



Gobernación
de Norte de
Santander



GUÍA DE FUNCIONAMIENTO PARA LAS GRAJAS ACUÍCOLAS

Autores:

Zoot. MSc. (c) Luz Marina Guevara Rincón

MSc. (c) Carlos Alberto García Bayona

Blgo. Leilys Yulieth Nuñez

MSc. Adriana Milena Quintana Canabal

MSc. Daniela Geraldinne Ahumada Cabarcas

Blgo. Rafael Ricardo Bautista Blandón

2024

Sede El Algodonal Vía Acolsure,
Ocaña-Norte de Santander-Colombia
PBX: (607)(5) 690088, Fuera de Ocaña:
01-8000-121022



Gobernación
de Norte de
Santander



Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| Glosario | 5 |
| Introducción..... | 7 |
| 1. Desinfección de Aguas | 9 |
| 1.1 Limpieza previa de tanques y reservorios | 9 |
| 1.2 Desinfección del agua de los tanques y reservorios | 11 |
| 1.3 Medición de parámetros físico-químicos | 14 |
| 2. Preparación de aguas | 15 |
| 2.1 Maduración de las aguas que llevarán alimento concentrado (B y T2)..... | 16 |
| 2.2 Maduración de Biofloc para un sistema de producción Acuícola (T1, T3 y T4) | 16 |
| 3. Compra de Alevinos | 20 |
| 3.1 Biomasa y densidad de peces | 20 |
| 3.2 Suministro de alevinos y manejo de estrés..... | 21 |
| 4. Protocolo de Siembra de Alevinos | 22 |
| 5. Cronograma | 25 |
| 6. Referencias | 26 |



Gobernación
de Norte de
Santander



Lista de Tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 Parámetros físico-químicos iniciales del agua..... | 14 |
| Tabla 2 Distribución de tratamientos..... | 15 |
| Tabla 3 Cálculo de sustratos por tanque..... | 188 |
| Tabla 4 Guía semanal de seguimiento al proceso de maduración del Biofloc | 199 |
| Tabla 5 Distribución de los alevinos por especie | 20 |



Gobernación
de Norte de
Santander



Lista de Figuras

Figura 1 Distribución de los tanques por tratamiento 15



Gobernación
de Norte de
Santander



Glosario

Acuicultura: actividad agropecuaria dirigida a producir mediante cultivo organismos acuáticos.

Alevino: cría recién nacida de peces que ya requiere alimentación.

Amonio: compuesto químico producido principalmente por excreción, orina de los peces y descomposición de materia orgánica, puede ser indicador de mala calidad de agua.

Amonio cuaternario: El amonio cuaternario actúa como un agente antimicrobiano al perturbar la estructura de las membranas celulares de los microorganismos. Además de que brinda una potente acción germicida, el amonio cuaternario también tiene propiedades surfactantes, lo que significa que puede reducir la tensión superficial de los líquidos, facilitando así la limpieza y eliminación de suciedad y grasa.

Biofloc: conjunto de microorganismos que se viven en el agua y se sirven de alimentación a los organismos cultivados.

Bocachico: especie de agua dulce que vive principalmente en fondos y se alimenta de materia orgánica en descomposición.

Calidad de agua: condiciones en que se encuentra el agua respecto a las características físicas, químicas y microbiológicas.

Cultivo de peces: producción de peces en sistemas cerrados que pueden hacerse en agua dulce o salada.

Cultivo de bacterias: crecimiento de bacterias de manera controlada.

Desinfección: Se denomina desinfección a un proceso químico que mata o erradica los microorganismos sin discriminación (tales como agentes patógenos) al igual como las bacterias, virus y protozoos impidiendo el crecimiento de microorganismos patógenos en fase vegetativa que se encuentren en objetos inertes.

Esterilización: El proceso de esterilización es un proceso en el que también se eliminan todos los microorganismos y esporas, pero con tiempos de exposición más prolongados que para la desinfección (3-12 h).



Gobernación
de Norte de
Santander



Floc: agrupación de partículas compuesto principalmente por sólidos o microorganismos que se encuentran en el agua.

Mangueras polidifusoras: componente del sistema de aireación del agua, utilizado para mantener alta cantidad de oxígeno en el agua.

Microorganismos: seres vivos (bacterias, hongos, protozoarios, algas) que se pueden ver a través de microscopio.

Nitrato: compuesto químico formado por nitrógeno y oxígeno es poco tóxico para los animales acuáticos.

Nitrito: compuesto químico que tiene alta toxicidad para los animales acuáticos y se considera un agente contaminante.

Ppm: Las partes por millón es una pseudo unidad medida que se utiliza para describir fenómenos de relación como «partes de un todo», por ejemplo, concentraciones. En concreto, una ppm representa 1 parte de un 1 millón, esto es $1/1000000$ o 1×10^{-6} . Es similar al concepto de porcentaje. El 1% sería una parte de 100 (10^2) mientras que 1 ppm sería un aparte de 10^6

Reservorio: tanque utilizado como depósito de agua para recambio, el cual tiene igual diseño y tamaño que los tanques de crecimiento de peces.

