

# “EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y AMBIENTAL DE UN CULTIVO INDUSTRIAL DE TILAPIA ROJA (Oreochromis spp) EN JAULAS FLOTANTES EN COLOMBIA”.

Jorge Enrique Córdoba Pena<sup>1</sup>  
José Jerry Landivar Zambrano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Acuacultor 2003

<sup>2</sup> Director de Informe Técnico, Acuacultor, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1989. Postgrado Canadá, Universidad de Québec, 1996. Profesor de ESPOL desde 1997.

## RESUMEN

En el periodo comprendido entre Noviembre 1996 a Diciembre de 2000 fueron sembradas jaulas flotantes de 2,7 m<sup>3</sup> de capacidad, en los Embalses de las Centrales Hidroeléctricas de Betania y Rioprado, ubicados en la cuenca alta del río Magdalena en la Republica de Colombia. Poblaciones Iniciales (PI) de 1500, 1050, 800 y 500 ejemplares de Tilapia Roja (Oreochromis spp) de peso promedio inicial de 8-12 gramos fueron sembradas y alimentadas por periodos de tiempo entre 70 y 280 días (10-40 semanas) al cabo de los cuales fueron cosechadas. Con una periodicidad mensual las jaulas fueron monitoreadas y los valores del Peso Promedio (Pn) y el Tiempo de Cultivo (Tn) fueron registrados.

Valores de Biomasa (Bn), Peso Promedio (PP), Porcentaje de Supervivencia (Svv), Velocidad de Crecimiento (VC) y Factor de Conversión Alimenticia (FCA), a cosecha fueron registrados.

Con la información recolectada en los muestreos se elaboraron Curvas de Tendencia de Crecimiento a lo largo del tiempo de cultivo para las distintas Poblaciones Iniciales. De igual manera con los datos obtenidos a cosecha se hicieron comparaciones para evaluar el efecto de la Población Inicial de Siembra sobre los resultados de Producción (Bn, PP, Sv, VC y FCA), así como el efecto de la variable Tiempo sobre los mismos en cada uno de los sitios de cultivo.

Los resultados mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para los valores de Biomasa, Peso Promedio y Velocidad de Crecimiento para las diferentes Poblaciones de Siembra. El comportamiento de la Biomasa a las mismas condiciones de Tiempo de Cultivo fué proporcional a la Población de Siembra. De igual manera la Biomasa se incrementó proporcionalmente en la medida que aumentó el tiempo de cultivo para todas las densidades de Siembra. El comportamiento del Peso Promedio fue inverso al de la Biomasa en relación con las Poblaciones Iniciales de siembra, sin embargo el Peso Promedio Final se incrementó de manera directa en relación con el tiempo aunque se pudo determinar una disminución en la ganancia de peso día (Velocidad de Crecimiento) en la medida que se incrementó el tiempo. El comportamiento de la Supervivencia y el Factor de Conversión Alimenticia para las diferentes densidades de

siembra fué atípico para tiempos iguales de cultivo. Una tendencia a la disminución de la Sobrevivencia y el incremento del Factor de Conversión Alimenticio se dio para las mayores densidades de Siembra.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo en Jaulas Flotantes ha sido desarrollado como una alternativa para la producción de organismos acuáticos, principalmente peces, en cuerpos de agua continentales (lagos, reservorios y grandes embalses, naturales o artificiales), zonas costeras marinas y aguas salobres (esteros) donde las técnicas de explotación acuícola practicadas en estanques y demás sitios de confinamiento tradicional de peces no son aplicables.

El cultivo en jaulas, donde los peces u otros organismos acuáticos son confinados por largos periodos de tiempo mientras incrementan su peso, es de origen relativamente reciente y se desarrolló independientemente en varios países, del Sudeste asiático (1).

En la actualidad existe una gran variedad en el tamaño y diseño de las jaulas usadas para el cultivo de peces así como en los materiales usados para su confección.

