
	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	---	---

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO
Prochilodus magdalenae UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC
COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN**

INFORME FINAL

VÍCTOR JULIO ATENCIO GARCÍA, U. de Córdoba, CINPIC, Líder proyecto
MARTHA PRIETO GUEVARA, U. Córdoba, CINPIC
VICENTE PERTUZ BUELVAS, U de Córdoba, CINPIC
JULIA AYAZO GENES, U. de Córdoba, CINPIC
MARIA DEL PILAR DORADO, AUNAP, EPR
EMILIO NAVARRO, AUNAP, EPR

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PISCÍCOLAS, CINPIC
MONTERIA
2015







	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN	
---	---	---

TABLA DE CONTENIDO

		Pág.
	RESUMEN	7
1.	INTRODUCCIÓN	8
2.	OBJETIVOS	11
2.1	OBJETIVO GENERAL	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3.	REVISIÓN DE LITERATURA	12
3.1	GENERALIDADES DEL BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i>	12
3.2	TECNOLOGÍA BIOFLOC	13
3.3	MACROAGREGADOS DE FLOC BACTERIANO	14
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1	LOCALIZACIÓN	14
4.2	MATERIAL BIOLÓGICO	15
4.3	TRATAMIENTOS Y UNIDADES EXPERIMENTALES	15
4.4	PREPARACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE INÓCULO DE FLOC	17
4.5	ALIMENTACIÓN DE LAS LARVAS	19
4.6	CARACTERIZACIÓN DE LOS MACROAGREGADOS DE FLOC	19
4.7	CRECIMIENTO	20
4.8	SOBREVIVENCIA (S) Y RESISTENCIA AL ESTRÉS (RE)	21
4.9	CALIDAD DE AGUA	22
4.10	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	22



	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN	
---	---	---

5.	EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES TÉCNICAS	23
6.	RESULTADOS	25
6.1	CALIDAD DE AGUA	25
6.2	CRECIMIENTO	30
6.3	SOBREVIVENCIA Y RESISTENCIA AL ESTRÉS	32
6.4	CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS DEL FLOC	33
7.	DISCUSIONES	38
7.1	CALIDAD DE AGUA	38
7.2	CRECIMIENTO	41
7.3	SOBREVIVENCIA Y RESISTENCIA AL ESTRÉS	44
7.4	CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS DEL FLOC	45
8.	CONCLUSIÓN	48
9.	BIBLIOGRAFIA	49

	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN	
---	---	---



LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Tratamiento evaluados en el manejo de la primera alimentación de larvas de bocachico <i>Prochilodus magdalenae</i> utilizando macroagregados de floc.	17
Tabla 2.	Actividades técnicas ejecutadas por cada objetivo específico y porcentaje de ejecución.	23
Tabla 3.	Valores promedios \pm desviación estándar de las variables de desempeño en crecimiento evaluadas durante la larvicultura de <i>P. magdalenae</i> con macroagregados de floc. Letras diferentes en la misma fila indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).	31
Tabla 4.	Valores promedio \pm desviación estándar de los microorganismos planctónicos (Individuos/ml) durante la estabilización de inóculos de floc en la estación piscícola de repelón EPR, para la larvicultura de <i>Prochilodus magdalenae</i> utilizando macroagregados de floc como primera alimentación.	35
Tabla 5.	Grupos bacterianos aislados de muestra de inóculo de floc establecido bajo condiciones de cultivo de la EPR, para la larvicultura de <i>P. magdalenae</i> .	37
Tabla 6.	Población de los diferentes grupos bacterianos identificados en muestra de inóculo de floc.	38

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---



LISTA DE FIGURAS

		Págy.
Figura 1.	Estación Piscícola Repelón (EPR) de la AUNAP (Repelón, Atlántico).	15
Figura 2.	Unidades experimentales a) disposición de las unidades experimentales; b) aclimatación de larvas de bocachico; c) suministro de aireación permanente.	16
Figura 3.	Preparación y estabilización de inóculo de floc; a) toma de inóculo de bacterias nitrificantes de un estanque de cultivo de la EPR; b) preparación del inóculo con la adición de las bacterias nitrificantes del estanque, melaza, bicarbonato de sodio y cloruro de amonio; c) inóculo de floc establecido en un periodo de 22 días; d) muestra de inóculo con formación de macroagregados de floc.	18
Figura 4.	Adición de alimento a las larvas de bocachico; a) macroagregados de floc; b) nauplios recién eclosionado de	19



	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN	
---	---	---

artemia.

Figura 5.	Medición de longitud por microfotografía y software analizador de imagen Carl Zeiss, Axion visión 4.3, Alemania.	21
Figura 6.	Medición de las variables fisicoquímicas de calidad de agua; a) oxígeno disuelto con oxímetro digital YSI550A (Usa); b) compuestos nitrogenados por fotómetro YSI 9500 (Usa).	22
Figura 7.	Valores promedios de oxígeno disuelto durante la larvicultura de <i>P. magdalenae</i> con macroagregados de floc.	25
Figura 8.	Valores promedios de saturación de oxígeno disuelto durante la larvicultura de <i>P. magdalenae</i> con macroagregados de floc.	26
Figura 9.	Valores promedios de temperatura durante la larvicultura de <i>P. magdalenae</i> con macroagregados de floc.	27
Figura 10.	Valores promedios de pH durante la larvicultura de <i>P. magdalenae</i> con macroagregados de floc.	27
Figura 11.	Valores promedios de alcalinidad total durante la <i>P. magdalenae</i> con macroagregados de floc.	28
Figura 12.	Valores promedios de dureza total durante la larvicultura de <i>P. magdalenae</i> con macroagregados de floc.	29
Figura 13.	Valores promedios de amonio NH ₃ durante la larvicultura de <i>P. magdalenae</i> con macroagregados de floc.	30
Figura 14.	Valores promedios de nitrito (NO ₂ ⁻) durante la larvicultura de <i>P. magdalenae</i> con macroagregados de floc.	30



	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

- Figura 15. Sobrevivencia final del ensayo de larvicultura de *P. magdalenae* utilizando con macroagregados de floc. 32
- Figura 16. Resistencia al estrés obtenida la final de los días de ensayo para la larvicultura de *P. magdalenae* utilizando con macroagregados de floc. 33
- Figura 17. Rotíferos: a) *Euchlanis sp*, b) *Philodina sp* y c) *Lecane luna*; d) Ameba; e) Vorticela; f) Microalgas, en Microscopio invertido de contraste de fase positiva (objetivos de 40x). 34
- Figura 18. Abundancia relativa por grupo identificado asociados a los macroagregados, en la estabilización del inculo de floc. 36
- Figura 19. Abundancia relativa (%) de los microorganismos identificados dentro de las comunidades planctónicas asociados a los macroagregados de floc. 36
- Figura 20. Abundancia relativa (%) por grupo bacteriano identificado en la estabilización del inculo de floc. 38



	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

RESUMEN

En atención a las necesidades del sector piscícola y el auge de programas de repoblamiento en las principales cuencas hidrográficas del país, se requiere optimizar la tecnología de producción de alevinos de *Prochilodus magdalenae*. La tecnología de cultivo biofloc (biofloc technology o BFT) es considerada una tecnología alternativa sostenible y eficaz, que puede ser utilizada para hacer más eficiente la producción de alevinos de especies nativas. En la Estación Piscícola de Repelón (EPR) de la AUNAP se evaluó el desempeño en la larvicultura de bocachico utilizando macroagregados de floc para el manejo de primera alimentación de larvas de bocachico. Larvas de bocachico fueron obtenidas por reproducción artificial, a inicio de la alimentación exógena, se instalaron en unidades experimentales con aireación, volumen útil de 30L, a densidad de 25 larvas/L. Se preparó y estabilizó el inóculo inicial de bacterias nitrificantes (BN) a partir de una muestra del fondo de un estanque de la EPR; luego de 14 días de maduración se realizó la caracterización de los macroagregados y se determinó la abundancia de organismos. La ganancia en longitud y peso, sobrevivencia y resistencia al estrés fueron evaluados como respuesta de desempeño frente a cuatro tratamientos basados en diferentes concentraciones de macroagregados: 1mL/L (T1), 2.5mL/L (T2); 5 mL/L (T3), 5 nauplios de artemia/mL T4 (control). Se caracterizó la calidad de agua midiendo parámetros como dureza, alcalinidad, pH, temperatura, oxígeno disuelto; la cual resultó con valores adecuados para la larvicultura de bocachico. Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza, seguida de una prueba de rango múltiple a los datos registrados con una significancia de 0.05. El mayor crecimiento se registró en el grupo de larvas alimentadas con naúplios de artemia (T4); mientras que la mejor sobrevivencia (74.2±13.4%) se obtuvo cuando se alimentó a 5 mL de macroagregados/L (T3). Se concluye que la calidad de agua presente en la estación piscícola EPR permite el establecimiento de inóculo de floc bacteriano, con el florecimiento de

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---



microorganismos característicos de este tipo de sistemas, igualmente, es posible establecer un protocolo de manejo en la larvicultura de bocachico usando macroagregados de floc en concentraciones de 5ml/L como primera alimentación.

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

1. INTRODUCCIÓN



El bocachico *Prochilodus magdalenae* es la principal especie de la pesquería continental colombiana; en la Gran Cuenca del río Magdalena en 1978 su captura se estimó en 38.000 ton (Barreto, 2011); pero 34 años más tarde, en 2013, la captura registrada para esta cuenca fue sólo de 1001.9 ton (SEPEC, 2013); indicando una reducción de 97% en ese periodo de tiempo. Esta situación condujo a que fuera declarada como una especie que enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en el futuro inmediato (Mojica et al., 2012). Entre las causas de esta drástica disminución, se señalan el deterioro ambiental de su hábitat ocasionado por la contaminación orgánica e inorgánica, desecación de las ciénagas, construcción de hidroeléctricas, así como la sobrepesca (Atencio-García, 2000).

Esta especie, también ha sido considerada como alternativa para la piscicultura extensiva y semi intensiva por las ventajas que representa su régimen alimentario detritívoro. Su cultivo se realiza a densidades menores de 1 pez/m², siendo común en policultivos con especies omnívoras como la cachama negra *Colossoma macropmum*, cachama blanca *Piaractus brachypomus* y las tilapias *Oreochromis sp.* Su producción acuícola se estimó en el 2000 en 1.474 toneladas (Barreto & Mosquera, 2001), convirtiéndola en la cuarta especie más cultivada en Colombia; sin embargo no existen registros oficiales de la producción de alevinos de esta especie, considerándose Córdoba y Atlántico como los departamentos con mayor

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

capacidad de producción de alevinos de bocachico. En la Estación Piscícola de Repelón de la AUNAP en el 2013 se produjeron 7.000.000 alevinos/año (Dorado, com pers, 2014) y se avanza en el desarrollo de tecnologías que permitan duplicar esa producción para atender los compromisos de fomento y repoblamiento en el Bajo Magdalena; mientras que en Córdoba se produjeron 8.000.000 alevinos/años (Autores, obs pers, 2014) entre las estaciones estatales y privadas, la mayor parte de esta producción (80%) es destinada a repoblamiento en la cuenca del río Sinú. Por la expansión de su cultivo, la creciente demanda de alevinos y por la ejecución de programas de repoblamiento en las principales cuencas hidrográficas del país se requiere optimizar la tecnología de producción de alevinos de esta especie, con énfasis en el manejo de la primera alimentación, la calidad del agua y los alimentos usados en esta fase como zooplancton y artemia (Prieto & Atencio, 2008), los cuales presentan altos contenidos proteicos, que de no ser consumidos, sus desechos elevan los compuestos nitrogenados en el agua, principalmente amoníaco (NH_3), que en niveles altos resultan letales, afectando el desempeño productivo, principalmente la sobrevivencia durante este fase.



En Colombia se está expandiendo una nueva tecnología de cultivo con un enfoque sostenibles para la piscicultura super-intensiva, denominada cultivos con tecnología biofloc (biofloc technology, sistema de suspensión activa o BFT) considerados como una tecnología alternativa sostenible y eficaz (Ebeling et al., 2006; Avnimelech, 2007; Crab et al., 2012; Emerenciano et al., 2012); en la cual

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

los nutrientes dentro del sistema, principalmente los compuestos nitrogenados, pueden ser reciclados y reutilizados continuamente. El enfoque sostenible de este sistema se basa en el crecimiento de microorganismos, *macroagregados de floc*, en el medio de cultivo, beneficiado por el recambio mínimo o cero de agua, los cuales permiten el mantenimiento de la calidad del agua, por la absorción de compuestos de nitrógeno de generación *in situ* y su transformación en proteína microbiana, la cual se aprovecha en la alimentación de las especies de cultivo, reduciendo la relación en la conversión del alimento (Ray et al., 2010a).



Los macroagregados de floc o floccs microbianos consisten de una mezcla heterogénea de microorganismos (formadores de floccs y bacterias filamentosas), partículas, coloides, polímeros orgánicos, cationes y células muertas que pueden alcanzar más de 1000 μm en tamaño (Ekasari et al., 2010). La importancia de la biota asociada a sustratos ha sido destacada por autores (Burford et al., 2004a; Ray et al., 2010a, 2010b; Monroy-Dosta et al., 2013), así como la contribución del material floculado, incluyendo microorganismos, para la alimentación de camarones y peces (Burford et al., 2004b; Wasielsky et al., 2006; Ray et al., 2010a).

La formación del floc es producto de la adición de carbohidratos solubles para elevar la relación C:N en el agua de cultivo, lo que resulta en una alternativa viable para reducir la toxicidad de los compuesto nitrogenados generados por los

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

residuos de alimentos, desechos metabólicos de las larvas y desechos orgánicos como cáscaras de huevos, huevos inviábiles y larvas muertas que llegan a los tanques de larvicultura procedentes del proceso de incubación. Debido a la fragilidad de las larvas, cualquier actividad para remover o limpiar los tanques de larvicultura, por cuidadosa que sea, producen altos porcentajes de mortalidad; por tanto la utilización de carbohidratos solubles y la adición de macroagregados de floc en el agua durante el manejo de la primera alimentación se perfila como una estrategia que podría mejorar la sobrevivencia de la larvicultura de bocachico, comparada con las manejadas tradicionalmente donde se retira por sifoneo las larvas muertas y los desechos de alimento no consumido sin la adición de prebióticos.

En atención a lo anterior, y en vista de las necesidades del sector piscícola en aumentar los índices de sobrevivencia en las primeras fases de cultivo del bocachico y en la aplicación de nuevas alternativas para el manejo de su primera alimentación, el propósito del presente estudio fue evaluar el desempeño de la larvicultura de bocachico utilizando macroagregados de floc como primera alimentación.

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---



2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desempeño de la larvicultura de bocachico *Prochilodus magdalenae* utilizando macroagregados de floc como primera alimentación.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Evaluar el desempeño en crecimiento de las larvas de bocachico, utilizando macroagregados de floc en su primera alimentación.
- b) Evaluar la sobrevivencia de las larvas de bocachico con el uso macroagregados de floc como primera alimentación.
- c) Estimar la calidad larval de bocachico alimentadas con macroagregados de floc, a través de pruebas de resistencia al estrés.
- d) Caracterizar los microorganismos planctónicos presentes en el inóculo de floc antes y después de cada ración en el manejo de la primera alimentación de bocachico.



	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE DE CULTIVO

El bocachico *Prochilodus magdalenae* es una especie migratoria cuyo ciclo de vida está relacionado con los patrones hidrológicos de inundación y sequía de la cuenca del río (Mojica et al., 2012). Durante la mayor parte del periodo lluvioso e inicios del periodo seco, permanece en las ciénagas alimentándose del detritus proveniente de la descomposición de materia orgánica de la vegetación acuática. Es una especie de talla mediana que alcanza hasta 50 cm, permanece cerca al fondo y obtiene su alimento succionando las superficie donde se adhiere el detritus (Atencio-García, 2000). Según Mojica & Álvarez-León (2002) se distribuye en todas las zonas bajas de los sistemas del Magdalena, Sinú y Atrato hasta aproximadamente 1000 msnm, logrando llegar a los 1500 msnm en la cuenca del río Cauca.

