

CRECIMIENTO DE CHAME (*Dormitator latifrons* R.) BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA, CON TECNOLOGÍA BIOFLOC



*Cristian Andrés Machuca Valverde
Jorge Magno Rodríguez Tobar*

CRECIMIENTO DE CHAME (*Dormitator latifrons* R.) BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA, CON TECNOLOGÍA BIOFLOC

Publicado por: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
Dir. Av. Quito km 1½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas,
Quevedo, Ecuador. www.uteq.edu.ec.

Derechos reservados: © Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador 2022.
Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICYT).
Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros que no sean comerciales sin permiso escrito previo detentar el derecho de autor, mencionando la cita.

Cita del libro: Machuca C. y Rodríguez J. 2022. Crecimiento de chame (*Dormitator latifrons* R.) bajo tres densidades de siembra, con tecnología Bio loc. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. 87 pp.

Revisión de Pares Externos: Mario René López Vera
Magister Universitario en Zootécnia y Gestión Sostenible:
Ganadería Ecología e Integrada.
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.
Carlos Ricardo Delgado Villafuerte
Magister en Ciencias Ambientales
Mención Tecnologías y Gestión.
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.

Diseño y Diagramación: Ing. J. Bladimir Mora Macías
Diseñador Gráfico y Multimedia.

Primera Edición: Quevedo, Diciembre del 2022.

ISBN: 978-9978-371-58-9

PRESENTACIÓN

El Comité Editorial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) es la unidad encargada de promover, gestionar y administrar el conocimiento resultante de las actividades de investigación científica, la docencia y la vinculación de docentes y estudiantes. Dentro del procedimiento para el reconocimiento al profesorado y estudiantado de la UTEQ se contempla la publicación como libros de Tesis de grado y posgrado que se distingan por su innovación, metodología, rigor técnico o impacto social.

La tesis presentada en opción al grado de Ingeniero Agropecuario de Cristian Andrés Machuca Valverde, obtenido en la “Universidad Técnica Estatal de Quevedo”, atiende a la normativa existente para ser publicado como libro y por ello el Comité Editorial de la UTEQ aprueba la visibilidad y acceso a la comunidad académica, científica y sociedad en general.



CRECIMIENTO DE CHAME (*Dormitator latifrons* R.) BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA, CON TECNOLOGÍA BIOFLOC

AUTORES:

Cristian Andrés Machuca Valverde
Jorge Magno Rodríguez Tobar



RESUMEN

El chame (*Dormitator latifrons* R.) es una especie nativa del Ecuador, representa una de las opciones acuícolas más interesantes para producir, por su resistencia a enfermedades y su alimentación principalmente de detritus, sin embargo, solamente se ha cultivo de manera tradicional, razón por la cual se planteó esta investigación con el propósito de evaluar el crecimiento de chame (*Dormitator latifrons* R.) bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc. El proyecto de investigación se realizó en la Finca Experimental “La María” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en el Km 7.5 de la Vía Quevedo – El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, se plantearon tres densidades de siembra, representadas por tres tratamientos T1 (20 peces/m²), T2 (40 peces/m²) y T3 (60 peces/m²), se empleó un diseño completamente al azar (DCA), cada siete días se registraron las variables de peso (g), longitud total (cm) y altura (cm) del pez y diariamente se registró los parámetros físico-químicos del agua: Temperatura (°C), pH, oxígeno disuelto (ppm), nitrógeno amoniacal total (mg/l) y sólidos en suspensión (mg/l). Con las variables evaluadas se describieron y calcularon los siguientes parámetros zootécnicos de crecimiento: Alimento consumido (AC), tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento específico (TCE), conversión alimenticia (CA), factor condición (FC) y supervivencia (SUP). La diferencia de medias se agruparon mediante Tukey al 5% de probabilidad, las variables evaluadas demostraron que la densidad de (60peces/m²) presento mayor peso de $190,18 \pm 2,08$ g, longitud total de $24,88 \pm 0,24$ cm, altura de $8,02 \pm 0,07$ cm, y parámetros zootécnicos AC de $178,76 \pm 1,70$, TCA de $1,53 \pm 0,03$ g, TCE de $1,45 \pm 0,03$ %, CA de $1,28 \pm 0,02$, en el caso de factor condición todos los tratamientos presentaron buena condición corporal y el porcentaje de supervivencia de chame en el sistema biofloc es de T1= 100, T2= 80,00 y T3= 90,68 porciento.

ABSTRACT

The chame (*Dormitator latifrons* R.) is a native species of Ecuador, it represents one of the most interesting aquaculture options to produce, due to its resistance to diseases and its feeding mainly of detritus, however it has only been cultivated in a traditional way, reason why which was proposed this investigation with the purpose of evaluating the growth of chame (*Dormitator latifrons* R.) under three densities of seeding, with biofloc technology. The research project was carried out in the "La María" Experimental Farm owned by the State Technical University of Quevedo, located at Km 7.5 of Vía Quevedo - El Empalme, Mocache canton, Los Ríos province, three planting densities were plated, represented by three treatments T1 (20 fish / m²), T2 (40 fish / m²) and T3 (60 fish / m²), a completely randomized design (DCA) was used, every seven days the weight variables were recorded (g), total length (cm) and height (cm) of the fish and daily physical-chemical parameters of the water were recorded: Temperature (°C), pH, dissolved oxygen (ppm), total ammonia nitrogen (mg/l) and solids in suspension (mg/l). With the evaluated variables, the following zootechnical growth parameters were described and calculated: Food consumed (AC), absolute growth rate (TCA), specific growth rate (TCE), feed conversion (CA), condition factor (FC) and survival (HIS P). The difference of means were grouped by means of Tukey at 5% of probability, the evaluated variables showed that the density of (60peces / m²) presented greater weight of 190.18 ± 2.08 g, total length of 24.88 ± 0.24 cm, height of 8.02 ± 0.07 cm, and zootechnical parameters AC of 178.76 ± 1.70 , TCA of 1.53 ± 0.03 g, TCE of $1.45 \pm 0.03\%$, CA of 1.28 ± 0.02 , in the case of factor condition, all treatments presented good body condition and the percentage of survival of chame in the biofloc system is T1 = 100, T2 = 80.00 and T3 = 90.68 percent.

TABLA DE CONTENIDO

Portada.....	i
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
Tabla de contenido.....	viii
Índice de tablas.....	xi
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
Introducción	1
 CAPITULO I.....	 3
CONTEXTUALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.2 Formulación del problema	4
1.1.3 Sistematización del problema	5
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
 CAPITULO II.....	 7
FUNDAMENTACIÓN TEORICA DE LA INVETIGACIÓN.....	7
2.1. MARCO CONCEPTUAL	8
2.2 MARCO REFERENCIAL	9
2.2.1. Densidades de siembra	9
2.2.2. Generalidades del chame (<i>Dormitator latifrons</i> , R.)	10
2.2.3. Características Taxonómicas	11
2.2.4. Características Morfológicas	12
2.2.5. Hábitos alimenticios	14
2.2.6. Requerimientos físicos-químicos	15
2.2.6.1. Temperatura (C).	15
2.2.6.2. Potencial de hidrogeno (pH).	15
2.2.6.3. Oxígeno.....	15
2.2.7. Sistema de tecnología biofloc (BFT).	16
2.2.8. Composición nutricional del biofloc (BFT).	17

2.2.9. Efecto probiótico del biofloc (BFT).	19
2.2.10. Usos del biofloc (BFT) en la acuicultura.	19
2.2.11. Microorganismos en el sistema biofloc (BFT).	21
2.2.12. Compuestos nitrogenados en acuicultura.	22
2.2.13. Compuestos nitrogenados en biofloc (BFT).	23
2.2.14. Relación Carbono: Nitrógeno en el sistema biofloc (BFT).	25
2.2.15. Parámetros y condiciones de calidad del agua en el sistema biofloc.	27
2.2.15.1. Oxígeno disuelto.	27
2.2.15.2. pH.	27
2.2.15.3. Alcalinidad.	28
2.2.15.4. Sólidos suspendidos.	28
2.2.15.5. Nitrógeno amoniacal total (NAT).	29
 CAPITULO III.....	 30
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
3.1. LOCALIZACIÓN.	31
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	31
3.2.1. Investigación experimental.	31
3.2.2. Investigación descriptiva.	31
3.2.3. Investigación bibliográfica.	32
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.	32
3.3.1. Método de observación.	32
3.3.2. Método comparativo.	32
3.3.3. Método analítico.	32
3.4. FUENTES DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.	32
3.5. DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.5.1. Tratamientos.	34
3.6. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.	34
3.6.1. Variables evaluadas.	34
3.6.1.1. Parámetros zootécnicos.	35
3.6.1.2. Parámetros físico-químicos.	37
3.6.2. Manejo del proyecto de investigación.	38
3.6.2.1. Preparación del sistema biofloc (BFT).	38
3.6.2.2. Jaulas.....	38
3.6.2.3. Comederos.	38
3.6.2.4. Obtención y aclimatación de peces.	39

3.6.2.5. Suministro de alimento.	39
3.6.2.6. Relación C: N.	40
3.6.2.7. Recambio de agua.	41
3.7. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES.	41
3.7.1. Humanos.	41
3.7.2. Materiales y equipos.	42
3.7.2.1. Materiales de campo.	42
3.7.2.2. Materiales y equipos de oficina.	42
 CAPITULO IV.....	 43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	44
4.1.1. Peso (g).	44
4.1.2. Longitud total (cm).	46
4.1.3. Altura (cm).....	47
4.1.4. Alimento consumido.	48
4.1.5. Parámetros zootécnicos de crecimiento	49
4.1.6. Porcentaje de supervivencia (SUP).	51
4.1.7. Parámetros físicos-químicos del agua.	53
 CAPITULO V.....	 54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
5.1. CONCLUSIONES.	55
5.2. RECOMENDACIONES.	56
 6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	 57
7.1. ANEXOS.	65
7.1.1. Cuadrado medio y significancia estadística.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
Tabla 1. Densidad poblacional y biomasa de los sistemas de cultivo.	9
Tabla 2. Taxonomía de chame (<i>Dormitator latifrons</i> r.)	11
Tabla 3. Composición química de materia seca de varios agregados microbianos.	18
Tabla 4. Diferentes fuentes de carbono aplicadas en el sistema BFT	26
Tabla 5. Condiciones meteorológicas.	31
Tabla 6. Esquema de análisis de varianza.	33
Tabla 7. Comparación de tratamientos y unidades experimentales.	33
Tabla 8. Características de la investigación.	34
Tabla 9. Peso promedio de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.	44
Tabla 10. Longitud total promedio de chame bajo tres densidades de siembra con tecnología biofloc.	46
Tabla 11. Altura promedio de chame bajo tres densidades de siembra con tecnología biofloc.	47
Tabla 12. Alimento consumido (AC) de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.	48
Tabla 13. Parámetros zootécnicos de crecimiento de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.....	50
Tabla 14. Porcentaje de supervivencia de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.	52
Tabla 15. Parámetros físicos-químicos en el sistema con tecnología biofloc.	53

ÍNDICE DE FÍGURAS

Figura	Pág.
Figura 1. Macho <i>Dormitator latifrons</i> R.	13
Figura 2. Hembra <i>Dormitator latifrons</i>	13
Figura 3. Ganancia de peso de chame cada siete días, bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.	44
Figura 4. Longitud total de chame cada siete días, bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.	46
Figura 5. Altura de chame cada siete días, bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.	48
Figura 6. Supervivencia de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Pág.
Anexo 1. Cuadrado medio de peso de chame (g).	65
Anexo 2. Cuadrado medio de longitud total de chame (cm).	65
Anexo 3. Cuadrado medio de altura de chame (cm).	65
Anexo 4. Cuadrado medio de alimento consumido (AC), porcentaje de supervivencia (SUP).	65
Anexo 5. Cuadrado medio de tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento específico (TCE), conversión alimenticia (CA), factor condición (FC).	66
Anexo 6. Croquis de la distribución de tratamientos en el sistema biofloc.....	66
Anexo 7. Construcción de jaulas de 250 cm ³	66
Anexo 8. Preparación e introducción de tilapias para la formación de flóculos.	67
Anexo 9. Compra de chames en San Vicente, Manabí.	67
Anexo 10. Aclimatación y liberación de chames.	67
Anexo 11. Alimento 35% proteína	68
Anexo 12. Pehachimetro HANNA.	68
Anexo 13. Oxímetro Ecosense.....	68
Anexo 14. Test de amonía.	68
Anexo 15. Comederos sumergibles tipo bandeja.	68
Anexo 16. Identificación de peces con hilos en sus aletas.	69
Anexo 17. Ictiómetro utilizado para medir altura y longitud total.	69
Anexo 18. Balanza digital Ohaus ScoutTM Pro (0,1).	69
Anexo 19. Control diario de pH, temperatura y oxígeno en el sistema biofloc.	70
Anexo 20. Control diario de nitrógeno amoniacal total en el sistema biofloc.	70
Anexo 21. Medición diaria de sólidos en suspensión en el sistema biofloc.	70
Anexo 22. Melaza como fuente de carbono para la relación C: N, 10:1..	71

INTRODUCCIÓN

El Chame (*Dormitator latifrons* R.), es un pez nativo del litoral ecuatoriano (1). Constituye una de las opciones acuícolas más interesantes para producir, es una especie muy resistente a enfermedades, con costos de cultivo más bajos que los del camarón (*Litopenaeus vannamei*), tilapia (*Oreochromis* sp), cachama (*Colossoma macropomum*) con mínimos impactos ambientales, y con un rol ecológico muy importante, que aprovecha la energía del detritus para su dieta alimenticia. Esta especie puede alcanzar una explotación comercial para consumo humano directo o para harina de pescado (2).

