



Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Diseño de un protocolo de manejo para una alimentación eficiente en piscinas intensivas de camarón blanco *P. vannamei*

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Acuícola

Presentado por:

María Alejandra Torres Campozano

Juan José Franco Palacios

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020



College of Maritime Engineering and Sea Science

Design of a management protocol for efficient feeding in
intensive white shrimp pools *P. vannamei*

CAPSTONE COURSE

A project submitted in partial fulfillment of the requirements for
the degree of:

Aquaculture Engineer

Present by:

María Alejandra Torres Campozano

Juan José Franco Palacios

GUAYAQUIL - ECUADOR

Year: 2020

DEDICATORIA

A nuestros padres que a lo largo de todo este viaje llamado vida han sido los pilares de nuestra formación profesional y principalmente de nuestra formación personal. Quienes sentaron en nosotros las bases de la responsabilidad y los deseos de superación. Por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera y sus palabras de aliento en cada obstáculo que se presentó en el camino.

A nuestros hermanos y demás familiares que nos apoyaron con sus buenos deseos y consejos.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sinceros agradecimientos a todos los profesores que nos ayudaron en la realización de este trabajo, con sus guías, enseñanzas y palabras alentadoras.

A nuestros compañeros que permitieron que este camino sea más llevadero, con risas y momentos amenos. A nuestros amigos de la vida por sus consejos y frases de apoyo que nos brindaron ante los retos y obstáculos.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *María Alejandra Torres Campozano* y *Juan José Franco Palacios* damos nuestro 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”



María Alejandra Torres
Campozano



Juan José Franco
Palacios

EVALUADORES



Adrián Marquez, M. Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA



Jerry Landivar, M. Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La camaronicultura en Ecuador dio sus inicios en los años 60, desde entonces los sistemas extensivos que en un principio lograban producciones con pocos recursos hoy en día han sido tecnificados y redirigidos hacia cultivos intensivos con un mayor uso de equipos e insumos, así como de estrategias de alimentación para el manejo eficiente del rubro más alto de los costos de producción como lo es el alimento balanceado. Por ello se propone recabar información acerca de las estrategias de alimentación que predominan en los sistemas de producción de Ecuador, y mediante criterios de selección determinar la mejor estrategia de alimentación sobre la cual se realiza el diseño de un protocolo de manejo.

Entre las estrategias de alimentación que predominan en la camaronicultura de Ecuador tenemos la alimentación al voleo manual, la alimentación al voleo mecánica, la alimentación automática eléctrica y la alimentación automática solar. Entre los criterios de selección proporcionados por el cliente tenemos los costos (30%), número de operarios (15%), mantenimiento (5%), tiempos de alimentación (25%) y la frecuencia alimenticia (25%).

Mediante los criterios de selección del cliente se determinó que la mejor estrategia de alimentación resultó ser la alimentación automática solar, por cumplir más eficientemente con todos los criterios, sobre todo con el criterio de costo de implementación.

El manejo eficiente del alimento balanceado por parte de los alimentadores automáticos es un hecho, así como el aumento de los ratios productivos de una finca camaronera durante el uso de esta estrategia de alimentación.

Palabras Clave: Alimentación Automática, Voleo, Camaronicultura, Protocolo, Estrategias.

ABSTRACT

Shrimp farming in Ecuador began in the 60s, since then the extensive systems that initially achieved productions with few resources today have been technified and redirected to intensive crops with greater use of equipment and supplies, as well as strategies of food for the efficient management of the highest item of production costs such as balanced feed. Therefore, it is proposed to gather information about the feeding strategies that predominate in Ecuador's production systems, and by means of selection criteria determine the best feeding strategy on which the design of a management protocol is carried out.

Among the feeding strategies that predominate in Ecuadorian shrimp farming, we have manual volley feed, mechanical volley feed, automatic electric feed and automatic solar feed. Among the selection criteria provided by the client we have the costs (30%), number of operators (15%), maintenance (5%), feeding times (25%) and feeding frequency (25%).

Through the client's selection criteria, it was determined that the best feeding strategy proved to be automatic solar feeding, as it met all the criteria more efficiently, especially with the cost of implementation criteria.

The efficient handling of balanced feed by automatic feeders is a fact, as is the increase in the productive ratios of a shrimp farm during the use of this feeding strategy.

Keywords: *Automatic Feeding, Volley, Shrimp Farming, Protocol, Strategies.*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	6
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Justificación del problema	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Marco teórico.....	5
1.4.1 Métodos de Alimentación.....	5
1.4.2 Sistemas de cultivo	9
CAPÍTULO 2.....	11
2. Metodología	11
2.1 Alimentación al voleo.....	11
2.1.1 Alimentación al voleo manual	11
2.1.2 Alimentación al voleo mecánica.....	12
2.2 Protocolo de Alimentación al voleo.....	12
2.3 Alimentación con alimentadores automáticos	13

2.4	Protocolo de alimentación automática.....	14
2.5	Características y especificación de los alimentadores automáticos más comunes.....	15
2.6	Criterios de selección	17
2.7	Cuadro comparativo de mejor solución versus criterios	19
CAPÍTULO 3.....		20
3.	Resultados Y ANÁLISIS	20
3.1	Determinación de alimentador automáticos/ha	20
3.2	Mantenimiento y limpieza de alimentadores automáticos	21
3.3	Radio de aspersion.....	21
3.4	Dosis de alimentación en alimentadores automáticos.....	22
3.5	Ubicación de alimentadores	22
3.6	Muelles para alimentadores automáticos	23
3.7	Separación entre zonas de alimentación.....	24
3.8	Separación de alimentadores automáticos y aireadores	25
3.9	Separación de alimentador automático con respecto al muro.....	26
3.9	Uso de comederos testigos	27
3.10	Análisis de Costos	27
CAPÍTULO 4.....		31
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	31
4.1	Conclusiones	32
4.2	Recomendaciones.....	32
5.	Bibliografía.....	34

ABREVIATURAS

HA	Hectárea
FAO	Food and Agriculture Organization
MPY	Milésimas de pulgadas por año
A.M.	Ante Meridiem
P.M.	Post Meridiem
FCR	Factor de Conversión Real
SEG	Segundo
A.A	Alimentador Automático
ROI	Return On Investment

SIMBOLOGÍA

N	Nitrógeno
P	Fósforo
Kg	Kilogramo
mm	Milímetro
Gr	Gramos
Ah	Amperio
W	Watt
m	Metro
ppm	Partes por Millón
m ²	Metro cuadrado
\$	Dólar
#	Número

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1.- Protocolo de alimentación al voleo y automática para cultivo de camarón.....	15
Ilustración 3.1.- Disposición de alimentadores automáticos con respecto a aereadores en una piscina de camarón de 1 ha con sistema toilet.	23
Ilustración 3.2.- Diagrama uso de muelles para alimentadores automáticos.....	24
Ilustración 3.3.- Separación de Alimentadores Automáticos.....	25
Ilustración 3.4 Separación de un Alimentador Automático con respecto a un aereador	26
Ilustración 3.5.- Diagrama de separación de alimentadores automáticos con respecto	26
Ilustración 3.6.- Diagrama de posición de comederos testigos.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.- Especificaciones de Alimentador Automático Solar.....	16
Tabla 2.2.- Especificaciones de Alimentador Automático Eléctrico	17
Tabla 2.3.- Especificaciones de Alimentador Automático Eléctrico	19
Tabla 3.1.- Datos de producción de una piscina de 1 ha.....	20
Tabla 3.2.- Proporcional de sueldo mensual de un obrero por realizar la actividad de alimentación de piscinas camaroneras.....	28
Tabla 3.3.- Proporcional de sueldo por 4 obreros para un ciclo de producción de cultivo intensivo de 70 días.....	28
Tabla 3.4.- Costo de inversión de implementación de alimentación automática solar para 10 hectáreas de cultivo intensivo	28
Tabla 3.5.- Costo de Inversión de implementación de alimentación automática eléctrica para 10 hectáreas de cultivo intensivo	29
Tabla 3.6.- Datos de producción de finca intensiva	29
Tabla 3.7.- Estimación de inversión y ganancia neta de las cuatro soluciones propuestas	30

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La actividad camaronera en Ecuador tuvo sus inicios en los años 60 (Álvarez Gálvez, 2017) de forma accidental, cuando los agricultores de Santa Rosa, El Oro, encontraron camarón dentro de las pozas o estanques cercanos a sus hectáreas de cultivo de arroz. Las primeras piscinas camaroneras, fueron adecuaciones de los estanques de cultivo de arroz donde el agua dulce era reemplazada por agua salobre de esteros cercanos, que a su vez eran cerradas con la misma tierra de la piscina para evitar la salida del agua. Los estanques de arroz eran idóneos para el crecimiento del camarón, debido a su forma cuadrada y a la composición de su suelo que retiene agua. La semilla de camarón provenía de las corrientes marinas que inundaban los estanques de forma natural. Estos dos factores, permitieron a los agricultores cambiar su actividad productiva convirtiéndose en la primera generación de camaronicultores del país. Sin embargo, después de varios ciclos de producción de cultivo de camarón, los rendimientos fueron mermando, ya sea por deterioro o saturación de suelo con materia orgánica perdiendo así la calidad del cultivo. Por otro lado, el agua al no ser recambiada periódicamente, adquiría un color y olor desagradable que impedía el buen crecimiento del camarón (Álvarez Gálvez, 2017).

