

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

“Evaluación Técnica Económica y Ambiental de un Cultivo de Tilapia Roja (Oreochromis spp) en Jaulas Flotantes en Colombia”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

ACUICULTOR

Presentado por:

JORGE ENRIQUE CORDOBA PEÑA

GUAYAQUIL – ECUADOR
2003

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este Informe y especialmente al MSc. José Jerry Landivar Director del Informe, por su tiempo e invaluable ayuda, a la PhD. Maria del Pilar Cornejo y a .a Sta. Yahira Piedrahita por su apreciable ayuda en la recta final del mismo.

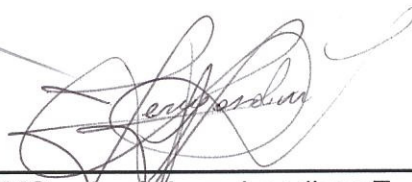
DEDICATORIA

**A “mija y los güipas” con
“todos los juguetes”.**

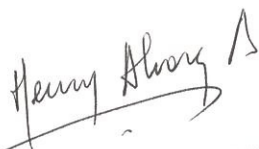
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



MSc. Ecuador Marcillo G.
PRESIDENTE



MSc. José Jerry Landivar Z.
DIRECTOR DE TESIS



Acuac. Henry Alvarez
VOCAL



Bgo. Marco Alvarez
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“ La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Informe Técnico, me corresponden exclusivamente; y , el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Jorge Enrique Córdoba Peña

RESUMEN

En el periodo comprendido entre Noviembre de 1996 y Diciembre de 2000 fueron sembradas jaulas flotantes de 2,7 m³ de capacidad , en los Embalse de las Centrales Hidroeléctricas de Betania y Río Prado, ubicados en la cuenca alta del río Magdalena en la Republica de Colombia. Poblaciones Iniciales (Po) de 1.500, 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 de Peso Promedio (PP) y Tiempo de Cultivo (Tn) fueron registrados.

Valores de Biomasa (Bn), Peso Promedio (PP), Porcentaje de Supervivencia (Sw), 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 para las distintas Poblaciones Iniciales. De igual manera con los datos obtenidos a cosecha se hicieron comparaciones para evaluar el efecto de la Población de Siembra sobre los resultados de producción (Bn, PP, Svv, VC y FCA), así como el efecto de la variable tiempo sobre los mismos en cada uno de los Embalses (Betania y Prado).

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. La Biomasa a las mismas condiciones de tiempo de cultivo fue proporcional a la Población de Siembra. De igual manera la Biomasa se incremento proporcionalmente en la medida que aumento el tiempo de cultivo para todas las densidades de siembra.

El Peso Promedio fue inversamente proporcional en el tiempo a las Poblaciones Iniciales. Aunque los pesos promedios a cosecha se incrementaron de manera directa en relación al tiempo se pudo observar una disminución en la ganancia media de peso día (Velocidad de Crecimiento) en la medida que se incremento el tiempo.

El comportamiento de la Sobrevivencia y el Factor de Conversión Alimenticia para las diferentes densidades de siembra fue atípico para tiempos iguales de

cultivo. Una tendencia a la disminución de la Supervivencia y el incremento del Factor de Conversión Alimenticia se dio para las mayores densidades de siembra.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	IX
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE TABLAS	XI
INDICE DE MAPAS	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	
1. EL CULTIVO EN JAULAS	3
1.1. Orígenes y Principios	3
1.2. Generalidades	5
1.3. Criterios para la selección del sitio de cultivo	11
CAPITULO 2	
2. EL CULTIVO DE TILAPIA ROJA EN JAULAS FLOTANTES.	14

2.1.	Generalidades de la Especie.	14
2.2.	Ubicación de los Proyectos.	16
2.3.	Materiales y Diseño de las Jaulas Flotantes.	23
2.4.	Modelo de Producción.	26

CAPITULO 3

3.	INVERSIONES.	34
3.1.	Estudios Preliminares y Gastos de Instalación.	34
3.2.	Inversión en Infraestructura.	38
3.3.	Capital de Operación.	40

CAPITULO 4

4.	PRODUCCIÓN. EVALUACIÓN TÉCNICA.	55
4.1.	Producción de Juveniles.	55
4.2.	Engorde en Jaulas.	59
4.3.	Cosecha y Procesamiento.	79

CAPITULO 5

5.	EVALUACIÓN ECONOMICA.	93
5.1.	Costos de Producción.	93
5.2.	Gastos de Venta.	99
5.3.	Mercadeo.	100

CAPITULO 6

6. EVALUACIÓN DE POTENCIALES EFECTOS SOBRE EL MEDIO

AMBIENTE.106

6.1. Enriquecimiento Béntico.109

6.2. Eutrofización.112

6.3. Efectos sobre las Poblaciones Nativas de Peces.124

6.4. Estrategias de Mitigación.126

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.129

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.....	57
Figura 2	58
Figura 3	65
Figura 4	67
Figura 5	69
Figura 6	71
Figura 7	72
Figura 8	73
Figura 9	75
Figura 10	76
Figura 11.....	85
Figura 12.....	95
Figura 13	96
Figura 14	97
Figura 15	101
Figura 16	102

