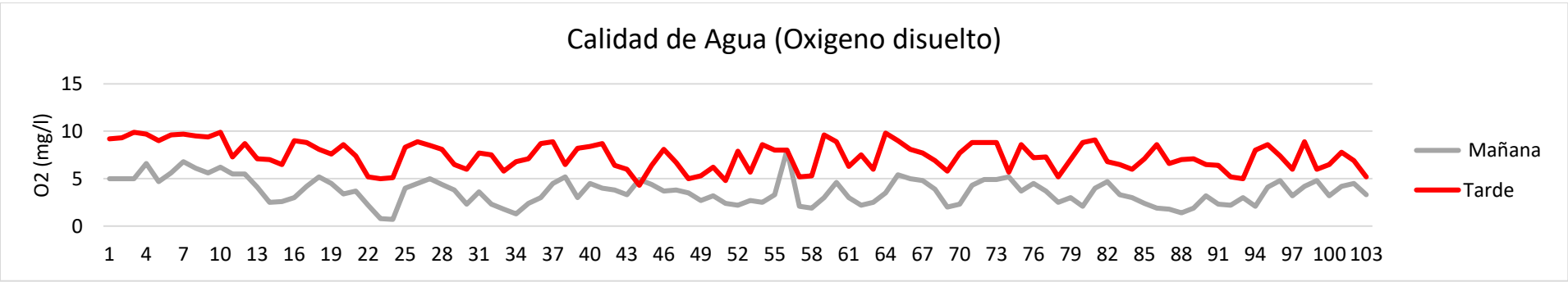
3.2.2 Alimentación automática

Gráfico 3.5 Rango de temperaturas durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática



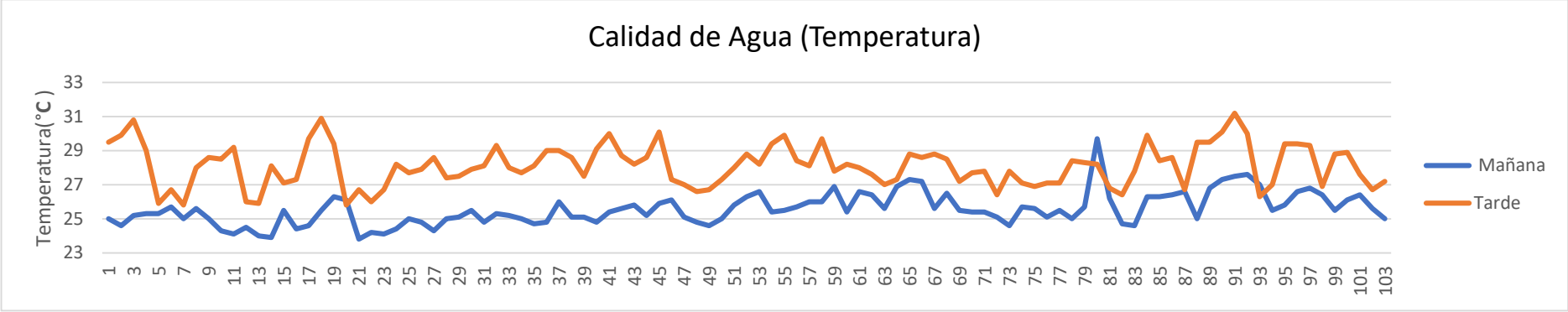
Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

Gráfico 3.6 Niveles de oxígeno durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática



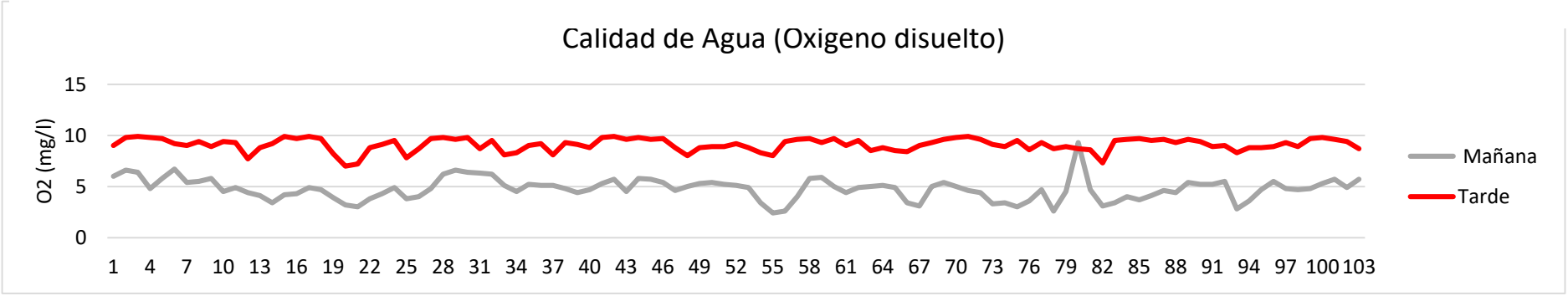
Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

Gráfico 3.8 Rango de temperaturas durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática replica



Fuente : iQuatic TM. Elaborado por: El autor

Gráfico 3.7 Niveles de oxígeno durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática replica