En Colombia el cultivo comercial de peces en jaulas dió sus primeros pasos con el cultivo de Mojarra Plateada (*Oreochromis niloticus*) en el embalse de Hidro-Prado en el Departamento del Tolima, sin embargo fué con la introducción de los híbridos de Tilapia de coloración roja y el establecimiento de explotaciones a nivel industrial en el embalse de la Central Hidroeléctrica de Betania en el Departamento del Huila, cuando esta alternativa de producción dió un paso en firme hacia su desarrollo y consolidación.

A partir de 1992 se han establecido alrededor de 8 empresas Industriales de producción de Tilapia Roja en jaulas, además de un gran numero de pequeños productores (producciones menores de 5 Tm.-mes<sup>-1</sup>). En la actualidad el cultivo de Tilapia en Jaulas aporta aproximadamente el 20 % de la producción de Tilapia del país que representa alrededor de 4000 Tm.año<sup>-1</sup> y se perfila como alternativa para la producción de peces para la exportación de filetes frescos al mercado internacional.

## CONTENIDO:

### Ubicación de los Proyectos.

Los programas de cultivo industrial de tilapia en jaulas flotantes se han desarrollado principalmente en los embalses de las centrales hidroeléctricas de Río Prado y la Central Hidroeléctrica de Betania, aunque también han sido utilizados reservorios de pequeño tamaño, los programas instalados en estos no son de gran envergadura por las limitaciones propias del tamaño del cuerpo de agua que los albergan.

El embalse de Prado, esta ubicado a 370 metros de altura sobre el nivel del mar (msnm), la represa terminó su llenado en 1968 embalsando las aguas de los ríos Cunday y Aco-Negro y las quebradas Yucupi y Tomogo. Es un embalse relativamente pequeño con márgenes muy pendientes y circundado por vertientes muy escarpadas (4). Con un área de 4.200 has en espejo de agua, opera entre la cota máxima de operación 362 msnm y

la mínima 348 msnm con un desembalse máximo de 14 mts. Tiene una profundidad máxima de 65 mts y media de 25.7 mts, alberga 1.080 Mm<sup>3</sup> de agua de los cuales 428 Mm<sup>3</sup> (41,6%) corresponden al volumen útil.

El embalse de Hidroprado esta situado al suroeste del departamento del Tolima, entre 3° 45' latitud Norte y los 74° 50' longitud Oeste; En la vertiente oriental del valle del río Magdalena

La Central Hidroeléctrica de Betania está ubicada en el Departamento del Huila, sobre la cuenca del Río Magdalena, a 35 Km de la ciudad de Neiva. El embalse de Betania, está localizado en el piso térmico cálido a 561 metros de altura sobre el nivel del mar (msnm). La presa principal y siete diques auxiliares forman el embalse de Betania, con un espejo de agua de 7400 has, que puede retener 1 974 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales 1020 millones de m<sup>3</sup> (51.7%) corresponden al embalse útil. La represa se llenó en junio de 1987, embalsando las aguas de los ríos Magdalena y Yaguará, con profundidades máximas de 98 m y profundidad media de 21 m. El embalse tiene como nivel máximo normal la cota 561 msnm., el desembalse máximo permisible es de 17 m, es decir hasta la cota 544 msnm. Las variaciones en el nivel del embalse se han dado entre 4 y 15 m de altura.

Para la instalación de los módulos de producción inicialmente se habían seleccionado bahías cerradas, protegidas de los vientos predominantes, pero con poco intercambio con la masa de agua del embalse; en la medida en que los programas se desarrollaron y los módulos crecieron los proyectos se fueron moviendo a aguas mas profundas y más abiertas donde la acción eólica favorecía el recambio de agua en las jaulas.

#### Producción de Juveniles:

Para la producción de larvas se sembraron 13.600 reproductores de tilapia roja en una relación de sexos de 3♀ por 1♂. El peso promedio de los reproductores fue de 400 gramos para los machos y 300 gramos para las hembras aproximadamente. Diez días contados a partir de la siembra de los reproductores se empezó la recolección de las larvas, utilizando una malla de ojo de 3 mm, con una frecuencia de recolección de dos veces por semana (Figura 3).