Su producción en el Ecuador empieza desde los años de 1980. Es un pez que ha ganado aceptación en el mercado por poseer carne blanca de muy buen sabor y textura, sin espinas intramusculares. En la actualidad el Chame es un pez de consumo en algunas áreas de la costa ecuatoriana, en la Provincia de Manabí se semicultiva y forma parte de su gastronomía (3). El chame es producido de forma extensiva y se manejan densidades de siembra de dos a cuatro peces por m², suministran poco alimento suplementario en su dieta, aunque existe la tendencia de introducir a las piscinas de cultivo plantas acuáticas, pasto picado, fertilizantes orgánicos; presentando crecimiento lento y bajos porcentajes de supervivencia (2).

En el Ecuador existen pocos productores de camarón y peces con tecnología biofloc, esta tecnología se presenta atractiva para la producción piscícola, que con el mantenimiento adecuado de la relación carbono – nitrógeno y parámetros físico-químicos del agua, aprovecha y transforma residuos de alimento, compuestos inorgánicos tóxicos producidos por excretas y heces (los cuales conllevan al deterioro de la calidad del agua y al poco aprovechamiento del alimento natural), a través de microorganismos presentes en los medios acuáticos, dando condiciones de dominancia a comunidades bacterianas quimio/ foto autótrofos y heterótrofas, reciclándolos e integrándolos a la cadena alimenticia (4), manteniendo in situ 24 horas por día

alimento natural rico en proteínas y lípidos (5).

El sistema biofloc facilita la producción de animales acuáticos en altas densidades de siembra, con buenos rendimientos productivos y sobrevivencia de manera sostenible (6).

Por ello este estudio evaluó la respuesta de crecimiento del chame bajo tres nuevas densidades de siembra y aprovechó los beneficios de la tecnología biofloc.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN



1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas de baja respuesta de crecimiento y supervivencia en la producción de chame, es el mal manejo de densidades de siembra, además los productores ingresan en el agua restos vegetales y bovinaza con el fin de que los peces se alimenten del detritus formado por la descomposición de la materia orgánica, provocando acumulación de compuestos nitrogenados (amonio, nitrito y nitrato) que deterioran la calidad de agua, y pensando que al ser un pez muy resistente no realizan recambios continuos de agua.

Diagnóstico

Actualmente existe poca información de la densidad apropiada en la cría de chame en el Ecuador, esto se debe a que ciertos camaroneros decidieron reemplazar la cría de camarón por la cría de chame y aprovecharon las infraestructuras de sus piscinas para la cría chame de manera extensiva, es decir bajas densidades de peces por m².

Pronóstico

La cría de chame a altas densidades es de gran importancia dado a que mayor número de peces producidos por m², se optimiza el recurso agua y se reducen los costos de manejo.

1.1.2 Formulación del problema

Al existir solo producciones extensivas de chame, con mala alimentación, será que el chame a altas densidades con tecnología biofloc, obtendrá buen crecimiento.

El crecimiento según las tres densidades serán los indicadores de cuantos chames por m², se puede criar en un sistema intensivo con tecnología biofloc.

1.1.3 Sistematización del problema

¿Cuál es la densidad requerida para la producción intensiva, con tecnología biofloc del chame (*Dormitator latifrons* R.) que permita obtener mayor crecimiento?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el crecimiento del chame (*Dormitator latifrons* R.) bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.

1.2.2 Objetivos específicos

Determinar el peso (g), longitud total (cm) y altura (cm) de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.

Analizar el consumo de alimento del chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.

Calcular los parámetros zootécnicos de crecimiento: tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento específico (TCE), conversión alimenticia (CA) y factor de condición (FC) bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.

Analizar el porcentaje de supervivencia final de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.

1.3 Justificación

La producción de peces a altas densidades, necesita requerimiento de equipos técnicos, que permiten obtener mayores rendimientos productivos en menor espacio.

La producción de peces con tecnología biofloc incrementa el crecimiento y la supervivencia de los peces, esto se debe al

mantenimiento de la calidad del agua y a la transformación de la materia orgánica por parte de bacterias autótrofas y heterótrofas, que evitan la acumulación de compuestos tóxicos, brindando a los peces alimento natural a disposición las 24 horas del día.

Al definir tres densidades de siembra (20,40 y 60 peces por m²), se generó nuevas densidades para la producción de chame (*Dormitator latifrons* R.).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN



2.1. Marco conceptual

Biofloc: Son agregados (flóculos) de microalgas, bacterias, protozoos y otras clases de materia orgánica particulada como las heces y el alimento no consumido, conjuntamente con la aplicación de carbonatos, mejorando la calidad del agua, reduciendo el consumo de agua, protege de enfermedades y provee de alimento suplementario a los organismos de cultivo (7).

Chame: Es una especie nativa de las costas ecuatorianas, perteneciente a la familia elotridae, se lo encuentra en ríos y lagunas costeras de las zonas tropicales desde Perú hasta México, vive en agua dulce o salada y tiene la particularidad de soportar vivo bastante tiempo fuera del agua (3).

Detritus: Restos de fragmentos de material orgánico generalmente proveniente de la descomposición, desintegración y deterioro de animales o vegetales (2).

Detrívoro: Organismos heterótrofos que obtienen su nutrición alimentándose de detritos, materia orgánica vegetal o animal en descomposición (8).

Intensivo: Es aquella crianza de animales con fines comerciales en pequeñas extensiones de terreno en las cuales la carga animal por unidad de área es alta (9).

Nativo: Lugar de origen o de nacimiento, especie perteneciente desde sus inicios en una región o ecosistema (10).

2.2 Marco referencial

2.2.1. Densidades de siembra

Se utilizan densidades poblacionales según el sistema de producción.

Tabla 1. Densidad poblacional y biomasa de los sistemas de cultivo.

Sistemas de cultivo	Peces/m3	Kg/m3
Extensivo	2	< 1
Semi-intensivos	10	< 5
Intensivos	> 10 - 60	> 5 - 30
Súper intensivos	> 70	> 35

Fuente: Adoptado (11).

- **Sistema extensivo**

Se realiza con fines de repoblamiento o aprovechamiento de un cuerpo de agua, se caracteriza por el empleo de bajas densidades de siembra, la alimentación de los peces es generalmente por organismos vivos de origen animal o vegetal (11).

- **Sistema semi-intensivo**

Se practica en estanques construidos por el hombre, se realizan fertilizaciones para la generación de alimento natural, emplean concentrado en la alimentación de los peces (12).

- **Sistema intensivo**

Se efectúa en estanques construidos, se realiza un control permanente de la calidad del agua. Se realizan fertilizaciones, pero fundamentalmente la alimentación es a base de concentrados, la oxigenación del agua es mecánica (12).

- **Sistema súper intensivo**

Aprovecha al máximo la capacidad del agua y del espacio, se realizan controles de todos los factores y principalmente la calidad de agua, aireación y nutrición. Principalmente la alimentación es a base de concentrados (9).

2.2.2. Generalidades del chame (*Dormitator latifrons*, R.)

El chame *Dormitator latifrons*, R., conocido también como Gobio del Pacífico, Dormilón Gordo del Pacífico, es un pez de aguas tropicales, pertenece a la familia ELEOTRIDAE, se encuentra distribuido geográficamente desde el Golfo de California hasta las zonas costeras del Perú, habitando cerca del mar en aguas salobres y hasta en aguas dulces con corrientes turbias (13).

Dormitator latifrons (Richardson, 1844) conocido con el nombre común chame, fue colectado y registrado, en la Laguna del cementerio de la Isla Isabela, en El Archipiélago de Colón, comúnmente conocido a nivel mundial como las Islas Galápagos; este reporte fue publicado en la revista de Biología Pesquera de la Sociedad de Pesquerías de las Islas Británicas (14).

En el Ecuador el chame se lo encuentra en el estuario de San Lorenzo, del río Esmeraldas, en los ríos de Atacames, Muisne y Cojimíes, (en la Provincia de Esmeraldas), en Manabí se lo ha encontrado en los ríos Jama, Chone y Portoviejo, en el Guayas en el delta del río Guayas y en los estuarios de los ríos que desembocan en el Golfo de Guayaquil y en la Provincia del Oro está en el estuario de Santa Rosa. Adicionalmente el chame se encuentra en los humedales de la Laguna de la Ciudad de Esmeraldas y en La Segua en Manabí (3).

En el humedal Abras de Mantequilla perteneciente a la Provincia de los Ríos, el chame se encontraba hasta el año de 1993, Alfredo Florencio a través del Instituto Nacional de Pesca realizó un estudio donde se reportan varias especies de peces nativos de este humedal como son: dica, bocachico, dama, vieja azul y colorada, guanchiche, guaija, raspabalsa, cachuela, ratón entre otros y junto a estas especies también se encontraba la especie chame. Después de 12 años, en el mismo humedal en una investigación realizada por el Biólogo Dionicio Cun por intermedio de la Subsecretaría de Gestión Ambiental Costera, señala la desaparición de la especie *D. latifrons*, al no encontrar esta especie indica la presencia de dos especies nuevas en el humedal (*Tilapia Oreochromis* sp. y Langosta de río

Cherax quadricarinatus), una de las principales desapariciones de esta especie en el humedal, fue la sobreexplotación de los recursos pesqueros de humedal, la contaminación de las aguas por la presencia de varios cultivos como banano, cacao, cultivos de ciclo corto (arroz y maíz), donde usaban varias clases de agroquímicos, los cuales van a dar al humedal contaminando sus aguas (3). El chame en su medio natural vive y se reproduce en condiciones normales en los estuarios de los ríos por tener agua salobre con una salinidad de 14 a 18% y sus fondos son ricos en especies vegetales que les sirve de alimento (15).

Esta especie tiene un papel ecológico importante en si hábitat pues es capaz de convertir la energía del detritus en formas útiles para organismos de estratos tróficos superiores. Algunos estudios han demostrado que la alimentación de *D. latifrons* se basa principalmente de detritus, materia vegetal y materia animal (16).

2.2.3. Características Taxonómicas

Para su mejor estudio y reconocimiento biológico de esta especie nativa, su taxonomía es la siguiente (17).

Tabla 2. *Taxonomía de chame (Dormitator latifrons R.).*

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata craneata
Superclase	Gnathostomatha
Clase	Osteichthyes
Subclase	Actonopeterygii
Serie	Fisoclistos
Súper orden	Teleostei
Orden	Perciforme
Sub orden	Gobioidea
Sección	Eleotridae
Familia	Eleotidae
Género	<i>Dormitator</i>
Especie	<i>D. Latifrons</i>

Fuente: (17)

Dependiendo las regiones el *D. latifrons* es conocido con varios nombres: Chame, Gobio dormilón. Dormilón del pacífico, Camote del pacífico, Popoyote, Dormilón porroco, Dormilón pocoyo (17).

2.2.4. Características Morfológicas

El chame es un pez que se caracteriza por tener un cuerpo corto y robusto, ligeramente comprimido, con una coloración café a púrpura, cerca de 7-8 barras angostas (del diámetro de una escama) oblicuas en la parte superior de los costados; una barra oscura debajo el ojo; costado de la cabeza con varias franjas café oscuras; una mancha azul prominente, como " oreja ", detrás del borde superior del opérculo; la base de la pectoral con una barra oscura; la segunda aleta dorsal y la aleta anal tiene filas con manchitas, su cabeza ancha con cuatro barras oscuras irregulares por detrás del ojo y una barra oblicua a continuación, el maxilar llega al margen anterior de la órbita. Posee entre 33 – 35 escamas en una serie longitudinal, el tipo de escama de este pez pertenece a la clase Ctenoidea, donde se puede observar la zona central llamada núcleo (17).

Las características externas del chame son: es un pez con cabeza ancha, ojos laterales, mandíbula de igual longitud, dientes comprimidos en forma de peine, numerosas espinas branquiales bien desarrolladas y dispuestas en dos series en cada arco (2).

El crecimiento del macho alcanza los 60 cm y las hembras apenas llegan a los 30 cm. El macho posee una papila genital de forma triangular es más grande, colorido y esbelto (Figura 1), la hembra posee una papila redondeada y presenta unas vellosidades, que es de tonos más oscuros y de una complexión más abultada en la cabeza y el abdomen (Figura 2) (18).



Figura 1. Macho *Dormitator latifrons* R.



Figura 2. Hembra *Dormitator latifrons*.

El ciclo reproductivo dura aproximadamente doce meses el mismo está dividido en cuatro fases de desarrollo: 1) Fase juvenil; 2) fase de crecimiento de la gónada hasta alcanzar la maduración; 3) Fase de liberación de gametos (desove); 4) anafase de reabsorción de gametos que no fueron expulsados. No se conoce con exactitud la duración de cada una de estas fases. El dimorfismo sexual en las hembras la papila genital es cuadrangular provista de pequeños filamentos. Las hembras presentan signos en la fase de madurez final, vientre de color amarillento y abultado (90% de la cavidad celomática). En machos el dimorfismo sexual se presenta con vientre abultado y de color rojizo, además de una pomiciencia de consistencia suave en la cabeza. El coito reproductivo se procede a través de masajes abdominales entre el macho y la hembra, se logra el desove y la fertilización de las ovas, reafirmando así la fase de desove (19).

La característica más sobresaliente de esta especie es tener la capacidad de sobrevivir en ambientes deficientes de oxígeno y

resistir variaciones notables de salinidad y temperatura, atribuido por su resistencia fisiológicas (13). El chame tiene la capacidad de alta resistencia o tolerancia a las condiciones agrestes del medio, presentando tolerancia de tiempo fuera del agua de 18 h con poca humedad o sin cobertura de plantas húmedas y cerca de 54 h con humedad, sin presentar mortalidades o afecciones mayores en su desarrollo (17).