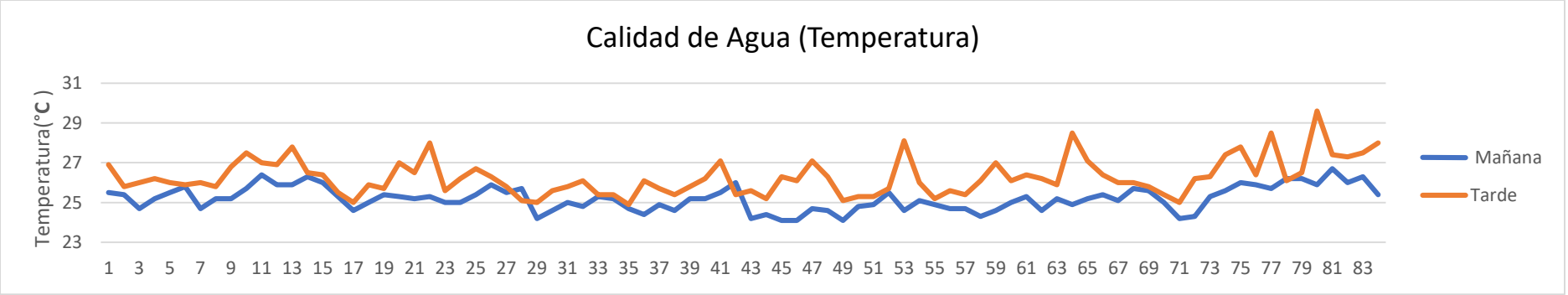


Fuente : iQuatic TM. Elaborado por: El autor

El sistema de alimentación automática registró niveles de oxígeno disuelto y temperatura dentro del rango óptimo durante las 16 semanas del ensayo dando como resultado un 18% del tiempo fuera de los rangos óptimos para oxígeno disuelto, respecto a la temperatura se registraron cambios bruscos en la tarde alcanzando un máximo de 29.7 °C.

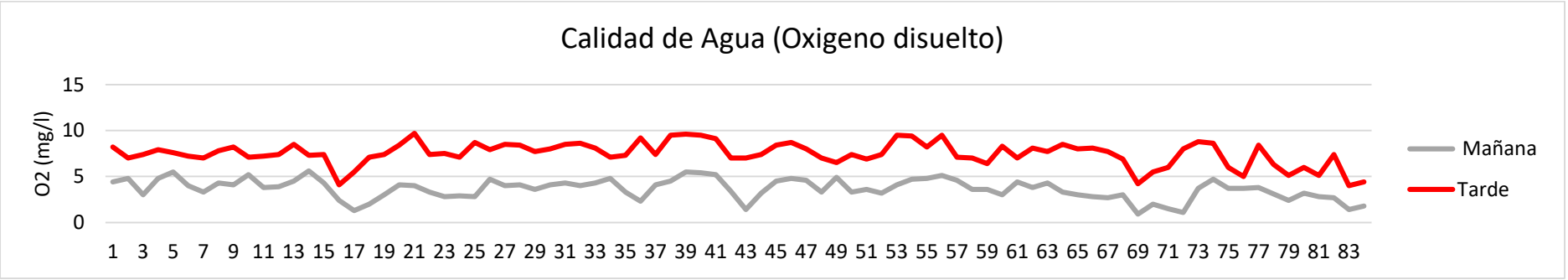
3.2.3 Alimentación automática + Sensores de acústica

Gráfico 3.9 Rango de temperaturas durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática + sensores de acústica



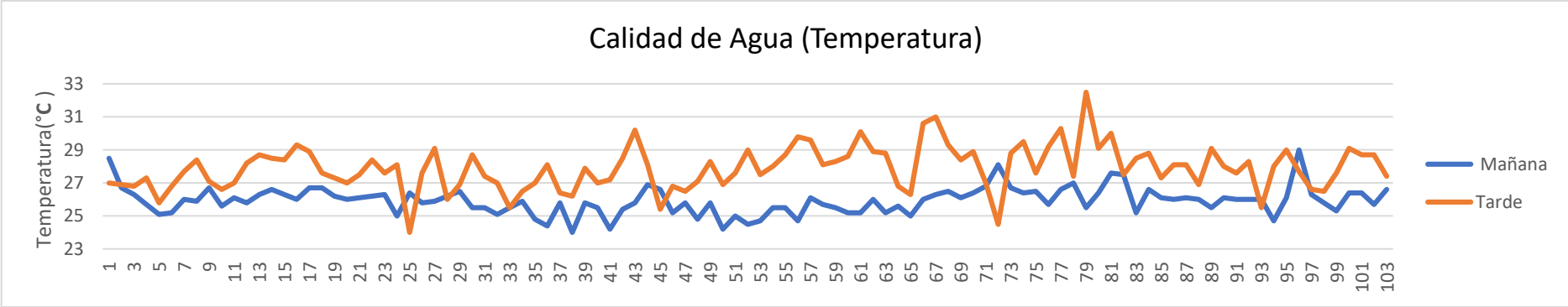
Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

Gráfico 3.10 Niveles de oxígeno durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática + sensores de acústica



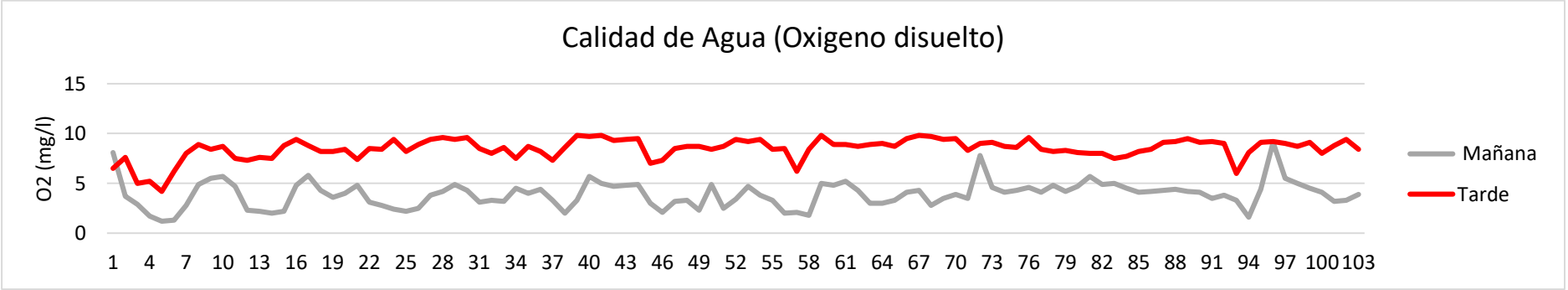
Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