El promedio semanal de larvas recolectadas fue de  $656.467 \pm 188.270$  larvas viables para reversión sexual (< 14 mm de LT). La producción total acumulada para las 26 semanas fue de 17.068.145 larvas. Como índice de rendimiento de la producción de larva para reversión se consideró el número de larvas semanales colectadas por kilogramo de reproductor hembra, obteniéndose un índice de  $214,5 \text{ larvas.sem}^{-1}.\text{Kg.}^{-1}$ , el cual corresponde a un 25,6% y 113.7% de los valores calculados a partir de los resultados reportados por GREEN, B.W. et al. (2) y POPMA, J.T (3), respectivamente.

La larva cosechada fue sembrada en estanques de tierra de 600 m<sup>2</sup> para someterlos a tratamiento de reversión sexual. La población promedio inicial en los estanques fue de 200.000 ejemplares, los cuales fueron alimentados durante 30 días con alimento concentrado balanceado de 45% de proteína, al que se había incorporado hormona

masculinizante (17 $\alpha$ -metiltestosterona), suministrado en 4 raciones diarias. La sobrevivencia de los alevines a cosecha fué de 50% aproximadamente. Al finalizar el tratamiento de reversión sexual, los alevines fueron cosechados y sembrados en estanques de tierra durante 60 días hasta alcanzar una talla promedio de 8-12 gramos. La sobrevivencia de los juveniles a cosecha fue de 55% aproximadamente.

### Engorde en Jaulas

#### Siembras.

Durante el periodo Noviembre de 1996 - Diciembre de 2000 fueron sembradas Jaulas de Bajo Volumen (BVAD) de 2,7 m<sup>3</sup> de capacidad, con distintas poblaciones iniciales de juveniles de Tilapia Roja.

En el embalse de Hidroprado 1600 jaulas, distribuidas en tres módulos de producción (Bahía 400 Jaulas, Itaca 400 jaulas y Tolapia 800 jaulas), se sembraron poblaciones iniciales de 1500, 1050, 800 y 500 juveniles de Tilapia Roja con pesos promedio entre 8-15 gramos.

En el embalse de Betania se iniciaron siembras en Marzo de 1999 en 1000 jaulas BVAD con poblaciones iniciales de 800 y 1500 juveniles de Tilapia Roja.

#### Alimentación.

Durante periodos de tiempo que variaron entre 10-40 semanas fueron alimentados con alimento balanceado concentrado de 30% de proteína, suministrado en cuatro raciones al día. La cantidad de alimento ofrecido fué ajustada de acuerdo a la Tabla 1.

Tabla 9. Alimentación Diaria para Jaulas de Engorde de 2.7 m<sup>3</sup> sembradas con 500, 800 y 1500 Juv. de Tilapia Roja.

TIEMPO (DÍA)	RACIÓN DIARIA (KILOS)	TIEMPO (DÍA)	RACIÓN DIARIA (KILOS)	TIEMPO (DÍA)	RACIÓN DIARIA (KILOS)
	P =500		P=800		P=1500
0 - 15	0.5	0 - 3	1.0	0 - 12	1.0
16 - 35	1.0	4 - 11	1.5	13 - 26	2.0
36 - 55	1.5	12 - 23	2.0	27 - 35	2.5
56 - 70	2.0	24 - 41	2.5	36 - 45	3.0
71 - 90	2.5	42 - 69	3.0	46 - 55	3.5
91 - 120	3.0	70 - 87	3.5	56 - 65	4.0
		88 - 120	4.0	66 - 75	4.5
				76 - 85	5.0
				86 - 98	5.5
				99 - 110	6.0
				111 - 120	6.5