Figura 17	103
Figura 18	104
Figura 19	111
Figura 20	119

INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1	39
Tabla 2	42
Tabla 3	47
Tabla 4	48
Tabla 5	51
Tabla 6	52
Tabla 7	53
Tabla 8	54
Tabla 9	61
Tabla 10	62
Tabla 11	63
Tabla 12	64
Tabla 13	92
Tabla 14	94
Tabla 15	98
Tabla 16	99
Tabla 17	100

Tabla 18	117
Tabla 19	121

INDICE DE MAPAS

	Pag.
Mapa 1	18
Mapa 2	22

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 uso de jaulas tiene su origen probablemente en la necesidad de los pescadores de mantener y trasladar frescos los peces capturados a los sitios de mercadeo. Los primeros tipos de jaulas aparecieron como modificaciones de las trampas de pesca usadas por los pescadores y han sido usadas tradicionalmente en muchas partes del mundo (1).

El verdadero 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 desarrollo 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 dio sus primeros pasos con el cultivo de Mojarra Plateada (Oreochromis niloticus) en el embalse de Hidro-Prado en el Departamento del Tolima, sin embargo fue 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 dio un paso en firme así 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 número de pequeños productores (producciones menores de 5 Tm.-mes⁻¹). 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⁻¹ y se perfila como alternativa para la producción de peces para la exportación de filetes frescos al mercado internacional.

CAPITULO 1

1. EL CULTIVO EN JAULAS.

1.1 Orígenes y Principios.

Los organismos acuáticos son cultivados comercialmente en cuatro sistemas básicos:

- Estanques
- Canales
- Tanques
- Jaulas

En las Jaulas los organismos son encerrados en canastas a través de las cuales fluye el agua libremente entre el interior y el medio (7).

El origen de las jaulas no es muy preciso, probablemente se originaron como una modificación de las trampas de captura de los pescadores, ante la necesidad de mantener vivos los animales para llevarlos a los sitios de mercadeo. El verdadero cultivo en Jaulas, donde los organismos acuáticos son mantenidos por largos periodos de tiempo mientras incrementan su peso, tuvo su origen en el sudeste asiático a finales del siglo XIX. (1),(7).

Las primeras jaulas se caracterizaron por el uso de materiales naturales en su construcción y el uso de alimento natural, trozos de pescado y residuos de comida, para el levante de los animales.

El punto de partida para los cultivos modernos en jaulas se dio probablemente en los años 50's con el cultivo de Seriola quinqueradiata, "Yellowtail", "Aleta amarilla", en Japón, al incorporar materiales sintéticos en la elaboración de las jaulas. En Noruega a comienzo de los 60's y en Escocia alrededor de 1965 las jaulas empezaron a usarse en el cultivo de Salmón del Atlántico (Salmo solar). Los primeros trabajos con Tilapia se hicieron a finales de los 60's como investigación en la Universidad de Auburn (Schmittou, 1969) citado por Beveridge (1). El desarrollo de los cultivos

modernos en Jaulas es un fenómeno de los 70's y 80's convirtiéndose en una alternativa para la utilización de los recursos acuáticos existentes.

1.2 Generalidades

Desde sus orígenes, el cultivo en jaulas a tenido gran desarrollo, hoy existe una gran variedad de aplicaciones y diseños. De acuerdo con el sistema de clasificación desarrollado por Kerr et al. 1980, citado por Beveridge (1), podemos agrupar las jaulas en cuatro categorías: Fijas, Flotantes, Sumergibles y Sumergidas.

En las jaulas fijas, el saco de malla es soportado por postes anclados al fondo del estero, lago o río. Este sistema es muy utilizado en países tropicales asiáticos (Filipinas, Vietnam) y esta restringido por su diseño a zonas de baja profundidad con sustratos viables. Guadúa o bambú son comúnmente usados como soportes los cuales son instalados a intervalos regulares (1-2 m) para evitar deformaciones en la malla y deben anclarse suficientemente para soportar el movimiento del agua.

Las jaulas flotantes son las más utilizadas y pueden ser diseñadas en gran variedad de formas y tamaños de acuerdo a la necesidad del productor. En las jaulas flotantes el saco contenedor está soportado por un collar boyante, el cual puede ser ancho o angosto.

Las jaulas de bajo volumen usan normalmente collares angostos, mientras que las jaulas de mayor tamaño utilizan collares anchos los cuales son utilizados como plataformas de trabajo.

Las jaulas de bajo volumen son más productivas por unidad de volumen debido a un más eficiente intercambio de agua, sin embargo su costo por unidad de volumen construido es más alto y requieren mayor labor para alimentación y manejo, que las jaulas de mayor volumen. Las jaulas grandes o de mayor volumen (mayores a 5 m³) son mejores desde el punto de vista económico cuando el flujo de agua mejora el intercambio (18).