Gráfico 3.12 Rango de temperaturas durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática + sensores de acústica replica



Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

Gráfico 3.11 10 Niveles de oxígeno durante el ciclo de cultivo en sistema de alimentación automática + sensores de acústica replica



Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

El sistema de alimentación automática implementado con sensores de acústica la mayoría del tiempo registró los parámetros de oxígeno disuelto dentro de los rangos óptimos, durante toda la corrida un 15% del tiempo se mantuvo con niveles de O2 fuera de lo óptimo.

Resumen de los parámetros de calidad de agua con su desviación estándar tomados durante las 16 semanas de producción de cada uno de los sistemas de alimentación. Los números en paréntesis muestran el valores mínimos y máximos de cada parámetro. Observamos que el método de alimentación automática con sensores de acústica mantuvo los parámetros dentro del rango óptimo establecido para la zona del ensayo.

Tabla 3.1 Resumen de calidad de agua

	Voleo	**AA**	**AA + SA**
OD Mañana (mg/L)	25.22 ± 1.32	25,63 ± 1.37	25,56 ± 1.05
	(23,8 / 26,9)	(23,8 / 29.7)	(24 / 29)
OD Tarde (mg/L)	27,26 ± 1.22	27,47 ± 1.44	27,09 ± 1.18
	(24,9 / 30,7)	(24,6 / 31,2)	(24 / 32,5)
Temperatura Mañana (°C)	4,10 ± 0.71	4,21 ± 0.70	3,77 ± 0.60
	(1 / 8,9)	(0,7 / 9,3)	(0,9 / 9,1)
Temperatura Tarde (°C)	8,29 ± 1.00	8,26 ± 0.96	7,98 ± 0.92
	(4,3 / 9,9)	(4,3 / 9,9)	(4 / 9,8)
Tiempo con RO de OD en la Mañana (%)	77	80	88
Tiempo con RO de OD en la Tarde (%)	61	73	82

AA: Alimentación automática
AA+SA: Alimentación automática y sensores de acústica
OD: Oxígeno Disuelto
Ro: Rango óptimo
Fuente: iQuatic TM.
Elaborado por: El autor

3.3 Peso promedio

3.3.1 Voleo

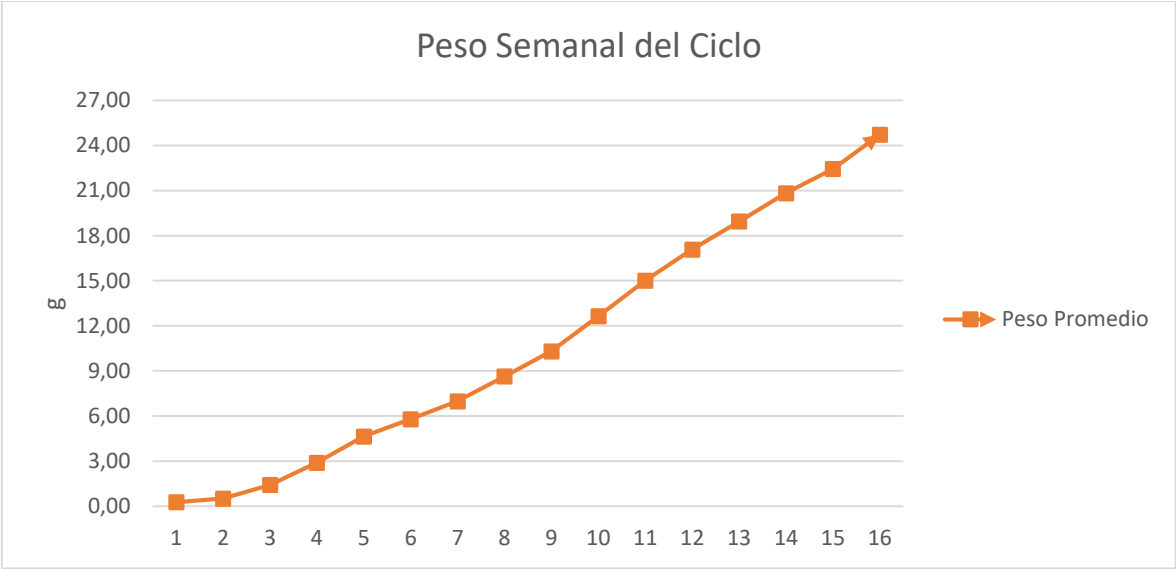
Gráfico 3.13 Efecto sobre el crecimiento semanal en sistema de alimentación al voleo

Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

Durante las 16 semanas de producción este sistema de alimentación registró un crecimiento promedio semanal de alrededor de 1.30 gr/animal, alcanzado un peso máximo de 21.5 gr en su semana 16.