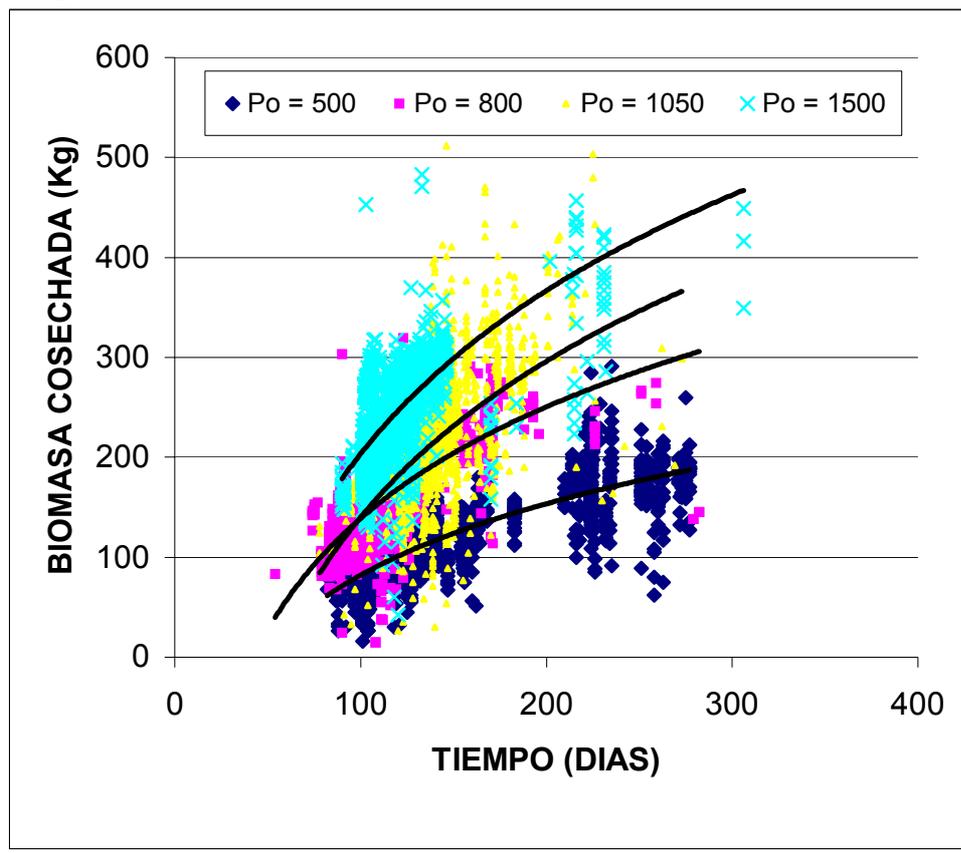
## RESULTADOS:

De los Registros de Cosecha se tomaron los datos correspondientes a SITIO, MODULO, POBLACIÓN DE SIEMBRA ( $P_o$ ), TIEMPO DE CULTIVO ( $T_n$ ), BIOMASA ( $B_n$ ), PESO PROMEDIO (PP), SOBREVIVENCIA (SVV), VELOCIDAD DE CRECIMIENTO (VC) Y FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA (FCA) y mediante un análisis de la varianza (ANOVA) de dos vías seguido de un análisis multivariado de medias (LSD), se evaluó el efecto de las variables Población Inicial (Densidad) y Tiempo sobre los resultados obtenidos en cada sitio de cultivo (Prado-Betania).

### Producción.

Los resultados de la producción de Tilapia en jaulas de bajo volumen sembradas a diferentes densidades en el embalse de Hidroprado pueden verse en la Figura 1.