Con el paso del tiempo, estos sistemas primarios de cultivo fueron tecnificándose y los agricultores adquiriendo un mejor conocimiento sobre las condiciones óptimas para el desarrollo de la camaronicultura. Actualmente, se emplean varias estrategias como fertilización de la columna de agua, manejo de la materia orgánica del fondo, adición de alimento balanceado para alcanzar un mejor crecimiento en menor tiempo, mecanismos de filtración de agua para evitar la entrada de organismos no deseados en el cultivo, entre otras técnicas de cultivo que han posicionado al Ecuador como uno de los principales países productores de camarón.

En la actualidad, el cultivo del camarón blanco "*Penaeus vannamei*" (Boone, 1931) representa el principal producto de acuicultura del Ecuador con un rendimiento en el 2018 de 97, 149,564 libras exportadas, que representan un ingreso económico de \$264, 838,171 para el país (Cámara Nacional de Acuicultura, 2019).

En Ecuador existen alrededor de 1717 fincas camaroneras, registradas y aprobadas según reportes del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (Durán, 2019), que comprenden alrededor de 210,000 hectáreas (Bernabé Argandona, 2016). Estas fincas camaroneras se encuentran divididas según el sistema de producción, densidades de siembra y producción promedio en: sistemas extensivos, semi-intensivos y sistemas intensivos.

Los sistemas intensivos manejan altas densidades de cultivo en relación a los sistemas extensivos y semi-intensivos, por lo tanto demandan un mayor esfuerzo de los operadores, mayor nivel de tecnificación y manejo especializado. Sin embargo, la extensión de las piscinas es menor en comparación a los otros sistemas, estando comprendidas entre 0.1 y 1 ha.

Uno de los principales factores a tener en cuenta para el éxito del cultivo del camarón es una adecuada nutrición y un buen manejo del alimento (Molina Poveda, Villareal Colmenares, Martínez Córdova, & Quadros , 2008). En las fincas camaroneras, la ración diaria de alimento es adicionada usando tablas de alimentación elaboradas por los jefes de campo o técnicos en producción. Así mismo las empresas de alimento balanceado recomiendan tablas de alimentación de sus productos, las cuales pueden variar de acuerdo a la ubicación geográfica de las fincas donde se está suministrando el alimento. Las tablas de alimentación son generadas a partir del porcentaje de biomasa a alimentar y del peso promedio de los organismos presentes en la piscina de cultivo. Sin embargo, las tablas de alimentación no toman en cuenta los hábitos alimenticios propios del camarón, ni los estadios de muda, o efectos de parámetros ambientales como la temperatura.

El alimento balanceado es el rubro con mayor valor dentro de los costos operativos de producción de un cultivo de camarón, representando entre el 50 y 60% (Molina Poveda, Villareal Colmenares, Martínez Córdova, & Quadros, 2008) del total de los costos de producción. Por otro lado, un manejo deficiente del alimento balanceado puede producir un deterioro en la calidad del suelo y agua de las piscinas, fomentando la aparición de enfermedades (Nicovita, 1998). Por lo descrito anteriormente, es importante implementar nuevas estrategias de alimentación que permitan reducir los gastos de alimentación, garantizar la eficiencia del alimento balanceado en la ingesta (Molina, Cadena, & Orellana, 2000) y asegurar una buena calidad del medio en el que viven los camarones.

1.1 Descripción del problema

El problema general de los cultivos intensivos radica en el aumento del uso del alimento balanceado con respecto a otros sistemas tradicionales, debido a que alimentan más biomasa de animales por metro cuadrado. A su vez, el alimento balanceado es la principal fuente de adición de desechos al sistema de cultivo (Ullman, Rhodes, Hanson, Cline, & Davis, 2018), es decir que el uso inadecuado genera una acumulación de materia orgánica en el fondo de la piscina, nitrógeno (N), fósforo (P), entre otros nutrientes. Solo alrededor del 23 al 47% de N y P presentes en el alimento son asimilados por el camarón y transformados en biomasa, la cantidad restante es acumulada en el estanque o eliminada como heces fecales. Estos desechos se acumulan en el fondo generando un medio tóxico para los camarones y aumentando la demanda biológica de oxígeno, disminuyendo el factor de éxito del cultivo (Molina Poveda, Villareal Colmenares, Martínez Córdova, & Quadros, 2008). Además, ambientalmente hablando la huella ecológica que dejan las materias primas empleadas en la fabricación de alimentos balanceados es muy alta, debido a que para fabricar un saco de 40 Kg de balanceado se deben procesar 100 kg de materia prima (Arias-Lizárraga & Méndez-Gómez, 2014).

Una mala distribución de los piensos generaría acumulación de camarones en ciertas zonas de la piscina produciendo puntos anóxicos debido al aumento repentino de la densidad poblacional en una sola zona debido a la búsqueda de alimento, provocando estrés en los camarones debido a la competencia por el alimento.

Lo que se pretende, es generar información que sustente cual técnica o método de alimentación es más eficiente en cuanto a la distribución del alimento en la piscina, mayores frecuencias alimenticias, que ocupe menores tiempos de alimentación, que aproveche mejor la mano de obra y que este se ajuste a los requerimientos y especificaciones del cliente.

1.2 Justificación del problema

El alimento balanceado es el rubro con mayor valor dentro de los costos operativos de un cultivo de camarón, representando entre el 50 y 60% (Molina Poveda, Villareal Colmenares, Martínez Córdova, & Quadros , 2008) del total de los gastos de producción lo que se traduce en un impacto negativo para la rentabilidad por cada ciclo de producción.

Del mismo modo, una excesiva adición de alimento en las piscinas de camarón, ocasiona no solo un incremento en los costos de la alimentación por el aumento del factor de conversión alimenticia, sino también un deterioro de la calidad del agua, lo que se traduce en costos de manejo de calidad de agua de la unidad de cultivo (Ullman, Rhodes, Hanson, Cline, & Davis, 2018).

Por lo descrito anteriormente, es importante implementar nuevas estrategias de alimentación que permitan reducir los gastos operativos, fomentar el uso eficiente del alimento balanceado, asegurar una buena calidad del medio en el que viven los camarones y obtener el máximo rendimiento de los cultivos.

La harina de pescado, junto al aceite de pescado representan unas de las materias primas más utilizadas durante la fabricación del alimento balanceado, debido a su

alto porcentaje de proteína de alta calidad (Mabell, 2015). Generar estos recursos resulta muy costoso para el planeta en términos ambientales debido a que para obtener 212 kg de harina de pescado y 108 kg de aceite de pescado, se debe procesar 1000 kg de materia prima la cual puede estar compuesta de desperdicios de muchas especies bioacuáticas, que no son atractivas para la venta en masa como anchovetas, sardinas, tilapia, restos de atunes procesados por su carne, desperdicios de camarón, entre otros peces (Arias-Lizárraga & Méndez-Gómez, 2014), esto sin contar con los costos de energía, recursos de agua y mano de obra necesarios para la fabricación de los sacos de alimento balanceado. Por ello, se debe velar por el recurso del alimento balanceado, por ser uno de los insumos más importantes en cualquier actividad de acuicultura.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un protocolo de manejo eficiente del alimento balanceado bajo diferentes estrategias de alimentación en un cultivo intensivo de camarón blanco *P. vannamei*

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las diferentes estrategias de alimentación en un cultivo de camarón blanco.
- Establecer criterios de selección para una alimentación eficiente en un cultivo intensivo de camarón.
- Definir la estrategia de alimentación más eficiente para un cultivo intensivo de camarón blanco.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Métodos de Alimentación

1.4.1.1 Alimentación en comederos o charolas

Los comederos o charolas son contenedores circulares planos de malla plástica de 1 mm de ojo de malla, cosida a un borde de tubo PVC de $\frac{3}{4}$ o 1 pulgada, relleno de arena para permitir que la charola se pueda sumergir hasta tocar el fondo de la

piscina. Son platos ubicados en zonas específicas de las piscinas, donde se deposita el alimento permitiendo el fácil acceso de los camarones.

Los comederos son atados con una piola a una estaca de 2.5 m de longitud o a una boya para poder ser ubicados y recogerlos fácilmente. Los comederos deben ser colocados en zonas donde el suelo esté en buenas condiciones para facilitar su manejo (Molina Poveda, Villareal Colmenares, Martínez Córdova, & Quadros , 2008).