Tilapia roja: es una especie de pez principalmente de agua dulce, tiene gran interés comercial ya que es utilizada en gran medida para cultivos acuícolas.



Gobernación
de Norte de
Santander



Introducción

La acuicultura es una actividad agropecuaria, que consiste en el cultivo de organismos acuáticos, como peces, crustáceos y plantas, reduciendo la presión sobre sus poblaciones silvestres. Esta actividad representa una fuente importante de alimentos de origen animal sostenible y de bajo impacto ambiental que aporta a garantizar la seguridad alimentaria mundial. Solo en 2022, la producción mundial de acuicultura alcanzó los 114,8 millones de toneladas, lo que representa el 47% de la producción total de pescado en el mundo, posicionándola como una actividad importante en términos económicos, sociales y ambientales (Chávez-Ramírez et al., 2022; FAO, 2022).

Dentro de la acuicultura, una de las tecnologías más ampliamente empleadas en el último tiempo en sistemas de recirculación de agua (RAS) y en sistemas de cultivo en estanques, es el Biofloc (Alam et al., 2022). La tecnología Biofloc, es un sistema de cultivo de peces que utiliza a los microorganismos (bacterias, algas, protozoos) para convertir los desechos de los peces en nutrientes, que luego son absorbidos por los mismos peces para su crecimiento y desarrollo. El Biofloc tiene varias ventajas sobre los sistemas de cultivo tradicionales, debido a que: (1) Reduce la necesidad de añadir fertilizantes y antibióticos, ya que los microorganismos proporcionan los nutrientes necesarios para los peces. (2) Mejora la calidad del agua, porque los microorganismos consumen los desechos de los peces, y (3) Aumenta la productividad del cultivo, debido a que los peces en estos sistemas crecen más rápido y alcanzan pesos más altos que los peces en los sistemas de cultivo tradicionales. Además, se ha demostrado que es una tecnología efectiva para reducir el impacto ambiental de la acuicultura y mejorar la productividad de los cultivos (Chávez-Ramírez et al., 2022).

Sin importar el sistema de cultivo a emplear, es importante tener en cuenta los manuales de procedimientos para la realización de cultivos, ya que son una herramienta fundamental para el éxito de cualquier cultivo de peces. Los protocolos para siembra de peces son una serie de pasos que se deben seguir para introducir peces en un sistema de cultivo. Estos protocolos tienen como



Gobernación
de Norte de
Santander



objetivo garantizar el éxito del cultivo, minimizando el riesgo de mortalidad y enfermedades, y aunque varían según la especie de pez, el sistema de cultivo y las condiciones ambientales, existen algunos pasos generales que se aplican a todos los protocolos, como son la preparación del estanque o sistema de cultivo, la siembra de los peces, y su monitoreo, siendo la calidad del agua uno de los factores más importantes para el éxito de los cultivos de peces, debido a que los parámetros fisicoquímicos del agua deben mantenerse controlados para garantizar el bienestar de los peces y la productividad del cultivo (FAO, 2018).

Este documento tiene como propósito explicar la metodología a implementar en marco de la **Actividad Nro. 11: Montar, implementar y evaluar el funcionamiento de las granjas acuícolas experimentales para la puesta en marcha del diseño experimental de investigación participativa** del proyecto de investigación “*Aprovechamiento de la biodiversidad con potencial Acuícola para el desarrollo de la Acuicultura continental en el departamento Norte de Santander*” código BPIN 2018000100113, en el que se contempla la instalación de tres granjas productivas experimentales ubicadas en los municipios de Chinácota, el Zulia y Puerto Santander.

1. Desinfección de Aguas

Se contempla el funcionamiento de 3 granjas acuícolas experimentales, ubicadas en los municipios de Chinácota, el Zulia y Puerto Santander. Cada granja acuícola experimental cuenta con 10 sistemas de 6 tanques de 6 m de diámetro para el confinamiento de animales (60 tanques) y cada sistema cuenta con su respectivo reservorio de agua (10 tanques). El total de tanques es de 70 en cada granja. Teniendo en cuenta lo anterior, los siguientes son los pasos para el proceso de desinfección de los tanques reservorios y de los tanques para el desarrollo del cultivo:

1.1 Limpieza previa de tanques y reservorios

Aspecto para tener en cuenta: Se debe definir si la captación del agua se va a realizar mediante la compra del agua (contemplado en el proyecto) o mediante captación de una fuente cercana, ya que esto último requiere un permiso de concesión de aguas (No contemplado en el proyecto).