Con el inicio del periodo lluvioso, abandona las ciénagas y remonta los ríos en busca de áreas de maduración y desoves, usualmente tributarios laterales, en una migración masiva, conocida como subienda, de carácter reproductiva. Las hembras puede producir entre 80.000 y 1.000.000 ovocitos en cada desove dependiendo de la talla, presentando desoves totales y fecundación externa (Mojica & Álvarez-León, 2002). Durante el descenso, migración llamada bajanza, tiene lugar el desove en los canales de los ríos, de los tributarios o quebradas y



	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

las aguas de desborde (crecientes) se encargan de transportar las larvas a las planicies de inundación donde se reinicia el ciclo (Jiménez-Segura, 2007).

Se han realizado varios trabajos relacionados con la alimentación del bocachico; sin embargo, casi todos se han desarrollado en las etapas iniciales de cultivo (larvicultura y alevinaje). Se ha establecido que inicia su alimentación exógena cuando aún conservan parte de sus reservas vitelinas, entre las 44 y 48 horas post-eclosión, a temperatura entre 26.5 y 29.0°C, con un tercio de vitelo (Atencio-García et al., 2003); después de 60 días de nacidas, cambia a su hábito alimentario detritívoro tomando el alimento del lodo del fondo de las ciénagas, el perifiton de las raíces, tallos, hojas y piedras; por esta razón se le considera como iliófago o limnófago (Atencio-García, 2000).

3.2 TECNOLOGÍA BIOFLOC

Esta tecnología es caracterizada por el desarrollo de flóculos microbianos formados a partir de una alta relación carbono-nitrógeno en el agua, con poca o ninguna renovación de agua y permanente oxigenación (Avnimelech, 2012; Emerenciano et al., 2012), altas densidades de siembra, estanques aislados del suelo (principalmente de concreto o revestidos con plástico de alta densidad), utilización de dietas con bajo contenido de proteína cruda (Azim & Little, 2008) y

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---



adición permanente de sustratos ricos en carbono al agua de cultivo (Emerenciano et al., 2012).

Estas condiciones favorecen el desarrollo de una comunidad microbiana benéfica - asentada en pequeños flóculos de materia orgánica continuamente re-suspendidos en la columna de agua por la acción de los aireadores que reciclan el nitrógeno del amonio producido por los peces en la síntesis de proteína microbiana, la cual es ingerida y asimilada por los peces (Wasiliesky et al., 2006; Ebeling et al., 2006; Avminelech, 2007). El valor nutricional de los bioflóculos para los peces de cultivo dependerá de la preferencia de alimentaria de los peces, así como de su capacidad para ingerir y digerir partículas en suspensión (Azim & Little, 2008).

Cuando la especie cultivada posee la capacidad de tolerar altas densidades poblacionales, la calidad del agua permite también incrementar la carga o número de organismos por volumen (m^3) (Ray et al., 2010b).

3.3 MACROAGREGADOS DE FLOC BACTERIANO

Una de las principales tendencias de la acuicultura a nivel mundial, es el manejo y aprovechamiento de los microorganismos, los cuales pueden ser definidos como todos aquellos organismos unicelulares, tanto los procariontes autotróficos y

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

heterotróficos (cianobacterias y bacterias) como los eucariontes autotróficos y heterotróficos (microalgas y protozoarios). De una forma más general, son considerados también como microorganismos todos aquellos organismos que no pueden ser observados a simple vista, entre ellos se encuentran algunos pequeños metazoarios como rotíferos, nemátodos y formas larvales de organismos mayores, como los nauplios de crustáceos (Sherr & Sherr, 2000). Los macroagregados de floc son partículas que engloban material orgánico particulado (heces fecales y partículas de alimento) sobre el cual se desarrollan microalgas, protozoarios, rotíferos, nematodos, ciliados, hongos, oligoquetos, entre otros microorganismos y gran diversidad de bacterias (Kubitza, 2011) que contribuyen a mantener la calidad del agua (Ebeling et al., 2006) y por tanto la productividad natural en este tipo de sistemas que puede sustentar una porción significativa del crecimiento de las especies en cultivo (Wasielesky et al., 2006; Abreu et al., 2007).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en la Estación Piscícola de Repelón (EPR) de la AUNAP (figura 1), ubicada en el municipio de Repelón (Atlántico), cuyas coordenadas geográficas son 10°30' de Latitud Norte y 75°08' de Longitud Oeste, a una altitud de 9 msnm y valores anuales promedio de temperatura 28°C.





	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---



Figura 1. Estación Piscícola Repelón (EPR) de la AUNAP (Repelón, Atlántico).

4.2 MATERIAL BIOLÓGICO

Se utilizaron larvas de bocachico, obtenidas por reproducción artificial de reproductores mantenidos en cautiverio en la Estación Piscícola de Repelón EPR, los cuales fueron inducidos con extracto de pituitario de carpa, según lo recomendado por Atencio-García (2003). La fertilización se realizó en seco y los

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

huevos fueron mantenidos en incubadoras cilíndrico-cónicas de 200L de capacidad, con flujo ascendente permanente de agua (3 a 5 l/min). Luego las larvas fueron trasladadas a las unidades experimentales antes de iniciar la alimentación exógena (48 horas post-eclosión a 28°C) y sometida a los diferentes tratamientos evaluados.

4.3 TRATAMIENTOS Y UNIDADES EXPERIMENTALES

Una vez las larvas estuvieron listas para iniciar la alimentación exógena (48 horas post-eclosión), se llevaron a las unidades experimentales consistente de bandejas circulares plástica con capacidad de 50L y volumen útil de 30L, a densidad de 25 larvas/L. En cada unidad experimental se suministró aireación permanente mediante una manguera y piedra difusora (figura 2) conectada a un aireador central de 1 HP (Singer Phase, RB40-510, China).



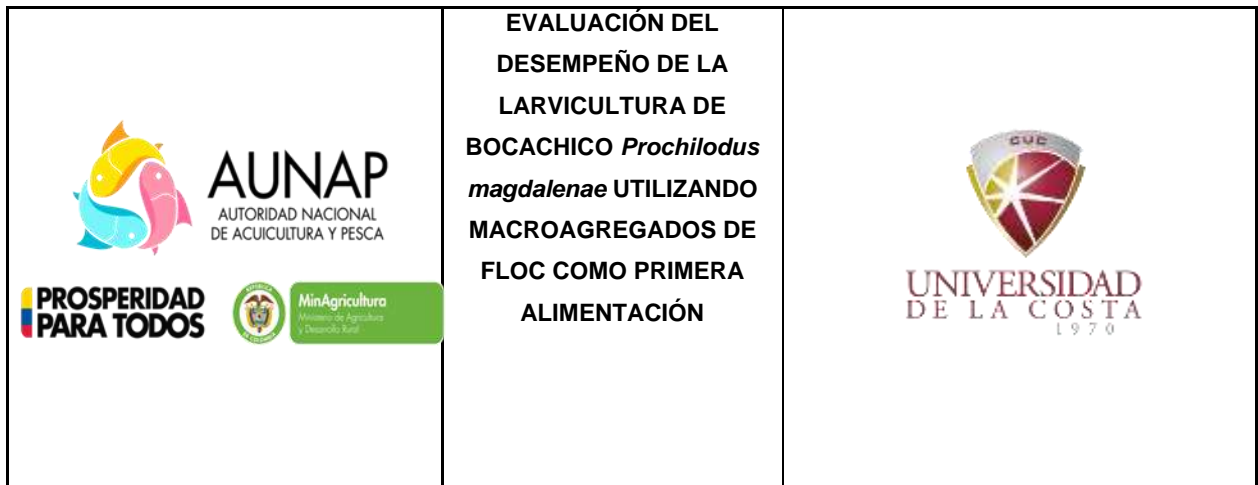




Figura 2. Unidades experimentales a) disposición de las unidades experimentales; b) aclimatación de larvas de bocachico; c) suministro de aireación permanente.

Fueron evaluados, en el desempeño de la larvicultura de bocachico, utilizando macroagregados de floc como primera alimentación, cuatro tratamientos basados en diferentes concentraciones de macroagregados/L, tal como descrito en la tabla 1. Antes de cada alimentación se realizó el conteo de los microorganismos presentes en el agua de cultivo y el floc, para esto se tomaron 3 alícuotas de 1 ml, se colocaron en una cámara Segwick-Rafter, las cuales fueron leídas con la ayuda de un microscopio de luz con objetivo entre 10X y 40X.

Tabla 1. Tratamiento evaluados en el manejo de la primera alimentación de larvas de bocachico *Prochilodus magdalenae* utilizando macroagregados de floc.

Tratamientos	Alimento	Cantidad (ml/L)	Densidad larval (larvas/L)	Réplicas
--------------	----------	--------------------	----------------------------------	----------



	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN	
---	---	---

T1	Macroagregados de floc	1	25	4
T2	Macroagregados de floc	2.5	25	4
T3	Macroagregados de floc	5	25	4
T4 (control)	Nauplios de artemia	5	25	4

4.4 PREPARACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE INÓCULO DE FLOC

Se utilizó como inóculo inicial de bacterias nitrificantes (BN) una muestra del fondo de un estanque de la EPR (aprox 500 mL); la cual fue diluida en 150 L de agua filtrada en tanques plástico tipo bajito de 250 L de capacidad y mantenidos con aireación permanente. Inmediatamente después se adicionó 1.5 g de cloruro de amonio (NH_4Cl) y 3 g de melaza por cada 150 L de agua, para conformar el medio de crecimiento de las bacterias nitrificantes y demás organismos que conforman los floc.

Como sustrato adicional para los floc se adicionó 7.5 g de harina de yuca y para el mantenimiento de la alcalinidad fueron adicionados 7.5 g de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) según lo sugerido por Lango (2012) y los ajustes realizados por los investigadores del Instituto de Investigación Piscícola de la Universidad de Córdoba, CINPIC (2013) (figura 3).

 <p>AUNAP AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA</p> <p>PROSPERIDAD PARA TODOS</p> <p>MinAgricultura Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural</p>	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LA COSTA 1970</p>
--	--	--





	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

Figura 3. Preparación y estabilización de inóculo de floc; a) toma de inóculo de bacterias nitrificantes de un estanque de cultivo de la EPR; b) preparación del inóculo con la adición de las bacterias nitrificantes del estanque, melaza, bicarbonato de sodio y cloruro de amonio; c) inóculo de floc establecido en un periodo de 22 días; d) muestra de inóculo con formación de macroagregados de floc.

La maduración del floc se realizó en 22 días, periodo en el cual los parámetros de calidad de agua indicaron que el amonio disminuyó y aumentó la concentración de nitritos (NO_2^-); luego este parámetro descendió y comenzó a incrementarse en forma de nitrato (NO_3^-). Durante el proceso de maduración del floc se realizó la medición de los parámetros de calidad de agua una vez al día según metodología propuesta por Kubitza (2011), manteniendo valores promedios adecuados de alcalinidad ($180.2 \pm 0.5 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$), dureza total ($252.1 \pm 0.6 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$) y pH (7.5 ± 0.2).

4.5 ALIMENTACIÓN DE LAS LARVAS

El manejo de la primera alimentación de las larvas se inició a las 48 horas post-eclosión, con adición de alimento (macroagregados y nauplios recién eclosionado de artemia) dos veces al día (figura 4); en el tratamiento con suministro de nauplios de artemia, se realizó limpieza mediante sifoneo cuatro horas después de la alimentación, con el fin de evitar el deterioro en la calidad del agua.





	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---



Figura 4. Adición de alimento a las larvas de bocachico; a) macroagregados de floc; b) nauplios recién eclosionado de artemia.

A los tratamientos manejados con macroagregados se les suministro carbohidrato soluble (melaza) considerando los valores de amonio total presente en el agua y aplicando la formula descrita por Lango (2012):

Cantidad de melaza (g) = $(\text{TAN} + \text{NO}_2^-) \cdot \text{Volumen de agua} \cdot 20$ (C:N); dónde TAN corresponde a la concentración de amonio total expresado en porcentaje y equivale a la suma del amonio ionizado y amonio no ionizado ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$); NO_2^- : porcentaje de nitrógeno proveniente del nitrito; C:N relación carbono: nitrógeno necesaria para el mantenimiento del sistema 20:1.

4.6 CARACTERIZACIÓN DE LOS MACROAGREGADOS DE FLOC

Después de 14 días de maduración del inóculo, se tomaron cinco submuestras de 50 mL en cinco puntos distintos del tanque de inóculo, se realizó una mezcla de las submuestras en un Erlenmeyer de 250 mL para su homogenización. Para la cuantificación e identificación del plancton asociado a los macroagregados de floc

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---



se tomaron tres alícuotas de 1mL, se fijaron con solución Transeau., se colocaron en una cámara Segwick-Rafter y se analizaron en un microscopio de luz (Carl Zeiss, Axiostar, Alemania) y un microscopio invertido de contraste de fase positiva (Carl Zeiss, Primo Vert, Alemania) con objetivos entre 10x y 40x en las instalaciones del Instituto de Investigación Piscícola de la Universidad de Córdoba, CINPIC.

Para la identificación de especies de los diferentes grupos del plancton se realizaron microfotografías, se midieron las estructuras con la ayuda de un analizador de imágenes (Carl Zeiss, Axiovision 4.3, Alemania) y claves taxonómicas descritas por Streble & Krauter (1987), Yacubson (1969; 1972; 1974), Boltovskoy (1978), Balech (1988), Taylor (1976) & Vidal (1995).

La abundancia de microorganismos por grupo identificado, se determinó por la fórmula: $Abundancia = ((V_{cf})(N_i))/(V_{ti}) * V_c$; donde V_{cf} : volumen de la concentración; N_i : número de individuos contados; V_{ti} : volumen total inicial; V_c : volumen de la muestra contado.

4.7 CRECIMIENTO

Ganancia en longitud y peso. Al inicio y final de la fase de larvicultura se realizó un muestreo biométrico en cada una de las unidades del tratamiento, tomando una muestra representativa de la población (10%). De cada individuo fueron tomadas

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---



medidas de longitud total (Lt) (cm) y el peso total (Wt) (g). Para la medición de Lt se utilizó un analizador de imágenes (Carl Zeiss, Axion visión 4.3, Alemania) (figura 5) y para la estimación del peso se utilizó una balanza analítica.



Figura 5. Medición de longitud por microfotografía y software analizador de imagen Carl Zeiss, Axion visión 4.3, Alemania.

Con los valores promedios de peso y longitud por unidad experimental se estimó: **Ganancia en peso** (Gp) ($G_p = P_f - P_i$ (donde P_f =Peso final (g) y P_i = Peso inicial (g)); **Ganancia en longitud total** (Gl). ($G_l = L_{tf} - L_{ti}$, donde L_{tf} = longitud total final (cm) y L_{ti} = Longitud total inicial (cm)); igualmente se determinó la **Tasa específica de crecimiento** (G), con los valores de peso según la fórmula propuesta por Hopkins (1992), ($G = (\ln P_{mf} - \ln P_{mi})/t \times 100$, donde P_{mi} : Peso inicial de las larvas (mg); P_{mf} : peso final de las larvas (mg); t: Tiempo de cultivo (días); Ln: Logaritmo neperiano).

4.8 SOBREVIVENCIA (S) Y RESISTENCIA AL ESTRÉS (RE)



	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

Al inicio y al finalizar el ensayo, para cada unidad experimental, fueron contadas manualmente las larvas vivas, estimándose la sobrevivencia final con la ecuación: $S = (\text{número final de larvas} / \text{número inicial de larvas}) \times 100$.

