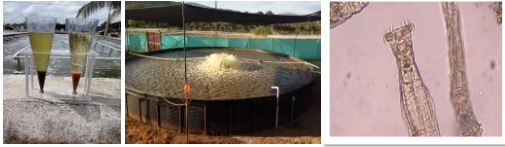




Universidad de Córdoba
Programa de Acuicultura
Centro de Investigación Piscícola-CINPIC



BIOFLOC: una alternativa para la acuicultura

Vicente Pertuz Buelvas

Grupo CINPIC
Abril, 2020



Tendencias de las tecnologías modernas de producción intensiva

- ✓ Altas densidades de cultivo (carga)
- ✓ Reducción del consumo de agua
- ✓ Reducción del espacio (suelo)
- ✓ Reducción de efluente (contaminación)
- ✓ Control de la calidad del agua



M.O.
≤ 4.0%

Cultivo super-intensivo en jaulas

Jaulas flotantes (Japón)

Jaulas flotantes (Huila-Colombia)

Jaulas flotantes Bajo Volumen (Brasil)

Cultivo intensivo con renovación de agua - RAS

Aireación



Panorama Acuicola (2004)

Renovación



Estanques abiertos (Tilapia, Honduras)



Superintensivo "sin recambio de agua" (RAS)

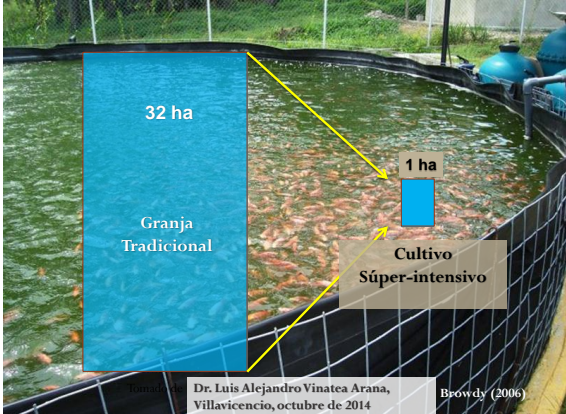


Cultivo súper intensivo

Cultivo tradicional

Tomado de: Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana, Villavicencio, octubre de 2014

Google earth



32 ha Granja Tradicional

1 ha Cultivo Súper-intensivo

Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana, Villavicencio, octubre de 2014

Browdy (2006)

Cultivo intensivo **sin** renovación de agua

(M. Emerenciano et al., 2012)

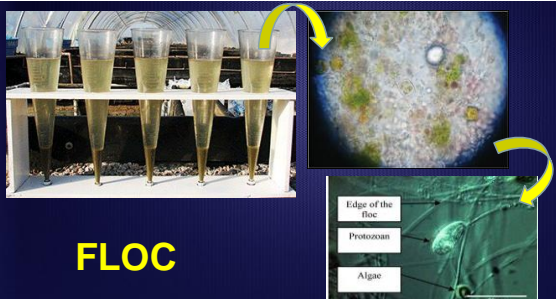
Se desarrolló por primera vez a principios de 1970 con diferentes especies de peces



Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana, Villavicencio, octubre de 2014

CAMARÓN: INDONESIA

FLOC



Edge of the floc

Protozoan

Algae

Los flocs microbianos consisten de una mezcla heterogénea de microorganismos formadores de flocs (ciliados, rotíferos, nematodos, microalgas y bacterias filamentosas), partículas, coloides, polímeros orgánicos, cationes y células muertas, que pueden alcanzar más de 1000 µm en tamaño (Ekasari et al., 2014).

SISTEMAS DE CULTIVO BIOFLOC

BFT

metazoaire (rotifère)
protozoaire 1 (vorticelle)
bactéries

Bacterias: Nitrificantes
Heterotróficas
Fotoautótrofos
Quimioheterótrofos

Aireación constante
Relación C:N
20:1

Mejor calidad del agua
Aumento de la densidad de cultivo



Enfoque sostenible del sistema

- **Crecimiento de microorganismos**
 - Renovación mínima o ninguna de agua.
 - Absorción de compuestos de nitrogenados de generación in situ y su transformación en proteína microbiana
 - Fuente de alimento por las especies en cultivo
 - Permitiendo la disminución de la relación en la conversión del alimento
 - Manejo de altas densidades de siembra (entre los 80 a 120 peces/m3) (Ray, 2010).