El hábitat natural del chame (*Dormitator latifrons* R.) lo constituyen las ciénegas de agua dulce o ambientes acuáticos pantanosos cubiertas con plantas acuáticas en donde se entierran, dejando expuesta la cabeza a la superficie del agua apreciando en su dorso una amplia vascularización por donde el chame realiza el intercambio gaseoso con el aire, solventando la hipoxia del medio (20).

2.2.5. Hábitos alimenticios

Para un mayor entendimiento de la alimentación del chame, se han realizado análisis del contenido estomacal, basándose en tres categorías de alimento (2).

- Algas microscópicas: (diatomeas, clorofilas, crisófitas, cianófitas, euglenófitas), rotíferos y copépodos.
- Restos vegetales: fibra proveniente de plantas acuáticas más comunes en su hábitat: lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), Jacinto de agua (*Eichhornia cassipes*) y chorro (*Ceratophyllum sp.*).
- Materia no determinada, encontrando organismos que podrían ser restos de larvas de insectos. También se encuentran en cantidades considerables restos de materia orgánica (detritus) y materia orgánica no identificada.

El *D. latifrons* principalmente tiene hábitos alimenticios nocturnos (21). Esta especie cumple un papel ecológico importante en su hábitat pues es capaz de convertir la energía del detritus en formas útiles por organismos de estratos tróficos superiores. La alimentación del *D. latifrons* se basa fundamentalmente de fitoplancton, zooplancton, detritus, gusanos, materia vegetal y

materia animal. Considerando al *D. latifrons* como pez filtrador, iliófago, herbívoro y omnívoro. Existen estudios en los reportan que esta especie consume materia orgánica como heces fecales de ganado vacuno (bovinaza) mostrando un desarrollo adecuado si se prepara mezclas con alimento suplementario, alternativa rentable para los productores de chame (22).

2.2.6. Requerimientos físicos-químicos

2.2.6.1. Temperatura (°C)

Para el cultivo de *D. latifrons* requiere una temperatura que fluctué entre 21 a 30 °C con un promedio de 25,5 °C (23). Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica aumentando el consumo de oxígeno (24).

2.2.6.2. Potencial de hidrogeno (pH)

Requiere un pH que varía de 6.4 a 9.4 (2).

2.2.6.3. Oxígeno

A diferencia de otros peces, el chame soporta niveles de oxígeno desde 0,4 mg/L (20). A continuación se da a conocer los niveles de oxígeno (mg/L) y sus efectos (2).

- 0.0 – 0.3: Los peces pequeños sobreviven en cortos períodos.
- 0.3 - 2.0: Letal en exposiciones prolongadas.
- 3.0 - 4.0: Los peces sobreviven, pero crecen lentamente.
- >4.5: Rango óptimo para el crecimiento

2.2.7. Sistema de tecnología biofloc (BFT)

El biofloc se viene aplicando desde los años 70' s en Ifremer – Tahití con *L. vannamei* y *stylirostris*, en esa misma década el investigador Purina Ralston desarrollo un sistema de cultivo con bacterias nitrificantes en ambiente de total oscuridad; mientras que para la década de los 80' s se inician investigaciones en la fisiología nutricional del camarón en BFT en el programa Ecotrón, además Soponer Farm (Polinesia Francesa) obtuvieron 2 cosechas con recambio muy bajo de agua en tanques de concreto de 100m² (6).

También conocido como tecnología biofloc (BFT, por sus siglas en inglés) fue desarrollado bajo el mismo principio que tienen las plantas de tratamiento de aguas servidas, se basa en la relación de óxido-reducción donde se generan flóculos microbianos presentes en el ciclo del nitrógeno, se mantiene una adecuada relación de carbono-nitrógeno (C:N) en esta relación el carbono debe estar en mayor concentración para obtener una estabilidad en la trasformación del ciclo del nitrógeno, se usan fuentes externas de carbono (adición de melaza, harina de yuca), en el agua, para reducir el recambio o cero recambio de agua (25).

La microbiota en el biofloc crece a partir de las excretas y restos de alimento de los organismos cultivados en el medio acuático, transformándolas en productos orgánicos y reintegrados a la cadena alimenticia de estos, Además, los bioflocs son una fuente natural rica en proteínas y lípidos disponible in situ, 24 horas por día debido a una compleja interacción entre materia orgánica, sustrato físico y gran variedad de microorganismos. Esta productividad natural juega un papel importante en el reciclaje nutrientes y manteniendo la calidad del agua. El consumo de biofloc por camarón o pescado ha demostrado innumerables beneficios tales como la mejora de la tasa de crecimiento, la disminución en el factor de conversión (FCR), y los costos asociados en la alimentación (5).

El biofloc es una comunidad constituida de microorganismos asociados entre sí en un sustrato suspendido o flotante que responde

a una dinámica de microorganismos heterótrofos capaces de fijar carbono desde las sustancias y partículas orgánicas en el agua donde habitan entre 10 y 1000 millones de células microbianas/cm³ (26). Es un complejo donde ocurren al mismo tiempo actividades autotróficas y heterotróficas utilizando aportes exógenos. También un micro nicho con necesidades fisiológicas particulares según este agregado y en el que cohabitan procesos complementarios aeróbicos y anaeróbicos siendo las interacciones que se producen piezas claves para el mantenimiento de la calidad de las aguas (4).

Para el diseño y correcta operación de un sistema de crecimiento en suspensión activa o biofloc (BFT), se incluye el efecto de la aireación, temperatura, la cantidad y calidad de materia orgánica (sólidos en suspensión) y la tolerancia a altas densidades de los peces. El biofloc requiere niveles de oxígeno por encima de las 7-8ppm y temperaturas tropicales (27-28 C), son ideales para mantener altas concentraciones de bacterias suspendidas. El BFT es una nueva tecnología para la producción intensiva o súper-intensiva (4).

Este sistema facilita la producción de los animales acuáticos en altas densidades de siembra y sobrevivencia de manera sostenible, lo cual implica una mayor alimentación, que al ser consumidos generan grandes cantidades de materia orgánica (heces, restos de alimento), se sedimenta en el fondo del estanque favoreciendo la proliferación de bacterias no deseadas en el agua (anaeróbicas). La materia orgánica debe mantenerse suspendida en el agua mediante fuerte agitación permitiendo la proliferación de las bacterias heterotróficas, encargadas de la eliminación de compuestos nitrogenados (amonio y nitritos) (6).

2.2.8. Composición nutricional del biofloc (BFT)

Los macroagregados (biofloc) son una rica proteína lípida, de fuente natural in situ disponible las 24 horas del día. En la columna de agua ocurre una interacción compleja entre materia orgánica, sustrato físico y gran variedad de microorganismos como fitoplancton, bacterias libres y adheridas, agregados de partículas,

materia orgánica y herbívoros, como rotíferos, ciliados, flagelados, protozoos y copépodos, esta comunidad de microorganismos sirven como fuente proteína para peces y camarones, demostrando innumerables beneficios tales como mejora de la tasa de crecimiento, disminución de FCR, mayores tasas de sobrevivencia y reduciendo hasta un 30 % la ración de alimentación convencional (27).

Los flóculos son de fácil digestibilidad, absorción y asimilación, mejorando la nutrición y salud de los animales, se reporta que el BFT, contiene agentes probióticos, demostrado que incrementan la actividad enzimática que influyen en el crecimiento. Las investigaciones han demostrado que los flóculos formados en el sistema contienen un favorable perfil de aminoácidos, vitaminas, y minerales. Pese a que el uso de flóculos ha impactado positivamente, no se recomienda el uso como única fuente de alimento, ya que carece de nutrientes esenciales (28).

Los flóculos muestran cierta viabilidad como ingrediente sustituto de la harina de pescado, tanto para los parámetros de rendimiento, como para la supervivencia (29).

La calidad nutricional de biofloc es buena pero bastante variable. El contenido de proteína de peso seco del biofloc oscila entre el 25 y 50 %, con la mayoría de las estimaciones entre el 30 y 45 %. El contenido de grasa varía de 0.5 a 15 %, además el biofloc proporciona aminoácidos a menudo limitantes como metionina y lisina (30).

Tabla 3. Composición química de materia seca de varios agregados microbianos.

Proteína (%)	Carbohidratos (%)	Lípidos (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)
43.00	-	12.5	-	26.5
31.20	-	2.6	-	28.2
12.0 - 42.0	-	2.0 - 8.0	-	22.0 - 46.0
30.40	29.10	0.47	0.83	39.20
31.07	23.59	0.49	-	44.85

Fuente: Adoptado (31).

En una investigación se evaluaron dos niveles de reemplazo de harina de pescado (40 y 100%) por otros ingredientes (harina de soja y vísceras) para la elaboración de dietas de *Litopenaeus vannamei* cultivados en sistema biofloc. Como resultado se observó que la harina de pescado se puede reemplazar en un 40% sin interferir en el rendimiento y la calidad de agua (32).

En otra investigación incorporando sólidos tratados (flóculos microbianos) generados a partir del cultivo de tilapia con sistema biofloc, en la alimentación de camarón, demostró que el rendimiento del camarón aumentó significativamente en comparación a sólidos no tratados (33). La harina de pescado puede ser completamente reemplazada por la proteína de soja y harina de floculo microbiana con 38% de proteína (obtenida del efluente de una granja superintensiva de camarones) en 4 dietas (25, 50, 75, 100 y una dieta comercial), resultando sin efecto sobre el rendimiento (34).

2.2.9. Efecto probiótico del biofloc (BFT)

El efecto “probiótico natural” en BFT actúa interna o externamente, combatiendo enfermedades por *Vibrio sp.* y ectoparásitos. Este efecto es promovido por grandes grupos de microorganismos, principalmente de bacterias que se consideran el primer nivel trófico en el sistema, estas bacterias y sus compuestos sintetizados podrían actuar de manera similar a los ácidos orgánicos y ser agentes eficaces de control biológico (27).

2.2.10. Usos del biofloc (BFT) en la acuicultura

Desde hace 30 años aproximadamente se descubrió el potencial de la tecnología biofloc en la cría de tilapia, con el pasar de los años se han llevado a cabo muchos estudios referentes a producción con tecnología biofloc (29).

Generalmente la tecnología BFT ha sido usada en diversas investigaciones en tilapia, obteniendo incremento de producción

de 2kg/m² (cultivos semi-intensivos), a valores a 20 kg/m², o superiores de hasta 30 kg/m² (30).

En especies nativas, se reportan investigaciones desarrollados en la etapa de pre-engorde de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), con una densidad de 5 a 10 peces/ m³ (35). En una investigación desarrollada en el levante y engorde de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), en 210 días, con una densidad de 17,3 peces/m³, peso inicial promedio de 10 y 15 g, obtuvieron rendimientos productivos de 7,88 kg/m³, con pesos promedios finales de 455,9 g (36).

El sistema biofloc también ha sido utilizado en el levante de reproductores de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), bajo tres densidades (5,10 y 20peces/m³), obteniendo registros de levante de 10 peces/m³, con un índice de ovulación (IO) promedio de 67%, tasa de fertilización (TF) de 45,5 % y tasa de eclosión (TE) de 21% (37).

En la etapa de larva del bagre nativo sudamericano (*Rhamdia quelen*), a una densidad de 25 lavas/L, se probaron tres concentraciones de solidos suspendidos totales (SST), 200, 400-600 y 800-1000 mg/L, obteniendo mejores resultados en sobrevivencia y crecimiento a 200mg/L de SST (38).

El biofloc ha sido extraído y convertido en harina formulando tres dietas (7,8%, 15,6%y 7,8 más aceite de pescado), para la alimentación de juveniles de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), la prueba de alimentación fue de 35 días, obteniendo entre 93 y 100% de supervivencia entre los tratamientos dietéticos. El crecimiento (ganancia de peso por semana) de las tres dietas fue respectivamente 1.09, 0.88, 1.64, 1.61 y 1,63 g/semana (39).

2.2.11. Microorganismos en el sistema biofloc (BFT)

Los microorganismos se encargan de producir y consumir oxígeno disuelto, reciclan nutrientes y alimento para organismos mayores, tanto en ambientes acuáticos naturales como en ambientes acuícolas, se pueden definir a los microorganismos, como organismos unicelulares, tanto los procariontes autotróficos y heterotróficos (cianobacterias y bacterias), tal como los eucariontes autotróficos y heterotróficos (microalgas y protozoarios), en general, también son considerados como microorganismos aquellos que no pueden ser observados a simple vista, tales como metazoarios, rotíferos, nematodos y formas larvales de organismos mayores, como los nauplios de crustáceos, los cuales están presentes en grandes poblaciones cuando un sistema biofloc está maduro (29). Estas agrupaciones de microorganismos presentan altos contenidos de proteína cruda y ácidos grasos esenciales (40).

La biota planctónica en el sistema biofloc puede ser aprovechada como fuente de alimento, principalmente microalgas, bacterias, protozoarios, nematodos y hongos esta se encuentra adherida a las paredes, en el fondo del estanque y principalmente en los sólidos en los sólidos suspendidos (29).

Estos organismos en sistemas acuícolas pueden tener efectos positivos y negativos. De manera positiva se destaca la eliminación y remoción de compuestos nitrogenados tóxicos por organismos heterotróficos, mejoramiento de la calidad del agua, degradación de alimento no consumido, contribución nutricional y la remoción de nitrógeno por organismos heterotróficos. Entre los efectos negativos podrían mencionarse las enfermedades causadas por bacterias y virus, la producción de nitrógeno amoniacal y el consumo excesivo de oxígeno (41).