1.4.1.2 *Alimentación al voleo*

a) Manual

La alimentación al voleo manual consiste en dispersar el alimento por toda la piscina lo más homogéneo posible. Esta actividad es realizada por un operario que se desplaza por la piscina en una panga o lancha. El alimento balanceado puede ser almacenado en un balde dentro de la panga, se puede colocar el saco de balanceado abierto o regar el contenido en la panga. También, se puede dispersar el alimento con ayuda de una carretilla desde los bordes de la piscina. Cuando se utilizan pangas o lanchas se debe procurar recorrer en zigzag toda la extensión de la piscina para de esta manera abarcar más área de alimentación, y evitar acumulación excesiva en puntos no deseados de la piscina (Molina Poveda, Villareal Colmenares, Martínez Córdova, & Quadros , 2008).

Ventajas

- No importa el tamaño de la piscina a alimentar, debido a que las lanchas tienen la capacidad de cubrir mayor extensión
- Se generará menos competencia por búsqueda de alimento en los animales de la unidad de cultivo debido a la mejor distribución a lo largo de la piscina.
- Las variables ambientales como la lluvia o el viento no afectan a este método de alimentación (Molina Poveda, Villareal Colmenares, Martínez Córdova, & Quadros , 2008)

Desventajas

- Se compromete la bioseguridad de las piscinas al hacer uso de los mismos implementos (baldes, tachos, jarras, pangas, etc) para todas las unidades de cultivo cercanas
- Se requiere de un mayor número de obreros para cubrir extensiones amplias y más cantidad de combustible (en caso de que las lanchas poseen motores)
- Además de los obreros para el lanzamiento del alimento en la piscina, es necesario un supervisor para verificar la correcta distribución del alimento balanceado (Molina Poveda, Villareal Colmenares, Martínez Córdova, & Quadros , 2008).

b) Mecánica

La alimentación mecánica es un poco más sofisticada en términos de uso de maquinarias para la alimentación de las unidades de cultivo. Este método se lleva a cabo por medio de vehículos adaptados con tolvas y cañones que disparan el alimento a distancias considerables (Molina Poveda, Villareal Colmenares, Martínez Córdova, & Quadros , 2008).

Ventajas

- El número de personas para la alimentación se reduce, debido a que se mejora la forma de alimentar por lo que se requiere la ayuda de menos personas para mayores extensiones de cultivo.
- Se hace uso de un solo cañón (2 personas) para alimentar lo mismo que dos lanchas (4 personas) con su respectivo personal
- Se optimizan los tiempos de alimentación
- Se aprovecha más eficientemente el uso del combustible
- Se utiliza un mismo vehículo para transportar el alimento y el alimentador (cañón) (Molina Poveda, Villareal Colmenares, Martínez Córdova, & Quadros , 2008).

Desventajas

- Requiere de muros carrozables y en buen estado
- En época de precipitación lluviosa se dificulta el acceso del vehículo a las piscinas
- Los cañones tienen un máximo de alcance de disparo del alimento (30 metros) por lo que no aplica en piscina con grandes extensiones
- El factor ambiental del viento se vuelve importante al restringirnos la alimentación a un solo lado del estanque
- El alimento al ser disparado por el cañón tenderá a irse a zonas no deseadas de la piscina y puede concentrarse en áreas perjudicialmente anóxicas (Molina Poveda, Villareal Colmenares, Martínez Córdova, & Quadros , 2008)

1.4.1.3 Alimentadores automáticos

El avance en la producción acuícola ha llevado a la tecnificación de los procesos de alimentación, los alimentadores automáticos son contenedores de alimento balanceado, que poseen un motor de aspersion, un sistema de flotación o una base (se puede mantener fijo el alimentador automático en el muelle) y una caja controladora ubicada fuera de la piscina (puede ser en un muelle) que poseen un sistema de flotación y un sistema de dispersión de alimento (Ching, 2017). En el mercado, existen dos tipos de alimentadores automáticos clasificados como solares y eléctricos. Los alimentadores automáticos cumplen la función de automatizar el proceso de alimentación de las piscinas o unidades de cultivo, en algunos casos siguiendo curvas predictivas de alimentación, en otros casos por medio de sensores que miden los rangos de cambios ambientales del agua y de esta manera alimentar, otros miden las ondas de ruido que provocan los camarones durante la masticación y el equipo reacciona proporcionando alimento a la piscina (Ching, ¿Cómo incrementar la rentabilidad del cultivo de camarón con una adecuada implementación tecnológica?, 2017).

a) Alimentadores automáticos solares

Los alimentadores automáticos funcionan con energía solar, tienen una fotocelda que carga una batería cuya capacidad se calcula en base a la capacidad de

aspersión, capacidad de alimentación y radio de aspersión del equipo. La ventaja de este equipo es que no es necesario toda una instalación eléctrica en la implantación acuícola para su implementación, a comparación del alimentador automático eléctrico (Rengel, Tipos de alimentadores automáticos, 2019).

b) Alimentadores automáticos eléctricos

Este tipo de alimentador automático requiere de todo un sistema de red eléctrica en donde vaya a ser implementado debido a que no posee una batería, este equipo no puede funcionar si no es con el paso constante de energía por su sistema. Su desventaja radica en que si la implantación acuícola no posee generadores para emergencias en caso de cortes de energía eléctrica, el alimentador automático no podrá funcionar y se afectarán las actividades de alimentación durante ese tiempo (Rengel, Tipos de alimentadores automáticos, 2019).

1.4.2 Sistemas de cultivo

1.4.2.1 Sistema Extensivo

En estos sistemas se maneja una densidad de siembra de 5 animales por metro cuadrado (Marriott García, 2003), con una producción promedio de 600 a 800 libras por hectárea (FAO, Penaeus vannamei, 2009). Las piscinas por lo general tienen una extensión de 5-10 ha y una profundidad de entre 0.7 y 1.2 m (FAO, Penaeus vannamei, 2009). Este sistema de producción tiene la particularidad de que no se utilizan piensos para la alimentación de las especies bioacuáticas, la alimentación es suplida por la productividad primaria presente en la piscina y se enfatiza en la fertilización del agua y del suelo.

1.4.2.2 Sistema Semi Intensivo

Estos sistemas manejan una densidad de siembra que va desde 5 a 20 animales por metro cuadrado (Marriott García, 2003) y cuentan con una producción de 1,000 a 1,500 libras por hectárea (FAO, Penaeus vannamei, 2009). Es el sistema más usado en Ecuador debido a que deja mayores producciones en menores tiempos de cultivo. Sin embargo, en este tipo de sistemas de cultivo se hace uso de los alimentos balanceados para la alimentación de las especies, lo que genera que los

costos operativos aumenten a comparación del sistema extensivo. Las piscinas cuentan con una extensión de 1-5 ha (FAO, *Penaeus vannamei*, 2009).

1.4.2.3 ***Sistema Intensivo***

Estos sistemas manejan una densidad de siembra que va desde los 200,000 animales por hectárea en adelante (Marriott García, 2003), y cuentan con una producción anual mayor a 5,000 libras por hectárea (FAO, 2009). Para la implementación de este sistema se requiere de áreas pequeñas para que estas puedan ser más manejables durante el ciclo de producción, así como también contar con un sistema permanente de sifoneo o retención de sólidos para evitar la acumulación de estos y que puedan generar molestias en el sistema. Al manejar unidades pequeñas de cultivo no solo se logra un mejor manejo de los residuos en el estanques, sino también una mejora importante en la eficiencia del alimento y optimización del alimento (Lara Espinoza, y otros, 2015). Así también es recomendable la implementación de un sistema de alimentación automática para mejorar el aprovechamiento del alimento balanceado y asegurar su eficiencia de ingesta (Marriott García, 2003)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El área de estudio se encuentra ubicada en La Comuna Engunga perteneciente a la parroquia Chanduy, provincia de Santa Elena, cuyas coordenadas de finca son las siguientes: Latitud: 2°28'32.8°S Longitud: 80°32'53.7°W.

La camaronera seleccionada cuenta con 52 piscinas con una extensión de entre 0.7 y 1 hectárea. Las unidades de cultivo constan de un sistema de retiro de desechos por medio de un sifón en forma de inodoro en el centro de la piscina, de esta forma se espera limpiar el fondo de las piscinas de posibles agentes patógenos y reducir la carga de nitritos presentes en el medio. Además, todas las unidades de cultivo se encuentran cubiertas de plástico invernadero de 3 mm para mantener las temperaturas estables dentro de las piscinas y de esta manera evitar cambios bruscos de temperatura durante el día.

La camaronera es de tipo intensivo con una densidad de 120 animales por metro cuadrado. El alimento balanceado seleccionado por la empresa para las piscinas de engorde de juveniles contiene un 35% de proteína, mientras que el alimento balanceado que se suministrará en las piscinas de Precría de postlarvas será de 42% de proteína.

De acuerdo revisión bibliográfica de diferentes estudios experimentales, se identificaron las posibles alternativas de estrategias de alimentación para llevar una alimentación eficiente dentro del cultivo.