Ventajas del sistema BFT

- ↑ Transformación de compuestos nitrogenados
- ↑ Estabilidad de la calidad de agua
- ↑ Densidad de cultivo (carga, Kg/m³)
- ↓ Eutrofización
- ↓ Sedimentación
- ↓ Costos de producción
- ↓ Introducción de patógenos
- ↓ Espacio
- ↓ Escape de animales

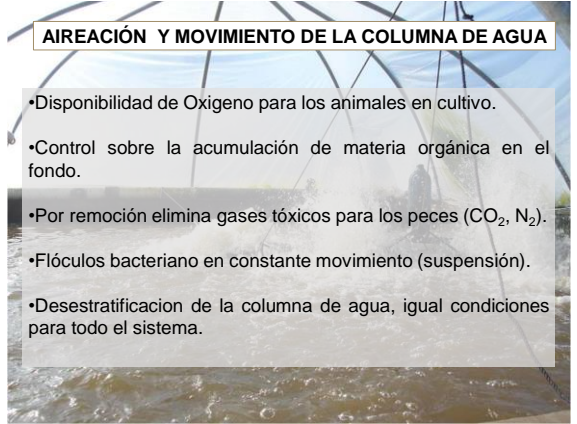
FUNDAMENTOS DE LA BFT

Gráfico de parámetros de calidad de agua vs. Tiempo (días): Amalida, Nitrito, Nitrato.

1. CALIDAD DE AGUA

Tabla 1. Parámetros de calidad de agua para la estabilización de inóculos de floc, en función de la comunidad bacteriana de sistemas BFT (Lango, 2012).

Parámetros de calidad de agua	Intervalo recomendado
Temperatura	25-30°C
Oxígeno disuelto	5.0-7.0 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)	< 1 mg/L
Nitrito (NO ₂)	<0.5mg/L
Nitrato (NO ₃)	< de 60mg/L
Solidos suspendidos totales (SST)	<30ml/L - <15ml/L



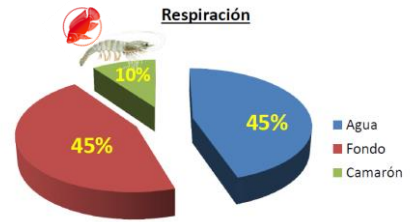
AIREACIÓN Y MOVIMIENTO DE LA COLUMNA DE AGUA

- Disponibilidad de Oxígeno para los animales en cultivo.
- Control sobre la acumulación de materia orgánica en el fondo.
- Por remoción elimina gases tóxicos para los peces (CO₂, N₂).
- Flóculos bacteriano en constante movimiento (suspensión).
- Desestratificación de la columna de agua, igual condiciones para todo el sistema.

AIREACIÓN ≠ OXIGENACIÓN

OXIGENACIÓN = Disolver el oxígeno puro dentro del agua.

AIREACIÓN = Disolver el oxígeno atmosférico mediante la turbulencia del agua.



Tipos de aireación



Como saber cual es el mejor????

Cálculos de Eficiencia y Transferencia de oxígeno al agua

NITRÓGENO

En el medio acuático, el nitrógeno puede ser encontrado en diferentes formas, entre otros:

Nitrógeno amoniacal total (NH₄+NH₃)

Ion amonio, forma ionizada (NH₄⁺)

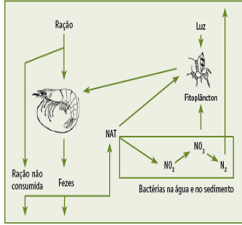
Amoníaco, forma no ionizada (NH₃)

Nitrito (NO₂)

Nitrato (NO₃)

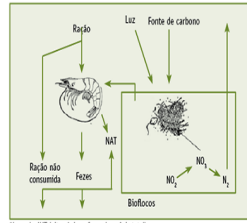


Figura 2 – Diagrama esquemático do ciclo dos principais compostos nitrogenados no sistema de cultivo convencional (Adaptado de Crab et al. 2007)