Las Jaulas sumergidas y las sumergibles son menos utilizadas que las anteriormente descritas. Las jaulas sumergibles pueden estar suspendidas de boyas superficiales o contar con una estructura de boyantes variable, su diseño se debe a las condiciones climáticas

difíciles de las aguas donde son instaladas y la posibilidad de regular la profundidad permite sortear las dificultades del sitio de cultivo. Su utilización esta limitada por el nivel de tecnología necesario para el montaje y las dificultades para el manejo y operación.

Según las densidades de manejo los cultivos en jaulas pueden ser: Extensivos, Semi-Intensivos e Intensivos.

En los cultivos extensivos los peces se alimentan de alimento natural, plancton, detritus y organismos llevados por la corriente. Se practica en aguas continentales en lagos y reservorios altamente productivos o cuerpos de agua que reciben cantidades considerables de aguas servidas y desechos domésticos. Para este tipo de cultivos se utilizan especies Planctofagas, Detritofagas y Omnívoras. Cultivos de este tipo han sido desarrollados en zonas rurales deprimidas por la pobreza en programas de acuicultura de pequeña escala en países como Vietnam, Bangladesh, etc. Especies como Tilapia, carpas chinas, bagres y camarón de agua dulce han sido cultivados con destino al auto-consumo, buscando hacer de este tipo de desarrollo una alternativa sostenible como herramienta para mitigar la pobreza en las comunidades marginales de los países del tercer mundo (5).

El uso de alimento de baja proteína (< 10%) como suplemento a la productividad natural y especies de los niveles inferiores de la cadena trófica como Tilapia y carpas chinas, caracterizan los cultivos Semi-Intensivos en jaulas. Trabajos desarrollados con carpas en jaulas en sistemas semi-intensivos se han reportado con rendimientos de 13,5 Kg.m⁻³.año⁻¹ (FAO, 1983, citado por Beveridge, (1)).

En los cultivos intensivos los organismos cultivados dependen del alimento suministrado, el cual debe satisfacer los requerimientos de la especie. Se utiliza alimento de alta proteína (> 20%), usualmente basado en harina de pescado. Producciones de 50-300 Kg.m⁻³.año⁻¹ han sido obtenidas en este sistema de cultivo (17). La producción intensiva en jaulas es el método mas utilizado en la producción industrial de peces en ambientes dulce acuícola y marinos.

Muchas especies de peces son viables para el cultivo en jaulas. Figuran mas de 130 especies de peces y cerca de una docena de crustáceos, que han sido criados en jaulas: Especies marinas como atunes, salmones, lenguados, meros, etc., así como especies dulce acuícola, carpas, tilapias, bagres, truchas, lubinas, cachamas, doradas y otras especies.

La selección de una especie para la acuicultura y el cultivo en jaulas depende de varios criterios (), entre estos tenemos:

- Reproducción en cautiverio
- Taza de Crecimiento/tamaño
- Nivel trófico
- Tolerancia al manipuleo
- Tolerancia a bajas condiciones de calidad de agua
- Resistencia a las enfermedades
- Tolerancia al estrés
- Aceptación al alimento balanceado en todas sus etapas de vida
- Aceptación por el consumidor

Como cualquier sistema productivo el cultivo en jaulas tiene ventajas y desventajas, que deben ser cuidadosamente consideradas antes de escoger este método de producción

Las principales ventajas del cultivo en jaulas son las siguientes:

- Permite el uso de recursos acuáticos existentes: Lagos, Reservorios, Estanques, Hoyos de minas, Arroyos y Ríos.
- Las jaulas son de construcción simple.

- Manejo sencillo que permite la Observación permanente, Alimentación, Muestreo y Cosecha de una manera simplificada y eficiente.
- Fácil crecimiento de la producción ante posibles ampliaciones.
- Mejores peces en términos de factor de condición, apariencia y sabor.

Las desventajas fundamentales en el cultivo de jaulas son:

- Ocupan espacios que pueden dificultar el acceso e interrumpir la navegación en ciertos sitios.
- Alteran el flujo de las corrientes e incrementan la sedimentación local.
- Pueden introducir o dispersar enfermedades y ciclos parasitarios, cambiar la flora acuática y alterar el comportamiento y distribución de los peces locales.
- En cultivos intensivos el alimento no consumido y las heces pueden afectar la calidad de agua.
- Pueden generar conflictos con la pesca y la recreación.
- El alimento utilizado debe ser nutricionalmente completo y conservarse fresco.

- El síndrome de bajo oxígeno disuelto es un problema latente y puede necesitarse aireación mecánica.
- La incidencia de enfermedades puede ser alta y pueden dispersarse rápidamente.
- Las jaulas son más susceptibles a las tormentas.
- Son más vulnerables al robo y al vandalismo, el cual puede convertirse en el mayor problema para este sistema de producción.