2.1 Alimentación al voleo

2.1.1 Alimentación al voleo manual

La alimentación al voleo es el método tradicional que se realiza en la actividad camaronera. Para realizar este método se requiere conocer la cantidad de biomasa que hay presente en la piscina de cultivo y el crecimiento que se espera obtener

semanalmente. El productor debe realizar periódicamente muestreos de la población de camarón presente en la piscina para poder ajustar la dosis de alimentación a suministrar.

2.1.2 Alimentación al voleo mecánica

La alimentación al voleo mecánico consiste en el uso de un camión conectado a una tolva o cañón cargado de alimento balanceado, de esta forma el camión se desplaza alrededor de las piscinas dispersando el alimento a distancias considerables.

Se han realizado estudios de alimentación al voleo mecánica y manual donde han utilizado comederos testigos de 90 cm de diámetro. Se cuantificó el alimento no consumido en las bandejas y se les asignó un valor: 1) cuando el alimento no consumido fue <12.5%, 2) cuando el alimento no consumido estaba entre 12.5-25%, 3) cuando el alimento no consumido era >25%. Cuando los valores medios en las bandejas se encontraban entre 1.5 y 3, la ración disminuyó 30%; para valores de 1 a 1.5, la ración disminuyó 15%; para valores de 0.5 a 1, se utilizó la misma ración y cuando el valor promedio fue 0.5 la ración se incrementó un 5% (Casillas Hernández, Magallón Barajas, Portillo Clarck, & Páez Osuna, 2006).

2.2 Protocolo de Alimentación al voleo

1. Calibración de la atarraya, cálculos que determinan el área de apertura que cubre un lance.
2. Determinar la biomasa de la piscina
3. Determinar el porcentaje de biomasa a alimentar y elaborar la tabla de alimentación
4. Determinar la ración de alimentación diaria
5. Determinar la frecuencia alimenticia por día
6. Definir los puntos en la piscina donde se suministrará el alimento
7. Determinar número de comederos testigos a utilizar

2.3 Alimentación con alimentadores automáticos

Los alimentadores automáticos poseen un temporizador que permite al productor definir la frecuencia de alimentación y la cantidad a suministrar en cada dosis, de esta forma se alimenta más veces al día sin aumentar la mano de obra requerida. Los alimentadores automáticos pueden ser eléctricos o con celdas fotovoltaicas (con energía solar). Existen alimentadores automáticos a los cuales se les añade un sistema acústico de hidrófono el cual mide los decibeles producto de la frecuencia acústica que emiten los camarones al momento de comer. Este proceso se inicia con el lanzamiento de un cebo (pequeña cantidad de alimento) durante tres segundos, si existe actividad de los camarones el hidrófono se activa mandando señales al equipo para que el motor del aspersor se active nuevamente y disperse más alimento por la piscina. Caso contrario, el motor del aspersor no se activa y de esta forma se evita el desperdicio del alimento (Swanepoel, Novriadi, Rhodes, Ullman, & Davis, 2018). Los alimentadores automáticos pueden estar fijos sobre muelles de la piscina o pueden tener flotadores y situarse encima de la piscina.

Ventajas

- Optimización de procesos de alimentación
- Mejoras en los factores de conversión alimenticia
- Optimización de tiempos de alimentación
- Reducción de personal de alimentación
- Programación de la alimentación en base a curvas predictivas

Desventajas

- Costo inicial del alimentador automático
- Requiere mantenimiento (limpieza) semanal
- Daños al equipo por factores ambientales anormales

Estudios realizados demuestran que la alimentación automática es más eficiente a la hora de suministrar el alimento a la piscina y que al aumentar la cantidad de dosis

por día, mejora el rendimiento de los camarones (Swanepoel, Novriadi, Rhodes, Ullman, & Davis, 2018).

En Alabama se corrió un experimento con 16 estanques de 0.1 ha sembrados con 38 camarones por metro cuadrado para determinar la demanda alimenticia del camarón a medida que se aumentaban las dosis. Se probaron 4 métodos de alimentación: voleo, dos alimentadores solares aumentando en 15 y 30% la alimentación del voleo, y un cuarto tratamiento de alimentador automático con un sistema acústico que alimenta a saciedad. Los resultados arrojaron que a medida que se aumentaban las dosis de alimento, así como su número de frecuencia, el camarón se alimentaba a saciedad en el horario correspondiente y esto le hacía metabolizar de mejor manera el alimento balanceado para ganar más peso individual, siendo el sistema acústico el que presentaba los mejores rendimientos de pesos finales, FCR, así como el sistema que más balanceado añadió a la piscina. (Swanepoel, Novriadi, Rhodes, Ullman, & Davis, 2018).

2.4 Protocolo de alimentación automática

1. Determinar el tipo de alimentador a utilizar
2. Calibración de la atarraya, cálculos que determinan el área de apertura que cubre un lance.
3. Determinar la biomasa de la piscina
4. Determinar el porcentaje de biomasa a alimentar y elaborar la tabla de alimentación
5. Determinar la ración de alimentación diaria
6. Determinar la frecuencia alimenticia por día
7. Definir el número de equipos de alimentación automática
8. Definir los puntos de ubicación de los alimentador automáticos

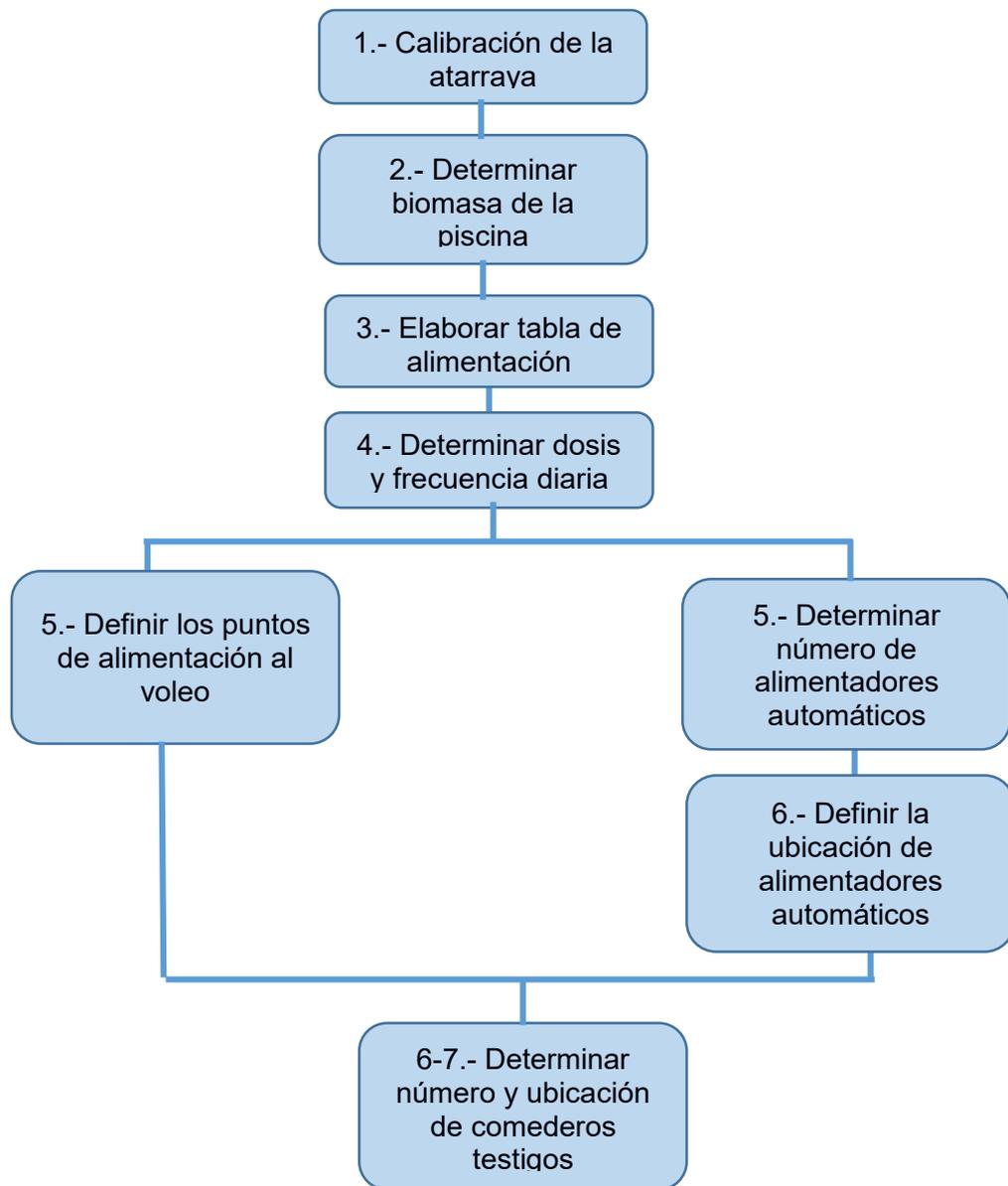


Ilustración 2.1.- Protocolo de alimentación al voleo y automática para cultivo de camarón

Fuente: Autores

2.5 Características y especificación de los alimentadores automáticos más comunes

Los alimentadores automáticos eléctricos tienen una capacidad de almacenamiento de la tolva de hasta 300 kg de alimento, mientras que los alimentadores automáticos solares almacenan 160 kg. El radio de dispersión de los alimentadores automáticos

eléctricos es mayor gracias al motor con mayor potencia que permite la dispersión del alimentador a mayor distancia. Ambos tipos de alimentadores automáticos permiten alimentar en 6 ciclos programables, permitiendo alimentar varias veces al día. Existen diferentes marcas comerciales presentes en el país, incluyendo marcas extranjeras y nacionales.