*Legenda: NH₃ (nitrogênio na forma de amônia total); NO₂ (nitrito); NO₃ (nitrato); N₂ (nitrogênio gasoso)

Figura 3 – Diagrama esquemático do ciclo dos principais compostos nitrogenados no sistema BF₁ (Adaptado de Crab et al. 2007)



*Legenda: NH₃ (nitrogênio na forma de amônia total); NO₂ (nitrito); NO₃ (nitrato); N₂ (nitrogênio gasoso)

Bacterias Autótrofas

El balance de las reacciones nos entrega, que para 1 gramo de amônio :

Consumo →		Producción →	
Alcalinidad	7,0 g	SSV	0,2 g
Oxígeno	4,2 g	CO ₂	5,9 g
		NO ₃	0,98 g

Bacterias Heterótrofas

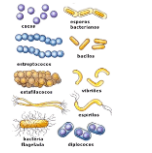
El balance de las reacciones nos entrega, que para 1 gramo de amônio :

Consumo →		Producción →	
Carbohidratos	15,2 g	SSV	8 g
Alcalinidad	3,6 g	CO ₂	9,7 g
Oxígeno	4,7 g		

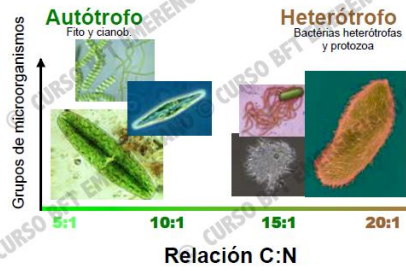
(Hargeaves 2006)

Manejar la C:N sirve para

Estimular Bacterias!!!!!!!



C:N e los Microorganismos Característica General



CULTIVOS EN BIOFLOC

Cual es la C:N que nos conviene?

20:1 15:1 10:1



Con carbonos (carbohidratos) para incentivar el secuestro de amonio vía formación de biomasa bacteriana

$6 \text{ g C} \times 1 \text{ g de amonio}$

Luego la melaza normalmente contiene 80% de C en base al 60% de MS. Así 1Kg de melaza contiene 480 g de C.

Por cada g de amonio necesito 12,5 g de melaza

$6 / (0,8 \times 0,6) = 6 / (0,48) = 12,5$



Relación Carbono: Nitrógeno en cuanto al contenido de proteína (PB%), en el alimento suministrado.

Contenido de proteína en alimento (PB%)	C:N
15	21.5:1
16	20.0:1
20	16.0:1
24	12.0:1
30	10.8:1
36	9.0:1
40	8.0:1

Cuánto amonio entra diariamente un tanque de cultivo

Un porcentaje muy alto (70%) del N que entra al sistema se convierte en amonio

De qué depende:

Materia Seca ! Digestibilidad !

$$N = \text{kg concentrado/día} \times \% \text{ PB} \times 15,5\% \times 88\% \times 70\%$$

Ejemplo. Calcular la cantidad de amonio que ingresa a un tanque de cultivo (100m³) que se le suministran 500 g de alimento concentrado del 45% PB por día.

$$\text{Amonia} = N = 0.5 \text{ kg} \times 0.45 \times 0.155 \times 0.88 \times 0.7 = 0.021 \text{ kg} = 21 \text{ g.}$$

Y la concentración?? 21000 mg N/ 100.000 L = 0.21 mgN/L

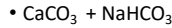
Porcentaje de amonio no ionizado en agua dulce a diferentes valores de pH y temperatura