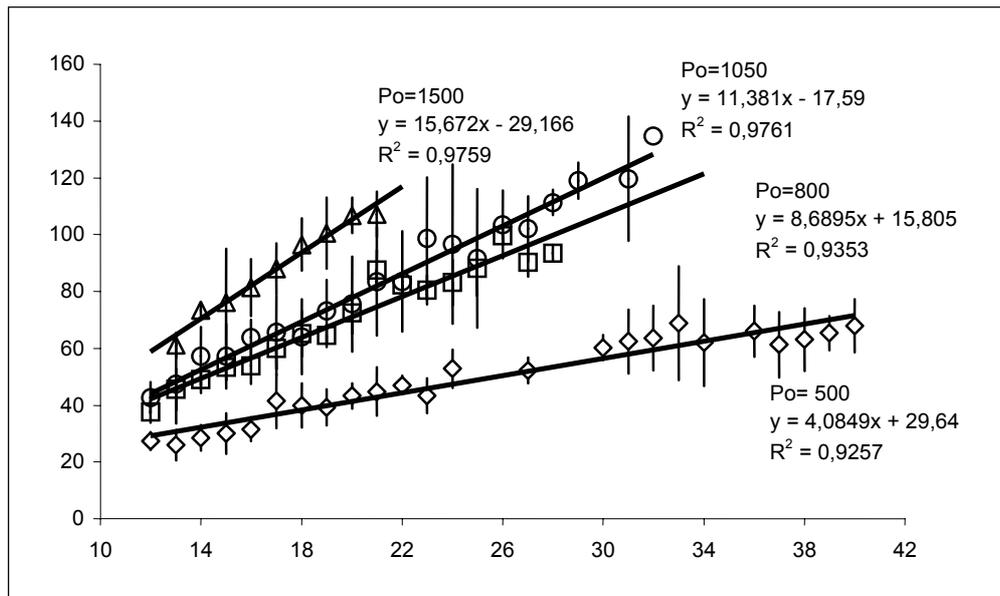
Figura 1. Biomasa a Cosecha con Siembras a Diferentes Densidades.



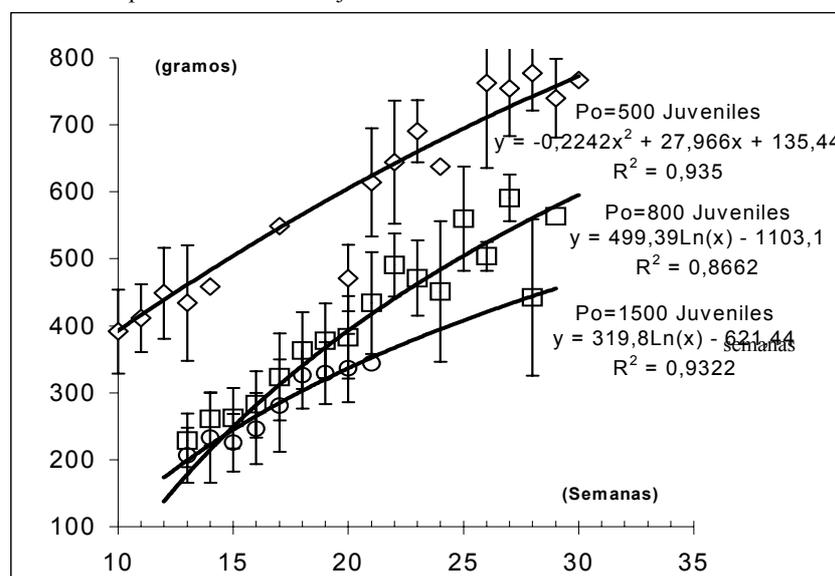
La Producción (Biomasa) fue proporcional a la Población de Siembra ( $P_o$ ) para tiempos iguales de engorde (120 días), siendo significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) para la densidad de 555 juveniles por metro cúbico ( $P_o = 1500$  Juveniles). La Biomasa fue directamente proporcional al tiempo de cultivo para todas las densidades evaluadas y fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) a medida que aumentó el tiempo y particularmente para la mayor de las densidades ( $P_o = 1500$ ).

La Figura 2 muestra la Biomasa Promedio a cosecha para distintos tiempos de cosecha (semanas), las barras representan la desviación típica para la media.