Recomendación: Se debe definir previamente en cual sistema se va a realizar la recepción inicial del agua adquirida; sea en los sedimentadores, tanques reservorios o tanques de cultivo; ya que, si se considera que la primera recepción se haga en los sedimentadores por la capacidad de almacenamiento, se debe garantizar que estos sedimentadores también pasen por la etapa de limpieza. Se recomienda que todas las instalaciones de la granja tengan el mismo grado de limpieza.

Una vez definidos los aspectos anteriormente descritos, se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

1. En primera medida se requiere que los tanques reservorios y tanques de cultivo se encuentren libres de contaminantes antes del proceso de llenado. Por esta razón, si los tanques están llenos deben ser vaciados para posteriormente continuar con la limpieza interna de la estructura. Se debe tener en cuenta que todo el proceso descrito a continuación debe realizarse a los 70 tanques dispuestos en cada una de las granjas.

2. Posteriormente al proceso de vaciado de los tanques, se debe humedecer con agua la superficie interna (paredes y fondo).
3. Inmediatamente se debe frotar con cepillo o escoba hasta remover cualquier suciedad o biopelícula existente e ir lavando con agua hasta que la superficie quede libre de cualquier cubrimiento y se pueda observar el color del material de la geomembrana.
4. Posteriormente al proceso de limpieza anteriormente descrito, se debe hacer una desinfección de las paredes internas y fondo con Amonio cuaternario a concentración de 10 ppm, preparado justo antes de su uso, no se debe almacenar para usos posteriores.
Cantidad por preparar: 100 Litros de solución para el lavado de cada tanque de cultivo. Se debe preparar a razón de 1 gr de amonio por cada 100 litros de agua, mezclar hasta que la solución esté homogénea.
Observación: Aunque el amonio cuaternario no está clasificado como sustancia peligrosa, puede ser toxico para los organismos acuáticos e irritante al contacto con la piel, por lo cual, se recomienda el uso de protección ocular y guantes de caucho para su manipulación.
5. La aplicación de amonio cuaternario deber ser manual o mediante una manguera de aspersion (Si se cuenta con este sistema), de forma que cubra toda superficie a desinfectar, frotando con cepillo o escoba hasta la remoción completa de impurezas.
6. Lavar nuevamente con agua limpia hasta drenar todos los residuos del agua de lavado. Seguidamente se debe desechar el agua utilizada en este proceso. **Importante:** Se debe tener en cuenta que el agua residual producto de este proceso de limpieza NO debe volver a ingresar al sistema de cultivo (sedimentadores o tanques reservorios), así mismo no se debe verter a cuerpo de agua alguno o al suelo, por lo cual se recomienda hacer la adecuada disposición final del liquido ya sea mediante un vertimiento

controlado (Se debe planificar adecuadamente, ya que de requerirse, hay que solicitar un permiso de vertimiento) o retirarlo del sistema para un descarte controlado por terceros, garantizando el cumplimiento de las respectivas normas ambientales vigentes.

7. Una vez limpios los tanques, seguidamente se debe realizar el llenado de los tanques de cultivo y reservorios hasta el volumen definido a continuación:

Cálculo del volumen de agua de cada reservorio

$$Volumen = (3.1415 \times radio^2) \times profundidad$$

Unidades del radio y la profundidad : metros

Unidades del volumen : m³

Se convierte los litros m³ a litros

Volumen por utilizar: 28.27 m³ - 28270 L

Para facilidad del proceso de llenado se debe identificar en los tanques de cultivo una altura de 1 m (de requerirlo, se debe marcar este punto), medida desde el interior de los tanques de geomembrana, definida como la profundidad de llenado de los tanques de cultivo, con el fin de garantizar el volumen de trabajo.

8. Inmediatamente después del proceso de llenado de todos los tanques se debe encender los aireadores

1.2 Desinfección del agua de los tanques y reservorios

1. Una vez realizado el proceso de limpieza y llenado de los tanques, se procede a medir los siguientes parámetros:

pH: mediante el kit de análisis de aguas según instrucciones del fabricante. Esta medición debe indicar un pH neutro, quiere decir que debe permanecer en un valor igual a 7.



Gobernación
de Norte de
Santander



Dureza total: mediante el kit de análisis de aguas según instrucciones del fabricante.

Este parámetro debe permanecer 20-200 mg/L en un rango deseable de 80 -100 mg/L.

En este punto se debe garantizar la NO presencia de seres vivos en el agua (peces, insectos, etc.)

2. Si los parámetros anteriores se mantienen en el rango, se procede inmediatamente al proceso de desinfección mediante el uso de Hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ a concentración de 4 ppm.