Al final del experimento, fueron tomadas muestras del 10% de la población por unidad experimental, para realizar la prueba de resistencia al estrés. Las larvas fueron capturadas con la ayuda de una nasa pequeña de ojo de malla de 200 μ m y colocadas en papel absorbente durante cinco minutos. Transcurrido este periodo, se depositaron en recipientes con agua y luego de quince minutos se contaron las que permanecieron vivas. Con estos datos fue calculada la sobrevivencia (%) a la prueba de resistencia al estrés.

4.9 CALIDAD DE AGUA

Para el monitoreo de la calidad del agua, se realizaron mediciones dos veces/día de oxígeno disuelto, pH y temperatura, con ayuda de un oxímetro digital (YSI 550 A, USA) y un pHmetro (YSI pH100, USA). Amonio y nitrito se midieron al inicio del experimento, el día tres y el día cinco del ensayo con ayuda de un fotómetro (YSI 9500, USA) (figura 6). Para las mediciones de dureza y alcalinidad se utilizaron los kit de Hach por titulación. La alcalinidad fue determinada por el método de la fenolftaleína, utilizando los reactivos HACH® (ácido sulfúrico, fenolftaleína y verde bromocresol), junto a un titulador digital (HACH, USA). La dureza total se obtuvo a

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

través del método de titulación EDTA a una concentración de 0.08M, mediante la utilización de un titulador digital (HACH, USA).

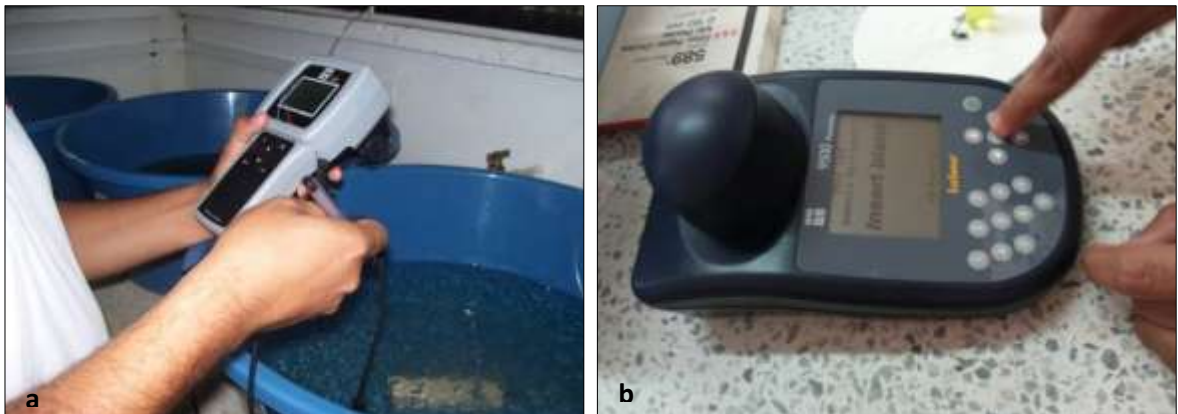




Figura 6. Medición de las variables fisicoquímicas de calidad de agua; a) oxígeno disuelto con oxímetro digital YSI550A (Usa); b) compuestos nitrogenados por fotómetro YSI 9500 (Usa).

4.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todas las variables de calidad de agua, desempeño productivo y cuantificación del plancton, fueron sometidas a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) seguido de una prueba de rango múltiple. En todos los casos, se utilizó un nivel de confianza del 95% como criterio estadístico para revelar diferencias significativas. El análisis estadístico se realizó con ayuda del software SAS versión para Windows 9.1.



5. EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES TÉCNICAS

	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN	
---	---	---



La tabla 2 relaciona las actividades técnicas desarrolladas y su porcentaje de ejecución por cada objetivo específico en el marco del presente del proyecto.

Tabla 2. Actividades técnicas ejecutadas por cada objetivo específico y porcentaje de ejecución.

Objetivo específico	Actividad propuesta	Actividades ejecutada	Ejecución de la actividad (%)	Ejecución del objetivo (%)
1. Evaluar el desempeño en crecimiento de las larvas de bocachico, utilizando macroagregados de floc en su primera alimentación.	Montaje e instalación de unidades experimentales	Se instalaron 16 unidades experimentales, en recipientes plásticos con 30L agua de volumen útil y aireación permanente	100%	
	Establecimiento de inóculos de biofloc	Se establecieron dos tanques de inóculos de floc, bajo las condiciones de la estación piscícola EPR. Se tomaron como inóculo 250ml de lodo de fondo de un estanque uso piscícola de la EPR. Se aplicó la metodología de establecimiento de inóculo de floc estandarizada en del CINPIC (2013)	100%	100%
	Obtención de larvas de bocachico e instalación de los ensayos	Se desarrollaron tres ensayos de larvicultura de bocachico. Las larvas se obtuvieron mediante reproducciones artificial de reproductores de bocachico de la EPR	100%	

	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN	
---	---	---

	Determinación de variables de desempeño en crecimiento	Se midió el crecimiento de las larvas en longitud y peso.	100%	
	Protocolo de manejo de la primera alimentación del bocachico con macroagregados de biofloc	Se utilizó macroagregados de floc para el manejo de la primera alimentación de bocachico según lo establecido en los tratamientos experimentales.	100%	
2. Evaluar la sobrevivencia de las larvas de bocachico con el uso macroagregados de floc como primera alimentación.	Estimación del porcentaje de sobrevivencia al final del ensayo	Se estimó la sobrevivencia en cada unidad experimental y se estimó un promedio por tratamiento al final del ensayo (cinco días).	100%	100%
3. Estimar la calidad larval de bocachico alimentadas con macroagregados de floc, a través de pruebas de resistencia al estrés.	Realización de prueba de estrés a las larvas al final del periodo de cultivo	Se realizó prueba de resistencia al estrés en cada una de las unidades experimentales de los ensayos. Esta prueba es una medición indirecta de calidad larval.	100%	100%
4. Caracterizar los microorganismos planctónicos presentes en el inóculo de floc antes y después de cada ración en el manejo de la primera alimentación de	Medición de algunos parámetros fisicoquímicos del agua las unidades experimentales durante la larvicultura	Se midieron parámetros como oxígeno disuelto, temperatura, pH, alcalinidad total, dureza total, amonio total y nitritos. Hubo limitaciones en la cantidad reactivos para la medición diaria de los compuestos nitrogenados.	100%	100%

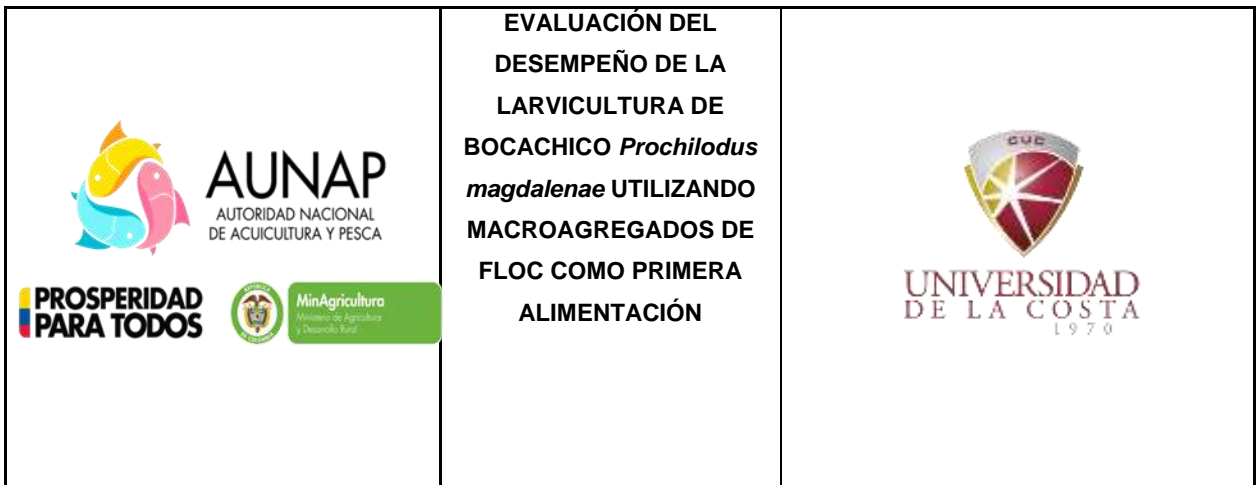
	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN	
---	---	---

bocachico.	Establecimiento de inóculos de biofloc	Se establecieron dos tanques de inóculos de floc, bajo las condiciones de la estación piscícola EPR.	100%
	Caracterización de los microorganismos planctónicos presentes en el inóculo de floc	Se identificó el fitoplancton y zooplancton asociados a la formación y estabilización del floc generado como suministro de alimento para la larvicultura de bocachico bajo condiciones de la EPR	100%
	Caracterización de las comunidades bacterianas presentes en el inóculo de floc	Se caracterizaron las comunidades bacterianas asociados a la formación y estabilización del floc.	100%
Estado de ejecución del proyecto			100%

6. RESULTADOS

6.1 CALIDAD DE AGUA

Oxígeno disuelto y saturación. El comportamiento del oxígeno disuelto (OD) durante el ensayo se presenta en la figura 7. Los valores de OD, oscilaron entre 6.4 ± 0.1 mg/L (T1) y 6.6 ± 0.1 mg/L (T4), ambos valores registrados al día cinco del



ensayo, sin observarse diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados.

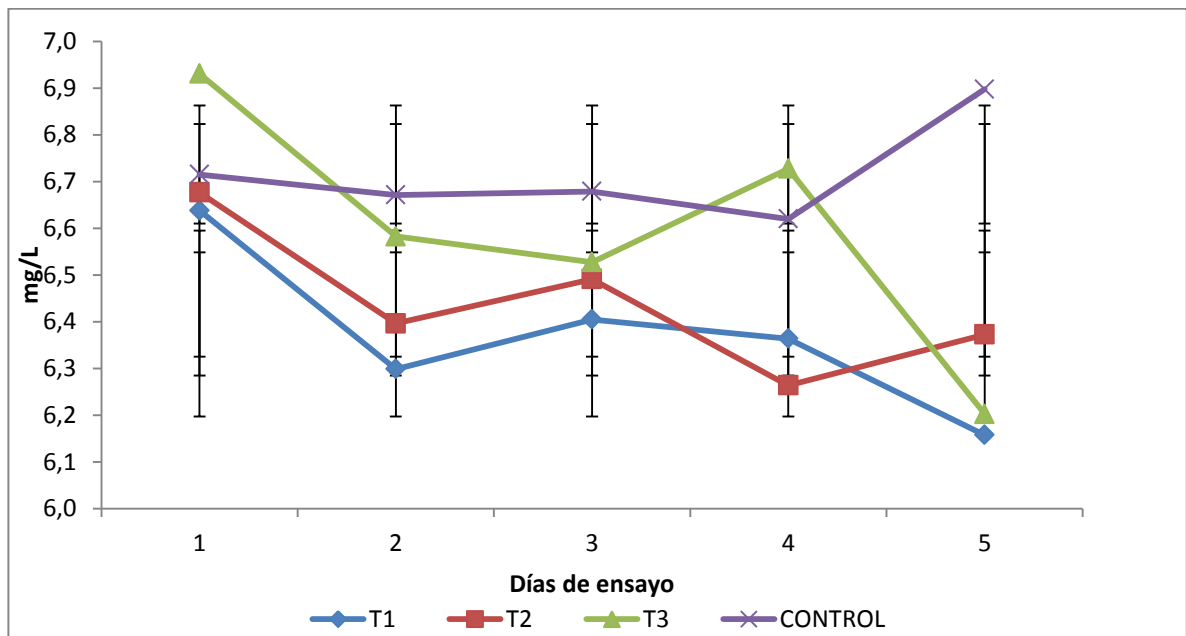


Figura 7. Valores promedio de oxígeno disuelto durante la larvicultura de *P. magdalenae* con macroagregados de floc.

El mayor valor promedio de saturación se registró en T4 ($87.3 \pm 3.4\%$), mientras que el menor en T1 ($84.5 \pm 3.6\%$), ambos valores registrados al día cinco del ensayo sin observarse diferencia significativa entre estos valores ($p < 0.05$) (figura 8).

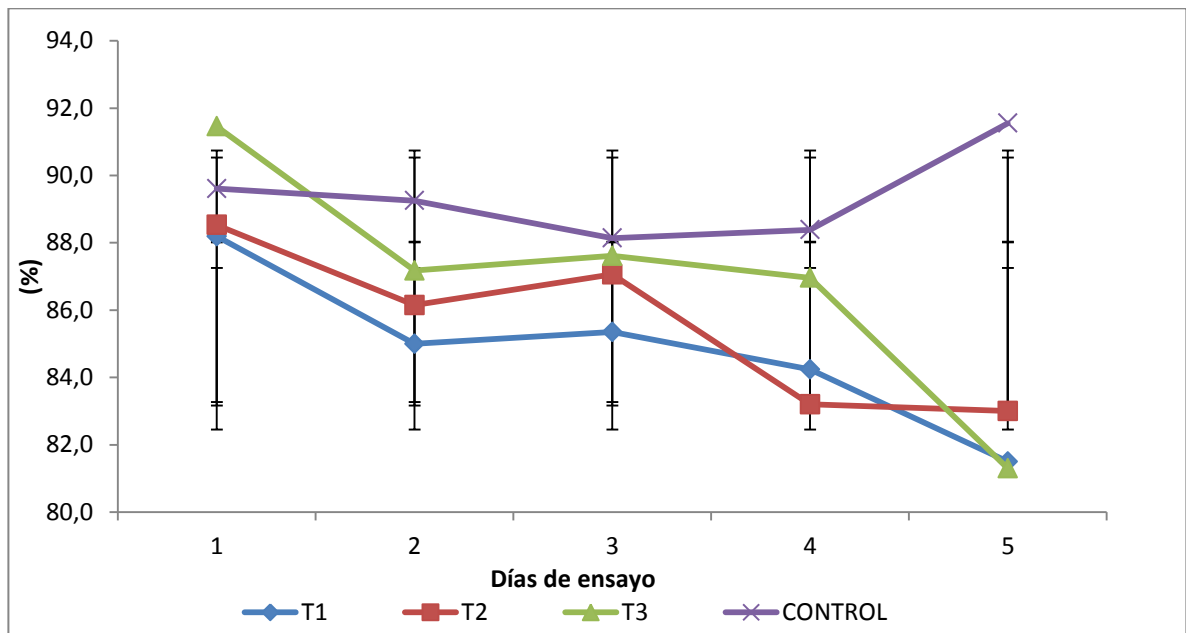
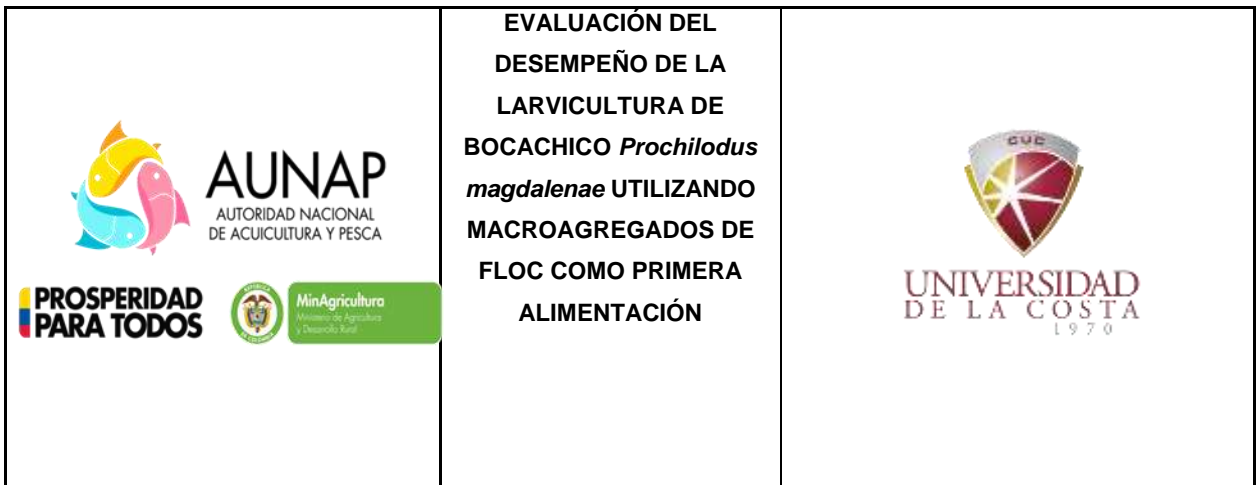




Figura 8. Valores promedio de saturación de oxígeno disuelto durante la larvicultura de *P. magdalenae* con macroagregados de floc.