1.3 Criterios para la selección del sitio de cultivo

Se pueden clasificar en tres categorías la información necesaria para evaluar la viabilidad de un sitio para la instalación de un proyecto acuacultural en jaulas:

1. Calidad de Agua
2. Condiciones del Sitio
3. Posibilidades de Establecimiento

La recopilación de información a partir de datos recolectados por análisis de calidad de agua deberá involucrar: Temperatura (termoclina, patrones de estratificación verticales y horizontales); Salinidad, OD, pH, Turbidez, Polución, sólidos en suspensión,

Afloramientos algales, Enfermedades, Flujo de Agua, Corrientes, "Fouling", etc.

La segunda categoría corresponde a las condiciones propias del sitio de instalación del cultivo, entre estas tenemos: Profundidad, Condiciones del Sustrato y Protección frente a condiciones climáticas severas como tormentas, vendavales etc.

La categoría tres se relaciona con los distintos condicionamientos de tipo social, legal y comercial que pueden limitar el establecimiento de la explotación en el sitio seleccionado: Aspectos Legales, Accesos, Seguridad, Proximidad a los Mercados, Proveedores y Potenciales conflictos con Pesca y Recreación.

Muchos sitios pueden ser adaptados para el cultivo en jaulas. Entre los sitios potenciales tenemos: Lagos, reservorios, estanques, "jagüeyes" o abrevaderos, ríos, etc., pero no todos estos sitios potenciales son viables para una explotación exitosa en jaulas.

Antes de emprender un cultivo en jaulas hay que asegurarse de que el cuerpo de agua podrá soportar el incremento de la demanda

biológica que se va a instalar. Los siguientes son criterios a tener en cuenta antes de emprender un cultivo en jaulas en este tipo de sitios:

- La superficie del estanque debe ser al menos superior a media Hectárea (sin incluir las zonas infestadas de malezas)
- Profundidad mínima de 2 metros en el sitio de instalación y más de un metro en la mayoría del estanque
- El estanque debe tener buena calidad de agua y estar localizado de tal manera que los vientos prevalecientes lo atraviesen
- El estanque no debe tener acceso al ganado ni presencia de grandes concentraciones de ganado en su cuenca
- El estanque no debe tener grandes fluctuaciones de nivel entre los periodos de lluvia y el periodo seco.
- El estanque no debe tener problemas crónicos de malezas acuáticas, natas superficiales, sobrepoblación de peces silvestres o problemas de bajas de oxígeno
- Acceso por tierra durante todo el año.

CAPITULO 2

2. EL CULTIVO DE TILAPA ROJA EN JAULAS FLOTANTES.

2.1. Generalidades de la Especie.

La Tilapia Roja, Oreochromis spp., fue reportada por primera vez en 1968 en Taiwán, a partir de un mutante albino de Oreochromis mossambicus, fijando su coloración mediante el cruce con ejemplares de coloración normal de Tilapia Nilótica, Oreochromis niloticus, a partir de allí se realizaron cruces con otras especies del genero Oreochromis, buscado aportar características deseables de estas especies al híbrido, según los requerimientos y las condiciones propias de cada proyecto.

Los híbridos de coloración roja de Tilapia que se cultivan hoy en día alrededor del mundo son el producto del cruce de dos, tres o

cuatro de las siguientes especies, pertenecientes al genero Oreochromis: O. niloticus (Tilapia Nilótica); O. mossambicus (Tilapia Mozambica); O. aureus (Tilapia Áurea o Azul) y/o O. hornorum (Tilapia Hornorum). Todas las especies mencionadas pertenecen a la familia de los llamados Ciclidos Africanos.

Nativa de África y Medio Oriente, la Tilapia ha sido introducida a mas de 70 países alrededor del mundo. Es el segundo pez más cultivado a nivel mundial después de las carpas. Se estima en mas de 800.000 Tm. la producción mundial: Los mayores productores de Tilapia se encuentran en Asia con la Republica Popular de China a la cabeza seguido por Filipinas y Taiwán. En las Americas el cultivo de Tilapia se ha incrementado en los últimos años, gracias al desarrollo de los mercados locales y la creciente demanda del mercado Estadounidense. Brasil, Colombia, Ecuador, Honduras y Jamaica son los principales productores en Latinoamérica.

Como todos los Ciclidos las Tilapias son peces de aguas cálidas, que requieren mas de 20° C de temperatura en el agua para sobrevivir. El rango optimo de temperatura para el desarrollo de todas sus funciones vitales se ubica entre los 25° C y los 30° C

Entre otras, las Tilapias, tienen las siguientes características que las hacen peces apropiados para la acuicultura:

- Ocupan un nivel inferior en la escala alimenticia
- Aceptan un amplio rango de raciones
- Buena conversión alimenticia
- Carne de alta calidad
- Gran aceptación en el mercado
- Se adaptan a muchos sistemas de cultivo
- Semilla factible de producir durante todo el año
- Rápido Crecimiento
- Resistencia a las enfermedades
- Resistente a condiciones adversas de calidad de agua.
- Tolerancia al manipuleo

2.2. 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 (Mapa 1), aunque también han sido utilizados reservorios de pequeño tamaño, los programas allí

instalados no son de gran envergadura por las limitaciones propias del tamaño del cuerpo de agua que los albergan.