En una investigación sobre la composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia, afirman que los primeros géneros adheridos a los flóculos, fueron *Aeromonas* y *Vibrio* comunes de ambientes acuáticos

y proliferan en sobrecarga de materia orgánica, causantes de enfermedades. Sin embargo, el incremento microorganismos heterótrofos como *Sphingomonas paucimobilis*, *Pseudomonas luteola*, *Pseudomonas mendocina*, *Bacillus sp.* *Micrococcus sp.* y la levadura *Rhodotorula sp.*, posiblemente impidieron la proliferación de los géneros *Aeromonas* y *Vibrio* de tal manera que no se encontraron después de la octava semana (42).

Este comportamiento de disminución e incluso desaparición de microorganismos maléficos, se debe a uno de los beneficios del uso de la tecnología biofloc, que es la capacidad de exclusión competitiva que tienen ciertas poblaciones bacterianas heterótrofas sobre bacterias patógenas (43).

Para aumentar la degradación de nitrógeno se requiere la adición de fuentes de carbono, para promover el crecimiento de colonias de bacterias heterotróficas en el sistema biofloc (BFT) (44), se produce la intervención de las bacterias heterotróficas cuando aumentan los niveles de amoníaco (NH_3), amonio (NH_4^+) y nitrito (NO_2^-), algunas bacterias heterotróficas obtienen energía derivada de la luz (bacterias foto-heterótrofas) en combinación de compuestos orgánicos u oxidación de una o más sustancias orgánicas (bacterias quimio-heterótrofas) (45).

2.2.12. Compuestos nitrogenados en acuicultura

Uno de los principales problemas de calidad de agua en sistemas acuáticos intensivos es la acumulación de sustancias nitrogenadas inorgánicas tóxicas (NH_4^+ y NO_2^-) en el agua. Los peces y camarones excretan amonio que se sedimentan al fondo del estanque. Una fuente importante de amonio es rica en proteínas, esto se debe a que la proteína se conforma de nitrógeno. Los animales acuáticos necesitan altos porcentajes de proteína en su alimentación, ya que para producir energía depende de la oxidación y catabolismo de las proteínas (46).

En estanques altamente aireados el amonio es oxidado principalmente por las bacterias *Nitrosomonas sp*, y lo transforman en nitritos, las bacterias *Nitrobacter sp*, transforman el nitrito en nitrato, el manejo de tales sistemas depende de los métodos de desarrollo para eliminar estos compuestos nitrogenados (47).

Los porcentajes de proteína en el concentrado suministrado en acuicultura esta entre 20 y 45%, Las proteínas están compuestas por el 50% es carbono, el 16 % es nitrógeno, el 21,5% es oxígeno y el 6,5% es hidrogeno, el 6% son otros elementos. El 65% del alimento es aportado al medio de cultivo por excreción y alimento no consumido (48).

La mayor parte del nitrógeno se excreta en forma de amoniaco ionizado y no ionizado que es excretado de las branquias de los peces, la suma de estas dos formas de amonio $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ se denomina nitrógeno amoniacal total (NAT), la forma no ionizada NH_3 en un rango 1 – 2 mg/L es altamente toxica (49).

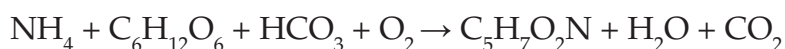
2.2.13. Compuestos nitrogenados en biofloc (BFT)

Existen tres grupos de microbiota de remoción de compuestos nitrogenados del agua, todas en diferente forma pueden interactuar en sistemas biofloc (BFT), en asimilación por algas, oxidación por medio de las bacterias quimio-autótrofas y asimilación por bacterias heterotróficas (50). Además se les suman otros organismos como zooplancton, hongos, levaduras y nematodos, todos abundantes por la casi infinita capacidad reproductiva que poseen, los cuales en conjunto consiguen el control casi absoluto de los desechos del nitrógeno (41).

Los microorganismos relacionados con el ciclo del nitrógeno recuperan los nutrientes presentes en el agua, transformando los compuestos nitrogenados tóxicos, en compuestos menos tóxicos, generados principalmente por las excretas branquiales, heces y alimento no consumido (4), realizando hasta el 70% de la producción total de cualquier cuerpo de agua, manteniendo la calidad de las

mismas (51), sirviendo de fuente de alimento a la cadena trófica del medio acuático incluyendo a los peces y controlando patógenos (52). El manejo de las comunidades microbianas, determina el éxito del sistema biofloc (BFT), basándose en la transformación de los compuestos nitrogenados, esto se consigue en diferentes tipos de reacciones (4).

Las bacterias heterotróficas realizan una reacción metabólica en la que descomponen el amonio para transformarlo en biomasa bacteriana (4):



La reacción indica que para remover 1 g de amonio (NH_4), el consumo de carbohidratos ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) será igual a 15,2 g, alcalinidad = 3,6 g y oxígeno = 4,7 g, produciendo sólidos en suspensión (SSV) = 8 g y carbono (CO_2) = 9,7 g). Es decir que por cada gramo de NAT producido en un estanque de cultivo, se necesitan 20 gramos de hidratos de carbono (C20:N1), debemos aumentar la proporción de oxígeno disuelto en el agua, atribuyendo a las reacciones químicas de las bacterias heterótrofas (44).

Las reacciones de metabolismo de las bacterias quimioautotróficas, incluyen la descomposición del amonio (NH_3) en nitrito (NO_2) y después en nitrato (NO_3), y finalmente a través de reacciones anaeróbicas por proceso de des-nitrificación se libera en nitrógeno atmosférico N_2 (4):



Este balance indica que para transformar 1 gramo de amonio, el consumo de alcalinidad = 7,0 g, oxígeno = 4,2 g, produciendo sólidos en suspensión (SSV) = 0,2 g, carbono (CO_2) = 5,9 g y NO_3 = 0,98 g (4).

El análisis de las reacciones de las dos bacterias quimioautotróficas nitrificantes presentes en los sistemas biofloc requieren menor

cantidad de carbohidratos para la transformación y remoción de nitrógeno, pero con la consecuente disminución en la demanda de oxígeno, en este sentido para que las bacterias autótrofas y heterótrofas eliminen nitrógeno, la relación de C: N sería de 15-10:1 (28). Debido a la lenta reproducción de las bacterias nitrificantes, se necesita la presencia de bacterias heterótrofas en los primeros días de inicio de un sistema biofloc para asegurar la transformación y reducción de amoníaco producido, por la alimentación, excretas y heces. Las bacterias quimioautotróficas necesitan un buen sustrato y alrededor de 30 días para su establecimiento en el estanque de cultivo (53).

2.2.14. Relación Carbono: Nitrógeno en el sistema biofloc (BFT)

En ecosistemas acuáticos naturales para que haiga la presencia de microorganismos debe tener una relación C: N aproximada de 5:1, las bacterias se alimentan de carbono y poco o nulo nitrógeno que contiene el sustrato orgánico, el nitrógeno lo toman del agua con el fin de producir proteína necesaria para su crecimiento y multiplicación celular. En sistemas acuícolas se controla la acumulación de nitrógeno inorgánico mediante el metabolismo del carbono y la inmovilización de nitrógeno por células microbianas (25).

En el alimento hay un porcentaje de carbono orgánico el cual no es suficiente para que las comunidades bacterianas autótrofas y heterótrofas prosperen, consecuentemente debe haber disponibilidad de carbono inorgánico y orgánico, por ejemplo en un alimento con 35% de proteína hay 109 g/kg de carbono orgánico lábil, en comparación con un análisis aproximado de 350-400 g de carbono/kg alimento (4).

La capacidad de controlar el tipo de carbono y la relación C: N, por la formulación del alimento, eliminación o adición de sólidos, han variado las relaciones de C: N, reportando diferentes tasas > 10:1 (54); 12-13:1 (55); 15:1 (42); 20:1 (49); (56); (38).

Debido a los aportes de restos nitrogenados de los peces (excreción + alimento no consumido), al disolverse desequilibran la relación C: N, para controlar el desequilibrio se debe agregar algún material rico en carbono soluble (28).

Para mantener reducido los compuestos nitrogenados (amonio), se requiere del aporte de carbohidratos, la necesidad requerida de carbohidratos depende de la cantidad de alimento suministrado (relacionado con la biomasa), primeramente se descuenta el porcentaje de humedad propio de cada alimento, teniendo en cuenta que el 16% de la proteína es nitrógeno, y de este porcentaje el 75% se libera por excreción y alimento no consumido (44). Las distintas fuentes de carbono tienen un 50%, siendo la melaza la más utilizada, esto se debe a que es la más barata. Para mantener eficiencia en la relación C: N, se recomienda hacer un análisis bromatológico a la fuente de carbono que se va a emplear (49) (57) (58) (56) (39).

Tabla 4. *Diferentes fuentes de carbono aplicadas en el sistema BFT.*

Fuente de carbono	Especie cultivada	Referencia
Acetato de Sodio	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	(59)
Harina de casaba	<i>Penaeus monodon</i>	(60)
Celulosa	Tilapia	(61)
Harina de maíz	Hybrid bass and hybrid tilapia	(62)
Dextrosa	<i>Litopenaeus vannamei</i>	(63)
Glicerol y Glicerol + Bacillus	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	(59)
Glucosa	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	(59)
Melaza	<i>L. vannamei</i> and <i>P. monodon</i>	(64)
Sorgo	Tilapia	(61)
Tapioca	<i>L. vannamei</i> and <i>M. rosenbergii</i>	(65)
Harina de trigo	Tilapia (<i>O. niloticus</i>)	(66)
Afrecho + Melaza	<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> , <i>F. paulensis</i> y <i>F. duorarum</i>	(67)
Almidón	<i>O. niloticus</i> x <i>O. aureus</i> y <i>O. mossambicus</i>	(68)

Fuente: Adoptado (27).

2.2.15. Parámetros y condiciones de calidad del agua en el sistema biofloc

El mantenimiento y monitoreo de la calidad del agua en BFT, son las practicas esenciales que apuntan en el éxito de los ciclos de producción (5).

2.2.15.1. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en sistemas biofloc es el más importante, esto se debe a que permite la producción intensiva y súper-intensiva de peces brindando el oxígeno a los peces además permite el correcto funcionamiento de los microorganismos autótrofos y heterótrofos, presentes en el BFT. La incorporación de oxígeno al agua es fundamental, sin oxígeno suficiente no es posible construir un BFT. Aireadores (formación de floc y alevinaje) y aireadores splash (etapa de cría) son los más utilizados en los sistemas biofloc (40), (30).

El oxígeno permite que los microorganismos respiren y metabolicen los compuestos nitrogenados, la constante oxigenación permite el movimiento del agua evitando la acumulación de sólidos, evitando reacciones anaeróbicas productoras de metabolitos tóxicos (4).

Para determinar cuál de los aireadores es más eficientes para el sistema biofloc, se probaron 4 modelos de aireadores (splash, paletas turbina y blower), concluyendo que el modelo splash es mejor en cuanto a rendimiento satisfaciendo los requisitos funcionales (69). Si el oxígeno es menor a 4 mg/L-1, se debe añadir más aireadores (70).

2.2.15.2. pH

El pH en sistemas producción con BFT normalmente debe estar en rango de 7-9, teniendo una relación directa con la alcalinidad y los procesos de nitrificación, cuando el pH es alto promueve la toxicidad por amonio no ionizado, la temperatura del agua afecta

al pH teniendo correlaciones positivas, es decir que a mayor temperatura, asciende el pH y el amonio toxico (49).

El mantenimiento de un pH constante en el agua es ideal para la supervivencia de los microorganismos que constituyen de fuente alimento, ya que la acidificación o alcalinización puede provocar la desnaturalización de los componentes vitales de las células de los microorganismos (71)

2.2.15.3. Alcalinidad

La alcalinidad es la capacidad del agua para amortiguar los cambios de pH en respuesta a las adiciones de ácido o base. La actividad de las bacterias nitrificantes es responsable de las pérdidas de alcalinidad en sistemas intensivos con BFT. El proceso de nitrificación produce ácido en el agua, desgastando las reservas de alcalinidad. Cuando la alcalinidad se agota, el pH se reduce drásticamente. La alcalinidad debería mantenerse entre 100 y 150 mg/L, la fuente más utilizada para el aumento de alcalinidad es el carbonato de calcio CaCO_3 y bicarbonato de sodio. En sistemas intensivos biofloc, por cada kilogramo de alimento introducido se debe complementar con 0,25 kg de bicarbonato de sodio, esto se debe al proceso de nitrificación que acidifica el agua (30).

2.2.15.4. Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos son pequeñas partículas que se visualizan en el agua de los sistemas biofloc, los conos Imhoff es un instrumento que mide la concentración de solidos de manera sencilla depositando un litro de agua de biofloc, esperando de 10-20 minutos que es el tiempo para estandarizar el volumen. En tilapia el rango típico de concentración es de 20-50 ml/L, en camarón es de 10-15 ml/L (30).

2.2.15.5. Nitrógeno amoniacal total (NAT)

Está conformado por la concentración de amonio y amoniaco. Los valores de amoniaco deben fluctuar entre 0.01 – 0.1 mg/L (valores cercanos a 2mg/L, son críticos). El amoniaco es tóxico y depende del pH y de la temperatura del agua, los niveles de tolerancia en tilapia se encuentran en un rango de 0.6 -2.0 mg/L.

Un sistema biofloc con nivel de NAT bajo (<0.5 mg/L) significa que los procesos fisiológicos de los microorganismos están trabajando bien, se considera que la necesidad de adición de carbono es baja. Si hay un incremento de NAT, la solución rápida sería un incremento en la adición de carbono (5).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN



3.1. Localización

La presente investigación se realizó en la Finca experimental “La María” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizada en el Km 7.5 de la Vía Quevedo – El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos. Cuya ubicación geográfica es de 1° 6′ 28″ de latitud sur y 70° 27′ 13″ de longitud Oeste, a una altura de 72 msnm. La investigación se dio en el año 2018 y tuvo una duración de 91 días.