Temperatura y pH. La temperatura registró valores que oscilaron entre $27.9 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ (T2) para el día cinco y $28.0 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ (T3) en el día tres, sin observarse diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ($p > 0.05$) (figura 9). Los valores de pH, oscilaron entre 8.3 ± 0.1 (T3) para el día uno y 8.3 ± 0.2 (T4) para el día cinco de ensayo, sin observarse diferencia significativa entre estos los tratamientos ($p < 0.05$) (figura 10).

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LA COSTA 1970</p>
---	--	--

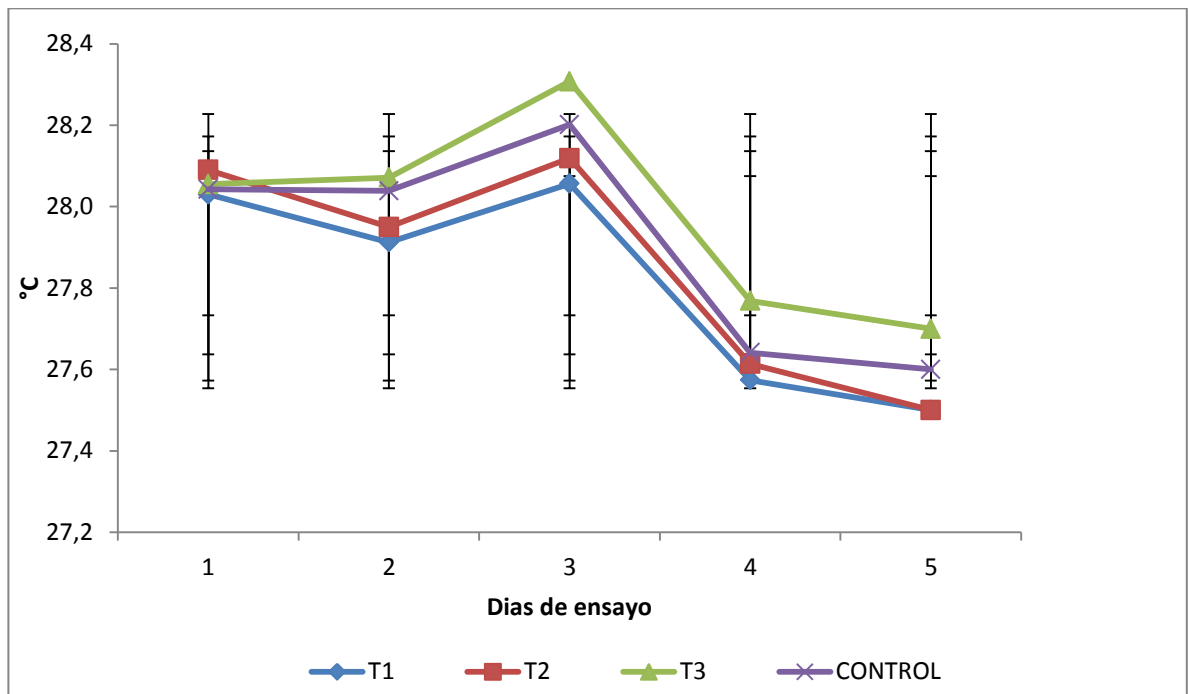




Figura 9. Valores promedio de temperatura durante la larvicultura de *P. magdalenae* con macroagregados de floc.

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

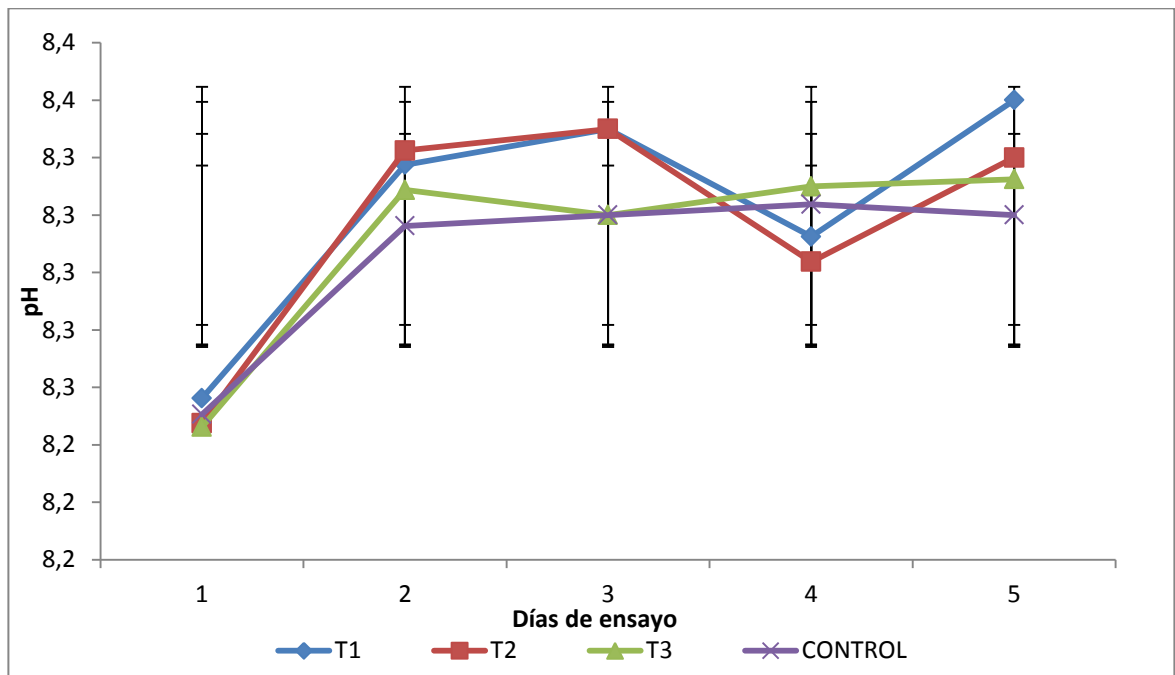
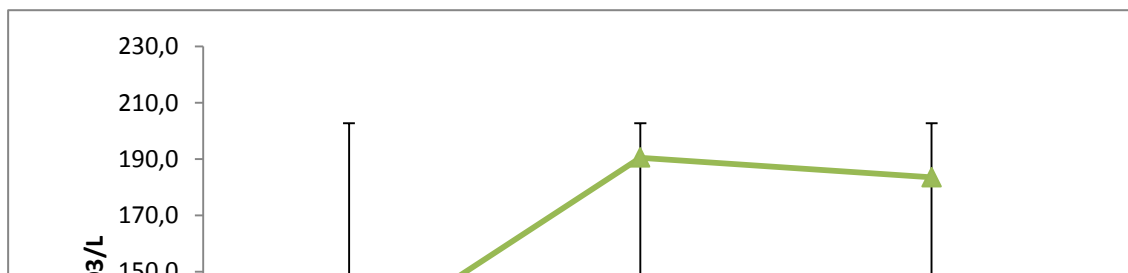


Figura 10. Valores promedios de pH durante la larvicultura de *P. magdalenae* con macroagregados de floc.

Alcalinidad y dureza total. Para la alcalinidad, el menor valor promedio se registró en T1 (117.7 ± 16.7 mgCaCO₃/L) para el día uno y el mayor valor en T3 (165.7 ± 37.1 mgCaCO₃/L) para el día cinco de ensayo, mostrando diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) (figura 11). En cuanto a la dureza, los valores registrados oscilaron entre $149.8.6 \pm 8.7$ (T4) día uno y 161.5 ± 15.9 mgCaCO₃/L (T2) día cinco de ensayo, sin observarse diferencia estadística significativa entre estos los tratamientos ($p < 0.05$) (figura 12).







	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	---	---

Figura 11. Valores promedios de alcalinidad total durante la larvicultura de *P. magdalenae* con macroagregados de floc.

	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN	
---	---	---

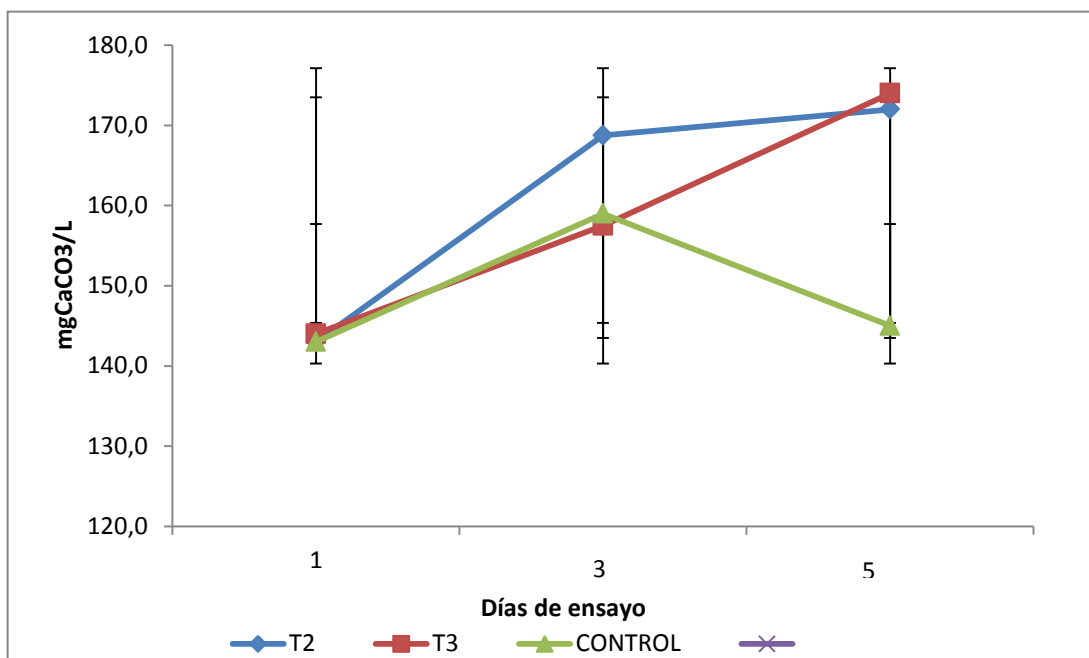






Figura 12. Valores promedio de dureza total durante la larvicultura de *P. magdalenae* con macroagregados de floc.

Compuestos nitrogenados. De los compuestos nitrogenados fueron evaluados amonio (NH₃) y nitritos (NO₂⁻). El menor valor de amonio se registró en T3 (0.05±0.01 mg/L, día 1); mientras que el mayor valor se registró en T4 (0.57±0.43 mg/L, día 5), observándose diferencia significativa entre estos valores (p<0.05) (figura 13).

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

Los nitritos, el menor valor promedio se registró en T1 (0.02 ± 0.01 mg/L, día 1); mientras que el mayor valor en T4 (0.88 ± 0.05 mg/L, día 5), observándose diferencia significativa entre estos valores ($p < 0.05$) (figura 14).

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

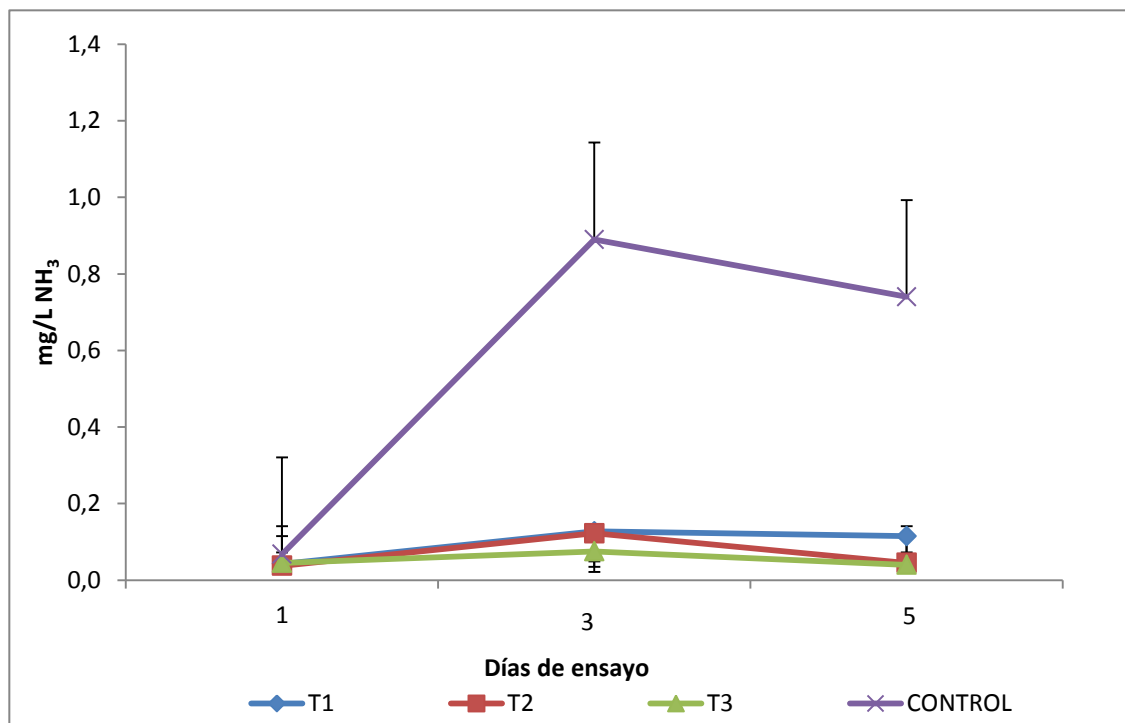


Figura 13. Valores promedio de amonio (NH₃) durante la larvicultura de *P. magdalenae* con macroagregados de floc.