El embalse de Prado, catalogado como perteneciente al piso térmico cálido esta ubicado a 370 metros de altura sobre el nivel del mar (msnm), la represa termino 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 m. Tiene una profundidad máxima de 65 m y media de 25.7 m, alberga 1.080 Mm³ de agua de los cuales 428 Mm³ (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. (Mapa 2). Al embalse se accede por vía terrestre por la vía



MAPA 1. Región donde están ubicadas los embalses de Hidro-Prado y Betania.

Prado – Hidroprado la cual comunica a la troncal central por Saldaña (Tolima).

La zona aledaña al embalse se caracteriza como bosque seco tropical en transición a bosque húmedo tropical con un régimen de lluvias bimodal (dos picos de lluvia intensa y dos valles de poca precipitación correspondiente a los meses de julio y agosto, la temperatura media para la zona es de 26° C.

Este embalse fue construido con fines hidroeléctricos. Como uso alternativo se proyectó la construcción de una infraestructura de riego que debía cobijar 8000 Has, en la actualidad abarca unas 2500 Has. (UN, 1983 citada por Díaz. (3). Un tercer uso proyectado fue la explotación pesquera con fines de manutención y la explotación turística.

La Central Hidroeléctrica de Betania esta ubicada en el Departamento del Huila, sobre la cuenca del Río Magdalena, a 35 Km de la ciudad de Neiva (Mapa 2).

El embalse de Betania, esta 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 m³, de los cuales 1 020 millones de m³ (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.

El área adyacente al embalse de Betania se caracteriza por estar constituida por tres unidades físicas:

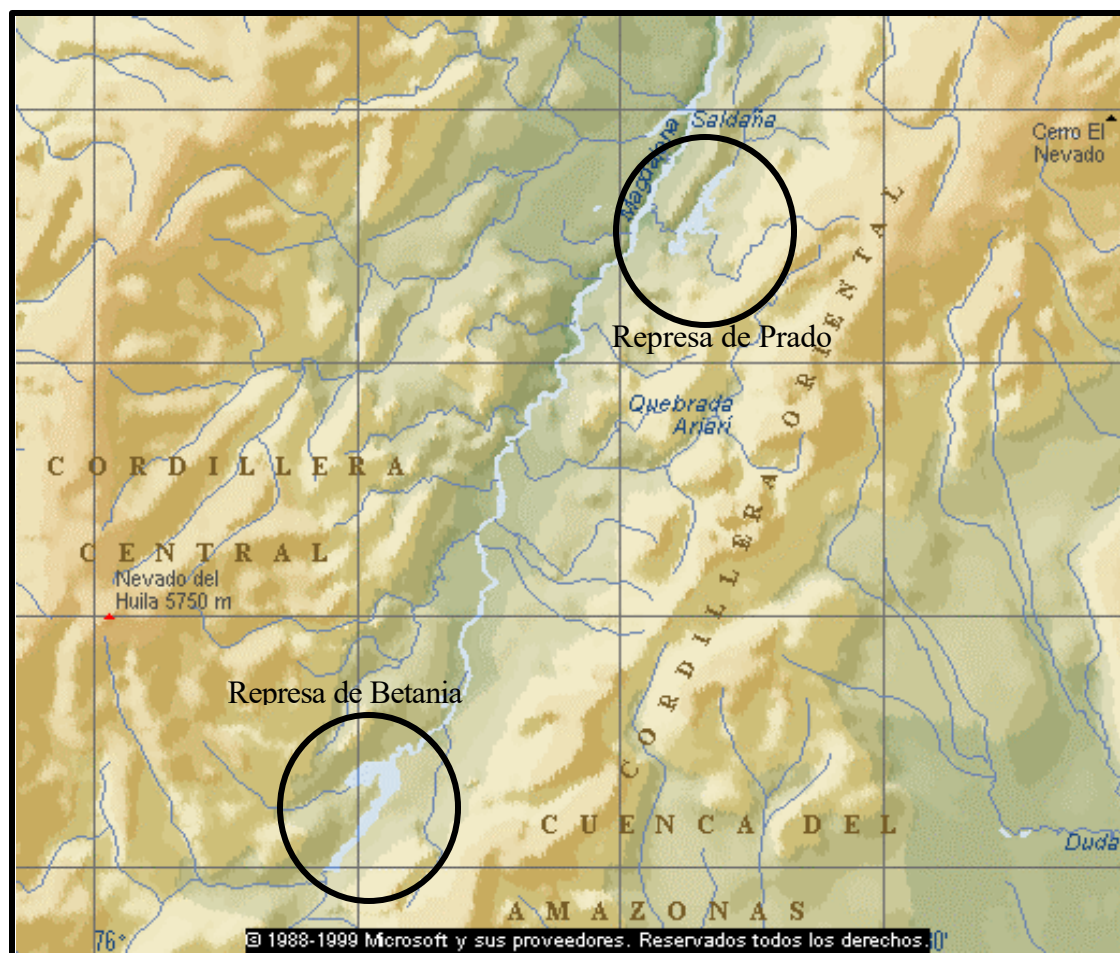
- Vegas del Río Magdalena
- Colinas circundantes
- Abanico aluvial del Río Yaguará