Las condiciones meteorológicas de la finca “La María” se presentan en la tabla 4.

Tabla 5. Condiciones meteorológicas de la finca “La María”.

Parámetros	Promedios
Temperatura (°C)	25.3
Humedad relativa (%)	82.0
Heliofania (horas luz/año)	1041.1
Precipitación (mm/año)	3229.3
Zona ecológica	Bosque Húmedo Tropical bh-T

Fuente: (72).

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Investigación experimental

La investigación se realizó en el campo y es de carácter piscícola, con la finalidad de obtener resultados en la densidad recomendada para la producción del chame con tecnología biofloc.

3.2.2. Investigación descriptiva

La investigación se realizó en la Provincia de Los Ríos, cantón Mocache.

3.2.3. Investigación bibliográfica

Forma parte de la investigación tipo documental y como su nombre lo indica tiene como finalidad el conocimiento de los contenidos de libros, sus autores, fechas de edición, editoriales, lugar de edición, etc.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método de observación

La observación fue clave en la evaluación del crecimiento de chame (*Dormitator latifrons* R.) bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.

3.3.2. Método comparativo

Este método fue fundamental para la determinación de cuál de las tres densidades es la mejor para la cría de chame con tecnología biofloc.

3.3.3. Método analítico

El método analítico tuvo participación en la investigación para el estudio de los factores que intervienen en el crecimiento del chame bajo las tres densidades lo cual comprende su análisis.

3.4. Fuentes de recopilación de información

Primarias: La información primaria se obtendrá a través de la medición de los peces, que evidenciaran la talla y peso obtenido.

Secundarias: La información bibliográfica obtenida a través de revistas científicas, libros, tesis y buscadores académicos que proveen al investigador conocimientos importantes para llevar a cabo la presente investigación.

3.5. Diseño y análisis estadísticos de la investigación

La investigación se trabajó con un diseño completamente al Azar (DCA) (Tabla 5) conformado por tres tratamientos y cinco repeticiones (Tabla 6) distribuidas al azar en el sistema biofloc.

Para el análisis entre medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($p = 0.05$). En el análisis estadístico de los resultados se utilizó el software libre infostat.

Tabla 6. *Esquema de análisis de varianza.*

Fuente de variación	Formula	Grados de libertad
Tratamiento	t-1	2
Error experimental	t (r-1)	12
Total	t.r-1	14

Elaborado por el autor.

Tabla 7. *Comparación de tratamientos y unidades experimentales.*

Tratamientos	Repeticiones	No de Peces/Jaula $\frac{1}{4}$ m ²	No Peces/Tratamiento
T1 20peces/m ²	5	5	25
T2 40peces/m ²	5	10	50
T3 60peces/m ²	5	15	75
Total			150

Elaborado por el autor.

3.5.1. Tratamiento

Tabla 8. *Características de la investigación.*

Características	Cantidad
Unidades experimentales	15
Número de tratamientos	3
Número de repeticiones	5
Tamaño de jaulas	250 cm ³
Área total del ensayo	12,00 m ³

Elaborado por el autor.

3.6. Instrumentos de investigación

Se utilizó un registro para el control de datos diarios y semanales. Los registros de peso, longitud y altura se realizaron semanalmente. Los parámetros físicos-químicos del agua (pH, temperatura, oxígeno, nitrógeno amoniacal total y sólidos en suspensión), fueron registrados diariamente.

3.6.1. Variables evaluadas

Los peces fueron medidos con un ictiómetro y pesados con una balanza digital (0,1), cada 7 días hasta el día 91. Se utilizaron 5 peces por cada unidad experimental para el registro de datos. Los peces evaluados se identificaron con un hilo en sus aletas, representados de la siguiente manera.

- Pez1: Aleta lateral izquierda.
- Pez2: Primer aleta dorsal.
- Pez3: Segunda aleta dorsal.
- Pez4: Aleta caudal.
- Pez5: Aleta anal.

3.6.1.1. Parámetros zootécnicos

Las observaciones y los datos obtenidos de peso, longitud se utilizaron para la descripción y cálculo de los siguientes parámetros: Alimento consumido (AC), tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento específico (TCE), conversión alimenticia (CA), factor condición (FC) y supervivencia (SUP).

- **Alimento consumido**

Es el alimento que consumió el pez durante toda la producción, mediante la siguiente formula se determinó el alimento consumido por pez.

$$AC = \frac{\Sigma AC}{Npj}$$

Donde:

ΣAC = Sumatoria de alimento total consumido.

Npj = Número de peces por jaula

- **Tasa de crecimiento absoluto (TCA)**

La tasa de crecimiento absoluto indica el crecimiento diario del pez, se determinó mediante la fórmula (73):

$$TCA = \frac{Wf - Wi}{t}$$

Donde:

Wf = Sumatoria de alimento total consumido.

Wi = Número de peces por jaula

t = Tiempo

- **Tasa de crecimiento específico (TCE)**

La tasa de crecimiento específico indica el porcentaje de crecimiento diario obtenido por el pez, se determinó mediante la fórmula (73):

$$TCE = \frac{\ln(Wf) - \ln(Wi)}{t} * 100$$

Donde:

$\ln (W_f)$ = logaritmo neperiano del peso promedio final.

$\ln (W_i)$ = logaritmo neperiano del peso promedio final.

t = Tiempo (días)

- **Conversión alimenticia (CA)**

Es la ganancia de peso obtenido a partir de una unidad de peso de alimento. Valor que indica el aprovechamiento perfecto de alimento para producir una unidad de biomasa corporal.

$$CA = \frac{Pa}{Pg}$$

Donde:

Pa = Peso de alimento ingerido.

Pg = Peso ganado por el pez.

- **Factor de condición (FC)**

Índice de estado de robustez de los peces, expresando la relación del crecimiento de los animales, en función de su peso y longitud, si ha desarrollado más lo ancho que a lo largo, indica un cierto grado de engrosamiento. Los valores iguales a tres son considerados como un crecimiento homogéneo, valores mayores o menores son considerados como crecimiento heterogéneo (74).

$$FC = \frac{PT}{LT} * 100$$

Donde:

Pt = Peso promedio de los peces al tiempo t .

Lt = Longitud promedio de los peces al tiempo t

- **Porcentaje de supervivencia (SUP)**

Este indicador define la resistencia de los organismos al manejo y al confinamiento, expresado como porcentaje (74).

$$SUP = \frac{Nt}{Ni} * 100$$

Donde:

Nt = Número de peces vivos al tiempo t .

Ni = Número de peces iniciales.

3.6.1.2. Parámetros físico-químicos

Se registraron diariamente en la mañana y después de suministrar el alimento en la tarde.

- **Temperatura del agua (°C)**

Mediante el pehachimetro se obtuvieron las lecturas de temperatura.

- **pH**

Para la medición del pH se utilizó el pehachimetro HANNA (HI 98190), calibrada cada tres días para el registro de lecturas exactas.

- **Oxígeno disuelto (ppm)**

La medición del oxígeno disuelto se obtuvo mediante el uso de un oxímetro EcoSense (DO200A).

- **Nitrógeno amoniacal total (ml)**

Se usó un kit test de amonia HANNA (HI38049).

- **Sólidos en suspensión**

Para la medición de los sólidos en suspensión se utilizó una réplica del cono imhoff original, usando una botella cónica plástica de un litro, graduada cada 5 ml para el registro de los sólidos suspendidos en un litro de agua.

3.6.2. Manejo del proyecto de investigación

3.6.2.1. Preparación del sistema biofloc (BFT)

La preparación de un sistema biofloc tuvo una duración de 30 días de la siguiente manera; se inoculo 1500 litros de agua de biofloc maduro, para acelerar el proceso de proliferación de microorganismos, completando con agua hasta llenar el estanque, se midió los parámetros físicos químicos del agua, se introdujeron 250 tilapias con el fin de alimentarlas y mediante sus excreciones y heces generen flóculos, con la alimento suministrado se calcula la cantidad de carbono y nitrógeno amoniacal presente en el alimento.

Con el carbono y la cantidad de nitrógeno amoniacal total presente en el alimento para calcular la cantidad de melaza a añadir para establecer la relación carbono: nitrógeno 20:1, esta relación se mantuvo durante 15 días. En los siguientes 15 días la relación de carbono: nitrógeno se bajó a 10:1, se midieron semanalmente los parámetros físicos químicos del agua (Temperatura, pH, oxígeno, nitrógeno amoniacal total y sólidos en suspensión) al mes de preparación del BFT los sólidos en suspensión llegaron a los 20 ml/L, ideal para la siembra de peces en un sistema biofloc.

3.6.2.2. Jaulas

Se utilizaron 15 jaulas de malla cuadriculada plastificada redondas de m^2 o 250 cm^3 , se la amarro con alambre tratando de que no quedaran puntas que pudieran lastimar a los peces, se manejó la densidad por m^2 de los peces según el tamaño de las jaulas.

Las 15 jaulas fueron ubicadas en un estanque circular de hormigón armado de 12 m^3 .

3.6.2.3. Comederos

Al ser los chames peces bentónicos y debido al movimiento que produce la corriente de aire del sistema biofloc, se usaron bandejas

tipo cedazo, se amarraron cuatro piolas para estabilizar los comederos y facilite la alimentación de los peces, se colocaron dos piedras cubiertas con plástico, para que se sumerjan y los peces se puedan alimentar.

3.6.2.4. Obtención y aclimatización de peces

Los 200 peces juveniles fueron obtenidos de un criadero de chame en San Vicente-Manabí, con peso promedio de $50,93 \pm 2,97$ g, desde un criadero de chame en San Vicente-Manabí, se transportaron los peces en fundas quintaleras con poca agua y oxígeno, para que los peces viajen tranquilos y no se estresen. Al llegar los peces se procedió a aclimatarlos durante 15 minutos y se los libero en un estanque de geomembrana, permanecieron dos semanas, con el fin de seleccionar los mejores peces que fueron utilizados para la investigación.

3.6.2.5. Suministro de alimento

El chame tiene hábitos alimenticios nocturnos (21), por eso la alimentación se realizó en horas de la tarde una vez al día, se alimentó con balanceado para camarón al 35% de proteína (13); este balanceado tiene la capacidad de sumergirse, ideal para la alimentación de chame.

Investigaciones de la alimentación del chame en sistema de recambio de agua recomiendan alimentar al 4% de biomasa (2); en la investigación con sistema biofloc se alimentó al 2% de biomasa, con el fin de ver si el sistema biofloc aporta con la alimentación natural (22).

Para calcular la cantidad de alimento, semanalmente después de la toma de datos (peso, longitud y altura) se promedió el peso de cada jaula experimental y se alimentó al 2% de biomasa. Se calculó la cantidad de alimento diario con la siguiente fórmula:

$$AD = \frac{Pp * B}{100} * Npj$$

Donde:

AD = Alimento diario

Pp = Peso promedio

B = Biomasa

Npj = Número de peces por jaula.

3.6.2.6. Relación C: N

En la investigación se usó una relación carbono: nitrógeno 10:1, para mantener la relación, se utilizó melaza como fuente de carbono y mediante el cálculo del nitrógeno amoniacal total y carbono presente en el alimento se calcula la cantidad de adición de carbono (melaza). La fórmula utilizada es la siguiente (5).

- **Carbono en el alimento**

Para realizar el cálculo del carbono presente en la materia seca del alimento se toma en cuenta la siguiente información.

- El 90% del alimento es materia seca y el 10% es humedad.
- Los peces asimilan el 30% del alimento suministrado, el 70% termina en el agua.
- El 50% de la materia seca que termina en el agua es carbono.

$$C = \frac{\text{Alimento (kg)} * 0.9 (90\% \text{ MS}) * 0.7 (70\% \text{ desperdicio})}{2 (50\% \text{ de carbono})}$$

- **Nitrógeno amoniacal total (NAT)**

Para realizar el cálculo del NAT presente en la proteína del alimento se toma en cuenta la siguiente información.

- El 90% del alimento es materia seca y el 10% es humedad.

$$\text{NAT} = \frac{\text{Alimento (kg)} * 0,9 (90\% \text{MS}) * 0,7 (70\% \text{ desperdicio}) * (\% \text{ proteína})}{\text{Constante}(0.9 \text{MS} * 0.7 \text{ desperdicio} * \% \text{ proteína}/3)}$$

• Ajuste de relación C: N

Para realizar el ajuste de la relación carbono: nitrógeno, se plantea la relación requerida.

$$AR = (\text{carbono de relación C:N}) * NAT = CR$$

$$CRR = (\text{carbono requerido}) - (\text{carbono en alimento}) = \text{Carbono real requerido.}$$

• Carbono en la melaza

Para realizar el cálculo del carbono en la melaza se toma en cuenta la siguiente información.

- La melaza tiene 50% de carbono.
- En 1 kg de melaza hay 500 g de Carbono.

$$M = \frac{CRR(\text{carbono real requerido})}{0.5(50\% \text{ carbono en la melaza})}$$

3.6.2.7. Recambio de agua

Semanalmente se midió la profundidad del estanque para calcular la pérdida por evaporación y filtración, se incorporó agua si era necesario, en toda la investigación existió una pérdida de agua del 10 % del total de la capacidad del estanque de biofloc.

3.7. Recursos humanos y materiales

3.7.1. Humanos

La investigación conto con la intervención de los recursos humanos conocedores de la materia como es el Dr. Jorge Rodríguez Tobar en calidad de director de la investigación, y el Sr. Cristian Andrés Machuca Valverde como autor de la investigación.