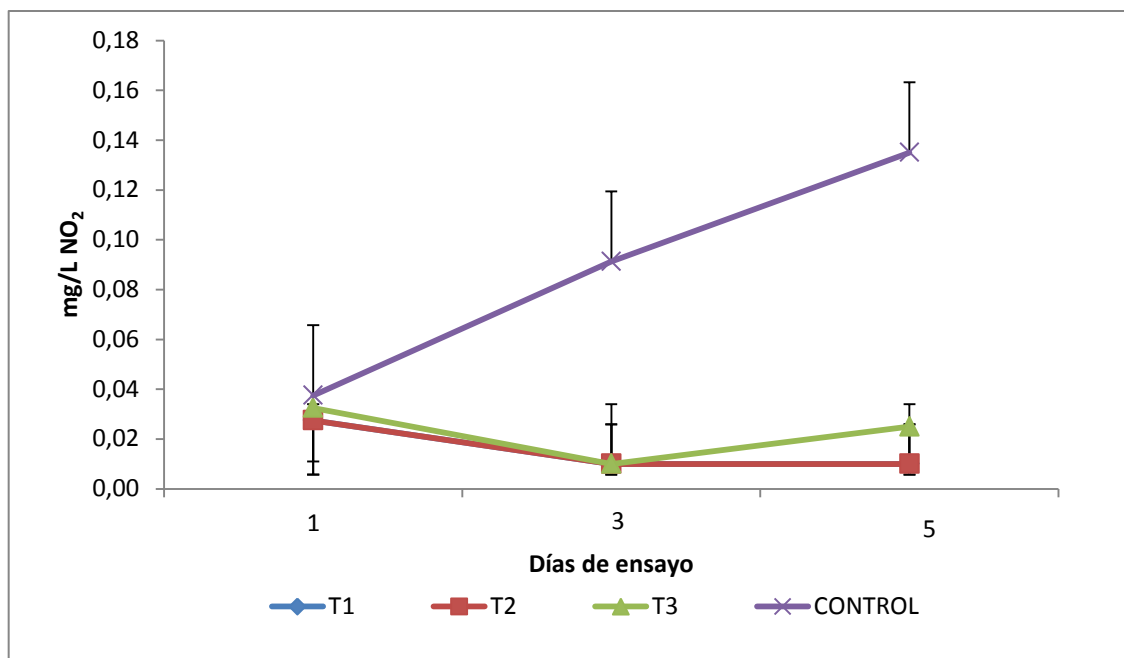
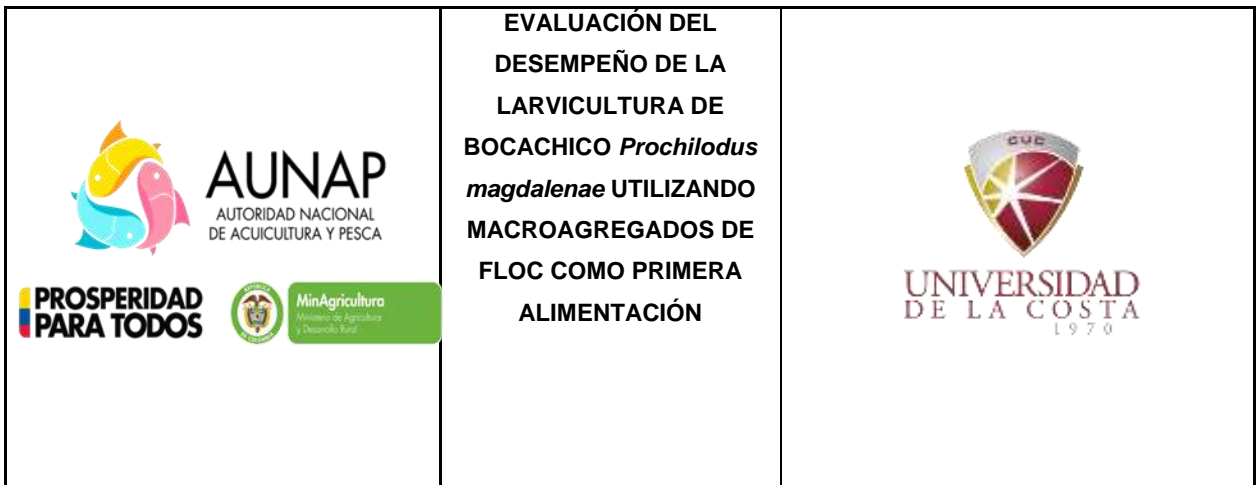




Figura 14. Valores promedio de nitrito (NO₂⁻) durante la larvicultura de *P. magdalenae* con macroagregados de floc.

6.2 CRECIMIENTO

Los valores promedio de las variables de desempeño en el crecimiento evaluadas en la larvicultura de *P. magdalenae* con macroagregados de floc se presentan en la tabla 3. El peso y longitud iniciales para las larvas fueron de 1.0 ± 0.2 mg y 5.0 ± 0.3 mm, respectivamente. El peso final (Pf) y la ganancia en peso (Gp), los menores valores se presentaron en los tratamientos (T1 a T3) con macroagregados de biofloc (Pf=1.1-1.3 mg y GP=0.1-0.2 mg) sin observarse

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

diferencia significativa entre estos tratamientos ($p > 0.05$); mientras que el mayor valor se obtuvo en T4 (control, $P_f = 13.4 \pm 0.4 \text{ mg}$, $G = 111.9 \pm 0.4 \text{ mg}$) ($p < 0.05$).

Este mismo comportamiento fue observado en la tasa específica de crecimiento (G), con los menores valores observados en los tratamientos (T1 a T3) con macroagregados de biofloc ($G = 2.1 - 3.3 \text{ \% / día}$) sin observarse diferencia significativa entre estos tratamientos ($p > 0.05$); mientras que el mayor valor se registró en T4 (control, $51.5 \pm 3.0 \text{ \% / día}$) ($p < 0.05$).

Para la variable longitud final (Lf), los menores valores se registraron en los tratamientos con macroagregados de biofloc T1 a T3 (6.0-6.2 mm) sin observarse diferencia estadística entre estos valores ($p > 0.05$); mientras que y el mayor valor se observó en el control (T4, $10.6 \pm 0.2 \text{ mm}$) ($p < 0.05$). Igual comportamiento se observó en la ganancia en longitud (GI) con los menores valores en T1 a T3 (0.9-1.2 mm) y el mayor valor en T4 ($5.6 \pm 0.3 \text{ mm}$).

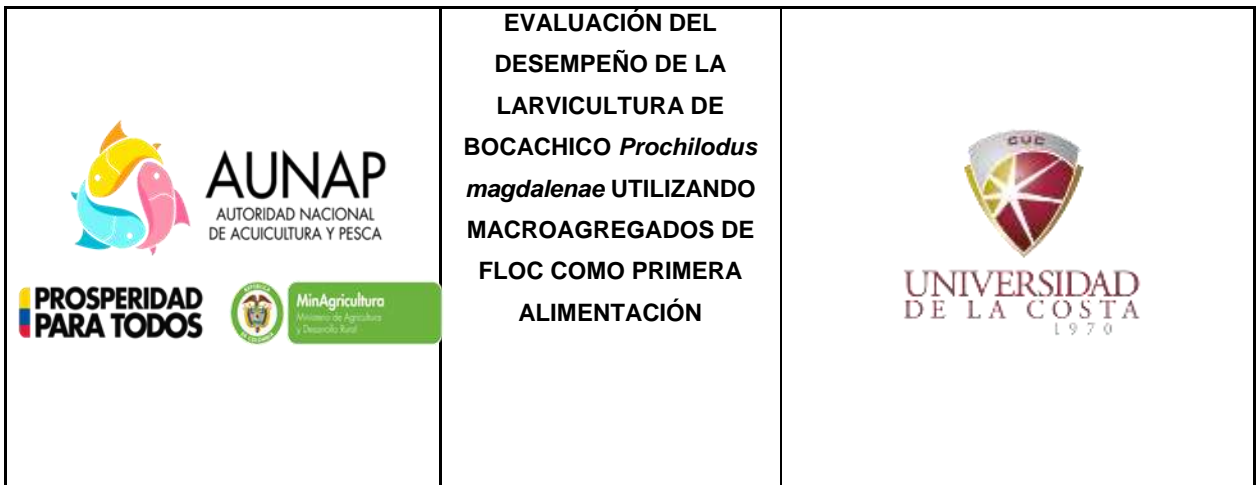
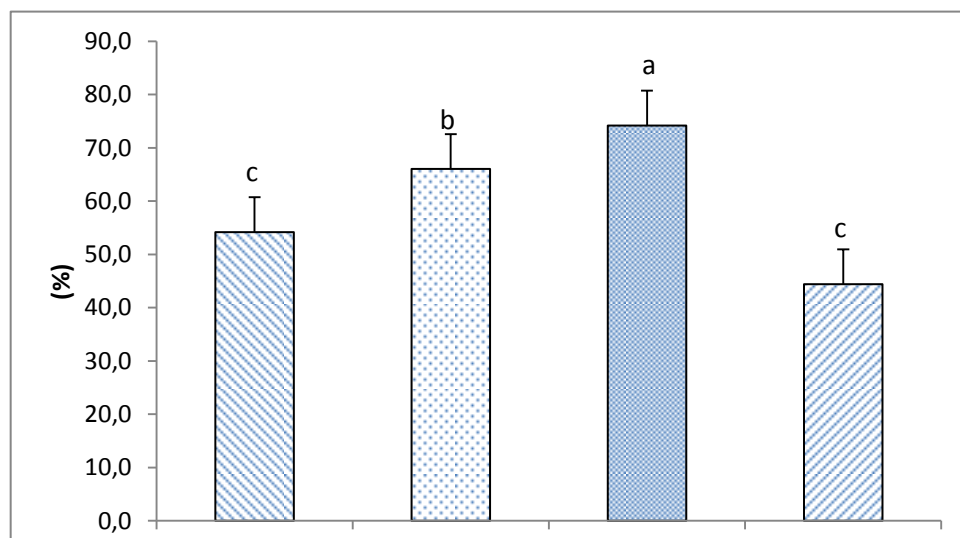


Tabla 3. Valores promedios±desviación estándar de las variables de desempeño en crecimiento evaluadas durante la larvicultura de *P. magdalenae* con macroagregados de floc. Letras diferentes en la misma fila indica diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Variables/Tratamientos	T1	T2	T3	T4
Pf (mg)	1.1±0.0 ^b	1.2±0.1 ^b	1.3±0.1 ^b	13.4±0.4 ^a
Gp (mg)	0.1±0.1 ^b	0.2±0.1 ^b	0.2±0.1 ^b	11.9±0.4 ^a
G (%/día)	2.1±0.1 ^b	3.1±0.1 ^b	3.3±0.2 ^b	51.5±3.0 ^a
Lf (mm)	6.0±0.2 ^b	6.0±0.1 ^b	6.2±0.1 ^b	10.6±0.2 ^a
Gl (mm)	0.9±0.2 ^b	1.0±0.1 ^b	1.2±0.2 ^b	5.6±0.3 ^a

6.3 SOBREVIVENCIA Y RESISTENCIA AL ESTRÉS

En la figura 15 se observa la sobrevivencia al final del ensayo de larvicultura de *P. magdalenae* utilizando macroagregados de floc como alimento. Las menores sobrevivencias se registraron en T4 (control, 44.4%) y T1 (54.2%) sin observarse diferencia significativa entre estos valores ($p > 0.05$); mientras que el mayor valor se registró en T3 (74.2%) ($p < 0.05$).





	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

Figura 15. Supervivencia final del ensayo de larvicultura de *P. magdalenae* utilizando con macroagregados de floc

La figura 16 presenta la supervivencia de las larvas sometidas a la prueba de resistencia al estrés; las larvas de T4 registraron la mayor supervivencia a la prueba de resistencia al estrés ($98.2 \pm 2.1\%$) ($p < 0.05$) y las menores en los tratamientos manejados con macroagregados de floc T1 (24.3%) y T2 (35.3%), sin observarse diferencia estadística entre estos valores promedios ($p < 0.05$).

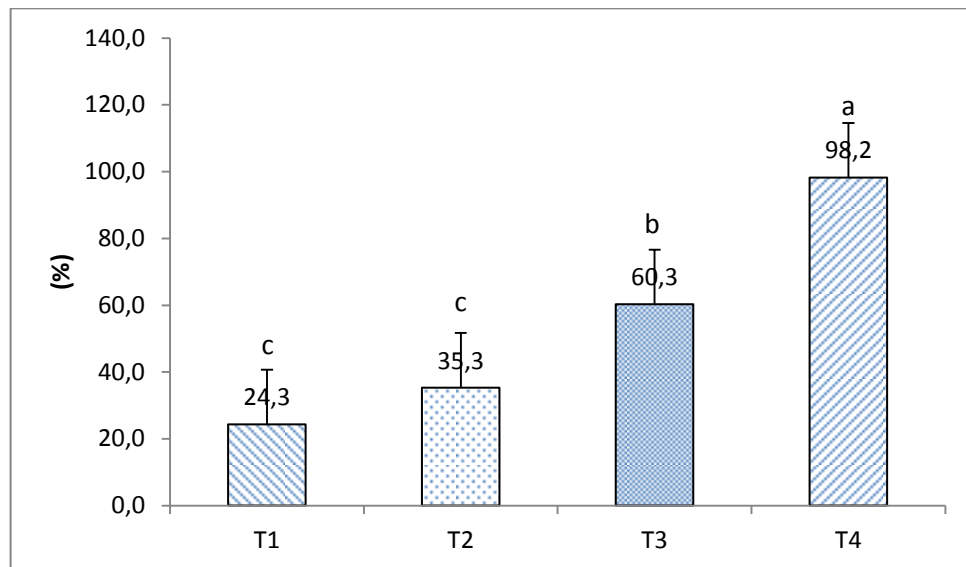
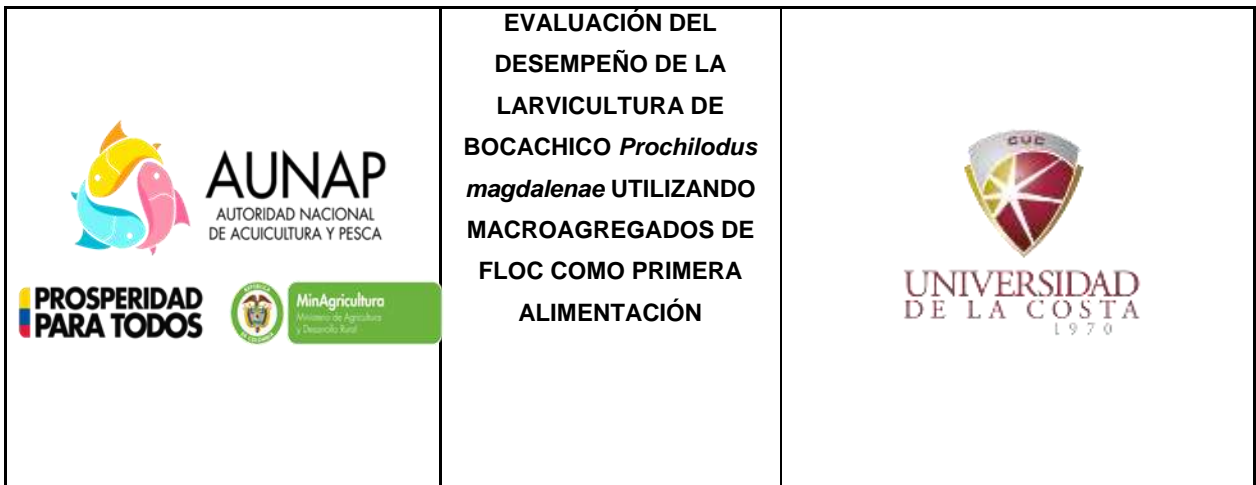




Figura 16. Resistencia al estrés obtenida la final de los días de ensayo para la larvicultura de *P. magdalenae* utilizando con macroagregados de floc.

6.4 CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS DEL FLOC

Caracterización de las comunidades planctónicas asociados a los macroagregados de floc. Después de la estabilización del inóculo de floc se identificaron los siguientes grupo taxonómicos: amebas (*Amoebozoa*), vorticelas y paramecios (*Ciliophora*); nemátodos (*Nematoda*), anélidos (*Annelida*), microalgas (*Scenedesmus quadricauda* y *Navicula sp.*) y rotíferos (*Euchlanis sp.*, *Philodina sp.*, y *Lecane luna*) siendo este último grupo taxonómico el más abundante (figura 17).