Temperatura (°C)	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0	0.0083	0.0261	0.0826	0.261	0.820	2.55	7.64	20.7	45.3
1	0.0089	0.0284	0.0898	0.284	0.891	2.77	8.25	22.1	47.3
2	0.0097	0.0309	0.0977	0.308	0.968	3.00	8.90	23.6	49.4
3	0.0106	0.0336	0.106	0.335	1.05	3.25	9.60	25.1	51.5
4	0.0116	0.0364	0.115	0.363	1.14	3.51	10.3	26.7	53.6
5	0.0127	0.0395	0.125	0.394	1.23	3.80	11.1	28.3	55.6
6	0.0139	0.0429	0.135	0.427	1.34	4.11	11.9	30.0	57.6
7	0.0152	0.0467	0.147	0.462	1.45	4.44	12.8	31.7	59.5
8	0.0167	0.0507	0.160	0.500	1.57	4.79	13.8	33.5	61.4
9	0.0183	0.0550	0.174	0.541	1.70	5.16	14.9	35.4	63.3
10	0.0201	0.0600	0.189	0.585	1.84	5.55	16.1	37.4	65.2
11	0.0220	0.0658	0.205	0.633	1.99	5.96	17.4	39.5	67.2
12	0.0240	0.0724	0.222	0.684	2.13	6.44	17.9	40.8	68.5
13	0.0263	0.0793	0.239	0.738	2.30	6.92	19.0	42.6	70.2
14	0.0288	0.0865	0.257	0.794	2.48	7.43	20.2	44.5	71.7
15	0.0314	0.0941	0.275	0.853	2.67	7.97	21.5	46.4	73.3
16	0.0342	0.0993	0.294	0.915	2.87	8.54	22.8	48.3	74.7
17	0.0371	0.1051	0.317	0.980	3.08	9.14	24.1	50.2	76.1
18	0.0401	0.1088	0.342	1.07	3.31	9.78	25.5	52.0	77.4
19	0.0369	0.117	0.368	1.15	3.56	10.5	27.0	53.9	78.7
20	0.0397	0.125	0.396	1.24	3.82	11.2	28.4	55.7	79.9
21	0.0427	0.135	0.425	1.33	4.10	11.9	29.9	57.5	81.0
22	0.0459	0.145	0.457	1.43	4.39	12.7	31.5	59.2	82.1
23	0.0493	0.156	0.491	1.54	4.70	13.5	33.0	60.9	83.2
24	0.0530	0.167	0.527	1.65	5.03	14.4	34.6	62.8	84.1
25	0.0569	0.180	0.566	1.77	5.38	15.3	36.3	64.3	85.1
26	0.0610	0.193	0.607	1.89	5.75	16.2	37.8	65.9	85.9
27	0.0654	0.207	0.651	2.03	6.15	17.2	39.6	67.4	86.8
28	0.0701	0.221	0.697	2.17	6.56	18.2	41.2	68.9	87.5
29	0.0751	0.237	0.747	2.32	7.00	19.2	42.9	70.4	88.3
30	0.0805	0.254	0.799	2.48	7.46	20.3	44.6	71.8	89.0

Conforme aumenta el pH y la temperatura → El % de Amonio no ionizado aumenta!!!!

Alcalinidad

Suma de carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua de cultivo



El más importante de los parámetros cuando evitar las fluctuaciones diarias de pH se refiere.

Más alcalinidad ----- menor fluctuación de pH diario, menor influencia de fitoplancton, mayor actividad nitrificante bacteriana.



Formas de Manejar los Nitritos:

Como neutralizar el efecto?????

Aumentando los iones negativos en el agua como por ejemplo el ion Cloro (Cl-)

Manteniendo en 6 g Cl⁻ para cada g de NO₂

Dosis de sal (g/m³) =

$$6 \times (\text{NO}_2 \text{ mg/L}) \times (1.6 \text{ Factor de corrección de NaCl}) (\text{vol. m}^3)$$



¿Puedo aplicar la BFT en cualquier lugar (agua dulce, salada, lejos o cerca de la costa) ?



Baranoa, Atlántico.
Piscícola la Elena 22 a 25 kg/m³
Alcalinidad y Dureza Total > 300mg/L

PÍSCICOLA AAAL DE CÓRDOBA
(AGUAS NEGRAS, MONTERÍA)



Cultivo de Cachama blanca en BFT-RAS

- Unidades de cultivo: tanques de 100 m³
- Carga: 18-20 Kg/m³
- Producción: 1.800 – 2.000 Kg/tanque
- Fuente de agua subterránea (Alcalinidad total 130 mg/L) y superficial

PÍSCICOLATRIBEKA ACUÍCOLA
Ciénaga de Oro-Córdoba



Cultivo de Tilapia roja en BFT

- Unidades de cultivo: tanques de 125 m³
- Carga: 20 Kg/m³
- Producción: 2500 Kg/tanque
- Agua subterránea (70 a 80 mg/L Alcalinidad total)


COTORRA CÓRDOBA





2- MONITOREO DEL TOTAL DE SOLIDOS EN SUSPENSIÓN (TSS).