3.3.2 Alimentación automática

Gráfico 3.14 Efecto sobre el crecimiento semanal en sistema de alimentación automática

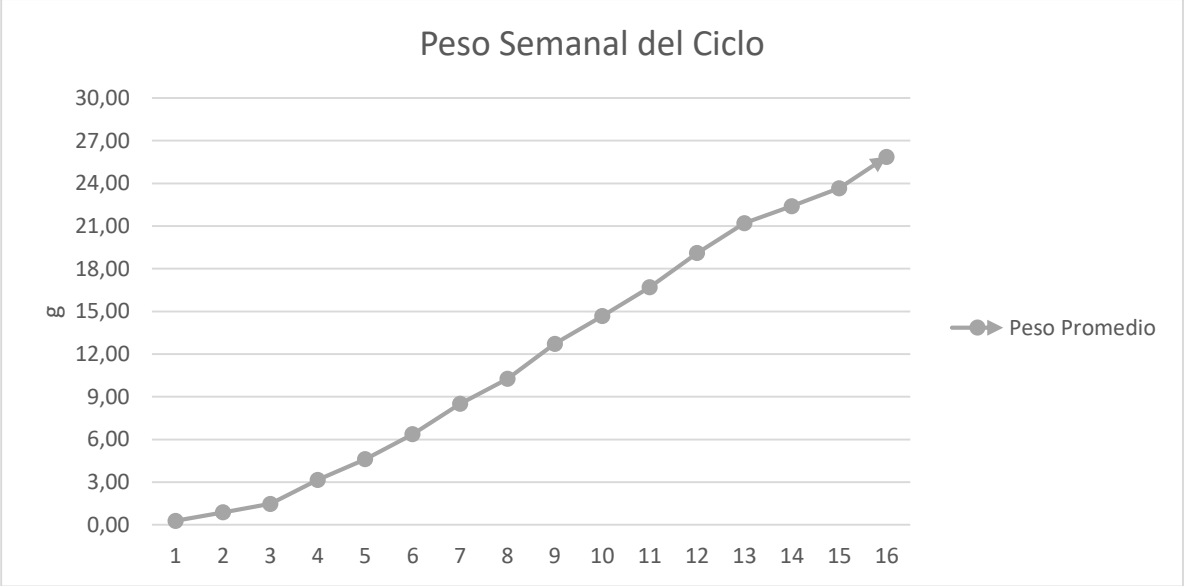


Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

Con alimentación automática se alcanzó un peso máximo 24.70 gr en sus 16 semanas de producción, se registró un crecimiento promedio de 1.60 gr/animal, obtenido una diferencia de 3.20 gr por encima del sistema al voleo en el mismo tiempo de producción.

3.3.3 **Alimentación automática + sensores de acústica**

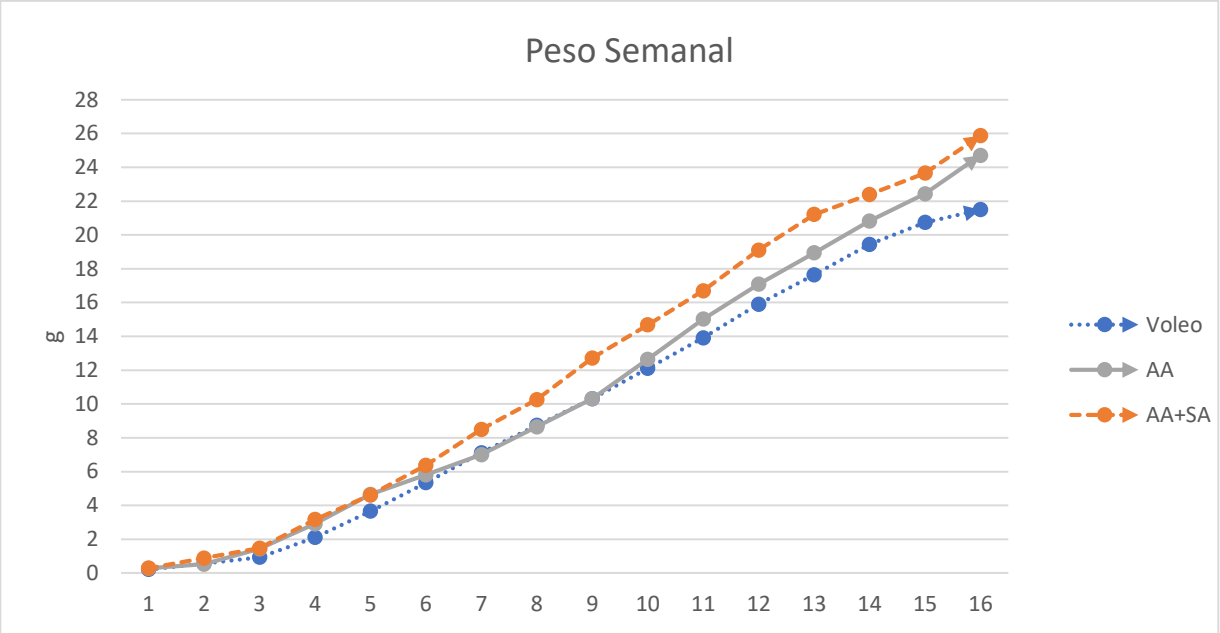
Gráfico 3.15 14 Efecto sobre el crecimiento semanal en sistema de alimentación automática + sensores de acústica



Fuente: iQuatic TM. Elaborado por: El autor

La alimentación automática junto con los sensores de acústica obtuvo un crecimiento promedio semanal de 2.05 gr esto se resume a una ganancia de 4.37 gr frente al sistema de alimentación al voleo y 1.16 gr frente al sistema de alimentación automática convencional al culminar el ensayo, el peso alcanzado al final de la corrida fue de 25.87 gr.