3.7.2. Materiales y equipos

3.7.2.1. Materiales de campo

- Peces.
- Jaulas.
- Comederos.
- Balanza digital Ohaus ScoutTM Pro
- Regla.
- Ictiómetro.
- Pehachimetro HANNA (HI 98190)
- Oxímetro EcoSense (DO200A)
- Conos imhoff.
- Kit test amonia HANNA (HI38049).
- Cámara digital.
- Bandeja.
- Guantes.
- Toalla.
- Alimento balanceado.
- Cuaderno de campo.

3.7.2.2. Materiales y equipos de oficina

- Bolígrafo.
- Computadora.
- Hoja de cálculo Excel.
- Programa estadístico libre.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4.1. Resultados y discusión

4.1.1. Peso (g)

En la (Tabla 9) (Figura 3) (Anexo 1) se detallan los resultados obtenidos en el estudio de la variable de peso en las densidades de siembra de chame (*Dormitator latifrons* R.). La prueba de Tukey (p 0.05) en el peso inicial no presento significancia entre tratamientos, en el peso a los 49 días y final presentaron alta significancia estadística entre tratamientos, siendo el T3 (60 peces/m²) la densidad con mayor peso de 190,18 g.

Tabla 9. *Peso promedio de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.*

Tratamiento	Densidad	Peso (g)					
		PI		P49		PF	
1	20	52,08 ± 0,32	a	91,35 ± 0,64	c	127,22 ± 1,16	c
2	40	50,74 ± 0,99	a	107,44 ± 0,94	b	160,88 ± 0,91	b
3	60	50,87 ± 0,83	a	123,19 ± 0,61	a	190,18 ± 2,08	a
R ²		0,13		0,99		0,99	

PI= Peso inicial; P49= Peso a los 49 días; PF= Peso final. Promedios en cada columna con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey p≤0.05).

Elaborado por el autor.

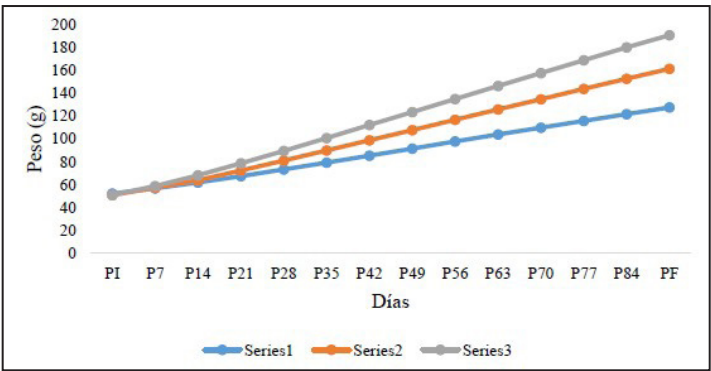


Figura 3. *Ganancia de peso de chame cada siete días, bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.*

En la figura 3 se observa la ganancia de peso de chame cada siete días, los peces de cada tratamiento desde los primeros 7 días hasta el final de la investigación presentaron una ganancia de peso ascendente. Los tratamientos T1 y T2 presentaron una ganancia de peso menor en comparación al T3.

Montenegro y Vallejo (17) mencionan que en el estudio de 4 densidades de siembra (2, 3, 4 y 5 peces/m²), con sistema tradicional de recambio de agua, el chame obtiene peso de 188,26 g a una densidad de 2 peces/m².

Comparando con los resultados de Montenegro y Vallejo (17) y los obtenidos en la investigación, el chame criado con tecnología biofloc alcanza un peso mayor de 190,18 g, aunque no es mucha la diferencia de peso por pez, al ser una densidad de 60 peces/m², se obtiene mayor peso en menor volumen de agua.

En la investigación de Poleo et al. (75), sobre el cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados, indican que la cachama blanca puede ser cultivada en sistemas cerrados con cero recambios de agua o sistema biofloc en altas densidades, obteniendo un peso final de 449,5 g con una densidad de 31,25 peces/m³.

Demostrando que el aumento de peso adicional es gracias al aporte proteico del alimento natural que contiene el sistema biofloc, además permite la producción a altas densidades.

4.1.2. Longitud total (cm)

En los resultados obtenidos de la prueba Tukey (p 0.05) se observa que en la longitud total inicial no existe significancia estadística entre tratamientos, en la longitud total a los 49 días y final presentan alta significancia estadística entre tratamientos, obteniendo una mayor longitud total final el T3 (60 peces/m²) con 24,88 cm, ver (Tabla 10) (Figura 4) (Anexo 2).

Tabla 10. Longitud total promedio de chame bajo tres densidades de siembra con tecnología biofloc.

Tratamiento	Densidad	Longitud total (cm)					
		LI		L49		LF	
1	20	11,56 ± 0,05	a	16,92 ± 0,11	c	20,96 ± 0,11	C
2	40	11,28 ± 0,17	a	17,92 ± 0,18	b	22,84 ± 0,18	B
3	60	11,40 ± 0,13	a	19,20 ± 0,15	a	24,88 ± 0,24	A
R ²		0,17		0,91		0,95	

LI= Longitud inicial; L49= Longitud a los 49 días; LF= Longitud final. Promedios en cada columna con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey p≤0.05)

Elaborado por el autor.

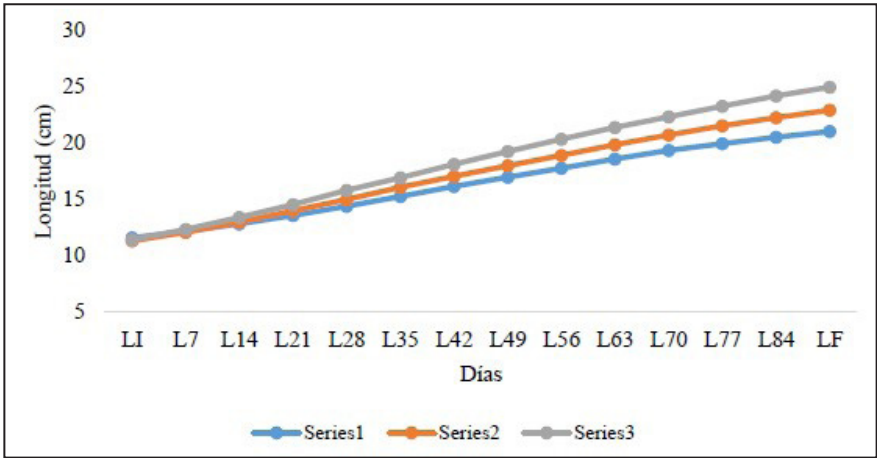


Figura 4. Longitud total de chame cada siete días, bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.

En la figura 4 se observa que todos los tratamientos presentaron una ganancia de longitud ascendente, sobresaliendo el T3 con mayor ganancia de longitud total. Ayazo et al. (76), afirman que es posible la producción de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) con tecnología biofloc al realizar el estudio de tres densidades (5, 10, 20 peces/m³) en la etapa de levante, obteniendo una longitud de 18,2 cm a una densidad de 5 peces/m³.

4.1.3. Altura (cm)

En la (Tabla 11) (Figura 5) (Anexo 3), la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) indica que en altura inicial no mostró significancia entre tratamientos, en la altura a los 49 días y final presentaron alta significancia estadística entre tratamientos. El T3 (60 peces/m²) con 8,02 cm obtuvo la mayor altura final.

Tabla 11. *Altura promedio de chame bajo tres densidades de siembra con tecnología biofloc.*

Tratamiento	Densidad	Altura (cm)					
		AI		A49		AF	
1	20	3,30 ± 0,00	a	4,88 ± 0,07	c	6,22 ± 0,04	c
2	40	3,20 ± 0,04	a	5,32 ± 0,07	b	7,08 ± 0,09	b
3	60	3,22 ± 0,04	a	5,68 ± 0,04	a	8,02 ± 0,07	a
R ²		0,29		0,88		0,97	

LI= Longitud inicial; L49= Longitud a los 49 días; LF= Longitud final. Promedios en cada columna con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p \leq 0.05$)
Elaborado por el autor.

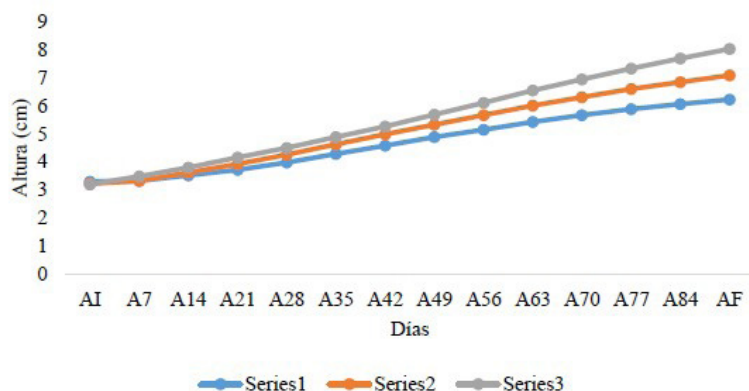


Figura 5. *Altura de chame cada siete días, bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.*

En la figura 5 se observa la ganancia de altura cada 7 días, los tratamientos presentaron un crecimiento ascendente. El T3 presentó la mayor ganancia de altura.

Montenegro y Vallejo (17) obtuvieron una altura final de 8,68 cm, aunque la altura del T3 fue menor, no influyó en el peso ganado.

4.1.4. Alimento consumido

En la (Tabla 12) (Anexo 4) la prueba de Tukey ($p < 0.05$) presenta diferencias significativas entre tratamientos, siendo el T3 (60 peces/m²) el que mayor consumo de alimento presentó.

Tabla 12. *Alimento consumido (AC) de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.*

Tratamiento	Densidad	Alimento consumido	
		AC	
1	20	106,87 ± 1,34	c
2	40	144,14 ± 2,07	b
3	60	178,76 ± 1,70	a
R ²		0,99	

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p \leq 0.05$)

Elaborado por el autor.

Guerrero (77), indican que el alimento debe cumplir con todos los requerimientos nutricionales para obtener buenas tasas de crecimiento y este debe ser específico para la especie cultivada. En la investigación los peces fueron alimentados con pellets sumergibles, ideal para los peces bentónicos como es el chame. Agualsaca (2), en su investigación recomienda la alimentación de chame al 4 % de biomasa, en la investigación los peces fueron alimentados al 2 % de biomasa, con el fin de aprovechar el alimento natural del biofloc.

Coelho et al. (27) menciona que el alimento biofloc contiene proteína, lípidos y minerales que ayudan en el crecimiento de los peces, pero este no cumple en su totalidad los requerimientos alimenticios, lo cual se debe brindar alimento suplementario en menor cantidad, reduciendo considerablemente los costos de alimentación.

4.1.5. Parámetros zootécnicos de crecimiento

- **Tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento específico (TCE), conversión alimenticia (CA), factor condición (FC).**

En la (Tabla 13) (Anexo 5) se muestran los resultados ($p \leq 0.05$) en donde se observan alta significancia estadística en TCA, TCE, FC, en el caso CA los resultados presentaron similitud estadística entre el T2 y T3 y ambos tratamientos son significativos en comparación a T1. El T3 (60 peces/m²) presento los mejores parámetros zootécnicos de crecimiento con un TCA de $1,53 \pm 0,03$ g/día, TCE de $1,45 \pm 0,03$ %/día, CA de $1,28 \pm 0,02$. El factor condición (FC) 7,64, indica que los peces obtuvieron buena condición corporal.

Tabla 13. *Parámetros zootécnicos de crecimiento de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.*

Tratamiento	Densidad	Parámetros zootécnicos de crecimiento							
		TCA (g)		TCE (%)		CA (g)		FC	
1	20	0,83 ± 0,01	c	0,98 ± 0,01	c	1,42 ± 0,01	b	6,07 ± 0,03	c
2	40	1,21 ± 0,00	b	1,27 ± 0,02	b	1,31 ± 0,02	a	7,05 ± 0,02	b
3	60	1,53 ± 0,03	a	1,45 ± 0,03	a	1,28 ± 0,02	a	7,64 ± 0,07	a
R²		0,98		0,96		0,79		0,98	

TCA= Tasa de crecimiento absoluto; TCE= Tasa de crecimiento específico; CA= Conversión alimenticia; FC= Factor condición. Promedios en cada columna con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p \leq 0.05$)

Elaborado por el autor.

Guadamud y Vera (13) mencionan que el chame obtiene una tasa de crecimiento absoluta de 1,43 g/día con alimentación del 35% de proteína en sistema de recambio de agua, valor menor a 1,53 g/día de TCA obtenido en la investigación, esta diferencia de crecimiento se debe al alimento natural presente en el sistema biofloc, reflejado en el aumento de crecimiento.

Badillo et al. (78) reporta que el chame en un sistema de recirculación (sistema de biofiltración y lámpara UV), a una temperatura controlada por termostato de $29,02 \pm 1.0$ °C, en un lapso de 60 días, obtiene una TCE de $2,41 \pm 0,1$ %, el alto porcentaje de crecimiento se dio principalmente por el control de la temperatura del agua. La TCE obtenida $1,45 \pm 0,03$ %, fue menor principalmente a la temperatura variante de 24 – 26,02 °C.

Aunque la temperatura de la investigación se encuentra dentro del rango requerido por el chame, al mantener una temperatura superior y al ser un pez de clima tropical a mayor temperatura su función metabólica es más rápida, consumiendo más alimento y obteniendo un crecimiento más acelerado.

Poleo et al. (75), reportan que la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) obtiene una conversión alimenticia de 1,5 g en un sistema biofloc. Demostrando que el chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc, presento mejor conversión alimenticia en todos los tratamientos estudiados. Según Castro et al. (16) mencionan que los índices de conversión alimenticia de chame son mejores que los índices de otras especies de animales como aves, cerdos y bovinos.