La precipitación presenta un régimen bimodal con dos periodos de lluvias y dos de sequía. La primera época de sequía entre de los meses de enero a marzo y la primera de lluvias de abril a mayo. La segunda época de sequía de junio a septiembre y la segunda de lluvias de octubre a diciembre. La temperatura media anual en el

área es de 26.5 °C, con valores medios mensuales entre 25.8 y 27.6 °C, encontrándose los menores valores entre noviembre y diciembre y los mayores durante los meses de agosto - septiembre.

Al área del embalse se accede por la vía Neiva-Yaguará, la vía Betania-Hobo y Betania-Campoalegre las cuales se conectan a la Troncal Central.

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 más profundas y más abiertas donde la acción eólica favorecía el recambio de agua en las jaulas.



Mapa.2. Ubicación embalses de Betania y Río Prado. Colombia.

2.3 Materiales y Diseño de las Jaulas Flotantes.

Las jaulas flotantes constan de tres elementos estructurales: Estructura de Soporte, Unidades de Flotación y Saco Contenedor.

Para la elaboración de estos elementos se han utilizado distintos materiales; En los soportes se ha utilizado madera, guadúa, aluminio y hierro. El tipo de material utilizado es seleccionado con base a su costo y duración. Este soporte puede limitarse a un marco ubicado en la parte superior del que cuelga el saco contenedor o una estructura que soporta y da forma al saco contenedor en las tres dimensiones como es el caso en las jaulas de bajo volumen.

En jaulas de gran volumen, se ha diseñado la estructura de soporte en hierro perfilado la cual es utilizada como plataforma de trabajo para las faenas de alimentación, monitoreo y cosecha. En algunas explotaciones se ha instalado un corredor flotante en estructura de hierro, el cual permite la operación, monitoreo y manejo de las jaulas las cuales van unidas a esta estructura. Los aspectos negativos del uso de hierro como elemento de construcción en las jaulas radica en su peso el cual dificulta su manejo en el ambiente

acuático. Los problemas de corrosión asociados al uso del hierro, son superados mediante la aplicación de lacas y barnices que aíslan el hierro del agua, protegiéndolo de la acción corrosiva del medio acuático.

El uso de la guadúa como elemento para la elaboración de la estructura de soporte es común en algunas explotaciones, debido al bajo costo y la disponibilidad en la zona, el tiempo de vida de este material varia entre doce y dieciocho meses.

El aluminio por su bajo peso y su resistencia a la corrosión parecería el elemento ideal para el diseño de la estructura de soporte en las jaulas pero su costo y maleabilidad han limitado su utilización.

Para la flotación se han utilizado canecas y recipientes plásticos vacíos de distinta capacidad, Tubos de PVC sellados y bloques de poliestireno de baja densidad. Estos elementos se fijan a la estructura de soporte y deben de tener la capacidad para mantener a flote la estructura de soporte y el saco contenedor, en su calculo debe tenerse en cuenta el peso húmedo de estos elementos mas el peso acumulado por la proliferación de algas

epifíticas que crecen adheridas a la malla del saco contenedor. Los recipientes plásticos vacíos, generalmente reciclados, fueron los primeros en utilizarse, el bajo costo de los mismos fue una de las razones para su utilización, así como su característica de no ser corrompibles por la humedad, presentan algunos problemas cuando por su uso o por un mal sellamiento se llenan de agua y pierden su capacidad de flotación y se convierten en lastre para la jaula.

Para la confección del saco contenedor el material mas utilizado es el paño de malla de nylon polifilamento los cuales se consiguen con o sin nudo. En los cultivos de Tilapia se ha utilizado ojos de malla de $\frac{3}{4}$ a 1" para la etapa de pre-engorde o engorde inicial y mallas de 1 $\frac{1}{2}$ a 2" para el engorde final.

Las jaulas utilizadas en Colombia para el cultivo de Tilapia son básicamente cuadradas y rectangulares. Sus dimensiones varían de 1 m² a 48 m² y se utiliza entre los 1 m y 2 m de profundidad para el confinamiento de los animales.

En la actualidad se están ensayando modelos de jaulas de mayor tamaño, 400 m² en forma de polígono regular de 12 lados (dodecágono).