Gráfico 3.16 Efecto del peso semanal entre los diferentes sistemas de alimentación



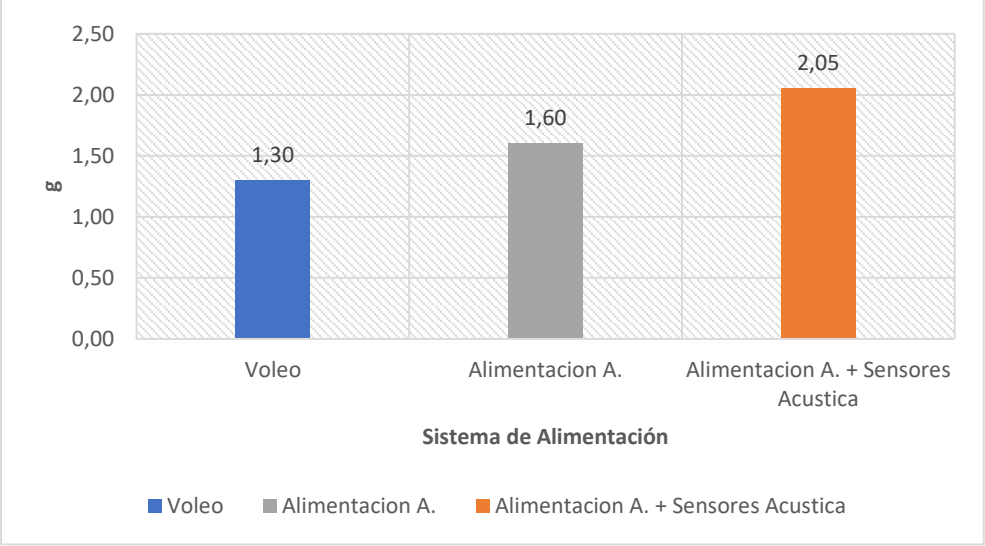
Fuente: El autor

Se muestra el peso ganado durante las 16 semanas del ciclo de cada uno de los diferentes sistemas tecnológicos de alimentación, podemos observar que las primeras 4 semanas se obtuvieron pesos pocos diferenciables debido a que en este tiempo la alimentación fue al voleo para cada uno de los sistemas, en las semanas posteriores se observaron tendencias de crecimiento muy marcadas entre los diferentes sistemas, en especial el sistema de alimentación automática potencializado con sensores de acústica llegando a obtener diferencia de hasta 4.37 gr en comparación al sistema tradicional (voleo) y una diferencia de hasta 2.40 gr en comparación al sistema de alimentación automática.

Tabla 3.1 Supervivencia final en los sistemas de alimentación

	Voleo	AA	AA + SA
Supervivencia Promedio	68%	73%	85%

Gráfico 3.17 Comparación entre los ecosistemas tecnológicos sobre el crecimiento semanal promedio (g/camarón) durante el ciclo.



Fuente : El autor

Observando la gráfica 3.17 podemos observar el crecimiento de los diferentes métodos distribución durante las semanas de producción del proyecto, se puede observar una diferencia en la variable crecimiento semanal (g/camarón) teniendo el mayor porcentaje de rendimiento la alimentación automática + sensores de acústica (41%) respecto a los otros sistemas de alimentación.

Los crecimientos obtenidos en cada uno de los sistemas no presentan diferencia significativa para P≤0.05. Los alimentadores automáticos presentaron mejor resultado en crecimiento frente a alimentación al voleo, de la misma manera la alimentación automática con sensores presento mejores niveles de crecimiento, FCA y peso frente a los otros métodos de alimentación durante el proyecto.

3.4 Supervivencia Final

Tabla 3.2 Crecimiento semanal

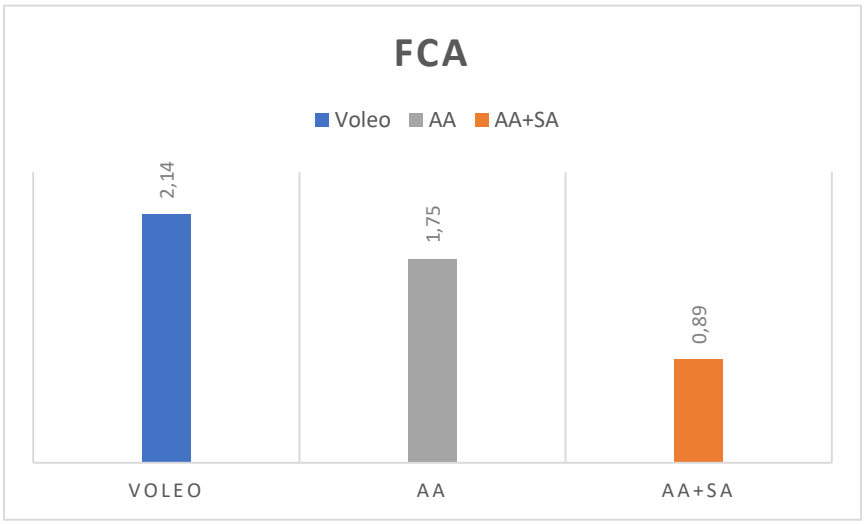
	Voleo	**AA**	**AA + SA**
Crecimiento Promedio (g)	1.30 ± 0.52	1.60 ± 0.57	2.05 ± 0.62
Crecimiento Mínimo (g)	0.24	0.35	0.59
Crecimiento Máximo (g)	1.88	2.1	2.56
F calculado		1.032	
F critico		3.219	
Probabilidad		0.364	

AA: Alimentación automática
AA+SA: Alimentación automática y sensores de acústica
Fuente: El autor

En la tabla 3.2 observamos que el sistema con mayor porcentaje de supervivencia es alimentación automática junto con sensores de acústica, los datos obtenidos con este sistema fueron superiores durante las semanas de producción obteniendo un rendimiento del 38% frente a los otros sistemas.