EVALUACIÓN DE TSS EN BFT.

- Conos Imhoff: se toma una muestra de 1L de agua del sistema y se deja decantar de 15 a 20 minutos.
- Para camarones el valor de TSS debe ser >15ml.
- Para peces el valor de TSS debe ser >25-30ml.
- La cantidad de TSS se puede apreciar por el grado de turbidez en el agua del sistema.



COSECHA DE BIOFLOC



Malo
> 15mL/L (camarón)
> 50mL/L (tilapia)

Bueno
10-15mL/L (camarón)
25-50mL/L (tilapia)

UMDI-Sisal

clarifier o sedimentadores
(Ray et al 2009)

Fotos: M. Emerenciano

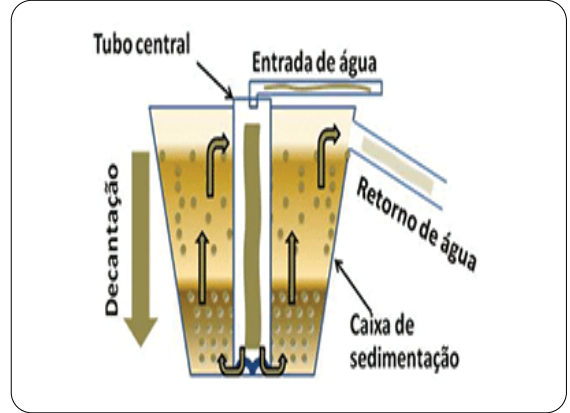



Figure 14.5: A settling chamber adjacent to a larger shrimp culture tank. Water is moved to the settling chamber using an air lift mechanism!




Pós Graduação em AQUICULTURA
 Universidade Federal do Rio Grande
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
 INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

EFETO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS NA QUALIDADE DA ÁGUA E NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA BFT.

Marcos Souza de Almeida
 Orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr.
 Co-orientador: Prof. Dr. Luis Henrique S. Poersch

Rio Grande - RS
 MARÇO, 2012

USO DE LA TECNOLOGIA BFT EN ACUICULTURA	
Avnimelech (2007)	Evaluó la asimilación de los bioflocs por parte de tilapias en cultivo.
Sierra et al. (2007)	Desempeño de tilapia nilótica y tilapia roja en diferentes sistemas intensivos en granjas utilizadas por el sector camaronero .
Azim y Littlea (2008)	Uso de BFT en los tanques de cultivo de tilapia del Nilo <i>Oreochromis niloticus</i> , con producción neta 45% mayor que tanques control
Martínez et al. (2009)	Levante y precría de camarones peneidos a altas densidades (hasta 6000/m2) utilizando biopelículas y flocos bacterianos como fuente primordial de alimentación
Crab et al. (2010)	Uso de los bioflocs como alimento para las postlarvas de camarón gigante de Malasia <i>Macrobrachium rosenbergii</i> estableciendo el bioflocs con acetato, glicerol+ Bacillus y glucosa
Kuhn et al. (2009) Kuhn et al. (2010)	Uso de los bioflocs (cultivados con efluentes del cultivo de tilapia) como ingrediente de la alimentación para <i>Litopenaeus vannamei</i>
Kubitza (2011)	Tilapias en sistemas de biofloc en condición experimental
Bauer et al. (2012)	Sustitución de harina de pescado por harina de floc en camarón blanco
Schweitzer et al. (2013)	Uso de sustratos artificiales para fijación de floc
Emercino (2013)	Identificación bacteriana de floc
Monroy-Dosta et al. (2013)	Caracterización de comunidades planctónicas asociadas
Ekazari et al. (2014)	Caracterización bromatología
Liang et al. (2014)	Biofloc como biorreactores: tratamiento de agua de cultivo
	Cultivo de especies: Cachama, Usó, Pirarucu