Figura 2. Promedio de Biomasa Cosechada a diferentes tiempos de Cultivo

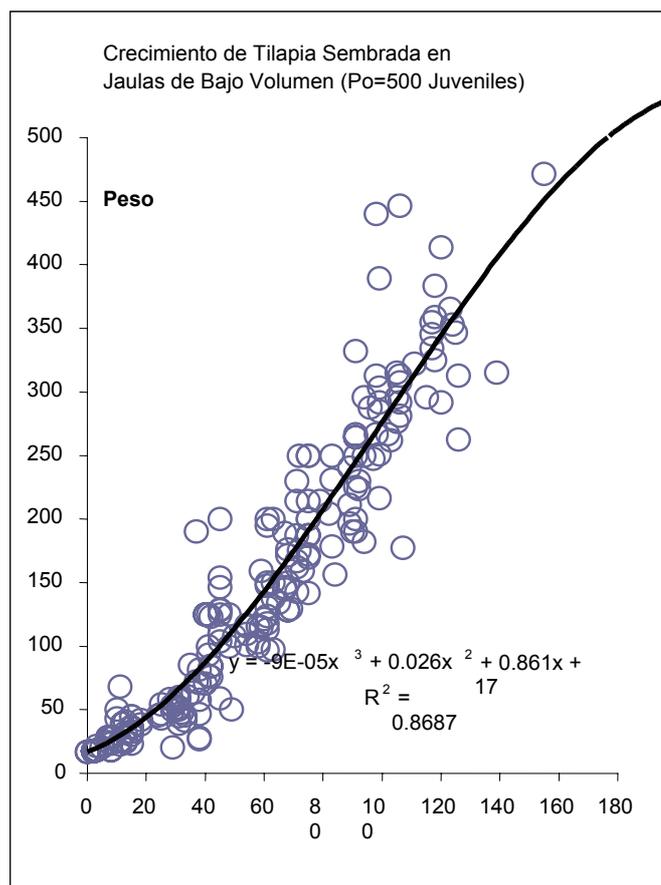


### Peso Promedio Final y Velocidad de Crecimiento



La talla promedio final en gramos para Tilapia sembrada a diferentes densidades en jaulas BVAD, se muestra en la Figura 3. Los pesos finales para las tilapias se incrementaron significativamente ( $p < 0,05$ ) de manera proporcional al tiempo de cultivo para todas las densidades de siembra (no se detuvo el crecimiento para ninguna de las densidades trabajadas), sin embargo la función de la tendencia no fue lineal, lo cual muestra que la ganancia media de peso, en gramos por semana, varió de manera inversa al tiempo de engorde, esto es que su tendencia fué a disminuir en la medida que el tiempo de cultivo se incrementó. Para condiciones de tiempo iguales, el Peso Promedio y la Velocidad de Crecimiento disminuyeron significativamente, a medida que se incrementó la Población inicial ( $p < 0,05$ ); en general al hacerse mayor la densidad de siembra disminuyó la talla final lo cual corresponde a una menor velocidad de crecimiento.