3.5 Factor de conversión alimenticia

Gráfico 3.18 Efecto del FCA en los diferentes sistemas de alimentación



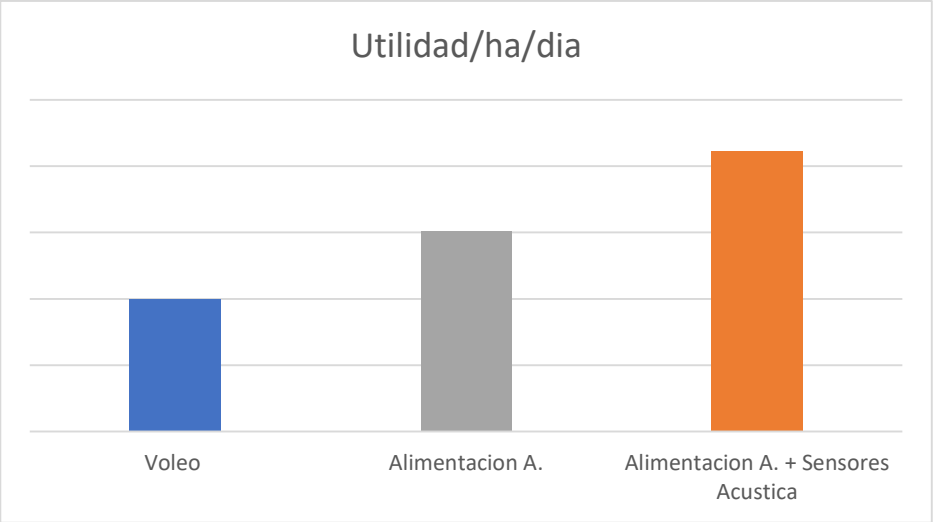
Fuente : El autor

Observando la gráfica anterior podemos observar diferencias entre los diferentes sistemas de alimentación, el FCA (Factor de conversión alimenticia) óptimo para la producción en sistemas semi–intensivos lo establece la barra AA+SA. Los alimentadores automáticos potencializados con sensores de acústica en las piscinas obtuvieron una mejor conversión junto con un mayor peso dentro de los mismos días de producción. Uno de los principales motivos por el cual el FCA puede ser afectado es debido a que el alimento es suministrado una vez al día o a bajas cantidades de alimento por día.

3.6 Utilidad ha/día

Una vez obtenida las métricas de producción y comparado con cada uno de los sistemas de alimentación es necesario realizar un análisis financiero (utilidad/ha/día de cada piscina) con el fin de obtener una comparativa global y poder seleccionar cuál de los sistemas expuestos anteriormente representa en términos no solo técnicos si no económicos una buena opción para sistemas de cultivos semi-intensivos.

Gráfico 3.19 Comparación del KPI financiero entre los tres sistemas de alimentación



Fuente : El autor

Mediante la gráfica 3.19 podemos observar que el método de alimentación con mayor margen de ganancia al final de las 16 semanas del ciclo es el sistema de alimentación automática junto con sensores de acústica, al final del experimento y realizando los cálculos financieros respectivos se obtuvo una utilidad por encima del 65% respecto al método voleo y del 45% respecto al sistema de alimentación automática.

Tabla 3.3 Resumen de parámetros

	Voleo	AA	AA + SA
Crecimiento Semanal	1.30 g	1.60 g	2.05 g
Supervivencia	68%	73%	84%
FCA	2.14	1.75	0.89
Días de producción	108	108	108
Peso Final	18.67 g	23.22 g	27.75 g
Biomasa/ha	2121 kg/ha	2309 kg/ha	3153 kg/ha

FCA: Factor de conversión alimenticia
AA: Alimentación automática
AA+SA: Alimentación automática y sensores de acústica
Fuente: El autor

Mediante la respectiva grafica podemos observar que el método de alimentación con mayor rendimiento es del AA+SA el cual muestra un 45% de rendimiento entre los 3 métodos de distribución

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una de las limitaciones al momento de distribuir alimento pocas veces al día es que el alimento sumergido durante un tiempo prolongado antes de ser consumido deteriora el perfil nutricional del alimento a medida que pasa el tiempo, existen estudios de (Carvalho, & Nunes, 2006) en el cual indica una relación directa entre el tiempo en que el alimento permanece sumergido y la cantidad de nutrientes que se filtran. Debido a las características fisiológicas y a la naturaleza del animal, la ingesta de alimento del camarón blanco es relativamente lenta por lo cual se puede inferir que al tener una frecuencia de alimentación de dos veces por día en el caso del voleo la partícula de balanceado tiene un tiempo muy prolongado hasta ser consumida o en ocasiones no llega a ser ingerida por ende los valores nutricionales se reducen, en comparación a un sistema de alimentación en el cual los intervalos de alimentación aumentan de manera significativa en pequeños lapsos reduciendo así el tiempo sumergido del balanceado.

4.1 Conclusiones

En base a los datos obtenidos en el presente proyecto podemos acotar que la alimentación automática tiene un efecto positivo en la supervivencia final en comparación al método tradicional de alimentación (voleo) resultando un aumento del 16%, a su vez la alimentación automática presento una mejora en la conversión alimenticia obteniendo una eficiencia del 18% frente a la alimentación al voleo. Según (Castro & Ceballos, 2011) en sistemas semi-intensivos se debe obtener una conversión alimenticia menor a 1.55 para ser considerado rentable. El mejor rendimiento del factor de conversión alimenticia se obtuvo utilizando sistemas de alimentación automática potencializados con sensores de acústica logrando alcanzar un FCA de 0.89, de la misma manera mediante la utilización de este sistema se logró obtener un mayor crecimiento de los organismos en los mimos días de producción. Con el sistema de sensores de acústica existe una mejora en la producción abaratando costos de alimentación, mejorando la calidad de suelo y agua, reduciendo los residuos que posteriormente se transportan a los cuerpos externos

al termino de cada ciclo de producción. El resultado de todas las mejoras en cada métrica de producción permitió obtener una mejor utilidad/ha/día lo que da como resultado un mejor margen de ganancia llegando a obtener un rendimiento de más del 30%.
En base a la experiencia de esta corrida, material bibliográfico y opiniones de expertos en el campo se presenta un protocolo base para aplicarlo en sistemas de producción semi – intensivo.