2.4. Modelo de Producción.

En general el proceso de producción ha sido dividido en dos etapas:

Producción de Juveniles

Engorde en Jaulas

El proceso de producción de Juveniles se realiza en estanques de tierra en granjas piscícolas, las cuales constituyen unidades de producción independientes encargadas de suministrarlos de manera oportuna y en una talla adecuada (> 12 gramos) para su posterior engorde en las jaulas flotantes.

2.4.1. Producción de Juveniles para Engorde:

Los reproductores de Tilapia seleccionados son colocados en estanques de apareamiento. Dependiendo de la temperatura del agua después de 12-14 días contados a partir de la siembra de los reproductores se empieza a recolectar la larva mediante raleos o cosechas parciales cada 2-3 días, utilizando una red de malla fina (< 3 mm.) Los animales colectados son clasificados mediante

seleccionadores para garantizar una talla de Longitud Total (LT) menor a 14 mm requisito fundamental para lograr una adecuada eficiencia en el tratamiento de Reversión Sexual. Las larvas clasificadas son alimentadas por espacio de 30 días con una dieta de alta proteína (45%) a la que se ha incorporado hormona masculinizante (metil-testosterona) con el fin de inducir su desarrollo como machos fenotípicos.

Los alevines obtenidos son sembrados en estanques de tierra y alimentados con alimento balanceado durante 60 días hasta obtener un peso promedio de 12-15 gramos antes de ser cosechados y despachados para los sitios de engorde.

En una variante de este modelo los reproductores permanecen en los estanques de apareamiento alrededor de 12-18 días, tiempo en el que son retirados del mismo. A partir del día 10-12 se empieza a suministrar alimento de reversión a las larvas resultantes del proceso reproductivo durante los 30 días siguientes. Sin ser trasladados de estanque los alevines son alimentados a partir del día 31 con alimento de 38% de proteína durante 45-60 días mas,

hasta alcanzar el tamaño suficiente para ser retenidos por las mallas de las jaulas de engorde (>12 gramos). Este sistema de manejo disminuye el manipuleo de los alevines pero implica un menor control sobre los estimados de producción de juveniles y origina una mayor dispersión de las tallas obtenidas a cosecha.

2.4.2. Transporte de Juveniles:

Para el traslado de los juveniles a los sitios de Engorde se utilizan tanques de transporte con aireación suplementaria y/o suministro de oxígeno. Los animales cosechados de los estanques de Levante son depositados durante 48 horas en canales de purga para facilitar la evacuación de las heces de su tracto digestivo disminuyendo la presencia de materia orgánica y residuos metabólicos durante el transporte. Los juveniles son transportados hasta 6 horas desde las granjas de producción a los sitios de engorde en los embalses, en aguas con temperaturas que promedian entre los 24°C y los 28°C y una densidad de 100 a 150 gramos por litro.

Inicialmente los juveniles de Tilapia eran transportados utilizando bolsas plásticas, en las cuales se colocaban 5 litros de agua para el transporte de 105 juveniles de Tilapia de 12 gramos de peso promedio. La bolsa se llenaba con oxígeno gaseoso en una proporción en volumen de 1/3 a 2/3, Agua: oxígeno. Los costos de esta operación eran altos en mano de obra y materiales para el empaque. Con el objetivo de disminuir costos y optimizar la labor de transporte de juveniles se diseñó un transportador de peces, que cumplía las siguientes características:

- Agilizar la labor de cargue de los juveniles a transportar.
- Disminuir costos de transporte utilizando menos mano de obra, evitando el manipuleo de los peces y la utilización de plástico, oxígeno y ligas para el empaque de los juveniles.
- Disminuir el tiempo de la operación evitando el empaque de los juveniles y la descarga de los mismos.
- Dotado de un sistema de recirculación y enriquecimiento de oxígeno al agua que le permitiera

mantener condiciones optimas de calidad de agua en transportes prolongados en tiempo, por eventos fuera de programación.

- Autonomía en la operación de sus sistemas de aireación suplementaria y recirculación, en demoras por desperfectos mecánicos del vehículo transportador.
- Operatividad en agua y tierra, que le permitiera acceder a los sitios de engorde sin trasbordo de los juveniles.
- Tamaño que le permitiera ser utilizado en labores de cosecha para el transporte de animales vivos con destino a la planta de proceso para fileteo.

Cumpliendo esta caracterización se diseño un transportador dotado con una planta diesel generadora de energía, la cual permite operar el sistema de Recirculación dotado de una bomba eléctrica la cual mueve el agua tomada del tanque a través de un filtro de arena y carbón activado; El agua filtrada pasa por tres saturadores de oxigeno conectados en paralelo que permiten elevar la concentración de oxigeno disuelto por encima del punto de saturación (12 ppm), el

agua sobresaturada es inyectada a los compartimentos de transporte del tanque mediante seis (6) boquillas, diluyéndose en la masa de agua lo cual permite mantener los niveles de oxígeno disuelto entre 3-4 ppm durante el transporte.