**FUENTES DE CARBONO ORGANICO:
RELACIÓN CARBONO:NITROGENO (C:N)**



Sustratos y fuentes de carbono en sistemas BFT




Fuentes de amonio Sustrato y fuentes de carbono (C) Inóculo de BN SISTEMA BFT



Relación para cálculo de sustratos y fuentes de carbono

Sustratos y fuentes de carbono	Relación
Cloruro de amonio	1g/100L de agua -(1mg/100L)
Bicarbonato de sodio	5g/200L de agua
Almidón de yuca	5g/150L de agua
Melaza inicial	3g/150 L de agua
Inoculo de bacterias BN	250ml/200L de agua

Estimar las cantidades a utilizar en base al volumen de agua del tanque de cultivo para preparación de Biofloc





Sustrato y fuentes de carbono (C)

Fuente de carbono: Melaza, azúcar, harina de trigo, harina de yuca, harina de arroz o de maíz

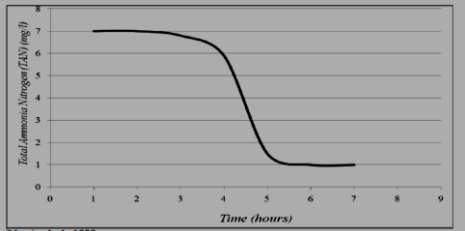
Medida por concentración de nitrógeno.

La melaza es un líquido denso y viscoso de color oscuro, producto final de la producción o refinación de la sacarosa procedente de la caña de azúcar. (Leeson y Summers, 2000).

Constituye un buen medio nutritivo para muchos microorganismos tales como, levaduras, hongos y bacterias, entre estas últimas bacterias con capacidad de asimilación y desdoblamiento de compuestos con cadena nitrogenadas (Ariza y González, 1997).


Actividad de producción de proteína bacteriana, utilizando fuentes de carbono como sustrato, y con evidencia de su necesidad de tomar nitrógeno liberado en el sistema.



Y-axis: Total Ammonia Nitrogen (TAN) (mg/l)
X-axis: Time (hours)

*Avnimelech, 1999.

Cambios en la concentración de TAN varía en un 2%/día, la adición de carbono en relación 20:1 regula la tasa de producción TAN y la efectividad de la actividad bacteriana (Avnimelech, 1999).



Relación C:N próxima a 20:1

- Fuente de carbono adicional
- Alimentación de los peces con ración conteniendo niveles bajos de proteínas.

Cuanto más proteína presente el alimento, mayor será el valor de nitrógeno en la ración, resultando una relación baja de C:N.

ración con 16% PB → relación 20:1 de C:N
36-40% PB → relación 8:1 de C:N

ADICIÓN DE FUENTES DE CARBONO A LOS SISTEMAS BFT

Formula propuesta por Kubitzka (2011).



a) Estimación de aporte de nitrógeno por compuestos tóxicos al sistema:

Amonio total (NH₃ +NH₄) → 78% N

Nitrito (NH₂) → 30%N

b)Relación carbono: nitrógeno (C:N) establecida por el alimento

16%PB → C:N=20:1

36-40%PB → C:N= 8:1

EJEMPLO: Calcular la cantidad de melaza a aplicar a un tanque de producción de levante de tilapia, de 600L en sistema de cultivo Biofloc, con valores iniciales de amonio total de 3mg/L y nitrito de 0.33 mg/L.

SOLUCIÓN:

1- Calcular el % de Nitrógeno que aportan al sistema los valores de amonio total y nitrito:

Amonio total: 3x78%= 2.34mgN/L

Nitrito: 0.33x30%=0.099mgN/L

2- Sumar y obtener el valor total de Nitrógeno (NT) en el sistema:

2.34+0.099=2.44 mgN/L

3- Se multiplica el valor NT, por el volumen de agua del tanque:

$2.44\text{mgN/L} \times 600\text{L} = 1464\text{mgN} = 1.46\text{gN}$

4- Se condiciona la cantidad de NT a la relación Carbono: Nitrógeno favorable para la comunidad bacteriana del Floc= 20:1/C:N, para conocer la cantidad de melaza a ser aplicada:


$1.46\text{g} \times 20 = 29.2\text{g}$ de melaza

15-20 g/m³

[DATOS BIOFLOC ensayo 1.xlsx - 'PRODUCCIÓN DE FLOC'K2](#)

En otros ejercicios, la relación carbono: nitrógeno en base la PB de la ración utilizada, así alimento con 36-40%, presenta una relación 8:1, el cociente de carbono no sería 20 sino 12, para estimar la relación 20:1

FACTORES QUE DETERMINAN LA FORMACIÓN Y ESTRUCTURA DEL BIOFLOC




1- AIREACIÓN Y MOVIMIENTO DE LA COLUMNA DE AGUA

- Disponibilidad de Oxígeno para los animales en cultivo.
- Control sobre la acumulación de materia orgánica en el fondo.
- Por remoción elimina gases tóxicos para los peces (CO₂, N₂).
- Flóculos bacteriano en constante movimiento (suspensión).
- Desestratificación de la columna de agua, igual condiciones para todo el sistema.

Aireación Sistemas Biofloc

Para camarones se recomienda de 28 a 32 HP/Ha

Para tilapia (Kubitza, 2001) Recomienda 1 HP por cada 133 m³



3 aireadores de
aspas de 1HP

6 propulsores de
aire de 1 HP

En total 9 HP
para 1200 m³



Aireadores de bombas verticales proporcionan una buena transferencia de oxígeno localizada.



Además del requisito para la aireación, la mezcla es también muy importante, ya que las partículas de flóculos debe permanecer en suspensión en la columna de agua.

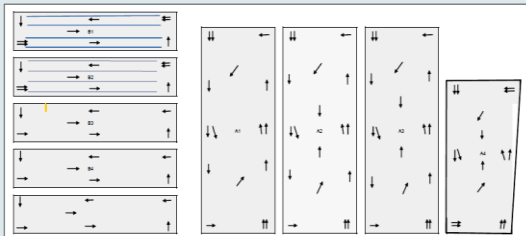


Aspirador de hélice-aireadores de bomba son dispositivos de mezcla muy buenas que son particularmente útiles para la desestratificación



Charles "Stash" Hertz photos
Installing 9000 feet of
air diffusion tubing.

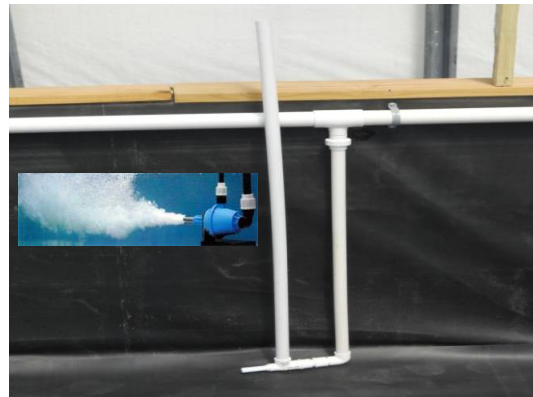
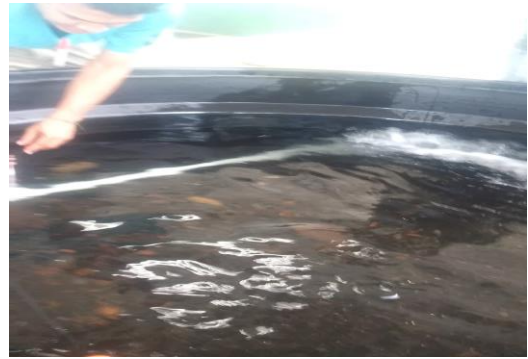
**Positions - Paddle wheel aerators
and air diffusers**



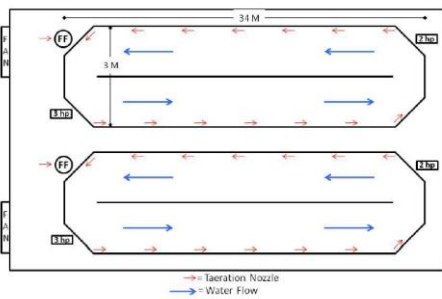
Aireadores de paletas y difusores de aire - fija para tener un movimiento circular del agua del estanque para concentrar biofloc en el centro de los estanques.