En el estudio del efecto del biofloc sobre los parámetros de crecimiento de juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) Chaverra et al. (79) mencionan que factores de condición por encima de 5 indican buena condición corporal. Indicando que los peces estudiados, presentaron buena condición corporal.

4.1.6. Porcentaje de supervivencia (SUP)

En la (Tabla 14) (Anexo 4), se detallan los resultados (p 0.05) de porcentaje de supervivencia de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc, se observan diferencias significativas entre tratamientos, presentando el T1 100% de supervivencia.

Tabla 14. *Porcentaje de supervivencia de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.*

Tratamiento	Densidad	Supervivencia	
		FC	
1	5	100,00	a
3	15	90,68	b
2	10	80,00	c
R²		0,88	

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p \leq 0.05$)
 Elaborado por el autor.

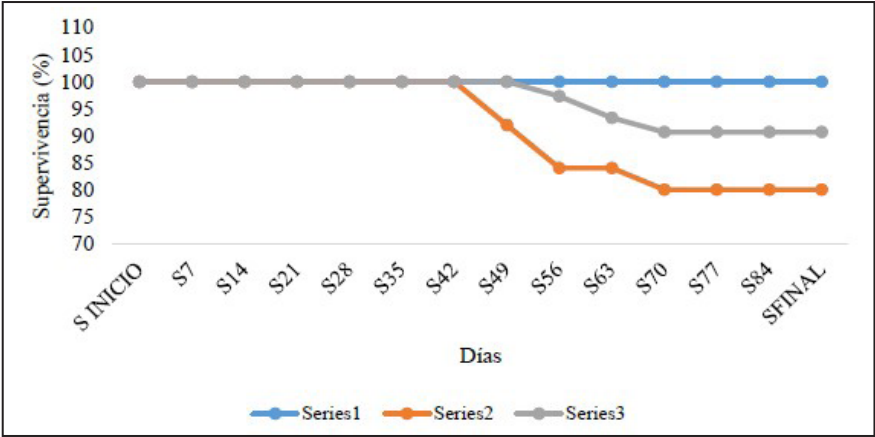


Figura 6. *Supervivencia de chame bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc.*

En la figura 6 se presenta la supervivencia de chame cada 7 días, los tratamientos T2 y T3 presentaron menor supervivencia comparado con el T1 que obtuvo 100% de supervivencia durante los 91 días de investigación.

Chaverra et al. (79) reportan que la cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) en un sistema biofloc obtiene un 98,7 % de supervivencia, siendo satisfactorio y reflejando óptimas condiciones para el desarrollo de la capacidad de adaptación de los peces.

El chame (*Dormitator latifrons* R.) obtuvo el 100% de supervivencia en la densidad estudiada más baja, pero considerando el porcentaje de supervivencia de la densidad del T3 no se descarta para la producción de chame a altas densidades, esto se debe a que se encuentran dentro de los porcentajes permitidos para la producción de peces.

4.1.7. Parámetros físicos-químicos del agua

En la tabla 15 se detallan los promedios de pH, temperatura, oxígeno disuelto, nitrógeno amoniacal total y sólidos en suspensión en el crecimiento del chame, bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc, los cuales se encuentran en los rangos óptimos para el chame.

Tabla 15. *Parámetros físicos-químicos en el sistema con tecnología biofloc.*

Parámetros físico-químicos	Valores
Temperatura °C	24,00 – 26,02
pH	6,44 – 7,16
Oxígeno disuelto ppm	7,03 – 11,03
Nitrógeno amoniacal total (mg/L)	0,1 – 0,3
Sólidos en suspensión (ml/L)	20,00 – 40,00

Elaborado por el autor.

Alfaro et al. (24) mencionan que la temperatura requerida por el chame debe estar entre 21 a 30 °C. Agualsaca (2) indica que el pH varía de 6,4 a 9,4 y la oxigenación debe ser mayor a 4,5 ppm para la cría de chame. Avnimelech et al. (49) indica que la tecnología biofloc requiere un pH de 7 a 9. Coelho et al. (5) afirman que niveles de NAT < 0,5 mg/L, los microorganismos están realizando muy bien sus funciones. Hargreaves (30) menciona que la concentración de sólidos en suspensión se encuentra entre 20 a 50 ml/L

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



5.1. Conclusiones

El chame bajo altas densidades de siembra, con tecnología biofloc presento un crecimiento favorable para su cría.

El chame acepto la alimentación suplementaria, sobresaliendo con mayor alimento consumido el T3 (60 peces/m²), indicando que a mayor densidad los peces presentan mayor consumo de alimento suplementario, relacionando la buena alimentación con la respuesta de crecimiento.

El crecimiento de chame (*Dormitator latifrons* R.), bajo tres densidades con tecnología biofloc, indican que la densidad de T3 (60 peces/m²), presento los mejores parámetros zootécnicos de crecimiento.

El porcentaje de supervivencia del T1 (20 peces/m²), fue de 100 %, aunque la supervivencia del T3 fue de 90,68 % se encuentran dentro del rango permitido para la producción de peces.

5.2. Recomendaciones

El chame obtiene un aumento en el crecimiento en sistema biofloc, además que soporta altas densidades de siembra y acepta la alimentación balanceada, por ello se recomienda su cría.

Tener en cuenta que según los resultados de la investigación el chame obtuvo mejor respuesta de crecimiento en la densidad más alta, quedando la posibilidad de realizar investigaciones con nuevas densidades de siembra.

6.1. Referencias bibliográficas

1. Freire Lascano CA. Experiencias en el manejo del Chame (Dormitator latifrons) en la Cuenca del Río Guayas, Ecuador. Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola. 2013; 7(7): p. 1-13.
2. Agualsaca Ormaza JG. Adaptación de chame (Dormitator latifrons R.) sometido a cautiverio utilizando cuatro niveles de detritus y balanceado en su alimentación. IASA II. 2015 Febrero;; p. 1- 91.
3. Ecocosta. El cultivo de chame en el estuario del río Cojimíes. Sustainable Coastal Communities and Ecosystem Project-SUCCESS. 2006 Diciembre;; p. 1-39.
4. Collazos Lasso L, Arias Castellanos J. Fundamentos de la tecnología biofloc (BFT). Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia. 2015 Junio; 19(1): p. 77-86.
5. Coelho Emerenciano , Martínez Cordova L, Martínez M, Miranda A. Water Quality: Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. 1st ed. Tutu H, editor. Sudafrica: Intechopen; 2017.
6. Merchán L. Dinámica del biofloc en cultivo intensivo de post-larva del camarón blanco Litopenaeus vannamei en un sistema de raceways. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias del Mar, Escuela de Biología Marina. 2013;; p. 139.
7. Lujan M, Chimbor C. Bioflocs: Tendencia en la producción acuícola sustentable. , Acuicultura; 2015.
8. Galante E, García M. Detritívoros, coprófagos y necrófagos. Los artrópodos y el hombre. 1997;(20): p. 57-64.
9. Sanabria J, Garnica I. Producción intensiva y automatizada de tilapia roja en estanques circulares. SENNA Regional Santander. 2016; 4: p. 62-83.
10. Terneus E. Diagnostico preliminar de los peces nativos de preferencia para cultivo artesanal en la comunidad de Miasal, Morona Santiago, Ecuador. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas. 2011; 32: p. 135-143.
11. Sarmiento P. Sistemas de producción en acuicultura. Solla Nutrición Animal. 2012.
12. Pardo S, Suárez H, Atencio V. Análisis a los sistemas de producción piscícola en el Municipio de Castilla La Nueva (Colombia) y su problemática. Facultas Nacional de Agronomía - Medellín. 2010; 63(1).

13. Guadamud Mejía T, Vera Cedeño J. Crecimiento de juveniles del pez “chame” (*Dormitator latifrons* Richardson, 1844) alimentados con dietas de diferentes niveles de proteína. Tesis de grado. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, Carrera Acuicultura. 2009;; p. 1-104.
14. Massay S, Mosquera R. Presence of chame *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) (Pisces:Eleotridae) in the Galápagos islandas, Ecuador. *Journal of Fish Biology*. 1992; 40(5): p. 815-816.
15. Loor Risco O. El chame-*Dormitator latifrons*- Una opción de vida para las comunidades de escasos recursos económicos en la costa ecuatoriana. Universidad de Guayaquil, Facultad de Medicina Veterinaria. 2014;; p. 1-9.
16. Castro Rivera R, Aguilar Benítez G, Hernández Girón J. Conversión alimenticia en engordas puras y mixtas de Popoyote (*Dormitator latifrons* Richardsdson) en estanques de cemento. *Aquatic*. 2005;(23): p. 45-52.
17. Montenegro C, Vallejo A. Estudio del potencial acuícola del chame (*Dormitator latifrons*), en la vereda el olivo, municipio de arboleda berruecos, departamento de nariño, Colombia. Fundación Juanambú: Universidad de la Costa, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca. 2015;; p. 59.
18. Jiménez P, Aguirre W, Laaz R, Navarrete R, Nugra F, Rebolledo E, et al. Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE); Universidad del Azuay UDA) y Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) del Instituto Nacional de Biodiversidad. 2015;; p. 416.
19. Asmat Calle S. Maduración sexual de *Dormitator latifrons* (Richardson 1844) en cautiverio. Tesis de pregrado: Universidad Nacional de Tumbes, Facultad de Ingeniería y Ciencias del Mar, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Pesquera. 2015;; p. 58.
20. Escoto WJ, Ramírez ED. Crecimiento del popoyote (*Dormitator latifrons*) aplicando dos tipos de alimentos: Detritus vs alimento peletizado con 25% de proteína. Tesis pre-grado: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Biología, Carrera de Ingeniería Acuícola. 2012 Octubre;; p. 53.

21. Haz Alvarado M. Producción y exportación del chame, como nueva alternativa comercial del Ecuador. Escuela Superior Politecnica del Litoral. 2002;; p. 167.
22. Cedeño JA. Alimentación del chame dormitator latifrons con bovinaza y balanceado para mejorar la producción. Interdisciplinaria Investigación y Saberes. 2013; 2(2).
23. Zambrano G. Análisis de la producción y comercialización del chame (Dormitator latifrons) en el Ecuador. 2014 Octubre;; p. 96.
24. Alfaro V, Blasco J, Carbonell T, Gutiérrez J, Navarro I, Pagés T, et al. Fisiología Animal Florensa A, editor. Barcelona: Universidad de Barcelona; 2005.
25. Avnimelech Y. Nitrogen Isotope: Tool To Evaluate Protein Uptake In Biofloc Systems. Global Aquaculture Alliance. Global aquaculture advocate. 2012 Marzo/Abril;; p. 74-75.
26. Martínez Córdova LR, Martínez Porchas M, López Elías JA, Campaña Torres A, Miranda Baeza A, Ballester E, et al. Alimento natural en acuicultura: una revisión actualizada. Avances en Nutrición Acuícola X - Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, 8-10 de Noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. 2010;(ISBN 978-607-433-546-0): p. 668-699.
27. Coelho Emerenciano M, Gaxiola G, Cuzon G. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. In Biomass Now - Cultivation and Utilization.: INTECH; 2013. p. 301-328.
28. Avnimelech Y. Biofloc Technology - A Pratical Guide Book. The World Aquaculture. Sociedad Mundial de Acuicultura. 2012; 2.
29. Bru Cordero SB. Cultivo en suspensión activa (Bioflocs): una alternativa para la piscicultura urbana. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Producción Animal. 2016.
30. Hargreaves JA. Biofloc Production Systems for Aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC). 2013 Abril;(4503): p. 1-12.
31. Castro Nieto L, Castro Barrera T, De Lara Andrade R, Castro Mejía J, Castro Mejía G. Biofloc systems: a technological breakthrough in aquaculture. E-Bios. 2012; 1(1): p. 1-5.

32. Scopel B, Schweitzer R, Quadros W, Pierri V, Arantes R, Vieira F, et al. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em sistema bioflocos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2011 Agosto; 46(8): p. 928-934.
33. Kuhn D, Boardman G, Craig S, Flick G, Mclean E. Use of microbial flocs generated from tilapia effluent as a nutritional supplement for shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in recirculating aquaculture systems. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2008 Febrero; 39(1): p. 72-82.
34. Bauer W, Prentice C, Tesser M, Wasielesky W, Poersch L. Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 2012 Abril; 342-343(1): p. 112-116.
35. Ayazo Genes J, Pertuz Buelvas V, Espinosa Araujo J, Jiménez Velásquez C, Atencio Garcio V, Prieto Guevara M. Desempeño de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) en sistemas intensivos de producción con tecnología biofloc. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2018 Abril 11; 16(1): p. 91-101.
36. Abad D, Rincón D, Poleo G. Índices de rendimiento corporal en morocoto *Piaractus brachipomus* cultivado en sistemas Biofloc. *Zootecnia Tropical*. 2014 Diciembre 01; 32(2): p. 119-130.
37. Roa Lazaro A, Espinosa Araujo J, Prieto Guevara M, Pertuz Buelvas V, Atencio Garcia V. Levante de reproductores de bocachico *Prochilodus magdalenae* con tecnología biofloc. *Memorias III Seminario de Ciencias Ambientales SUE-Caribe*. 2017; 3: p. 202-205.
38. Poli MA, Schweitzer R, Nuñez A. The use of biofloc technology in a South American catfish (*Rhamdia quelen*) hatchery: Effect of suspended solids in the performance of larvae. *Aquacultural engineering*. 2015 Mayo; 66: p. 17-21.
39. Kuhn D, Boardman G, Lawrence A, Marsh L, Flick G. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture*. 2009; 296(1): p. 51-57.
40. Crab R, Defoirdt T, Bossier P, Verstraete W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*. 2012 Agosto; 356-357: p. 351-356.