Los alimentadores automáticos solares contienen una batería recargable, donde se almacena la energía solar mientras el equipo no está funcionando, de esta forma permite al productor utilizar el equipo en las noches o en días nublados. El equipo puede llegar a funcionar hasta 72 horas en días nublados

Tabla 2.1.- Especificaciones de Alimentador Automático Solar

Fuente: Marca comercial

SOLAR ENGORDE					
Modelo de AAE	CT160PC	Capacidad de la tolva	160 Kg	Flotación	Disponible
Fuente de energía	Solar	Panel solar	40 W	Capacidad de la batería	28 Ah.
Estructura	Acero Inoxidable	Radio de aspersión	14 m	Capacidad de aspersión	90-100 g/seg
6 ciclos programables	288 Aspersiones/Día	Capacidad de alimentación	Hasta 205 Kg/Día	Tipo de programación	Control remoto alcance 1m

Tabla 2.2.- Especificaciones de Alimentador Automático Eléctrico

Fuente: Marca Comercial

ELÉCTRICO ENGORDE					
Modelo de AAE	CT160E	Capacidad de la tolva	160-300 Kg	Flotación	Disponible
Fuente de energía	Eléctrico	Panel solar	No	Capacidad de la batería	No
Estructura	Acero Inoxidable	Radio de aspersión	18 m	Capacidad de aspersión	225-250 g/seg
6 ciclos programables	288 Aspersiones/Día	Capacidad de alimentación	Hasta 700 Kg/Día	Tipo de programación	Control remoto alcance 1m

2.6 Criterios de selección

Una vez recopilada la información acerca de los diferentes métodos de alimentación al voleo y diferentes modelos de alimentadores automáticos, se realizará una evaluación en base a ciertos criterios que se consideran

Los métodos de alimentación fueron seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios:

- **Costo:** En esta sección de costos se busca que las soluciones propuestas sean comparadas en su costo de implementación, es decir que aproveche de mejor manera el recurso dinero.
- **Número de operarios:** Hace referencia a la cantidad de personas que necesitarán cada una de las soluciones para ponerlas en marcha en 1 hectáreas del cultivo.
- **Tiempo de alimentación:** Debido a que se busca aprovechar de mejor manera el recurso tiempo de los operarios, las soluciones deberán compararse en cuál de ellas se utiliza menor tiempo para realizar el mismo trabajo específico, alimentar.
- **Frecuencia de alimentación:** La frecuencia de alimentación comparará las soluciones propuestas en cuál de ellas tiene la posibilidad de distribuir el alimento balanceado más veces durante un ciclo de 24 horas.

- **Mantenimiento:** En este punto se hace referencia a cuál de las soluciones propuestas requiere de menor logística de mantenimiento ya sea limpieza, reemplazo o cambios de partes y demás aditivos.

Los criterios serán evaluados en una escala del 1 al 5, valores de los cuales serán explicados a continuación:

Tabla 2.3.- Puntuación de criterios de selección para 1 hectárea de cultivo de camarón

Escala	Costo	Numero de operarios	Tiempo de alimentación	Frecuencia de alimentación	Mantenimiento
1	Mayor a \$5000	Más de 5 personas	Más de 5 horas	Menos de 3 veces por día	Todos los días
2	Entre \$3000 y \$5000	Entre 3 a 4 personas	Entre 3 y 4 horas	Entre de 3 y 8 veces por día	Cada dos días
3	Entre \$1000 y \$3000	Entre 2 a 3 personas	Entre 2 y 3 horas	Entre de 8 y 12 veces por día	Dos veces por semana
4	Entre \$500 y \$1000	Entre 1 a 2 personas	Entre 1 y 2 horas	Entre de 12 y 18 veces por día	Una vez por semana
5	Entre \$300 y \$500	Máximo 1 persona	Menos de 1 hora	Más de 18 veces por día	No aplica

Además, los criterios de selección son ordenados en porcentaje de importancia para un cultivo intensivo, tomando los siguientes porcentajes: Costo 30%; Número de operarios 15%, Tiempo de alimentación 25%, Frecuencia de alimentación 25% y Mantenimiento 5%

2.7 Cuadro comparativo de mejor solución versus criterios

Se realizó una evaluación de las diferentes estrategias de alimentación para obtener la solución más viable a utilizar en un cultivo de sistema intensivo. La evaluación se basó en criterios de selección, los cuales fueron ponderados según el orden de importancia y calificadas según los rangos definidos en la tabla 2.3. Como resultado el alimentador automático solar obtuvo la mayor puntuación con un 87%, seguido del alimentador automático eléctrico con un 81%. La alimentación automática obtuvo las mayores puntuaciones en tiempo y frecuencia de alimentación, tanto eléctricas como solares.

Tabla 2.4.- Puntuación de las diferentes soluciones según los criterios de selección

Criterios	SOLUCIONES							
	A.A Eléctricos		A.A. Solar		Voleo manual		Voleo mecánico	
	Valor	Ponderado	Valor	Ponderado	Valor	Ponderado	Valor	Ponderado
Costo	2	12%	3	18%	4	24%	1	6%
Número de operarios	5	15%	5	15%	4	12%	4	12%
Tiempo de alimentación	5	25%	5	25%	3	15%	4	20%
Frecuencia de alimentación	5	25%	5	25%	1	5%	2	10%
Mantenimiento	4	4%	4	4%	5	5%	3	3%
TOTAL	21	81%	22	87%	17	61%	14	51%

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Una vez determinada la mejor solución bajo los criterios de selección del cliente, tenemos que la mejor solución para una alimentación eficiente son los alimentadores automáticos solares. A continuación se describen especificaciones técnicas de la mejor implementación de la solución en campo.

3.1 Determinación de alimentador automáticos/ha

Un equipo de alimentación automática que sobrepase su capacidad de carga, generará bajos crecimiento de los camarones, así como un deterioro excesivo del fondo de la unidad de cultivo. Por ello se debe realizar un correcto cálculo al momento de seleccionar los equipos de alimentación automática.

En piscinas menores a 2 hectáreas, con aireación y un nivel mínimo de oxígeno disuelto de 4 ppm, un equipo de alimentación automática puede soportar una biomasa de hasta 500,000 animales por tolva (Ching, 2017).

Por lo tanto:

Tabla 3.1.- Datos de producción de una piscina de 1 ha.

Área (m ²)	10,000
Densidad de siembra (animales/ m ²)	120
Población Total por piscina	1,200,000
Capacidad de alimentación en tolva (animales)	500,000

$$\text{Número de alimentadores por piscina} = \frac{1,200,000 \text{ animales}}{500,000 \text{ animales}} = 2.4 \approx 3 \text{ A. Automáticos}$$

Recomendación: según Ching, 2017 se recomienda el uso de 3 alimentadores automáticos por hectárea para suplir la demanda alimenticia de 500,000 por tolva, dando un máximo de siembra de 150 animales por m².

3.2 Mantenimiento y limpieza de alimentadores automáticos

El mantenimiento de los alimentadores automáticos se debe realizar una vez por semana (Rengel, 2019), donde se debe limpiar las tolvas para evitar que se tapen con producto alimento balanceado. El mantenimiento es realizado por el mismo personal de la finca camaronera, lo que no demanda costos adicionales, debido a que el tiempo en que el obrero emplearía en alimentar las piscinas, ahora lo empleará en el mantenimiento y llenado de las tolvas de alimentación. En caso de hacer uso de alimentadores automáticos solares, es decir que posean una fotocelda en la parte superior del equipo, estas deben ser limpiadas de 1 a 3 veces por semana, dependiendo de cómo se encuentre el factor biótico de la camaronera, es decir la presencia de pájaros que pueden tapar el equipo y por ende bajar la eficiencia de captación de energía solar que cargue la batería (Rengel, 2019). En cuanto a la vida útil de un equipo de alimentación automática solar, se fabrican las piezas para una duración mínima de 10 años en el caso del panel solar o fotocelda y una duración de 5 años para la batería o capacitor que hace que el alimentador funcione en horas de la noche (Rengel, 2019), así mismo, los mantenimientos generales post-cosecha son esenciales para asegurar la durabilidad del equipo.