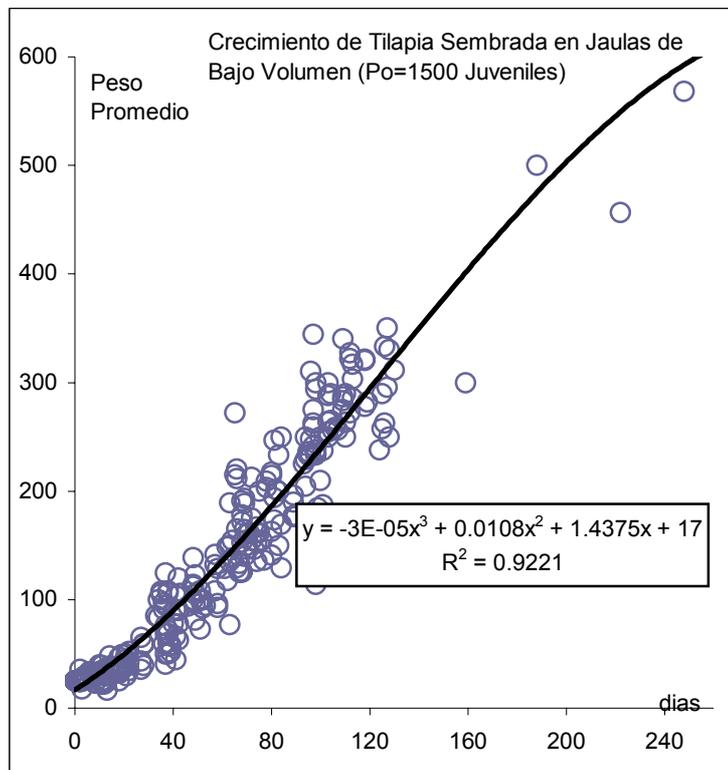
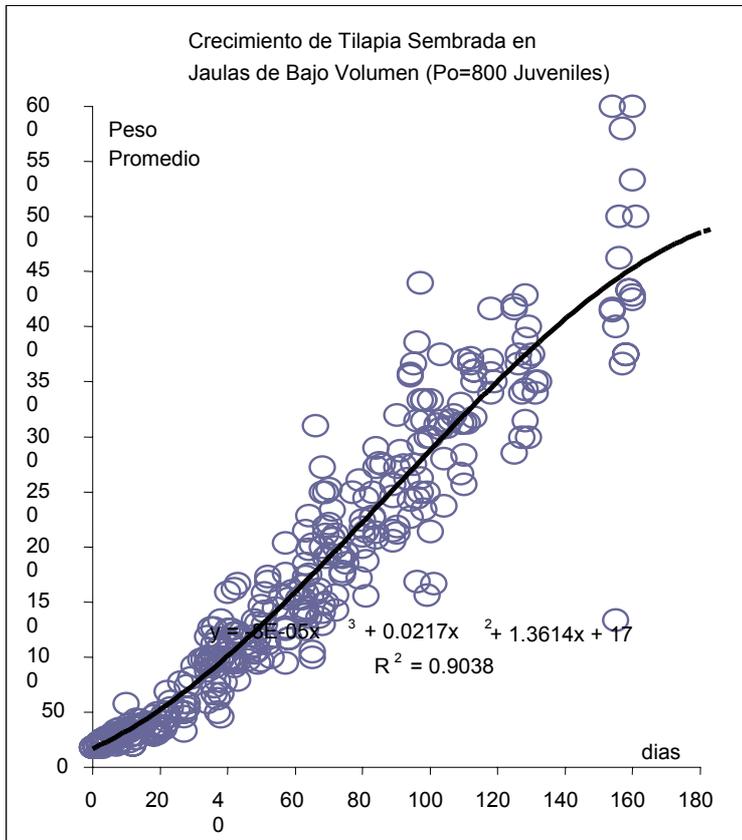
### Crecimiento.



El crecimiento de los peces fue monitoreado a lo largo del tiempo de cultivo. Mensualmente una de cada cinco jaulas seleccionadas al azar es monitoreada tomando una muestra de los peces, pesándolos y contándolos para calcular su peso promedio. Los datos colectados para las distintas densidades de siembra permitió estimar el comportamiento del crecimiento en función del tiempo y trazar curvas de tendencia para cada una de ellas:

En los Gráficos pueden observarse las curvas de tendencia de Crecimiento de Tilapia sembrada en Jaulas BVAD a 185 ejemplares.m<sup>-3</sup> (Po=500), de igual manera el seguimiento del crecimiento, ha permitido construir gráficos similares para las densidades de 295 ejemplares.m<sup>-3</sup> (Po=800) y 555

ejemplares.m<sup>-3</sup>. (Po=1.500).