Cantidad por preparar: En una caneca de 100 L de agua agregar 113.8 gramos de Hipoclorito, mezclar hasta homogenizar la solución. Se debe tener en cuenta que este volumen es el recomendado para usarse en cada uno de los tanques

3. Verter completamente la solución de hipoclorito en el tanque previamente lleno con el volumen y profundidad definido en el apartado de limpieza de los tanques.
4. Este proceso se repite en cada uno de los tanques (tanques de cultivo y reservorios).
5. Una vez ejecutado el proceso de adición del hipoclorito en todos los tanques se debe realizar la mezcla, mediante el sistema de aireación, el cual debe ser permanente para promover la homogenización durante 2 horas.
6. Pasadas las 2 horas anteriormente descritas, se debe quitar la aireación durante 22 horas hasta completar las 24 horas de acción del hipoclorito.
7. Posterior al tiempo de acción del hipoclorito se debe verificar la formación de sedimentos, esto se realiza de forma visual, identificando la formación o acumulación de material en el fondo de los tanques.

8. En caso de identificar la presencia de sedimentos, se debe realizar la succión de estos, ya sea mediante un sistema de aspirado, sifoneo u otro sistema con el cual se cuente y que garantice la remoción controlada sin alterar significativamente el volumen de los tanques.
9. De ser necesario, se debe completar el volumen de agua, con el fin de garantizar que todos los tanques tengan una profundidad de 1 m.
10. Pasadas las 24 horas, la remoción de sedimentos y ajustado el volumen, se debe encender el sistema de aireación, el cual debe ser permanente durante 3 días. Pasados los 3 días se debe tomar una muestra de agua a 0.5 m del borde del tanque y 20 cm de profundidad con el fin de medir Cloro total, según las especificaciones de la casa comercial del kit de mediciones.
11. En este punto la concentración de cloro no debe superar las 0.3ppm, si supera esta concentración, se debe continuar con la aireación y verificar cada 24 horas la concentración de cloro, hasta que no supere los 0.3 ppm.

Aspecto para tener en cuenta: el procedimiento descrito aplica para la etapa inicial del proceso donde se alista la infraestructura de cada granja para el inicio de la fase experimental de cultivo, cuando el agua es nueva y proviene del abastecimiento inicial. Por esto el proceso de desinfección descrito aplica a cada uno de los tanques de confinamiento, a cada uno de los tanques reservorio y a los sedimentadores, al igual que la medición de los parámetros físico-químicos a continuación descritos, esto para su control, antes de la preparación del agua.

1.3 Medición de parámetros físico-químicos

1. Posterior al proceso de desinfección del agua y antes de iniciar la maduración de estas para el proceso de siembra de los peces, se deben verificar los siguientes parámetros físicos químicos generales (Tabla 1) en cada tanque de cultivo, como rangos de confort para el cultivo de tilapia roja y bocachico del Catatumbo ya sea en monocultivo o policultivo.

Tabla 1

Parámetros físico-químicos iniciales del agua.

| Parámetro de calidad de agua | Intervalo recomendado |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Temperatura | 25-30°C |
| Oxígeno disuelto | 4.0-5.0 mg/L |
| CO ₂ | <de 15 ppm |
| pH | 7.2-8.0 |
| Dureza total | >150mg/L |
| Alcalinidad total | >100mg/L |
| Amonio no ionizado (NH ₃) | < 0.03mg/L |
| Nitrito (NO ₂) | <1mg/L |
| Nitrato (NO ₃) | < de 60mg/L |

La medición de los parámetros de calidad del agua se realiza mediante el kit de análisis de aguas según instrucciones del fabricante

2. Esta medición debe ser en cada tanque de cultivo ya que se debe garantizar la calidad del agua para cada sistema. Una vez realizada la medición de los parámetros, si se mantienen en los rangos establecidos en la tabla 1, se debe continuar inmediatamente con la etapa de maduración de las aguas para la siembra de los peces teniendo en cuenta las consideraciones del siguiente apartado.

2. Preparación de aguas

Posterior al proceso de desinfección se debe hacer la preparación de las aguas en cada uno de los tanques de confinamiento de peces teniendo en cuenta el respectivo tratamiento (Tabla 3) y la distribución de los tanques para cada uno (Figura 1).