4.2 Protocolo Alimentación automática + sensores de acústica.

Se debe tener en cuenta factores claves entre ellos están: Capacidad de carga, ubicación, programación y el control del alimento.

4.2.1 Capacidad de Carga

En este punto se determina la cantidad de alimentadores colocados en la piscina en función de la biomasa que logra soportar cada equipo. En el mercado actual existen equipos que logran dispersar entre 12gr hasta 33gr por minuto. La recomendación base es colocar un equipo por hectárea manejando densidades de hasta 15 animales/m2 o una biomasa de 3 500 libras.
No se debe sobrepasar la carga de un equipo y piscina, un aumento desmedido da como resultado en la calidad de agua, fondos de estanque dañados y estrés en los animales. La capacidad de carga viene dada por el tamaño de las piscinas y el nivel de oxígeno. Una clara señal de que se ha superado la capacidad de carga son las depresiones en los fondos alrededor del alimentador que solo se logran visualizar en el drenado de la piscina.

4.2.2 Ubicación

La ubicación de los alimentadores y la biomasa afectan de manera directa el fondo de las piscinas, se debe evitar que las áreas de dispersión de los alimentadores choquen entre sí, de esta forma evitaremos que un gran porcentaje de biomasa se acumule en una sola región disminuyendo el nivel de oxígeno en dicha zona. Para la ubicación también debe estar considerada la profundidad se recomiendan profundidades de

1.20cm – 1.40cm. En el caso de tener aireadores en la piscina se debe posicionar los alimentadores por lo menos a 15 metros para evitar que el ruido afecte la lectura del sonido y estrés en los camarones. La altura del alimentador sobre la superficie del agua también es importante ya que permite al pellet poder desplazarse de manera idónea creando un halo de distribución uniforme los rangos óptimos son 0.90 – 1.20 cm. Respecto a la distancia del muro esta debe ser mayor a 17 metros para evitar que el pellet quede fuera de la piscina. Es necesario tener los alimentadores con sistemas de flotación para poder movilizarlos y configurar de manera adecuada el sistema. El sensor de acústica debe estar cerca de un alimentador el cual se convertirá en el central y replicará la orden de alimentación según el nivel de actividad del camarón, el sensor debe estar entre 0.80 y 1.20 cm del alimentador central.

4.2.3 **Llenado de los alimentadores**

Los periodos de llenado van a depender de la capacidad máxima de la tolva, en líneas generales los alimentadores poseen una capacidad de llenado de 100-120 kg. Esto deberá ser suficiente para un día de alimentación, se recomienda la construcción de muelles para realizar el llenado de las tolvas, además que permite reducir la mano de obra en comparación al llenado dentro de la piscina utilizando una panga ayuda a un fácil y rápido acceso para examinar los equipos y limpiar los paneles.

4.2.4 **Programación**

Al inicio del cultivo se recomienda alimentar de manera manual e ir reduciendo el área de distribución hasta posicionarla alrededor de los alimentadores, posterior a esto se debe iniciar con alimentación automática solamente, hasta que el camarón alcance un gramaje mínimo (4 g) en cual el sensor puede reconocer la actividad del camarón y hacer uso del sistema. Durante el tiempo de alimentación automática se recomienda establecer un horario de alimentación de alrededor de 12 horas al día, con una distribución 40/60 es decir 40% del total de kg distribuir las durante el día y el 60% por la tarde y noche. Existen estudios que demuestran que con su horario de 12 a 15 horas al día de alimentación se reduce un FCA. (Ching, 2017). Es importante establecer la cantidad de disparos que se realizaran por hora esto se calcula en base a la cantidad diaria de

alimento y las horas operativas del alimentador. Al final del ciclo se debe medir la cantidad de alimento suministrada en gramo/segundo. Los alimentadores tienen especificado este dato, pero con el pasar de los ciclos disminuye, aquí es cuando se debe realizar un mantenimiento correctivo y mantener la eficiencia de los motores dispersores.

4.2.5 **Control del alimento**

Es importante llevar un control sobre el alimento durante las primeras cuatro semanas mediante el uso de comederos o visores, los comederos se deben colocar dentro del área de distribución del alimento y según los resultados subir o bajar la dosis. Una vez activo el sensor de acústica se alimenta a saciedad sin embargo se debe chequear periódicamente la cantidad suministrada a diario. Además, se recomienda chequeos patológicos del animal para evitar mortalidades repentinas o tratamientos que ralenticen el crecimiento.

4.3 Recomendaciones

Realizar experimentos en sistemas de cultivo super intensivos con un mayor número de alimentadores automáticos y con sensores de acústica para determinar el comportamiento.