### Supervivencia.

El comportamiento de la supervivencia a cosecha ha mostrado una gran variabilidad a lo largo del tiempo. Con una ligera tendencia al incremento en la mortalidad, los promedios de supervivencia a cosecha mostraron un comportamiento más o menos constante alrededor del 55 %. El alto valor de la mortalidad en el embalse de Prado frente a valores reportados para cultivo en jaulas flotantes, llevo al desarrollo de una investigación de las causas que estarían originando este problema (Pulido, 2000). En el desarrollo de este trabajo se pudo aislar *Streptococcus sp* que de acuerdo con los signos clínicos y los hallazgos macro y microscópicos observados es la causa de la mortalidad presentada. El comportamiento de la mortalidad a mostrado el carácter endémico del problema. Distintos autores han reportado la influencia que pueden ejercer sobre la forma de presentación de la enfermedad diversos factores de estrés, entre ellos el incremento de la temperatura, lo cual podría explicar la diferencia en las sobrevivencias obtenidas en

Prado y Betania El seguimiento de la mortalidad a lo largo del tiempo de cultivo muestran como la mortalidad es mayor en las primeras 4 semanas lo cual corresponde a lo reportado por Pulido, Ibíd. Atribuible al estrés al que son sometidos los animales por las labores de siembra por manipuleo, transporte y el cambio de las condiciones generales de cultivo.

Los resultados de los análisis de calidad de agua presentados por Pulido, al igual que otros estudios presentados sobre el embalse de Prado han mostrado valores dentro de los rangos aceptables para la explotación acuícola, sin que se den grandes variaciones de los mismos atribuibles a las diferentes épocas del año, ni al incremento de las cargas en las zonas de cultivo. Factores medio ambientales tales como precipitaciones, nubosidad y oleaje fueron evaluados, como factores de estrés, que pudieron incrementar la mortalidad en los cultivos, donde se destacó el oleaje como la característica con mayor frecuencia de presentación asociada a la mortalidad.

Aunque la tendencia de los distintos datos de producción mostraron tendencias similares a los obtenidos para Prado. Las producciones en jaulas de bajo volumen obtenidas en Betania muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la producción por jaula, así como en las tallas finales obtenidas. Las tallas obtenidas en Betania fueron menores que las de Prado para densidades y tiempo de engorde similares, la razón fundamental para esta menor densidad estaría en la menor temperatura promedio que se registra en Betania ( $24^{\circ}\text{C}$ ) la cual afecta la velocidad de crecimiento de los animales, frente al promedio de Prado ( $28^{\circ}\text{C}$ ), sin embargo la producción por unidad de volumen fue mayor en Betania en razón de la mejor sobrevivencia obtenida a cosecha. Los resultados mostraron una mayor producción, peso promedio y sobrevivencia en Betania, para densidades de siembra correspondientes a  $P_0=800$  juveniles y cosecha a 120 días, sin embargo no hubo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para la velocidad de crecimiento y el FCA fué mayor respecto a las jaulas cosechadas en las mismas condiciones en Prado. La situación fué diferente para la condición de  $P_0=1500$  juveniles y 150 días de cosecha donde los resultados de Biomasa, Peso Promedio, Sobrevivencia y Velocidad de Crecimiento fueron mejores ( $p < 0,05$ ) para Prado, sin que se dieran diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el FCA.

## REFERENCIAS

1. BEVERIDGE, M.C. *Cage Aquaculture*. Fishing News Books Ltda. Farmham, Surrey, England, 1987, 352 pp.
2. GREEN, B.W. *Desarrollo de Tecnologías de Acuicultura Semi-Intensiva en Honduras*. Centro Internacional para la Acuicultura y Medio Ambiente Acuáticos. Universidad de Auburn, Alabama, 2000, 48 pp

3. POPMA, J.T. *Producción de Alevinos para Cultivo Comercial de Tilapia*. III Seminario Internacional de Acuicultura. Universidad Nacional de Colombia, Junio 19-23. Bogotá, Colombia, 2001.
4. DIAZ, C. A. *Estudio Ecológico del Fitoplancton en el Embalse de Hidroprado – Tolima*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1989, .
5. PULIDO, Andrés. *Evaluación Clínica y Fisiopatologica de un caso de Streptococcosis en una Explotación de Tilapia Roja en la Represa de Hidro Prado- Tolima*. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Bogota, DC., 2000, 179 pp.