Tabla 2

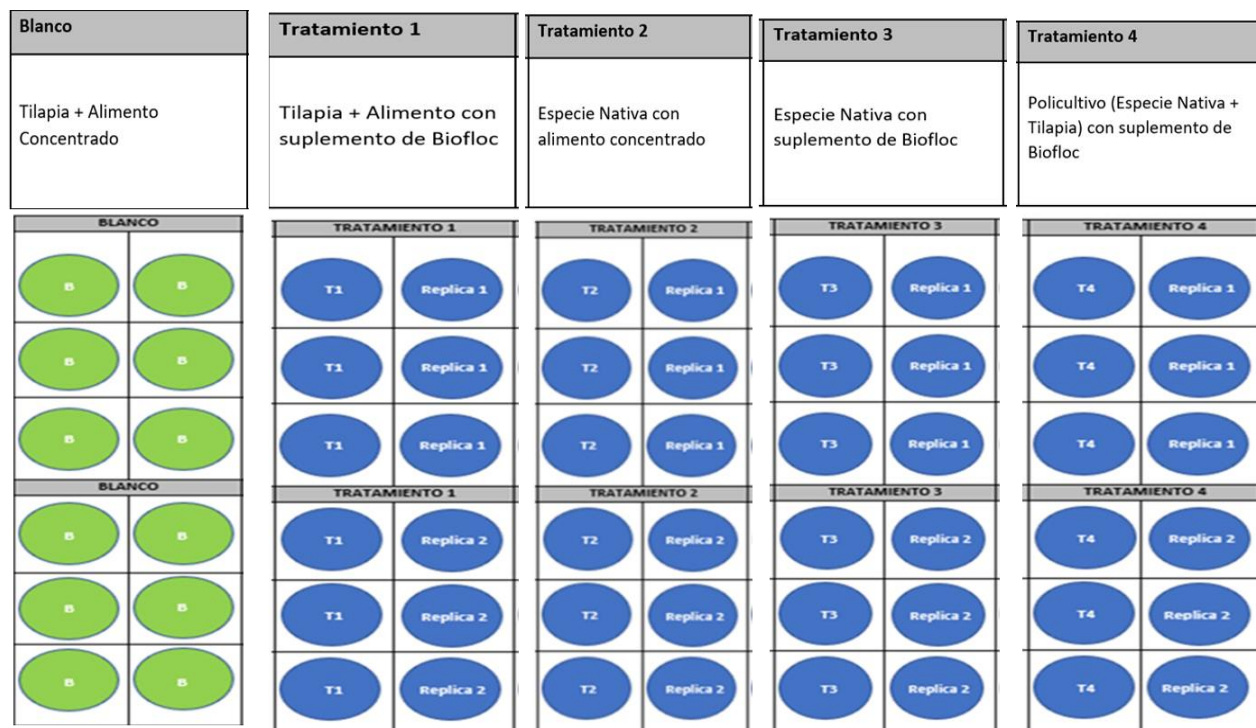
Distribución de tratamientos

| Blanco (B) | Tratamiento 1 (T1) | Tratamiento 2 (T2) | Tratamiento 3 (T3) | Tratamiento 4 (T4) |
|---------------------------------------|--------------------------|--|---------------------------------|---|
| Tilapia + Alimento concentrado | Tilapia + Biofloc | Especie nativa + Alimento concentrado | Especie nativa + Biofloc | Tilapia + Especie nativa + Biofloc |

Nota. Cuadro transcrito del documento técnico

Figura 1

Distribución de los tanques por tratamiento



Consideraciones:

- Se debe identificar visualmente de forma clara los tanques según el tratamiento con el fin de tener presente la distribución del tipo de agua y la especie.
- Cumpliendo con el proceso de desinfección y el análisis de los parámetros, los tanques que llevarán Biofloc (Tratamiento 1, 3 y 4), deben iniciar inmediatamente el proceso de maduración. Se sugiere madurar todos los tanques al tiempo porque los peces no comerán concentrado.
- Los tanques que no llevarán Biofloc (Blanco y tratamiento 2) tienen otro tipo de maduración, con el fin de que todos los tanques estén listos al mismo tiempo para el proceso de siembra, se recomienda preparar el agua de estos tanques (Blanco y tratamiento 2) 20 días después de iniciado el proceso de maduración de los tanques que llevarán Biofloc (Tratamiento 1, 3 y 4).

2.1. Maduración de las aguas que llevarán alimento concentrado (B y T2)

- Teniendo en cuenta las consideraciones anteriormente descritas, se procede a dejar los tanques de cultivo con aireación para que empiece el proceso de producción de algas naturales,
- Pasado los 7 días de aireación y una vez madura las aguas se observará en los tanques una coloración verde oscuro como diluido.
- Una vez identificada esta coloración se programará la llegada de los peces para que coincida con la fecha de siembra de los peces que van a Biofloc.

2.2. Maduración de Biofloc para un sistema de producción Acuícola (T1, T3 y T4)

Esta guía está diseñada para ser usada como una herramienta en la forma segura de cómo obtener el Biofloc para hacer acuicultura. El Biofloc es la forma viva de microorganismos que transforman compuestos negativos en el agua, en compuestos favorables para la salud de los peces,

el agua y el crecimiento de estos. Este proceso se inicia inmediatamente después de verificados los parámetros fisicoquímicos adecuados posteriores al proceso de desinfección.