Sistema Ventury



New 100 m³ RWs at Texas AgriLif



Wall mounted TORNADO Aerator

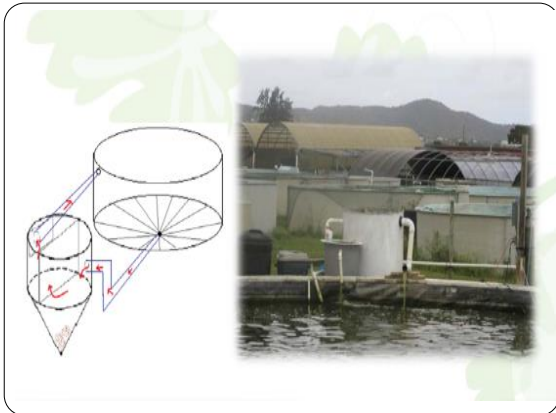


Engineered For Flexibility

TORNADO Aerator displayed mounted on floats



Extensive Applications



3. CALIDAD DE AGUA

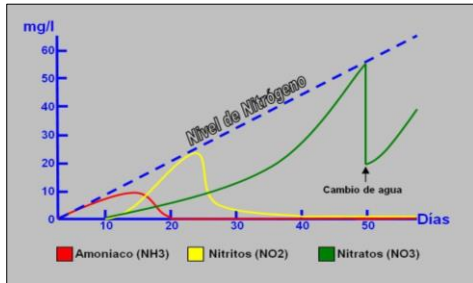
Tabla 1. Parámetros de calidad de agua para la estabilización de inóculos de floc, en función de la comunidad bacteriana de sistemas BFT (Lango, 2012).

Parámetros 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

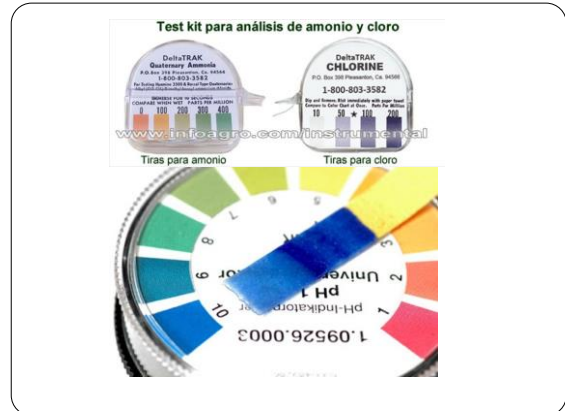
PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA EN LA ESTABILIZACIÓN Y COMPORTAMIENTO DE BFT



Dinámica de compuestos nitrogenados dentro del proceso de nitrificación en sistemas BFT.

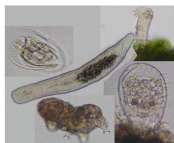
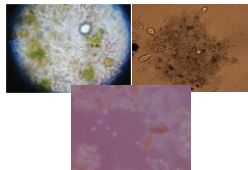


**Kits para calidad de agua
Equipos de Prueba Portátil**



4- PRESENCIA Y DESARROLLO DE COMUNIDADES PLANCTÓNICAS

Cambios en el régimen de alimentación, aireación (oxígeno disuelto), temperatura, pH, sólidos totales en suspensión (TSS), edad del floc, presencia de compuestos nitrogenados tóxicos y otros factores, crean un ambiente dinámico para el desarrollo y mantenimiento de ciertos organismos como indicadores de la calidad del floc.



El alimento (carga orgánica) regula el número de microorganismos así como su diversidad y especies, cuando otros factores no son limitantes. La abundancia y ocurrencia relativa de microorganismos a diferentes cargas de materia orgánica, pueden revelar por que algunos organismos están presentes en grandes números mientras otros están ausentes.

Principales grupos de microorganismos identificados en los macroagregados del floc a) partícula de floc; b) algas verdes, Chlorophytas; c) diatomeas y microorganismos ciliados; d) dinoflagelado; e) nematodo; f) rotífero. (Ray et al., 2010).