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

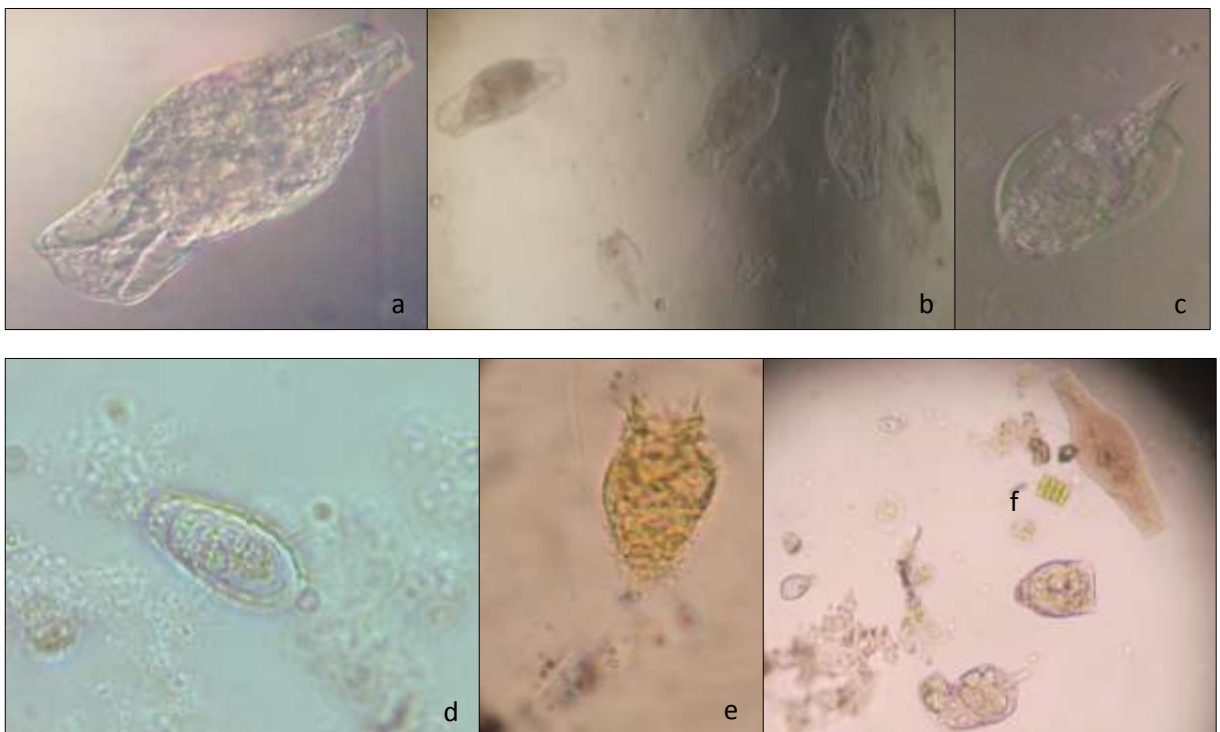




Figura 17. Rotíferos: a) *Euchlanis sp.*, b) *Philodina sp.* y c) *Lecane luna*; d) Ameba; e) Vorticela; f) Microalgas (objetivo 40x).



Los valores promedios de los microorganismos planctónicos identificados, por grupo y especie, en la estabilización del inóculo de floc, después de 22 días de la preparación del inóculo inicial en la Estación Piscícola de Repelón EPR, se presentan en la tabla 4. Los rotíferos fueron el grupo más abundante (69.7 ± 23.7 ind/mL) seguido de las amebas (56.2 ± 3.2 ind/mL) y vorticelas (48.0 ± 2.0

	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN	
---	---	---

individuos/mL). Estos grupos son indicadores de buena calidad y estabilización del inóculo establecido. Los anélidos (6.5 ± 1.5 ind/mL) y las microalgas (3.5 ± 0.7 cel/mL) fueron los grupos menos representativos.

Tabla 4. Valores promedio \pm desviación estándar de los microorganismos planctónicos (ind/ml) durante la estabilización de inóculos de floc en la Estación Piscícola de Repelón EPR para el manejo de la primera alimentación de *Prochilodus magdalenae* utilizando macroagregados de floc.

Microorganismo	ind/ml
Rotíferos	
<i>Euchlanis sp.</i>	95.0 \pm 3.2
<i>Philodina sp.</i>	66.2 \pm 1.6
<i>Lecane luna</i>	48.0 \pm 2.0
Amebas	
<i>Arcella vulgaris</i>	56.2 \pm 3.2
Vorticelas	
<i>Vorticellas sp.</i>	48.0 \pm 2.0
Anélidos	
<i>Aelosoma variegatum</i>	6.5 \pm 1.5
Nemátodos	
<i>Monhytera similis</i>	16.0 \pm 2.0
Paramecios	18.0 \pm 2.0
Microalgas	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	4.1 \pm 0.6



	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

Navicula sp.

3.6±0.2

Este mismo comportamiento se observó cuando la abundancia se expresó en términos relativos (%) (figura 18). Los rotíferos representaron 31.9% de los microorganismos; mientras que anélidos y microalgas no mayores superaron el 3%.

La abundancia relativa (%) por especie con relación al número de ind/ml, de los conteos realizados a las muestras de floc, del inóculo utilizado para el manejo de la primera alimentación de las larvas de bocachico, se presenta en la figura 19. Las especies *Euchlanis sp* (26.3%) *Philodina sp* (18.3%) y *Lecane luna* (13.3%) del grupo rotíferos fueron las especies con mayor abundancia; mientras que las microalgas *Scenedesmus quadricauda* y *Navicula sp* representaron el 1% de los microorganismos, asociados a los macroagregados del floc establecido.

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

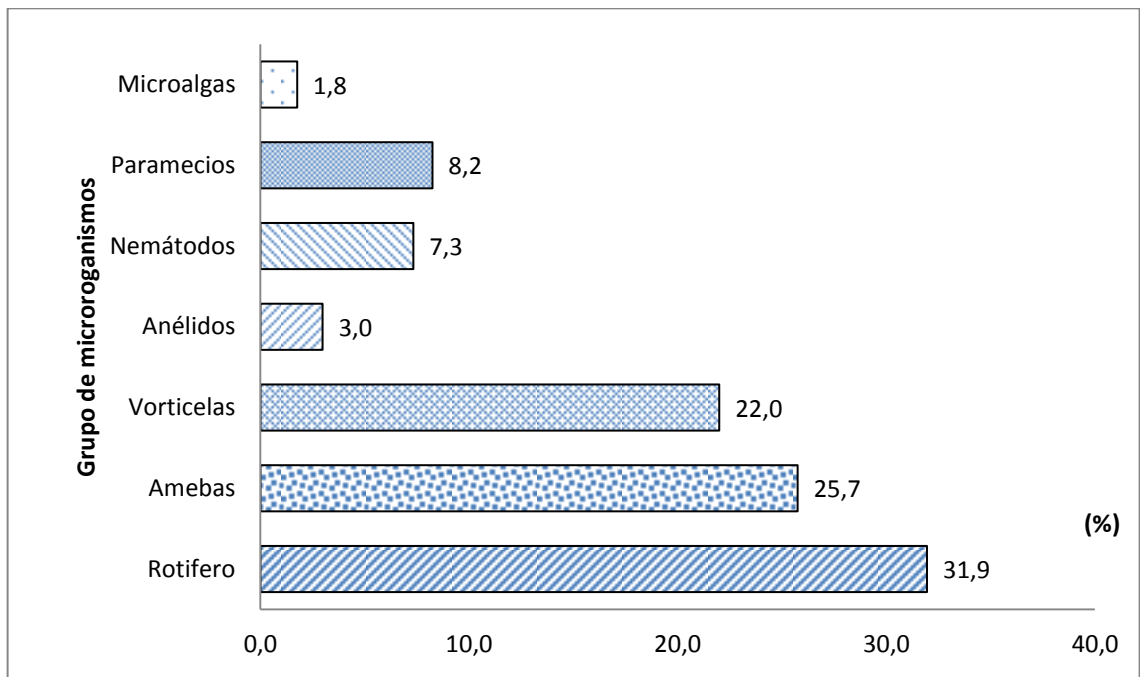


Figura 18. Abundancia relativa por grupo identificado asociados a los macroagregados en la estabilización del inóculo de floc.

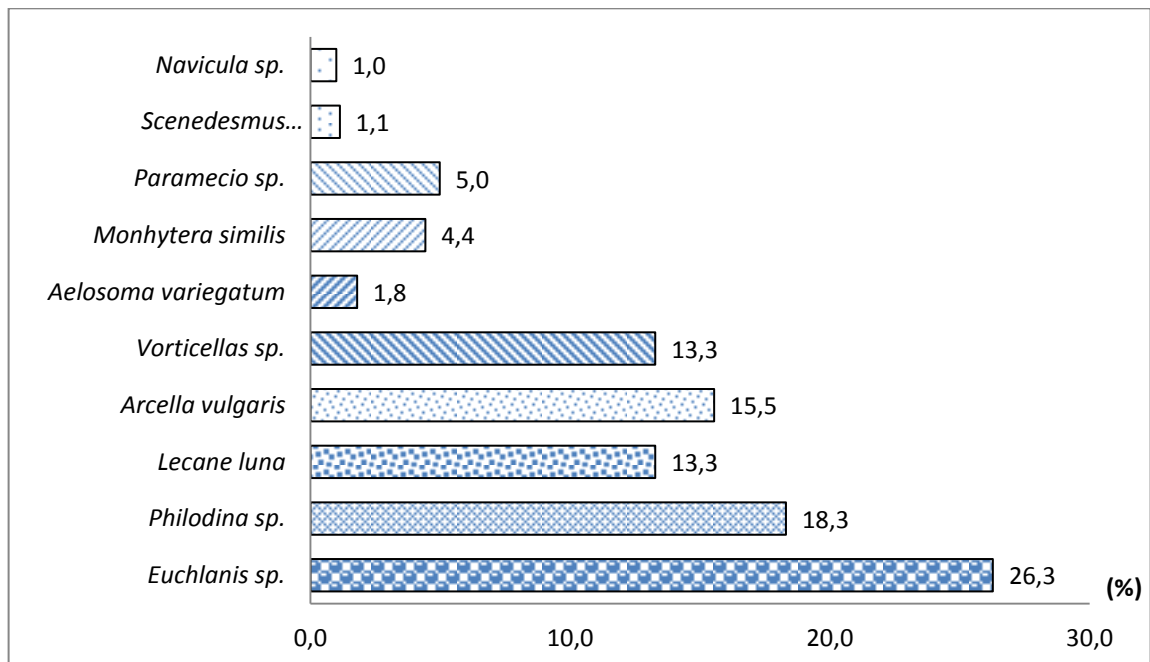
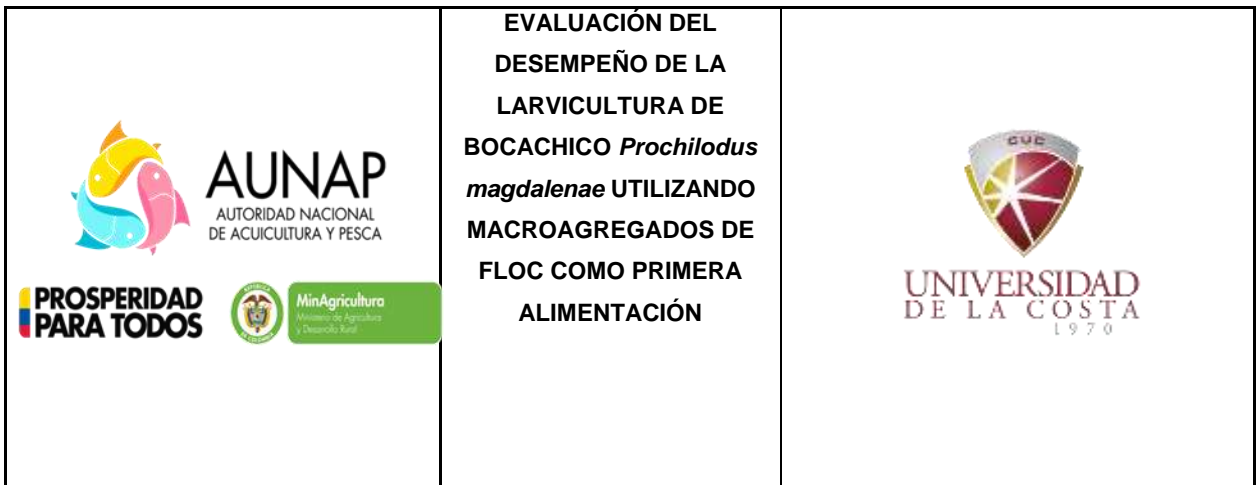


Figura 19. Abundancia relativa (%) de los microorganismos identificados en las comunidades planctónicas asociados a los macroagregados de floc.

6.4.2 Caracterización de las comunidades bacterianas asociadas a los macroagregados de floc. En la tabla 5, se muestran los grupos bacterianos aislados en el inóculo de floc establecido bajo las condiciones y con inóculo inicial de bacterias del fondo de los estanques de cultivo de la Estación Piscícola EPR, para el manejo de la primera alimentación de *P. magdalenae* con macroagregados de floc.



	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN	
---	---	---

Tabla 5. Grupos bacterianos aislados de muestra de inóculo de floc establecido bajo condiciones de cultivo de la EPR para la larvicultura de *P. magdalenae*.

Grupos Representativos	Aislados
<i>Bacillus sp.</i>	AN6; Presenta endosporas y catalasa positivo algo Característico de este género
<i>Bacilos Gram positivos no esporulados</i>	EMB4B. No Fermenta azucares AN5. Fermenta azucares
<i>Pseudomonas</i> <i>Bacilos Gram negativos no fermentadores</i>	CTR2: Color amarillo verdoso en Agar Cetrimide, oxidasa positivo, No fermentador de glucosa y presentan movilidad. Además los aislados agrupados en EMBC', MK3, SS1A, AN4A (que son bacilos Gram negativos no fermentadores).
<i>Enterobacterias</i>	SS1B, SS1C, AN4D; bacterias fermentadoras típicas.
<i>Salmonella</i>	MK3
<i>Mohos y Levaduras</i>	<i>Candida sp.</i> y un moho no determinado
<i>Lactobacilus</i>	No se encontraron presentes

En la tabla 6 se puede observar la población bacteriana cuantificada como UFC/ml, a pH de 8.3, en el inóculo de floc establecido bajo las condiciones y con inóculo inicial de bacterias del fondo de los estanques de cultivo de la estación piscícola EPR, para el manejo de la larvicultura de *P. magdalenae* con macroagregados de floc; en el cual *Bacillus sp* y bacterias heterotróficas, presentaron el mayor número de UFC, por tanto caracterizándose como grupos predominante en el inóculo establecido. En relación a su abundancia relativa, en la

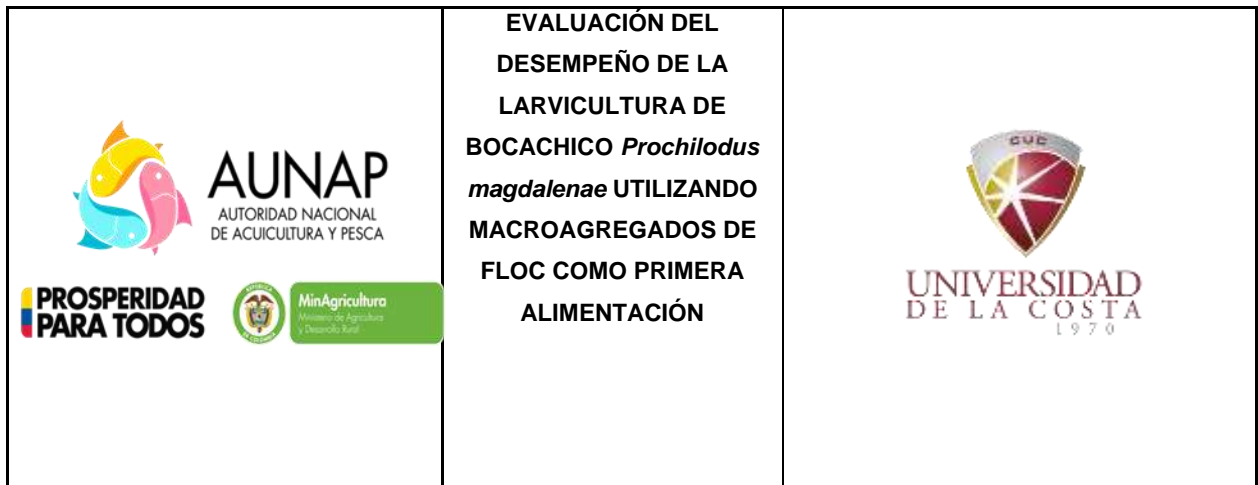


figura 20, se aprecia la incidencia de cada grupo aislado, con relación al número de UFC por grupo.