Día 1 (hace referencia al día que se elija para iniciar el proceso de maduración de Biofloc)

Preparación del agua

1. Verificar que los tanques tengan el volumen de agua requerido, teniendo en cuenta la profundidad definida en los apartados anteriores de 1 m. De no tener esta profundidad, llenar los tanques hasta ese límite.
2. Una vez verificado el volumen, encender los aireadores; para suministrar aireación, en consideración a una saturación de oxígeno 5mg/L de oxígeno disuelto. Monitorear el oxígeno a las 9 am, a las 12 pm y 4pm.
3. Agregar cloruro de amonio en polvo a las 7 am, 1gr de cloruro de amonio por cada 100 L de agua.
4. Agregar bicarbonato de sodio a las 7 am, para mantener el nivel de alcalinidad en un mínimo de 150mg/L. Es necesario hacer la aplicación cuando los parámetros de alcalinidad están por debajo del mínimo, es decir, 150mg/L.
5. Monitorear la temperatura diariamente a las 9 am y 3 pm teniendo en cuenta que el rango óptimo es de 25-30°C. La temperatura del tanque de inóculos deberá ser la misma que en los tanques a utilizar para la producción.
6. Aplicar las cantidades de sustratos al agua estipuladas en la tabla 4 para cada tanque a las 7 de la mañana, con el aireador encendido las 24 horas.

Tabla 3

Cálculo de sustratos por tanque

| Sustratos y fuentes de carbono | Cantidad sugerida por litro | Cantidad por Tanque de Geomembrana |
|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| Cloruro de amonio | 1g/100L de agua | 282 g |
| Bicarbonato de sodio | 5g/200L de agua | 706.75 g |
| Almidón de yuca | 5g/150L de agua | 942 g |
| Melaza | 3 g/150 L de agua | 565 g |
| Inóculo de bacterias | 250 ml/200L de agua | 355 g |

Es importante después de agregar los sustratos, tomar una muestra de agua para verificar los parámetros diarios a las 9 am y registrar los valores de amonio, nitrito, alcalinidad, pH y oxígeno disuelto, en un registro de campo para manejar trazabilidad.

7. Durante los primeros 14 días del proceso, es decir, todos los días durante este tiempo se adicionará cloruro de amonio 1mg/L, es decir, 282 g por día, para mantener la condición en el sistema.
8. Durante los 8 primeros días, es decir, todos los días durante este tiempo se adicionará melaza para incentivar la relación carbono nitrógeno, en proporción de 565 g por día.
9. El análisis de agua indicará que el Amonio empieza a bajar y el Nitrito a subir para posteriormente bajar al tiempo que sube el Nitrato. Cuando amonio y nitrito llegan a un rango inferior (cerca a cero) el cultivo de floc estará listo para ser utilizado para la siembra de peces.

Tabla 4

Guía semanal de seguimiento al proceso de maduración del Biofloc

| Días/adaptación del floc | Calidad de agua | Características del Biofloc |
|---------------------------------|---|---|
| DIA 1 A 7 | pH: 7.5; alcalinidad: 30-102mg/L, amonio: 3-1mg/L. (adición de melaza y bicarbonato de sodio). | Los dos primeros días el agua en el tanque aun muestra transparente, con aspecto levemente opaco. |
| DIA 8 A 14 | Aumento de los valores de pH, y concentraciones de amonio total (1.9mg/L 14 días), alcalinidades en 84.6mg/L. adición de melaza en función de valores de amonio total y nitrito. | Se presenta una coloración más oscura (café) en efecto por la adición de melaza al sistema y materia orgánica en descomposición (alimento no consumido, heces) con evidencia de espuma en la superficie de la columna de agua. Pequeñas agrupaciones de partículas de Floc en suspensión. |
| DIA 14 A 20 | Los valores de alcalinidad total y pH disminuyen, en virtud de la generación de gas carbónico y del consumo de carbonatos en los procesos microbianos de descomposición de MO y nitrificación. Los niveles de amonio declinan y aumentan los valores de nitrito. Adición de melaza en función de valores de amonio total y nitrito, y aplicación de sal en función de disminuir la toxicidad del nitrito. | Raspando las paredes internas del tanque con los dedos se puede sentir la presencia de una película delgada de Floc bacteriano (limbo). Es posible notar una coloración marrón, indicando la presencia de una masa bacteriana en suspensión y en mayor densidad. Espuma densa en la superficie del agua de color marrón y olor leve, evidencia de la acción de las bacterias. |
| DIA 21 A 28 | Disminución de valores de amonio y nitrito, aumento de valores de nitrato. Estabilidad de los parámetros de calidad de agua. | Coloración marrón, TSS mayor a 20%. Estabilización de sistema. |

3. Compra de Alevinos

3.1. Biomasa y densidad de peces

Cada tanque tendrá un volumen útil de 28,27 m³, por los 60 tanques de geomembrana a utilizar en cada granja experimental. A partir de esto, al calcular la **densidad de siembra** se obtiene como resultado que se sembrarán aproximadamente 10 individuos/m³ Mendoza, et al., (2021) para la especie nativa, para un total de 283 alevinos por tanque. Teniendo en cuenta la cantidad de sistemas establecidos y sus respectivas replicas , se contempla la compra de 10200 alevinos para cada granja, en el caso puntual de la especie nativa Bocachico del Catatumbo *Prochilodus reticulatus* se requiere en total para las tres granjas la compra de 30600 alevinos.