41. Coelho Emerenciano M, Monroy Dosta M, De Lara Andrade R, Castro Mejía J, Castro Mejía G. Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Biología Marina y Oceanografía*. 2013 Diciembre; 48(3): p. 511-520.
42. Monroy Dosta C, De Lara Andrade R, Castro Mejía J, Castro Mejía G, Coelho Emerenciano MG. Microbiology community composition and abundance associated to biofloc in tilapia aquaculture. *Biología marina y oceanografía*. 2013 Diciembre; 48(3): p. 511-520.
43. Wu L, Peng C, Peng Y, Li L, Wang , Ma Y. Effect of wastewater COD/N ratio on aerobic nitrifying sludge granulation and microbial population shift. *Journal of Environmental Sciences*. 2012 Febrero; 24(2): p. 234-241.
44. Schweitzer R, Arantes R, Costódio PF, Do Espírito Santo CM, Vinatea Arana L, Quadros Seiffert W, et al. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. *Aquacultural Engineering*. 2013 Septiembre; 56: p. 59-70.
45. Ratier da Silva BK, Pereira Barros da Costa DC. Formação de Bioflóculos, Protótipo com Criação de Tilápias. *Universidade Federal do Paraná*. 2013;; p. 18-19.
46. Avnimelech Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*. 1999 Febrero; 176: p. 227-235.
47. Sánchez D, Ching C. Nitrito en estanques de cultivo intensivo de camarón. *Nicovita*. 2003; 8(1): p. 4.
48. Craig S. Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. *Virginia Cooperative Extension*. 2017;(420-256): p. 1-6.
49. Avnimelech Y, Kochba M. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using N-15 tracing. *Aquaculture*. 2009 Febrero; 287(1): p. 163-168.
50. Ray AJ, Lotz JM. Comparing a chemoautotrophic-based biofloc system and three heterotrophic-based systems receiving different carbohydrate sources. *Aquacultural*. 2014; 63: p. 54-61.
51. Tzachi S, Advent B, Correia ES, Morry TC, Wilkenfeld JS. Growth performance of *Litopenaeus vannamei* in super-intensive mixotrophic raceway culture with zero discharge using Tareation® technology for

aeration and extended CO₂ degassing. Aquaculture: Texas AgriLife Research Mariculture Laboratory, Corpus Christi. 2012;; p. 45.

52. Abreu PC, Ballester Cupertino L, Odebrecht C, Wasielesky W, Cavalli R, Graneli W, et al. Importancia del biofilm como fuente de alimento para el camarón (*Farfantepenaeus Paulensis*) evaluado por isótopos estables (¹³C y ¹⁵NO. *Experimental Marine Biology and Ecology*. 2007; 347(1): p. 88-96.
53. Ebeling J, Timmons B, Bisogni JJ. An engineering analysis of the stoichiometry of autotrophic, heterotrophic bacterial control of ammonia-nitrogen in zero-exchange production. *Internacional journal of recirculating aquaculture*. 2009 Junio; 10: p. 63-90.
54. Azim E, Little DC, Bron JE. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource technology*. 2008 Julio; 99(9): p. 3590-3599.
55. Schneider O, Sereti V, Eding EH, Verreth JA. Molasses as C source for heterotrophic bacteria production on solid fish waste. *Aquaculture*. 2006 Diciembre 11; 261(4): p. 1239-1248.
56. Coelho Emerenciano MG, Cuzon G, Goguenheim J, Gaxiola G, AQUACOP. Floc contribution on spawning performance of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *Aquaculture*. 2012 Diciembre; 44(1): p. 75-85.
57. Kubitza F. Criação de tilapias em sistema com bioflocos sem renovação de água. *Panorama da Aqüicultura*. 2011 Mayo-Junio; 21(25): p. 14-23.
58. Kuhn D, Lawrence A. Biofloc Technology Options For Aquaculture In-Situ, Ex-Situ Systems Improve Water Quality, Provide Nutrition. *Global Aquaculture Advocate*. 2012 Julio-Agosto;; p. 1-4.
59. Crab R, Chielens B, Wille M, Bossier P, Verstraete W. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*. Agosto 2010; 41(4): p. 559-567.
60. Avnimelech Y, Mokady S. Protein biosynthesis in circulated ponds. *Proceedings of Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Departament of Fisheries of Thailand and ICLARM, Manila, Philippines. 1988;; p. 301-309.
61. Avnimelech Y, Mokady S, Schoroder G. Circulated ponds as efficient bioreactors. *The Israeli journal of aquaculture = Bamidgeh*. 1989; 41(2): p. 58-66.

62. Milstein A, Avnimelech Y, Zoran M, Joseph D. Growth performance of hybrid bass and hybrid tilapia in conventional and active suspension intensive ponds. *The Israeli journal of aquaculture = Bamidgeh*. 2001 Septiembre; 53(3): p. 147-157.
63. Suita S. O uso da Dextrose como fonte de carbono no desenvolvimento de bioflocos e desempenho do camarão-branco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado em sistema sem renovação de água. Tese de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, Rio. 2009.
64. Samocha T, Patnaik S, Speed M, Ali A, Burger J, Almeida R, et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*. 2007 Marzo; 36(2): p. 184-191.
65. Asaduzzaman M, Wahab M, Verdegem M, Huque S, Salam M, Azim M. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture*. 2008 Agosto; 280(1-4): p. 117-123.
66. Azim E, Little D. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 2008 Outubro; 283(1-4): p. 29-35.
67. Coelho Emerenciano M, Cupertino Ballester E, Cavalli R, Wasielesky W. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture research*. 2012; 43(3): p. 447-457.
68. Crab R, Kochva M, Verstraete W, Avnimelech Y. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquaculture Engineering*. 2009 Mayo; 40(3): p. 105-112.
69. Malpartida Pasco J. Aeração em cultivos superintensivos de tilapias *Oreochromis niloticus*, em bioflocos e com troca mínima de água. Tese Doutorado em aquicultura. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. 2015.
70. Avnimelech Y. Tilapia production using biofloc technology, saving water, waste recycling improves economics. *Global aquaculture advocate*. 2011 Mayo-Junio; p. 66-68.

71. Apella C, Araujo PZ. Microbiología de agua. Conceptos basicos. Centro de Referencia para Lactobacilos y Universidad Nacional de Tucumán. 2005; 2: p. 33-50.
72. INAMHI. Anuario Meteorológico Quito: Servicio Meteorológico. 2015.
73. Arce U E, Luna F J. Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae) en condiciones de cautiverio. AquaTIC. 2003;(18): p. 39-47.
74. Weatherley A, Gill H. The biology of fish growth. Academic Press. 1987;; p. 433.
75. Poleo G, Aranbarrio J, Mendoza L, Romero O. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2011; 46(4).
76. Ayazo J, Pertuz V, Espinosa J, Jiménez C, Atencio V, Prieto M. Desempeño de bocachico *Prochilodus magdalenae* en sistemas intensivos de producción con tecnología biofloc. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2018; 16(1).
77. Guerrero J. La nutrición y alimentación eficiente de peces. Universidad de Nariño. 2014;; p. 1 - 12.
78. Badillo Zapata D, De Jesús F, Vega F, López J, Herrera S, Cueto L, et al. Requerimiento de proteína y lípidos para el crecimiento de juveniles del pez nativo *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 2018; 5(14): p. 345-351.
79. Chaverra S, García J, Pardo S. Efectos del biofloc sobre los parámetros de crecimiento de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus*. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2017; 12(3): p. 170-180.

7.1. Anexos

7.1.1. Cuadrado medio y significancia estadística

Anexo 1. Cuadrado medio de peso de chame (g).

F.V	G.L	Peso		
		PI	P49	PF
Trat.	2	2,69 NS	1267,28 **	4962,87 **
E. Exp.	12	2,9559	2,7518	10,8245
TOTAL	14			
CV%		3,36	1,55	2,06

NS= no significativo; * significativo; ** Alta significancia.

Anexo 2. Cuadrado medio de longitud total de chame (cm).

F.V	G.L	Longitud total		
		LI	L49	LF
Trat.	2	0,10 NS	6,53 **	19,22 **
E. Exp.	12	0,0783	0,1113	0,1677
TOTAL	14			
CV%		2,45	1,85	1,79

NS= no significativo; * significativo; ** Alta significancia.

Anexo 3. Cuadrado medio de altura de chame (cm).

F.V	G.L	Altura		
		AI	A49	AF
Trat.	2	0,01 NS	0,80 **	4,05 **
E. Exp.	12	0,0057	0,0187	0,0237
TOTAL	14			
CV%		2,32	2,58	2,16

NS= no significativo; * significativo; ** Alta significancia.

Anexo 4. Cuadrado medio de alimento consumido (AC), porcentaje de supervivencia (SUP)

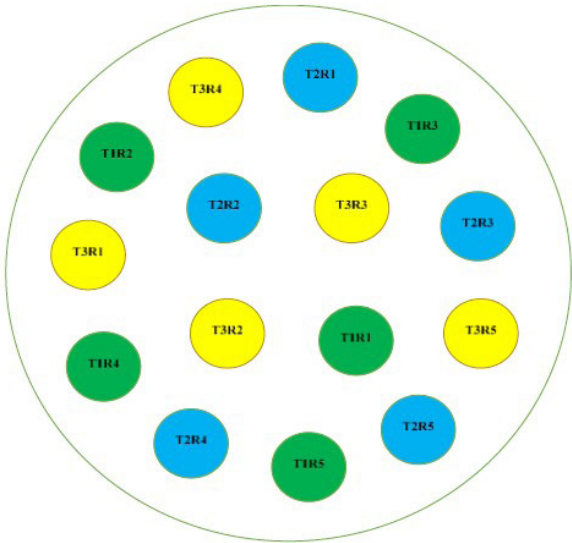
F.V	G.L	Variables	
		AC	SUP
Trat.	2	6463,48 **	500,77 **
E. Exp.	12	14,9470	11,7707
TOTAL	14		
CV%		2,70	3,80

NS= no significativo; * significativo; ** Alta significancia.

Anexo 5. Cuadrado medio de tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento específico (TCE), conversión alimenticia (CA), factor condición (FC).

F.V	G.L	Parámetros zootécnicos de crecimiento			
		TCA	TCE	CA	FC
Trat.	2	0,62 **	0,28 **	0,03 *	3,15 **
E. Exp.	12	0,0019	0,0020	0,0011	0,0112
TOTAL	14				
CV%		3,63	3,59	2,51	0,98

NS= no significativo; * significativo; ** Alta significancia.



Anexo 6. Croquis de la distribución de tratamientos en el sistema biofloc.



Anexo 7. Construcción de jaulas de 250 cm³.



Anexo 8. Preparación e introducción de tilapias para la formación de flóculos.



Anexo 9. Compra de chames en San Vicente, Manabí.s.



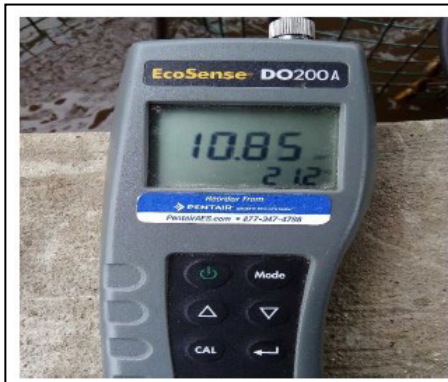
Anexo 10. Aclimatación y liberación de chames.



Anexo 11. Alimento 35% proteína.



Anexo 12. Pehachimetro HANNA.



Anexo 13. Oxímetro Ecosense.



Anexo 14. Test de amonía.



Anexo 15. Comederos sumergibles tipo bandeja.



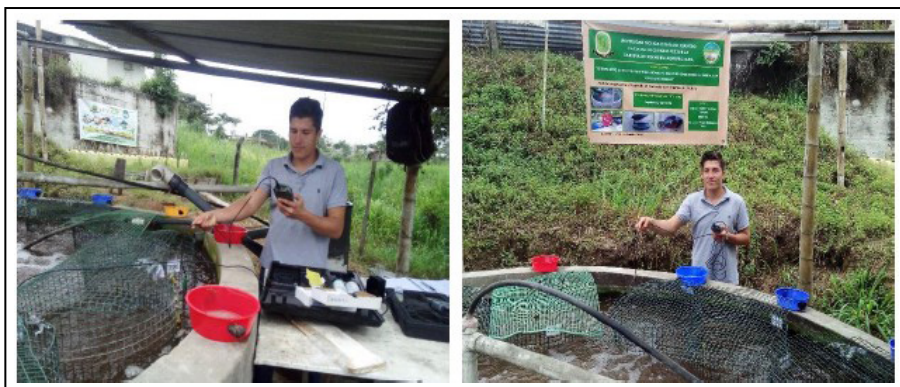
Anexo 16. *Identificación de peces con hilos en sus aletas.*



Anexo 17. *Ictiómetro utilizado para medir altura y longitud total.*



Anexo 18. *Balanza digital Ohaus Scout™ Pro (0,1).*



Anexo 19. Control diario de pH, temperatura y oxígeno en el sistema biofloc.



Anexo 20. Control diario de nitrógeno amoniacal total en el sistema biofloc.



Anexo 21. Medición diaria de sólidos en suspensión en el sistema biofloc.



Anexo 22. Melaza como fuente de carbono para la relación C: N, 10:1



Dr. EDUARDO DÍAZ OCAMPO, Ph.D.
RECTOR

Ing. YENNY GUISELLI TORRES NAVARRETE, Ph.D.
VICERRECTORA ACADÉMICA

Ing. BOLÍVAR ROBERTO PICO SALTOS, M.Sc.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Econ. CARLOS EDISON ZAMBRANO, Ph.D.
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN - DICYT

ISBN: 978-9978-371-58-9



9 789978 371589