La implementación de alimentadores automáticos representa una inversión inicial significativa, pero se demuestra que es una inversión de mejoras recuperable en corto tiempo por lo cual se recomienda realizar esta inversión por etapas. Es necesario enfocarnos en protocolos de alimentación teniendo en cuenta el tipo de sistema de producción

BIBLIOGRAFÍA

Bernabé, L. (13 de Mayo de 2016). *Sector Camaronero: Evolución y proyección a corto plazo*. Obtenido de FCSH Opina: http://www.revistas.espol.edu.ec/index.php/fenopina/article/view/100/107

Carvalho, , E., & Nunes, A. (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*, 494-502. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848605004746?via%3Dihub

Castro, F., & Ceballos, J. (07 de Agosto de 2011). *Estrategias para optimizar el manejo del alimento en el engor del camarón blanco del Caribe Litopenaeus schmitt.* Obtenido de Aquatic: http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/159/148

Cenaim. (15 de Junio de 2000). *Uso de comederos o alimentación al voleo.* Obtenido de Dspace Espol: http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/8556/bquinc13.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ching, C. (24 de Octubre de 2017). *Incrementar la rentabilidad del cultivo de camaróncon implementacion tecnológica.* Obtenido de AquaexpoGuayaquil: http://aquaexpoguayaquil.cna-ecuador.com/wp-content/uploads/2017/10/Carlos-Ching-AQUAEXPO-2017.pdf

Cuéllar, J., & Lara, C. (16 de Junio de 2010). *MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO PARA EL CULTIVO DEL CAMARÓN BLANCO Penaeus vannamei.* Obtenido de Opesca: http://aquaticcommons.org/16644/1/86.%20Various%20Institutions.%20MBP%202010%5B1%5D.pdf

Cuevas , C. (19 de Jnuio de 2001). *MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO: RETORNO SOBRE INVERSIÓN.* Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-59232001000200001&script=sci_arttext&tlng=en

De León, J. (16 de Octubre de 2015). *Repositorio USAC.* Obtenido de UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA: http://www.repositorio.usac.edu.gt/2839/1/JOSU%C3%89%20MIGUEL%20DE%20LE%C3%93N%20D%C3%8DAZ.pdf

Espinoza, S. (21 de Julio de 2017). *La Producción de Camarón, Análisis de Rentabilidad del Sistema Semi-intensivo entre Alimentación Tradicional y Alimentación Automática .* Obtenido de Universidad de Guayaquil: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/21673/1/TT%20ESPINOZA%20A%20S%20V.pdf

Europa Azul. (19 de Marzo de 2018). *La producción de harina de pescado para acuicultura crece en Ecuador.* Obtenido de Europa Azul: http://europa-azul.es/la-produccion-de-harina-de-pescado-para-acuicultura-crece-en-ecuador/

FAO. (1 de Febrero de 2005). *Visión general del sector acuícola nacional- Ecuador.* Obtenido de FAO: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es

FAO. (12 de Abril de 2009). *Penaeus vannamei. In Cultured aquatic species fact sheets.* Obtenido de FAO: http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_whitelegshrimp.htm

FAO. (24 de Junio de 2019). *An estimated 3 million tonnes of shrimp entered the international trade in 2018.* Obtenido de FAO: http://www.fao.org/in-action/globefish/market-reports/resource-detail/en/c/1199292/

Franciso , G. (1 de Marzo de 2015). *Ecosistemas Tecnológicos.* Obtenido de Grial: https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/401/1/201503-uploads-VAEP-RITA.2015.V3.N1.A6.pdf

Garcia, F. (15 de Octubre de 2015). *Mirando hacia el futuro: Ecosistemas tecnológicos de aprendizaje.* Obtenido de Core: https://core.ac.uk/download/pdf/32325496.pdf

Gomez, S. (2012). *Metodología de la investigación.* Mexico: Red Tercer Milenio.

João , R., & Romi , N. (21 de Noviembre de 2019). *Optimizing feed automation: improving timer-feeders and on demand systems in semi-intensive pond culture of shrimp Litopenaeus vannamei.* Obtenido de Cciencedirect: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848619312645

MAGAP. (27 de Octubre de 2016). *Sector camaronero encaminado hacia una "Acuacultura2.0".* Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: https://www.agricultura.gob.ec/sector-camaronero-encaminado-hacia-una-acuacultura2-0/

Mete, M. (07 de Marzo de 2014). *VALOR ACTUAL NETO Y TASA DE RETORNO.* Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7_a06.pdf

Molina, C., & Villareal , H. (14 de Julio de 2008). *Estrategia de alimentación en la etapa de engorda del camarón .* Obtenido de Cibnor: https://www.cibnor.gob.mx/images/stories/biohelis/pdfs/Estrategias-de-alimentacion-en-la-etapa-de-engorda-del-camaron.pdf

Nicovita. (19 de Mayo de 1998). *Métodos de alimentación .* Obtenido de Nicovita: https://www.nicovita.com.pe/extranet/Boletines/may_98_01.pdf

NIF. (16 de Enero de 2007). *Contabilidad Financiera .* Obtenido de UV: https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Contabilidad_Financiera1_Unidad_3.pdf

Ruiz, D. (05 de Noviembre de 2018). *Evaluación de eficiencia en dos sistemas de alimentación automática para engorde de camarón blanco (Litopenaeus vannamei) en Choluteca, Honduras.* Obtenido de Zamorano: https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6399/1/CPA-2018-T082.pdf

Superintendencia de Industria y Comercio. (27 de Junio de 2013). *Medición y alimentación en el cultivo de camarón.* Obtenido de IBEPI: http://www.ibepi.org/wp-content/uploads/2014/12/Boletin_camarones_FINAL_27junio.pdf

Ullman, C. (16 de Diciembre de 2017). *An Evaluation of Feed Management, the Use of Automatic Feeders, and Feed Leaching in the Culture of Pacific White Shrimp Litopenaeus vannamei .* Obtenido de Auburn University : 2017