Según lo propuesto en el documento técnico del proyecto, para la especie comercial tilapia roja *Oreochromis sp*, se sembrarán 32500 alevinos de tilapia roja *Oreochromis sp*. en total en cada granja acuícola experimental. A partir de esto, al calcular la **densidad de siembra** se obtiene como resultado que se sembrarán aproximadamente 32,1 individuos/m³, teniendo en cuenta lo descrito por Nuñez (2017), para un total de 908 alevinos por tanque. Teniendo en cuenta la cantidad de sistemas establecidos y sus respectivas replicas, se contempla la compra de 97500 alevinos en total de la especie tilapia roja *Oreochromis sp* en las tres granjas.

Tabla 5

Distribución de alevinos

| Especie | Densidad de Siembra | Por tanque | Por granja | Total (En las 3 granjas) |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------|------------------|--------------------------|
| Especie Endémica (T2,T3,T4) | 10 individuos/m ³ | 283 individuos | 10200 individuos | 30600 individuos |
| Tilapia roja (B,T1,T4) | 32.1 individuos/m ³ | 908 individuos | 32500 individuos | 97500 individuos |



Gobernación
de Norte de
Santander



3.2. Suministro de alevinos y manejo de estrés.

Los alevinos de la especie nativa seleccionada son el bocachico del Catatumbo *Prochilodus reticulatus*, en total serán 30600 alevinos para los tres municipios, empacados en bolsas con oxígeno.

Los alevinos de la tilapia serán comprados controlando las condiciones ambientales y de transporte generando el mínimo estrés posible en los animales. Los 32.500 alevinos de tilapia roja *Oreochromis sp.* corresponden al total de individuos para cada granja acuícola experimental, independientemente de la forma en la que se adquieran, para un total de 97500 alevinos empacados en bolsas con oxígeno.

Condiciones de compra de alevinos

- Alevinos provenientes de granjas bioseguras, libre de la bacteria *Streptococcus agalactiae*, libres del virus del lago.
- Permiso de Aunap.
- Certificación en calidad de la semilla, en uniformidad, color y reversión.



Gobernación
de Norte de
Santander



4. Protocolo de Siembra de Alevinos

Una vez realizada la compra de los alevinos y cumpliendo con los requerimientos, se debe programar el día de la siembra de los alevinos para cada municipio por lo menos con dos días de diferencia entre cada uno.

Proceso de preparación para la llegada de los peces:

1. Tener disponible 500 gramos de sal para cada tanque y adicionarlos el día anterior a la siembra.
2. Se debe disponer de un tanque de 150 litros para preparar amonio cuaternario a razón de 5ppm para la desinfección de bolsas.
3. Medidor de oxígeno y temperatura.
4. Coladores grandes y pequeños.
5. Gramera de dos ceros.
6. Una calculadora y libreta de campo.
7. Solicitar empacar las bolsas de bocachico de 283 peces, más un 5% de reposición. Con el fin de utilizar una bolsa por tanque al momento de siembra (Tratamiento 2, 3 y 4)
8. Solicitar empacar las bolsas de alevinos de tilapia roja de 303 peces más el 10% de reposición. Con el fin de utilizar 3 bolsas por tanque al momento de siembra (Blanco, Tratamiento 1 y 4)

Proceso de siembra:

1. Los empaques de alevinos vienen con doble bolsa, si esto es así, se debe retirar la bolsa exterior y la bolsa del interior con los peces colocarla durante 30 segundos sobre el agua con amonio cuaternario para desinfectarlas, luego lavar la bolsa por fuera con agua limpia y/o agua de los tanques de cultivo.

2. Colocarlas bolsas selladas sobre los tanques de peces a quienes corresponda. Se debe tener en la distribución de los peces en los tratamientos y número de individuos. Las bolsas deben pasar 20 minutos sobre el agua, para generar un proceso de aclimatación, es decir, que el agua de la bolsa sea similar al del estanque.
3. Pasado los 20 minutos se abre la bolsa y se verifica las temperaturas de la bolsa y del estanque, si estas no son iguales se procede con la mano a introducir agua para igualar las temperaturas, una vez se logre se puede iniciar el proceso de siembra.

Importante: Se debe realizar un proceso de pesaje de los peces contenidos en cada bolsa y de verificación del aforo de las bolsas, el primero con el fin de comprobar el peso promedio, el cual, debe coincidir con el valor suministrado por el proveedor de los alevines y que es fundamental para el cálculo de la alimentación y el segundo con el fin de verificar que las bolsas contengan la cantidad de peces establecida en el ítem superior “Proceso de preparación para la llegada de los peces”. Ese proceso se realiza a 9 bolsas de cada especie y de realizarse durante la etapa de siembra descrito a continuación.