Tabla 6. Población de los diferentes grupos bacterianos identificados en muestra de inóculo de floc.

Grupo bacteriano	Método	Resultado
Heterótrofos totales	UFC en Agar Nutritivo	5x10 ⁶ UFC/ml
Enterobacterias totales	UFC en Agar MacConkey	2x10 ⁴ UFC/ml
Salmonella	UFC en Agar SS	2x10 ³ UFC/ml
<i>Pseudomonas</i>	UFC en Agar Cetrimide	30x10 ² UFC/ml
Lactobacilus	UFC en Agar MRS	No hubo crecimiento
<i>Bacillus sp.</i>	UFC en Agar Nutritivo	2x10 ⁶ UFC/ml
<i>Bacilos</i> Gram positivos no esporulados	UFC en Agar Nutritivo	2x10 ⁵ UFC/ml
Mohos y Levaduras	UFC en Agar Rosa de Bengala	3x10 ⁴ UFC/ml

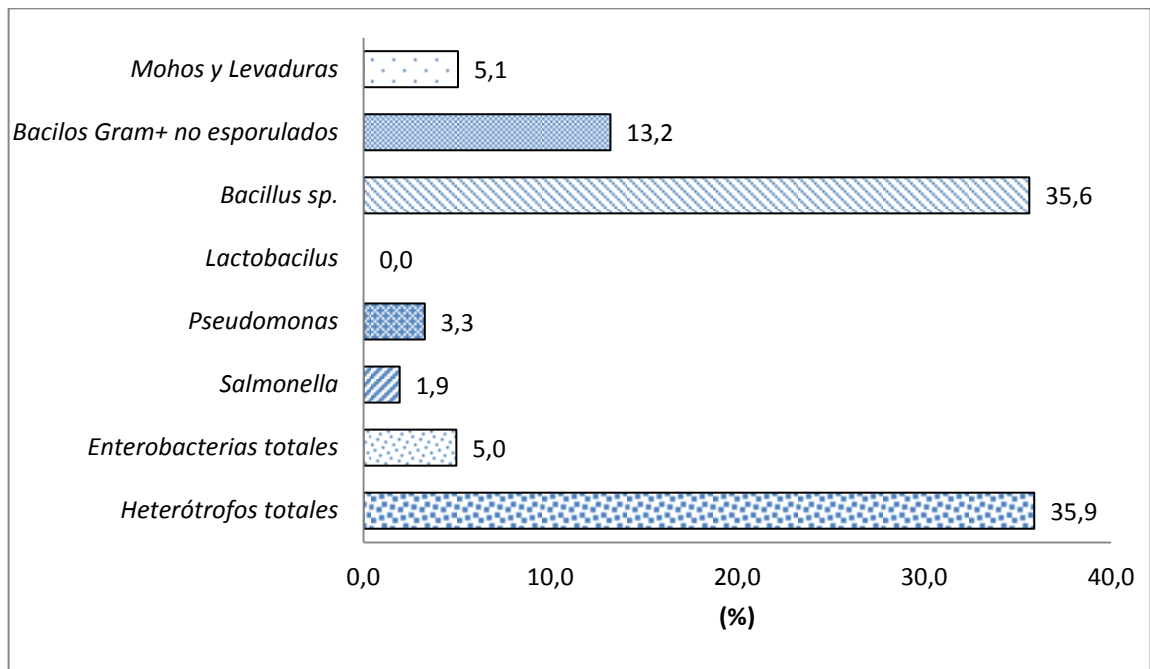
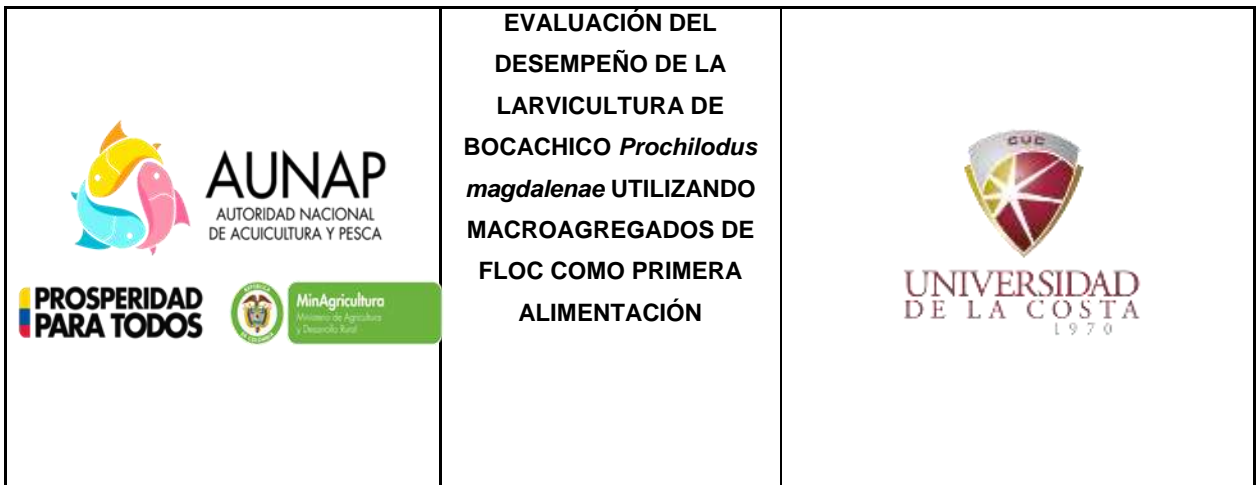




Figura 20. Abundancia relativa (%) por grupo bacteriano identificado en la estabilización del inóculo de floc.



7. DISCUSION

7. 1 CALIDAD DE AGUA

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

Los parámetros físico-químicos de calidad de agua registrados durante los ensayos para la evaluación del desempeño de la larvicultura de bocachico utilizando macroagregados de floc como primera alimentación, mostraron que el oxígeno disuelto (OD) en todos los tratamientos se mantuvo por encima de 6.0 mg/L, con porcentajes de saturación por encima de 80%, valores considerados adecuados, superando el valor promedio reportado por Kubitza (2011) de 70.5% en un cultivo comercial de tilapia en sistema biofloc. La aireación permanente ofrecida a los sistemas intensivos de producción, ayudó a mantener los sólidos en suspensión disminuyendo las posibilidades de formación de zonas de descomposición anaeróbicas (Poleo et al., 2011); además de mantener los niveles de oxígeno disuelto requeridos por los peces, microorganismos y bacterias, las cuales se encargan de la eliminación de los compuestos nitrogenados (Azim & Little, 2008). Así, los niveles registrados de OD y el porcentaje de saturación, además de establecer condiciones favorables para el desarrollo de las larvas, propició el mantenimiento de las condiciones mínimas para el manejo del sistema y la suspensión de sólidos totales.



La temperatura es la variable abiótica más importante que afecta el crecimiento de larvas y juveniles de peces ya que altera el tiempo de diferenciación de órganos y tejidos, inclusive, desde la fase de incubación (Asisi, 2002), y de igual manera interviene en los procesos biológicos de manejo sobre los compuestos básicos en la calidad de agua de cultivo tales como pH y compuestos nitrogenados (amonio,

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

nitrito y nitrato). Los valores de temperatura en promedio de 28°C para los distintos tratamientos evaluados, se encontró dentro de los rangos deseados para la larvicultura de la especie (Atencio-García et al., 2003) y para el mantenimiento de las comunidades bacterianas y de los microorganismos presentes en los macroagregados de floc (Lango, 2012). Esto sugiere que las condiciones de calidad de agua en relación a esta variable durante el periodo de ensayo no influyó en el desempeño del crecimiento de las larvas, y no presentó incidencia sobre los porcentajes de sobrevivencia y mortalidad obtenidos en el estudio.

Los valores de pH y dureza en el presente estudio se mantuvieron en el rango propuesto por Kubitzka (2011) para estos sistemas de cultivo (pH entre 7.0-8.5, dureza mayor o igual de 150 mg CaCO₃/L y alcalinidad mayor a 130 mg CaCO₃/L. Al respecto, Ebeling et al. (2006) indicaron que el nitrógeno absorbido en los procesos heterótrofos que pueden dominar en los sistemas biofloc, disminuyen los valores de alcalinidad durante la nitrificación. Por su parte, Kubitzka (2011), señaló que luego de la estabilización del sistema biofloc y el cultivo de los peces, se presenta un sensible crecimiento de la población bacteriana provocando aumento en la tasa respiratoria y la degradación de material orgánico en el sistema.



Esta situación eleva la concentración de gas carbónico en el sistema, que resulta en la disminución de la alcalinidad; sin embargo este proceso no se evidenció en los valores registrados de alcalinidad y dureza (compuestos carbonatados)

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

durante el presente estudio; debido en gran medida, a la adición constante de bicarbonato de sodio para el establecimiento del inóculo de floc bacteriano, a fin de mantener los niveles de pH, aportando en igual medida al manejo de los iones carbonatados en relación a la alcalinidad, variable que se mantuvo en valores promedios de 180.2 mg CaCO₃/L, lo que sugiere un sistema de floc estable, desde el punto de vista de los rangos mínimos para el manejo de las comunidades bacterianas y especies de cultivo, según lo señala Lango (2012).

Los valores promedio de los compuestos nitrogenados, no mayores a 0.1 mg/L de NH₃, y menores a 0.1 mg/L para nitritos (NO₂⁻) para los tratamientos con manejo de macroagregados de floc, permanecieron dentro de los rangos reportados por Kubitza (2011); esto sugiere la constante actividad y eficiencia de los microorganismos en el mantenimiento de la calidad de agua. En este sentido, Pei Zhao et al. (2012), afirmaron que estas variables aumentan con el porcentaje de proteína contenido en la dieta y la tasa de alimentación, esta situación fue observada en el tratamiento control (naúplios de artemia) del presente estudio, en donde se presentaron valores de 0.57 mg/L de NH₃ y 0.88 mg/L de NO₂⁻, como reflejo de los procesos de descomposición de los naúplios de artemia no consumida (materia orgánica) y sin microorganismos para su eficiente reciclaje.

Lo descrito permite inferir, que el establecimiento y acción de bacterias nitrificadoras que transforman amonio a nitrito y luego a nitrato (compuesto



	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

nitrogenado asimilable), en las unidades experimentales con manejo de macroagregados de floc y adición de fuentes de carbono (melaza) para su mantenimiento, permitió el mantenimiento de la calidad del agua dentro de los rangos estimados para el desarrollo de especie de cultivo y el mantenimiento del sistema, en dichas unidades experimentales.

7.2 CRECIMIENTO



El bocachico es una especie con potencialidad para la piscicultura colombiana, su desarrollo a gran escala dependerá, entre otras razones, de la disponibilidad de alevinos para su cultivo. Para su producción, se tienen en cuenta de manera relevante, el manejo de la fase larval (manejo de la primera alimentación), el sistema de producción, la sobrevivencia final y la calidad larval, a fin de obtener la mayor producción en la fase de alevinaje.

Las larvas de peces alimentadas con altas densidades de presas durante la larvicultura, disponen de mayor tasa de encuentro entre predador y presa y, consecuentemente, podrán tener mayor consumo del alimento. En este sentido, una mayor alimentación resulta en un mejor crecimiento y desarrollo, lo cual influye de manera directa, en la calidad de las larvas y en la sobrevivencia (Rabe & Brown, 2000).

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---



En el presente estudio, se observó el efecto directo del tamaño y disponibilidad de presa. El suministro de 5 nauplios/ml de artemia (T4), con tamaño aproximado de 350 μm ; contrasta con la alimentación disponible en los macroagregados de biofloc, en el cual el grupo más representativo fueron los rotíferos (69.7 rotíferos/ml), con tamaño aproximado de 205 μm . Esta diferencia de tamaño en las presas tuvo un efecto en el crecimiento en las larvas. En T4 las larvas presentaron mayor crecimiento en peso y longitud, porque el tamaño de la presa y la abundancia fueron adecuados para el manejo de la primera alimentación de las larvas de bocachico; mientras que la disponibilidad de presas en los macroagregados, principalmente rotíferos, fue mayor pero su tamaño resultó ineficiente (205 μm).

Las larvas seleccionan el alimento dependiendo de la abertura bucal para lograr una alimentación más eficiente con relación al tamaño de la presa, así diversos estudios han mostrado que el consumo de zooplancton de mayor tamaño ofrece mejores tasas de crecimiento y sobrevivencia (Atencio-Gracia et al., 2003b). Aun cuando en los macroagregados de floc, se encontraron organismos de mayor tamaño, estos no fueron suministrados, ya que el floc fue tamizado por una malla de 250 μm . Cabe resaltar que este procedimiento se realizó con el fin de suprimir cierto porcentaje de copépodos ciclopoideos (predadores) presentes en el inóculo, propiciado por contaminación indirecta del inóculo obtenido de los estanques de cultivo de la estación EPR.

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

En este sentido, varios estudios relacionan en igual grado de importancia, el tamaño de la presa suministrada como alimento. Los estudios que contrastan la disponibilidad de presas en un ambiente con las presas ingeridas por las larvas de peces, confirman que la característica del tamaño de la presa afecta fuertemente los patrones de selectividad por el alimento (Meng & Orsi, 1991; Kergelen, 2001; Atencio-García et al., 2003). El tamaño de la presa seleccionada por una larva está directamente relacionada a su abertura bucal. Para el bocachico al inicio de la alimentación exógena la abertura bucal máxima fue estimada en 671 ± 12.8 mm (Atencio-García et al., 2003a). Los nauplios de artemia presentan un tamaño promedio entre 350-500 μm , sugiriendo que su tamaño no es una limitante para su captura; en contraste, los microorganismos identificados en los macroagregados del floc (rotíferos $\sim 200\mu\text{m}$), que al presentar menor tamaño, pueden influenciar en su captura y aprovechamiento por las larvas de bocachico. Esto se relaciona directamente con el balance energético en la alimentación. Las larvas invierten energía para capturar la presa, esta inversión de energía en la captura es menor cuando sus presas son de mayor tamaño aunque capturen menor número de las mismas.



Al respecto, Atencio-García et al. (2003a), evaluando el manejo de la primera alimentación del bocachico, encontraron que las larvas alimentadas con las presas de mayor tamaño, nauplios de artemia y zooplancton entre 250-400 μm , fueron las que presentaron mayores Gp, GI y G comparadas con las alimentadas con la

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

presa de menor tamaño, zooplancton entre 12-160 μm . Estos resultados sugieren que en esta fase el bocachico es un predador visual, en razón del tamaño y pigmentación de sus ojos, lo que permite que presas de mayor tamaño faciliten su captura, produciendo una mayor eficiencia energética en el proceso de la captura e ingestión de la presa que las alimentadas con presas de menor tamaño y por tanto mejores indicadores de crecimiento.

En esta fase las larvas de peces dependen en gran medida de su capacidad visual para la orientación y reconocimiento del alimento (Blaxter 1968; Hunter 1980). Otras características de las presas que pueden influir en la selección son: morfología, palatabilidad, facilidad de manejo, digestión y abundancia, así como el futuro riesgo de predación (Reiriz et al., 1998).