3.3 Radio de aspersión

El radio de aspersión del alimento balanceado dependerá de cada equipo, sin embargo cada equipo de alimentación automática tiene un propósito en común, el cual es crear varios anillos de alimentación para evitar acumulación excesiva de animales en un solo radio de aspersión (Rengel, Aspersión de alimento en alimentadores automáticos, 2019). Un equipo de alimentación automática solar dispara alimento hasta un radio máximo de 14 m, y un mínimo de 8 m, lo que genera 2 anillos de alimentación necesarios para que el camarón no genere acumulaciones excesiva de individuos en un solo lugar evitando la generación de zonas anóxicas y estrés del animal a la hora de alimentarse, así también se evita que los camarones generen agujeros en el suelo debido a la gran acumulación de individuos en una sola zona (Rengel, 2019).

3.4 Dosis de alimentación en alimentadores automáticos

Una de las ventajas que acompañan a los alimentadores automáticos es que estos sofisticados equipos pueden funcionar hasta 18 horas al día, gracias a las baterías integradas en caso de los alimentadores automáticos que funcionen con paneles solares que cargan un capacitor durante el día para que el equipo pueda funcionar en las horas de la noche, y que con la ayuda de un software especializado se puede disparar alimento en horas específicas donde el productor decide que es mejor alimentar, como es el caso de horas del mediodía donde el parámetro de oxígeno disuelto es mayor lo que ayuda a la ingesta y posterior digestibilidad del alimento balanceado por parte del camarón, así como a los procesos naturales de oxidación del propio alimento no consumido que cae a la unidad de cultivo. Todo equipo de alimentación automática se mide su eficiencia en gramos por segundo por metro cuadrado, lo cual nos da el dato exacto de cuanto alimento le está llegando a los camarones en la piscina. Estos equipos se pueden programar para que disparen alimento desde 70 hasta 120 gramos por segundo por metro cuadrado (Rengel, 2019).

3.5 Ubicación de alimentadores

Un equipo de alimentación automática mal posicionado afectará a la topografía del suelo en la piscina, produciendo socavones por la misma actividad alimenticia de los camarones al momento de capturar los piensos (Ching, 2017).

Para ubicar equipos de alimentación automática se debe tener en cuenta la profundidad a la que este va a ser colocado, debido a que a profundidades mayores a 1.40 metros se ha comprobado que llegan menos animales debido a encontrarse por debajo del punto de compensación. Así también, el alimentador automático debe encontrarse un metro arriba del agua de la piscina para llegar a los rangos de eficiencia requeridos (Ching, 2017).

Para evitar que los pellets que son disparados del equipo de alimentación automática sean maltratados por los equipos de aireación se deja una distancia de

que hay alta concentración de animales. Entre otras ventajas tenemos que el uso de muelles nos permite la programación y ajuste del software, así como fácil limpieza de las tolvas de alimentación y la seguridad y vigilancia de los equipos (Ching, 2017).

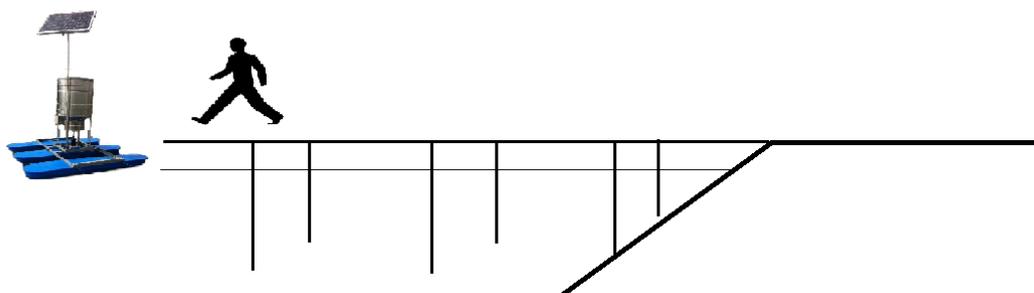


Ilustración 3.2.- Diagrama uso de muelles para alimentadores automáticos

Fuente: Ching, 2017

3.7 Separación entre zonas de alimentación

Debido a las grandes extensiones de las piscinas que se manejan durante un cultivo de camarón, por lo general se requerirá más de un equipo de alimentación automática, por ello se debe gestionar muy bien la posición de estos equipos (Ver Ilustración 3.3) uno con respecto al otro para que no interfieran entre sí, sus radios de aspersión ni tampoco la actividad de alimentación de los camarones, de lo contrario los animales se acumularán en un radio reducido de alimentación lo que provocará daños en la topografía del suelo, así como generación de zonas anóxicas en la piscina (Ching, 2017).

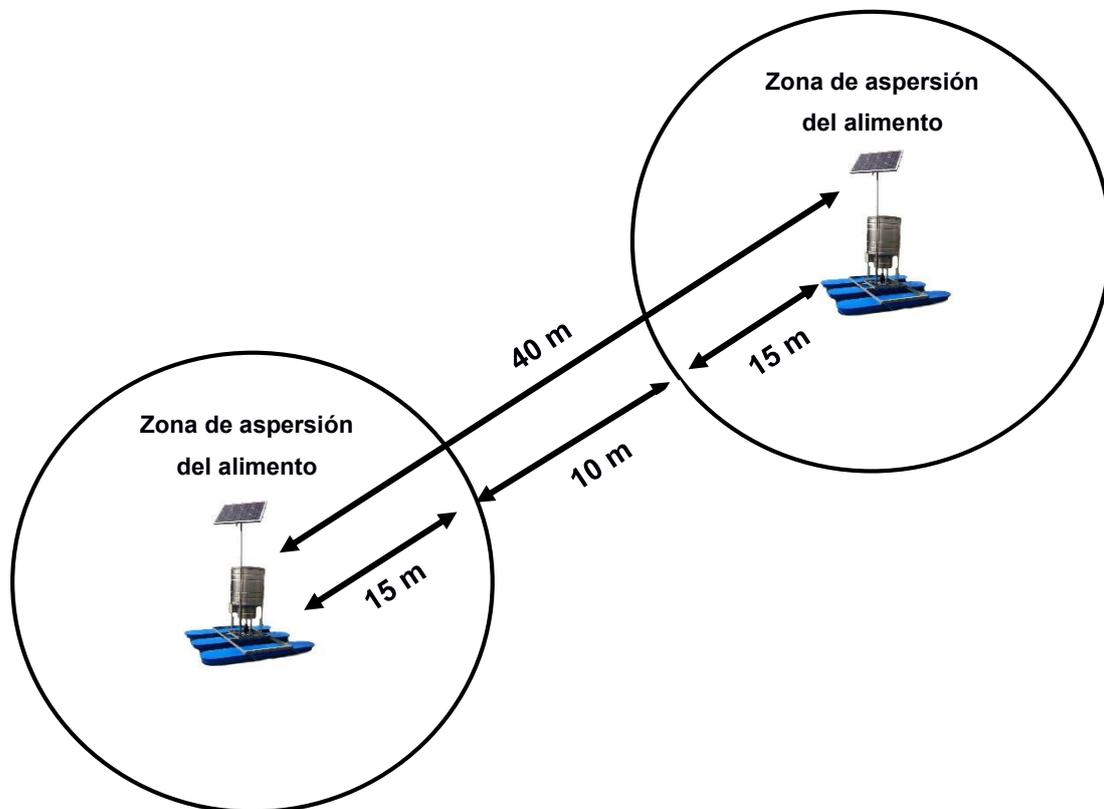


Ilustración 3.3.- Separación de Alimentadores Automáticos
Fuente.- Ching, 2017

3.8 Separación de alimentadores automáticos y aireadores

Entre el equipo de alimentación automática y los equipos de aeración debe haber una separación de 15 metros (Ver Ilustración 3.4) para que la aeración por parte de los aireadores de la paletas no afecten la lectura de los comederos, ni tampoco el olfato de los camarones (Ching, 2017).

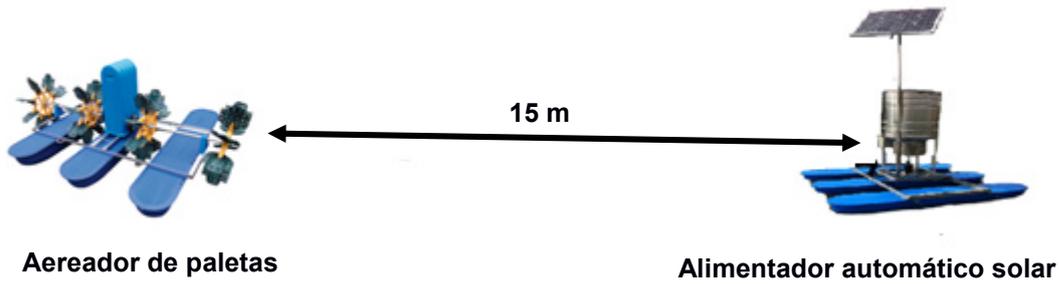


Ilustración 3.4 Separación de un Alimentador Automático con respecto a un aerador

Fuente.- Ching, 2017

El equipo de alimentación automática deberá tener una separación mínima del muro de la piscina (Ver Ilustración 3.5), para que este no interfiera con la actividades del equipo al momento de realizar los disparos de alimento balanceado y que los piensos no caigan en los taludes de los muros y no se desperdicie alimento (Rengel, 2019).