4. Para la siembra es importante tener un balde grande con agua del estanque y sal, un balde grande vacío, un balde mediano para transporte, una gramera y un colador. Se recomienda iniciar primero con la siembra de una especie y realizar los siguientes pasos bolsa por bolsa.
5. Se debe tomar una bolsa, abrirla y depositar los peces en un colador con el fin de que el agua saliente quede en el balde vacío, el propósito es que el agua con el que vienen los peces no entre al sistema. Con el mismo colador se pasan los peces al tanque con agua y sal; garantizando que todos los peces tengan contacto con el agua, pero sin sumergir totalmente el colador para evitar que los peces salgan de este; allí estarán por 20 segundos, este baño es para prevenir hongos y fortalecer el sistema inmunológico.

6. En este punto se debe tener en cuenta la etapa de pesaje y aforo, de igual forma este paso se con cada una de las bolsas. Para el pesaje se debe contar con la gramera y un recipiente tarado (Se pesa el recipiente que ha de contener a la muestra, se registra este dato en la bitácora de campo). En el recipiente tarado se depositan con mucho cuidado los peces anteriormente contenidos en el colador, este proceso deber ser cuidadoso pero rápido, garantizando la integridad de los peces y evitando que pasen mucho tiempo fuera del agua. Posteriormente se debe hacer el conteo de los peces, con el fin de que coincida con los indicados para el contenido de cada bolsa. **IMPORTANTE:** Esta etapa se realizará sólo con 9 de las bolsas de cada especie, para las demás bolsas omitir este paso y saltar del paso 5 al paso 7 directamente.
7. Inmediatamente después los peces serán pasados al balde de transporte, este balde se introduce en el tanque de geomembrana y los peces se dejarán libres poco a poco hasta quedar sembrados. Es muy importante tener en cuenta que este proceso se realiza conforme a la cantidad de individuos establecida por especie para cada tanque.
8. El procedimiento se repite con todos los peces hasta finalizar la siembra de todo el lote de peces que lleguen para los tanques en cada municipio.
9. Una vez sembrado los peces correctamente, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones, no alimentar el día de la siembra, el alimento se debe empezar a suministrar al día siguiente de su llegada según las raciones calculadas para su biomasa
10. Finalizada la siembra debe tomarse el tiempo que se empleó para el proceso de siembra como trazabilidad y se debe reportar al piscícola proveedor de la semilla por 72 horas como es el proceso de adaptación y si se presentan mortalidades.
11. Las bolsas, cauchos y todos los residuos de desecho serán recogidos.

5. Cronograma

| ACTIVIDAD | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Preparación de los estanques | | | | | | | | | | |
| Limpieza previa de tanques y reservorios | x | | | | | | | | | |
| Llenado y desinfección del agua de los tanques y reservorios | | x | | | | | | | | |
| Medición de parámetros físico-químicos (antes de la maduración del agua) | | | x | | | | | | | |
| Preparación de tanques con Biofloc | | | x | x | x | x | x | | | |
| Adición de melaza | | | x | | | | | | | |
| Adición de cloruro de amonio 1mg/L. | | | x | x | | | | | | |
| Preparación de tanques sin Biofloc | | | | | | | x | | | |
| Proceso de siembra de Alevinos | | | | | | | | | | |
| Siembra Granja No 1. | | | | | | | | x | | |
| Siembra Granja No 2. | | | | | | | | | x | |
| Siembra Granja No 3. | | | | | | | | | | x |

6. Referencias

- Alam, M. F., Li, Y., & Li, Q. 2022. Biofloc technology for sustainable aquaculture: A review. *Aquaculture*, 536, 737550.
- Chávez-Ramírez, J. E., Gómez-García, M. A., & Gutiérrez-Gutiérrez, M. 2022. Biofloc technology as a sustainable alternative for aquaculture. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 57(1), 157-173.
- Emerenciano, M., Gaxiola, G. y Cuzón, G. (2013). Tecnología Biofloc (BFT): una revisión para la aplicación en acuicultura y la industria de alimentos para animales. *Biomasa ahora: cultivo y utilización* , 12 , 301-328.
- FAO. 2022. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. 2018. *Manual de capacitación sobre acuicultura*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Khanjani, MH, Mohammadi, A. y Emerenciano, MGC (2022). Microorganismos en el sistema de acuicultura biofloc. *Informes de acuicultura* , 26 , 101300.
- Mendoza, L. C., Pertuz-Buelvas, V., Espinosa-Araujo, J., Atencio-García, V. J., & Prieto-Guevara, M. J. (2021). Potencialidad del cultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae* con tecnología biofloc. *Orinoquia*, 25(2), 25-39.
- Mogollón-Calderón, A., & Reyes-Avalos, W. (2021). Crecimiento y supervivencia de *Cryphiops caementarius* en cocultivo con *Oreochromis niloticus* a diferentes densidades. *Revista MVZ Córdoba*, 26(2), 4-13.
- Nuñez Bustamante, W. (2017). Efecto de cuatro densidades de cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia) en fase de crecimiento, sobre los parámetros bioeconómicos.