Otro aspecto relevante es la frecuencia de alimentación, la cual ha de ser mayor en las primeras fases de vida, siendo común ofrecer zooplancton varias veces al día (Logato, 2000). La frecuencia de dos a cuatro raciones de alimento en el día es más que adecuada para incrementar significativamente la cantidad de alimento ingerido por las larvas y maximizar la tasa de crecimiento (Salles, 1998; Portela et al., 2000). En el presente estudio la frecuencia alimentaria fue de dos raciones/día, lo cual permite inferir que el manejo fue apropiado y no incidió negativamente sobre los resultados obtenidos. Se puede sugerir que el tamaño del floc suministrado es el factor dominante en su aprovechamiento por parte de las larvas de bocachico.

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

7.3 SOBREVIVENCIA Y RESISTENCIA AL ESTRÉS

El éxito del cultivo de peces y en general de la producción acuícola depende esencialmente de la comprensión de los sistemas de producción empleados y de las etapas de desarrollo de cada especie. Se puede afirmar que la fase de larvicultura es la etapa crucial en un sistema de producción de alevinos y, evidentemente, a medida que se avanza en su comprensión se desarrollan a la par tecnologías que son más eficientes y deben ser bien comprendidas antes de ofrecerse como alternativas de cultivo.

Los macroagregados de floc, basados en la gran variedad de microorganismos que lo conforman, presenta una alternativa de manejo para la fase larval de especies de cultivo acuícola, sin embargo su aplicación en esta área no es muy amplia. En el presente estudio, la menor sobrevivencia se presentó al emplear naúplios de artemia como alimento (T4) y cuando se alimentó con 1 mL de macroagregados por litro (T1); mientras que las mayor sobrevivencia se obtuvo cuando las larvas se alimentaron y 5 mL de macroagregados por litro (T3). Esto muestra la aplicabilidad de esta tecnología, para el manejo de la priemra alimentación de bocachico, bajo condiciones limitadas de calidad de agua, tal como se presenta en la EPR. Los resultados de sobrevivencias entre 60 y 70% cuando se utilizó macroagregados entre 2.5 (T2) y 5.0 ml/L (T3) se pueden

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---



considerar aceptables, considerando que los ensayos fueron realizados con larval obtenidas al final de la temporada reproductiva de bocachico.

La prueba de resistencia al estrés permite establecer la incidencia del alimento en calidad de la larva. El resultado en este estudio permite resaltar el perfil nutricional de la artemia. En las primeras fases de cultivo de muchas especies, la artemia representa el principal aporte proteico, en miras de obtener larvas nutricionalmente más viables y de mejor calidad.

Los datos obtenidos de sobrevivencia y resistencia al estrés para T3 (5 ml macroagregados/L), infieren por su parte, la posibilidad de establecer un ambiente de mayor *confort* para las larvas, dado el hecho que el aumento en la cantidad de sólidos disueltos, disminuye la entrada directa de luz y una mayor disponibilidad de presas, efecto que suponen mínimas condiciones de estrés; esta condición se asemeja a las características que ofrece los planos inundables, en donde de manera natural se alimentan y desarrollan las larvas de esta especie.

7.4 CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS DEL FLOC

Los resultados obtenidos al caracterizar e identificar los microorganismos asociados al floc generado para la evaluación del desempeño de la larvicultura de *P. magdalenae*, indican que este sistema de cultivo, es rico en microorganismos planctónicos de importancia biológica y nutricional, tales como rotíferos, amebas,



	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

vorticelas, nemátodos, anélidos, paramecios y microalgas que pueden ser utilizados por las larvas de bocachico para su alimentación.

Rotíferos fue el grupo más representativo seguido por las amebas y vorticelas que son grupos indicadores de buena calidad y estabilización del inóculo establecido y han sido reportados como los principales grupos consumidos por el bocachico en esta etapa de su ciclo de vida (Lamadrid & Arroyo, 2004).

Los resultados de la composición de los microorganismos de los macroagregados de floc coinciden con lo reportado por Monroy-Dosta et al. (2013) quienes encontraron en la composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia: bacterias, microalgas, ciliados, rotíferos y nematodos. Al respecto, Loureiro et al. (2012) indicaron que los rotíferos frecuentemente están asociados al biofloc, debido a que pueden fragmentar los flóculos y consumir las bacterias adheridas. Además, el mucílago producido por sus excreciones también ayuda a la formación de nuevos flóculos, tal como reportado por Pérez (2010).

En concordancia, los protistas son una de las principales comunidades de microorganismos implicadas en la eliminación de contaminantes, especialmente los producidos por compuestos nitrogenados, contribuyendo a la formación de bioagregados y flóculos (Arregui et al., 2007; 2008) y a la depredación de poblaciones de bacterias que pueden llegar a ser patógenas (Pérez-Uz et al., 2009).



	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

En el presente estudio fue identificada la ameba *Arcella vulgaris* en concentración superior a 50 individuos/ml), especie reportada y considerada componente de la comunidad biológica floculante, con afinidad para la eliminación de nitrógeno (Serrano et al. 2008).

Otro componente importante de la comunidad biológica floculante son los ciliados, los cuales son considerados un rico alimento natural de peces y camarones (Castro et al., 2004). En este estudio los ciliados estuvieron representados por *Vorticella* sp y *Paramecio* sp, principalmente. Al respecto, Monroy-Dosta et al. (2013), lograron identificar seis géneros de este grupo (*Paramecium*, *Stylonychia*, *Vorticella*, *Colpidium*, *Epistylis* y *Halteria*) en un cultivo de tilapia con sistema biofloc.

Por su parte, Ray et al. (2010b) afirmaron que si las condiciones ambientales son desfavorables, por ejemplo, oxígeno disuelto bajo y altos niveles de toxicidad, *Vorticella* sp., dejará sus tallos, por lo cual la presencia de tallos vacíos será un indicativo de condiciones inadecuadas en los sistemas de cultivo. En el presente estudio se destaca que la mayoría de las vorticelas identificadas presentaban tallo, por tanto se infiere la buena calidad del floc formado.



La diversidad y uniformidad de los microorganismos encontrados en los tratamientos durante el presente estudio en sistema biofloc, presentó valores en el rango de 2 bits/ind, indicando que en este tipo de sistemas la diversidad de especies es baja, mientras que su uniformidad o equitatividad es relativamente

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

alta. Índices bajos de diversidad indican la existencia de pocas especies en relación al total de individuos caracterizados en un sistema (Bravo-Nuñez, 1991), en relación para los sistemas de biofloc, esto puede estar influenciado cuando el sistema es establecido bajo áreas cerradas y con utilización de inóculos seleccionados.

La tecnología biofloc es una técnica que mejora la calidad del agua a través de una fuente externa de carbono o de contenido de este en el alimento. Esta absorción de nitrógeno promovido por el crecimiento bacteriano disminuye la concentración de amonio más rápidamente que la nitrificación. La inmovilización de amonio por bacterias heterotróficas se produce mucho más rápidamente, debido a que la tasa de crecimiento y producción de biomasa microbiana por unidad de sustrato heterótrofo, presenta un factor 10 veces mayor que el de las bacterias nitrificantes autotróficas (Hargreaves, 2006).

En el presente estudio, el conteo de UFC por comunidades bacterianas aisladas, mostró al grupo de bacterias heterotróficas (5×10^6 UFC/ml), como el más representativo, con abundancia relativa de 69%, por encima de los demás grupos bacterianos, denotando en igual medida la afinidad de estas bacterias en la transformación y/o reducción de compuestos nitrogenados como amonio y nitrito, lo que se refleja en los valores de calidad de agua obtenidos durante los días de ensayo, para dichas variables.



	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

Evaluando la composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia, Monroy-Dosta et al. (2013), reportaron el establecimiento, a la cuarta semana de cultivo, de bacterias de los géneros *Sphingomonas*, *Pseudomonas* y *Bacillus* y la levadura *Rhodotorula* sp., bacterias filamentosas como *Microthrix* sp., relacionada con la formación de flóculos y bacterias encargadas de la transformación del nitrógeno en el ambiente acuático como *Nitrospira* sp. y *Nitrobacter* sp. y *Bacillus* sp., de las cuales, *Pseudomonas*, *Bacillus* sp., fueron identificadas dentro de las comunidades en el inóculo de floc formado para este ensayo.

8. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio, permiten concluir que:



- Es posible establecer un protocolo de manejo en la larvicultura de bocachico usando macroagregados de floc en concentraciones de 5ml/L para el manejo de la primera alimentación, sin embargo se requiere ajustes en cuanto al suministro de alimento suplementario, a fin de obtener un mejor crecimiento de las larvas.
- El uso de macroagregados a concentraciones de 5ml/L permite mejorar las tasas de sobrevivencia y resistencia al estrés en larvicultura de bocachico, dada la posibilidad de establecer un ambiente de mayor confort y mínimas condiciones de estrés.

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---



- La calidad de agua presente en la Estación Piscícola EPR, permite el establecimiento de inóculo de floc bacteriano, con el florecimiento de microorganismos característicos de este tipo de sistemas, siendo los más representativos los grupos rotíferos, amebas y vorticelas, estos últimos indicadores de los procesos eficientes de descomposición de la materia orgánica.

9. BIBLIOGRAFIA



- Arregui L, Linares M, Pérez-Uz B, Guinea A, Serrano S. Involvement of crawling and attached ciliates in the aggregation of particles in wastewater treatment plants. *Air, Soil and Water Research*, 2008.
- Arregui L, Serrano S & Linares M. Ciliate contributions to bioaggregation: laboratory assays with axenic cultures of *Tetrahymena thermophila*. *International Microbiology*, 2007; 10:91–6.
- Assis J. Influência da temperatura de incubação sobre a morfologia e o crescimento do tecido muscular no pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Dilsertação (mestrado)*, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biología, Brasil, 2002.

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

- Atencio-García V, Kerguelén E, WadniparL, Narváez A. Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). Revista MVZ Córdoba, 2003; 8(1): 254-60.
- Atencio-García V, Zaniboni-Filho E, Pardo-Carrasco S, Arias-Castellanos A. Influência da primeira alimentação na larvicultura e alevinagem do yamú *Brycon siebenthalae* (Characidae). Acta Scientiarum. Animal Sciences. Maringá (Bra) 2003b; 25(1):61-72.
- Atencio-García V. Influencia da primeira alimentação na alevinagem do yamu *Brycon siebenthalae* (Eigenmann 19122) Florianópolis, Bras. Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidad Federal de Santa Catarina. 2000: 130.
- Avnimelech Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 2007; 264:140–47.
- Azim M, Littlea D. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 2008; 283(1-4):29-35.
- Barreto C, Mosquera B. Boletín Estadístico Pesquero Colombiano. Bogotá: 2001; INPA.
- Burford M, Thompson P, McIntosh P, Bauman R, Pearson D. Nutrient and microbial dynamics in highintensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 2004a; 219:393–411.
- Burford M, Thompson P, McIntosh P, Bauman R, Pearson D. The contribution of flocculated material to shrimp *Litopenaeus vannamei*, nutrition in a high-intensity, zeroexchange system. *Aquaculture*, 2004b; 232:525–537.
- Castro M, Castro B, Castro M. Protozoarios en: alimento vivo para organismos acuáticos. 2004; (129). AGT Editor, México
- Crab R, Defoirdt T, Bossier P, Verstraete W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 2012; (356–357):351–56.



	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

- Ebeling J, Timmons M, Bisogni J. Review of autotrophic and heterotrophic bacterial control of ammonia-nitrogen in zero-exchange production systems: stoichiometry and experimental verification, . *Aquaculture*, 2006; 257:346-58.
- Ekasari J, Crab R, Verstraete W. Primary nutritional content of Bio-flocs cultured with different organic carbon sources and salinity. *Journal of Biosciences*, 2010; 17(3):125-30.
- Emerenciano M, Gaxiola G, Cuzon G. Biofloc technology applied to shrimp broodstock. In: Avnimelech Y (ed). *Biofloc technology -a practical guide book*. 2012: 30-217
- Jiménez-Segura L. Ictioplancton y períodos reproductivos de los peces del río Magdalena medio. [Tesis de doctorado] [Medellín, (Colombia)]: Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, 2007: 256.
- Kubitza F. Criacao de tilapia em sistema com bioflocos sem renovacao de agua. *Panorama da Aqüicultura*, Brasil, 2011: 14-23.
- Mojica J, Álvarez-León R. *Prochilodus magdalenae*. En: Mojica J, Castellanos C, Usma S, y Álvarez- León R. (Eds.). *Libro rojo de especies dulce acuícolas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia, 2002: 91-6.
- Mojica J, Usma S, Álvarez-León R, Lasso C. (Eds). *Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia (2012)*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia, 2012: 320.
- Monroy-Dosta M, De Lara-Andrade R, Castro-Mejía J, Castro-Mejía G & Coelho-Emerenciano M. Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de biología marina y oceanografía*. 48(3): 2013; 511-520.
- Pérez, A. Aplicación y evaluación de un reactor de contactores biológicos rotativos (RBC o biodiscos), a escala de laboratorio como tratamiento de los lixiviados

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---



generados en el relleno sanitario de la Pradera. [Tesis de Maestría]. Universidad de Medellín. 2010; 59.

- Pérez-Uz B, Arregui L, Calvo P, Salvadó H, Fernández N, Rodríguez E, Zornoza A, Serrano S. Parámetros biológicos relacionados con la eliminación de nitrógeno en fangos activos. Análisis multivariante en el desarrollo de un índice biológico en estos sistemas. Asociación Científica Grupo Bioindicación de Sevilla. 2009; 1-6.
- Poleo G, Aranbarrio J, Mendoza L, Romero O. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Venezuela, 2011.
- Ray A, Lewis B, Browdy C, Leffler J. Suspended solids removal to improve shrimp *Litopenaeus vannamei*, production and an evaluation of a plant based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture*, 2010a; 299: 89–98.
- Ray A, Seaborn G, Leffler J, Wilde S, Lawson A, Browdy C. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture*, 2010b; 310, 130–38.
- Reiriz L, Nicieza A, Braña F. Prey selection by experienced and naive juvenile Atlantic salmon. *J. Fish Biol.*, 1998; 53: 100-14.
- Serrano, S., Arregui L., Perez-Uz B., Calvo P. y Guinea A. Comunidades protistas asociados a plantas con eliminación de nitrógeno. Asociación científica grupo bioindicación de Sevilla, 2008; 1-4.
- Sherr B, Sherr E. Marine microbes: an overview. En: Kirchman D. (ed) *Microbial Ecology of the Oceans*. Wiley-Liss, New York. 2000; 13-46.
- Wasielsky J, Atwood H, Stokes A, Browdy C. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 2006; 258:396–403.

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

A continuación se muestra el estado de avance, por cada resultado e indicador del proyecto

RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO						
Resultado		Tipo (parcial o final)	Objetivo(s) específico(s) asociado(s)	Impacto o importancia para objetivo(s) asociado(s): Alta, Media o Baja	Avance en el proyecto	Observaciones
N°	Nombre					
1	Montaje del sistema biofloc generador de macroagregados	Parcial	1, 4	Alta	100%	
2	Cualificación e identificación de las comunidades planctónicas asociadas a los macroagregados	Parcial	1, 4	Media	100%	

	<p>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO <i>Prochilodus magdalenae</i> UTILIZANDO MACROAGREGADOS DE FLOC COMO PRIMERA ALIMENTACIÓN</p>	
---	--	---

2	Protocolo de manejo de la primera alimentación del bocachico con macroagregados de biofloc.	Final	1, 2, 3	Alta	100%	
3	Ponencia en eventos	Final	1,2,3	Media	50%	En borrador para someter a congreso.
4	Artículo científico	Final	1,2,3	Alta	50%	En borrador para someter a revista científica