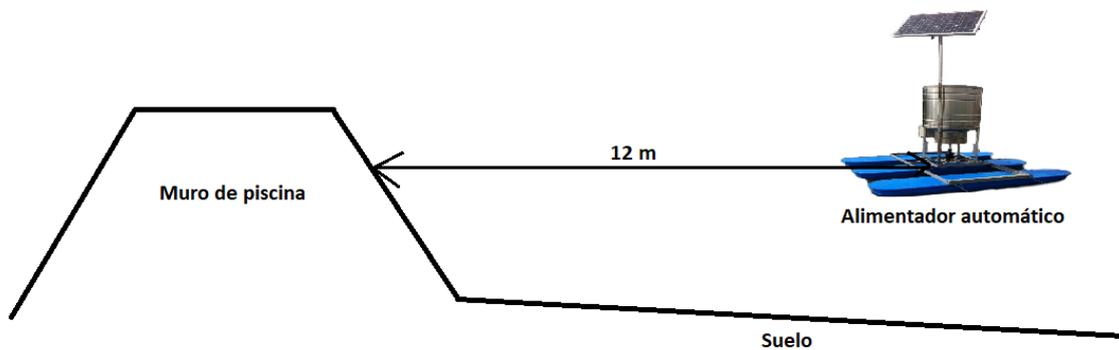


Ilustración 3.5.- Diagrama de separación de alimentadores automáticos con respecto al muro de contención de la piscina

Fuente.- Pablo Rengel, 2019

3.9 Uso de comederos testigos

Se deben colocar comederos testigos con respecto a donde se colocará el equipo de alimentación automática (Ver Ilustración 3.6) para que de esta manera corroborar que los animales están consumiendo la totalidad de la dosis en las zonas de alimentación del equipo. Estos comederos testigos deberán ser revisados de 1 a 3 veces por día y a medida de realizar la observación de los mismos, se deberá ajustar la dosis o la frecuencia alimenticia en caso de ser necesario (Ching, 2017).

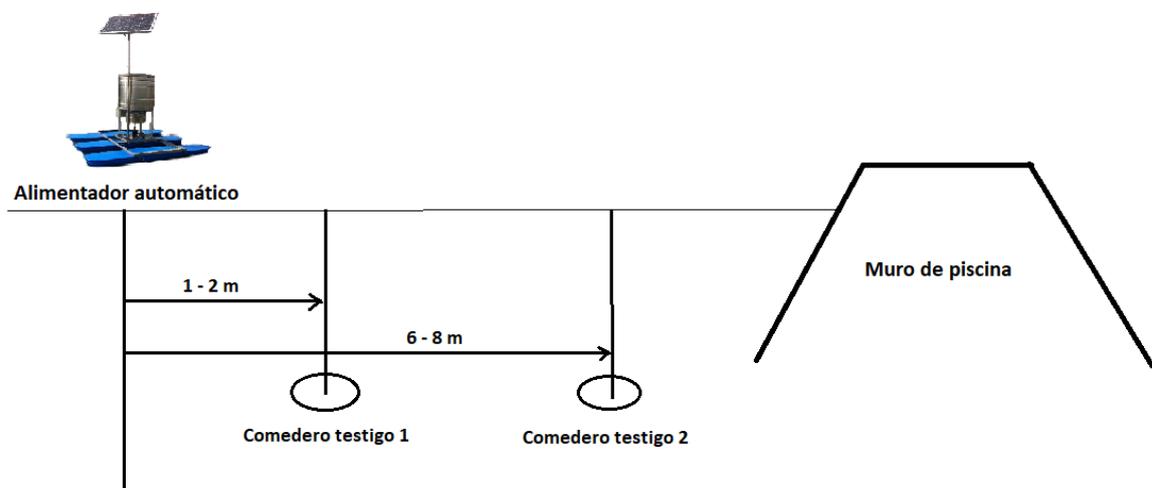


Ilustración 3.6.- Diagrama de posición de comederos testigos

Fuente.- Ching, 2017

3.10 Análisis de Costos

Para realizar un análisis de costos comparativo de las soluciones propuestas se empezó realizando un análisis de las horas que emplea un obrero para alimentar las piscinas (Ver Tabla 6), luego se calculó el sueldo mensual de cada obrero y se multiplicó por el número de operarios, en este caso 4 obreros (Ver Tabla 7) para manejar diez hectáreas de cultivo intensivo. El número de operarios es considerando la frecuencia de alimentación de piscinas en un cultivo intensivo.

Tabla 3.2.- Proporcional de sueldo mensual de un obrero por realizar la actividad de alimentación de piscinas camaroneras.

Cargo	Sueldo base	Media de días/mes	Horas laborales	Total de horas mensuales	\$/hora	% de horas dedicadas a la alimentación de piscinas	Horas dedicadas a alimentación de piscinas	Dólares invertidos en alimentación/mes
Obrero	\$ 400	30	8	240	1.67	60	144	\$ 240.00

Tabla 3.3.- Proporcional de sueldo por 4 obreros para un ciclo de producción de cultivo intensivo de 70 días

Días de cultivo intensivo	Meses de cultivo intensivo	Costo total por obrero por ciclo de producción	# de obreros para 10 ha	Costo total por 4 obreros por ciclo de producción
70	2.33	\$ 560.00	4	\$ 2,240.00

Así también, para realizar un análisis de costo de las soluciones se requirió de un análisis de cada tipo de alimentador (Ver Tabla 3.4) para una hectárea de cultivo intensivo (Ver Tabla 3.5).

Tabla 3.4.- Costo de inversión de implementación de alimentación automática solar para 10 hectáreas de cultivo intensivo

	Precio	Ha	# de piscinas	# de ha de espejo de agua	# de A.A. por ha	Total de A.A.	Costo de inversión
A.A. Solar	\$ 1,500.00	1	10	10	3	30	\$ 45,000.00

Tabla 3.5.- Costo de Inversión de implementación de alimentación automática eléctrica para 10 hectáreas de cultivo intensivo

	Precio	Ha	# de piscinas	# de ha de espejo de agua	# de A.A. por ha	Total de A.A.	Costo de inversión
A.A. Eléctrico	\$ 1,800.00	1	10	10	3	30	\$ 54,000.00

Tabla 3.6.- Datos de producción de finca intensiva

Ha totales	Costos fijos de producción/ha	Costos variables de producción/ha	Precio por lb
10	\$ 5,000	\$ 12,000	\$ 2.00

Finalmente, mediante datos productivos (Ver Tabla 3.6) proporcionados por el cliente, referencias de rendimiento lb/ha promedio para cultivos intensivos (Massaut & Segundo Paladines, 2018), referencias de supervivencias de Alimentación Automática Solar (Davis, Williams, & Arndold, 1996), referencias de supervivencias de Alimentación Automática Eléctrica (James P., Kent M., Brian H., & Charlesworth, 2005), referencias de supervivencias de alimentación al voleo (Molina Poveda, Villareal Colmenares, Martínez Córdova, & Quadros, 2008), se logró llegar a una estimación de la inversión y comparar los costos de instalación y ganancia neta de las diferentes soluciones propuestas (Ver Tabla 3.7).

Tabla 3.7.- Estimación de inversión y ganancia neta de las cuatro soluciones propuestas

	Costo de inversión	Rendimiento lb/ha	Supervivencia	Rendimiento lb totales	Costos totales/ha	Costo totales/ 10 ha	Ingresos	Ganancia neta
A.A. Solar	\$ 45,000	30000	92%	276000	\$ 17,000	\$ 215,000	\$ 552,000	\$ 337,000
A.A. Eléctrico	\$ 87,000	30000	96%	288000	\$ 17,000	\$ 257,000	\$ 576,000	\$ 319,000
Voleo Manual	\$ 2,240	30000	80%	240000	\$ 17,000	\$ 172,240	\$ 480,000	\$ 307,760
Voleo Mecánico	\$ 19,240	30000	76%	228000	\$ 17,000	\$ 189,240	\$ 456,000	\$ 266,760

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las actividades de producción ya sea de ganadería, agricultura o acuicultura, generan un impacto importante y una huella ecológica al planeta, por lo que la tarea de ser eficientes en el uso de los recursos es una obligación. Como se ha expuesto anteriormente, en la acuicultura se hace uso de los alimentos balanceados producidos mediante materias primas de alta calidad para cultivos que así lo requieran, los cuales tienen una alta participación al momento de realizar una inversión y empezar un ciclo de cultivo de camarón. Debido a los altos costos de producción que representa el uso de alimento balanceado en implantaciones de sistemas de cultivo intensivo se debe mejorar la forma en la que este insumo se adiciona a las piscinas para reducir su impacto tanto económico como ambiental.

La mejor manera de hacer un uso eficiente del alimento balanceado es controlando y monitoreando la adición del mismo mediante revisiones periódicas de la cantidad de animales presentes en las piscinas, así como adicionando menores cantidades de alimento por dosis pero aumentando las frecuencias por día, de esta manera no solo reducimos el riesgo de contaminación de las piscinas por subida de amonios, nitritos o nitratos, también nos aseguramos de que el camarón asimile de mejor manera cada dosis de alimento, sin comprometer la capacidad de carga por metro cuadrado de la piscina o el oxígeno disponible para la alimentación.

Los resultados mostrados al final del capítulo 3 indican la cantidad de personas necesarias para realizar la actividad de alimentar al voleo un área productiva de 10 hectáreas divididas en piscinas pequeñas de 1 ha que son extensiones que regularmente se usan en cultivos intensivos. Así también se muestran los costos de inversión de cada una de las soluciones propuestas y su rentabilidad al final de cultivo de un ciclo de producción de cultivo intensivo de camarón.

4.1 Conclusiones

Mediante una búsqueda exhaustiva de información se logró seleccionar los tipos de estrategias de alimentación que regularmente se usan en fincas de producción de camarón. Además, se seleccionó la mejor estrategia de alimentación para un manejo eficiente del alimento balanceado bajo los criterios de selección propuestos por el cliente. A través de la evaluación de los criterios de selección de las diferentes propuestas, se determinó que la alimentación automática con paneles solares es la opción más viable y eficiente. Adicional a esto, se recomendó un protocolo a seguir para la implementación y uso de alimentadores automáticos.

Estudios demuestran que los alimentadores automáticos eléctricos generan mayor supervivencia en comparación a los alimentadores automáticos solares, debido a, que los alimentadores eléctricos son más eficientes en la dispersión del alimento. Sin embargo, el uso de alimentadores eléctricos requiere de generadores o de una línea eléctrica, requiriendo de un mayor gasto energético y económico, por lo tanto el costo de inversión es mayor. Los alimentadores automáticos con paneles solares son una opción ecológica que puede trabajar hasta 72 horas sin luz solar, siendo una alternativa más eficiente y más económica, lo cual se ve reflejado al final del ciclo de producción. De esta manera se logra ser más eficientes con el alimento balanceado, reduciendo el desperdicio del mismo y ampliando los tiempos de alimentación se logra que el camarón tenga una mejor digestibilidad del alimento desde el punto de vista zootécnico.

4.2 Recomendaciones

La eficiencia del uso de los alimentadores automáticos dependerá en gran medida del manejo que se dé a la piscina de cultivo, es importante el buen secado del suelo después de cada ciclo de producción para mantener un medio apto para los camarones. Además, la elaboración de la tabla de alimentación debe ser realizada por un ingeniero acuicultor siguiendo el historial de producción de la finca y experiencias de cultivo en el sector a trabajar.

Se recomiendan generar datos productivos de libras por hectárea cosechadas y supervivencias obtenidas bajo condiciones de cultivo intensivo de 120 animales por metro cuadrado para generar un análisis económico y obtener el ingreso neto por hectárea por día generados en costos de la implantación y también en utilidad, así como también el ROI y demostrar la factibilidad del proyecto mediante el análisis productivo de la finca.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Gálvez, M. (2017). *Informe sobre el Desarrollo de la Acuicultura en Ecuador*. Guayaquil: FAO.
- Arias-Lizárraga, D. M., & Méndez-Gómez, E. (2014). Remoción de sólidos en aguas residuales de la industria harinera de pescado empleando biopolímeros. *Scielo*, 1.
- Bernabé Argandona, L. (2016). Sector Camaronero: Evolución y proyección a corto plazo. 2.
- Boone. (27 de 11 de 1931). *Taxon details*. Obtenido de World Register of Marine Species : <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=377748>
- Cámara Nacional de Acuicultura. (2019). *Reporte de Exportaciones Ecuatorianas Totales*. Obtenido de <http://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Carvalho, E., & Nunes, A. (2005). 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.
- Casillas Hernández, R., Magallón Barajas, F., Portillo Clarck, G., & Páez Osuna, F. (2006). Nutriente mass balances in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico using two feeding strategies: Trays and mechanical dispersal. *Science Direct*, 289-298.
- Ching, C. (27 de 09 de 2017). ¿Cómo incrementar la rentabilidad del cultivo de camarón con una adecuada implementación tecnológica? *Tecnología en Acuicultura*. Guayaquil.
- Ching, C. (20 de 11 de 2019). Alimentadores Automáticos en la Acuicultura. (J. Franco, Entrevistador)
- Clifford, H. (1992). Proceedings of the special session on shrimp farming. *World Aquaculture Society*, 110-137.
- Cook, H., & Clifford, H. (1997). Feed management for semi-intensive culture: Part 2. *Aquaculture Magazine*, 37-42.
- Davis, A., Williams, A., & Arndold, C. (1996). Density-Dependent Growth and Survival of *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei* in a Semi-Closed Recirculating System. *WORLD AQUACULTURE SOCIETY*, 109.
- Devresse, B. (2000). Producción de Alimentos Para Camarón Estables en el Agua.
- Durán, A. (2019). *Camaroneras Registradas y Aprobadas*.

- FAO. (2009). *Penaeus vannamei*.
- FAO. (2019). Tilapia del Nilo - Formulación y preparación/producción de alimentos. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 2.
- Henao, S. M. (2016). *Procesos de Producción de Alimentos balanceados*. Caldas, Antioquia, Colombia.
- James P., H., Kent M., W., Brian H., H., & Charlesworth, K. (2005). Evaluation of Six Feeding Regimens for Survival and Growth of Shortnose Sturgeon Fry. *North American Journal of Aquaculture*, 214.
- Lara Espinoza, C. L., Espinoza Plascencia, A., Rivera Dominguez, M., Astorga Cienfuegos, K. R., Acedo Félix, E., & Bermúdez Almada, M. d. (2015). Desarrollo de camarón *Litopenaeus vannamei* en un sistema de cultivo intensivo con biofloc y nulo recambio de agua. *AquaTIC*.
- Mabell, C. R. (27 de 11 de 2015). Beneficio de la harina de pescado en la formulación de dietas balanceadas para organismos acuáticos y terrestres de cultivo. Machala, El Oro, Ecuador. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2946/1/CD00006_EXAMEN_COMPLEXIVO.pdf
- Marriott García, F. (2003). *Análisis del Sector Camaronero*. Guayaquil.
- Massaut, L., & Segundo Paladines, R. E. (2018). Balance entre rendimientos y capacidad de carga en el cultivo de camarón. *Producción* (pág. 27). Guayaquil: AquaExpo.
- Molina Poveda, C., Villareal Colmenares, H., Martínez Córdova, L. R., & Quadros, W. (2008). *Estrategias de Alimentación en la Etapa de Engorda del Camarón*. La paz.
- Molina, C., Cadena, E., & Orellana, F. (2000). *Alimentación de camarones en relación a la actividad enzimática como una respuesta natural al ritmo circadiano y ciclo de muda*. Guayaquil.
- Nicovita. (1998). MÉTODOS DE ALIMENTACIÓN. *Boletín nicovita Camarón de Mar*, 1.
- Persyn, A. (1999). ALIMENTOS COMERCIALES Y ALIMENTACION DE CAMARONES. *Boletín Nicovita*, 1.
- Rengel, P. (15 de 11 de 2019). Aspersión de alimento en alimentadores automáticos. (J. Franco, Entrevistador)
- Rengel, P. (15 de 11 de 2019). Limpieza y mantenimiento de alimentadores automáticos. (J. Franco, Entrevistador)

- Rengel, P. (15 de 11 de 2019). Tipos de alimentadores automáticos. (J. Franco, Entrevistador)
- Sacristán, H., Franco Tadic, L., & López Greco, L. (2013). Influencia de la alimentación sobre el ritmo circadiano de las enzimas digestivas en el cultivo de juveniles de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (Parastacidae). *Scielo*.
- Saoud, I., Garza de Yta, A., & Ghanawi, J. (1868). A review of nutritional biology and dietary requirements of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture nutrition*.
- Smith, D., Allan, G., Williams, K., & Barlow, C. (2000). Fishmeal replacement research for shrimp feed in Australia.
- Swanepoel, A., Novriadi, R., Rhodes, M., Ullman, C., & Davis, A. (2018). Sistemas automatizados de alimentación en. *Global Aquaculture* , 3 - 8.
- Ullman, C., Rhodes, M., Hanson, T., Cline, D., & Davis, A. (2018). Effects of Four Different Feeding Techniques on the Pond Culture. *World Aquaculture Society*, 53 - 55.
- Viacava, M. (1995). Feeder trays for commercial shrimp farming in Perú. *World Aquaculture*, 26, 11-17.
- Vitapro-Nicovita. (2019). *Cartera de productos 2019*. Obtenido de <https://www.nicovita.com.pe/SitePages/es/productos.aspx>