Los juveniles de Tilapia son descargados en jaulas de recepción o directamente en las jaulas de engorde. Cuando los animales llegan a jaulas de recepción son clasificados, cuantificados y sembrados después de 3-5 días, tiempo en el cual se han aclimatado a las condiciones de su nuevo hábitat.

2.4.3. Engorde:

El engorde es realizado en una o dos etapas dependiendo de las tallas finales deseadas. Cuando el peso promedio final esperado supera los 500 gramos y/o el tiempo de rotación del ciclo supera los 180 días es recomendable dividir en dos etapas el ciclo de Engorde.

Además de los factores ambientales de Calidad de Agua, Concentración de Oxígeno y Temperatura del Agua, la densidad de siembra y el tiempo de cultivo juegan un papel importante en la obtención de las tallas finales y la producción por unidad de volumen en las jaulas flotantes.

El tamaño de las jaulas es determinante en las densidades de siembra empleadas. En jaulas de 2,7 m³ se han sembrado juveniles a densidades de 185 juv/m³ hasta 555 juv/m³. En jaulas de mayor volumen 6 m³ a 48 m³ se ha venido utilizando densidades menores que han variado entre los 120 juv/m³ a 210 juv/m³. En la actualidad se están valorando los resultados de la siembra de Tilapia en jaulas de 800 m³ de capacidad donde se han sembrado juveniles de Tilapia a densidades que han variado entre los 80 juv/m³ y los 150 juv/m³.

Para la producción de tilapias de peso promedio de 850 gramos y más, se ha adoptado un modelo productivo en dos etapas. Un engorde inicial en jaulas de Bajo Volumen (2,7 m³) con una densidad de siembra de 555 juv/m³ y un tiempo de retención de 120 días, donde los peces han alcanzado

un peso promedio de 250 gramos. Los animales cosechados son clasificados por talla y separados en dos lotes; los de mayor y menor talla, denominados “cabeza” y “cola” respectivamente; Los animales “cabeza” son sembrados para la segunda etapa denominada engorde final, en jaulas de 800 m³ a una densidad de 100 peces/m³ durante 120 días hasta alcanzar los 850 gramos de peso promedio. Los peces de la talla “cola” son sembrados a una densidad de 150 peces/m³ durante 60 días y son cosechados con un peso promedio de 400 gramos.

Las tilapias son alimentadas con alimento concentrado balanceado suministrándoles una dieta completa con contenidos entre 26 y 32% de proteína.

CAPITULO 3

3. INVERSIONES.

3.1 Estudios Preliminares y Gastos de Instalación:

Para la instalación de un proyecto acuacultural en Colombia se deben adelantar gestiones ante distintos estamentos con el fin de obtener permisos y licencias, necesarias para la operación legal de la actividad productiva.

En primera instancia una vez se tenga ubicado el sitio donde se va a adelantar o implementar el programa de acuicultura se debe obtener un certificado de viabilidad de ocupación y uso del recurso agua. Si el proyecto es un programa en estanques de tierra se debe obtener un permiso de uso de agua el cual es otorgado por la Corporación Autónoma de la Región donde se establecerá el programa. Cuando el terreno del proyecto se encuentra dentro de un distrito de riego

este tiene la autonomía para otorgar el permiso de uso del agua y asignar el volumen que puede usar el proyecto y el valor por usufructo del mismo. En caso de que el agua a usar provenga de aguas subterráneas (aljibes ó pozos profundos) el trámite se adelanta ante la Corporación Autónoma Regional. La administración de los cuerpos de agua de los embalses es ejercida por las empresas generadoras de energía que operan estos embalses, y son ellos los que autorizan la ocupación de áreas para el establecimiento de proyectos de acuacultura en jaulas en dichos cuerpos de agua.

Una vez se tiene la viabilidad de establecimiento y uso del agua se debe tramitar ante la autoridad ambiental representada en el ámbito nacional por el Ministerio del Medio Ambiente y por las Corporaciones Autónomas Regionales a nivel departamental la licencia ambiental, para tal fin se debe presentar el proyecto a desarrollar, en donde se describen: Tamaño y Localización; Requerimientos en Infraestructura Operativa y de Apoyo; Procedimientos y Actividades de los distintos pasos y etapas de la actividad productiva.

Considerando el potencial efecto que ocasionaría la implementación del proyecto presentado, la autoridad ambiental determina la

necesidad de adelantar un estudio de impacto ambiental y los términos de referencia del mismo en caso que este se determine como necesario. Una vez evaluado el estudio de Impacto Ambiental se impondrá un plan de manejo y mitigación de efectos para la operación del proyecto.

Obtenida la licencia ambiental se debe legalizar el uso del agua mediante la emisión de un permiso de utilización ó adjudicación de caudales para los proyectos en tierra; o mediante un contrato de ocupación de área para los proyectos en jaulas.

El siguiente paso es la obtención del permiso de operación el cual es otorgado por el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura – INPA. Para tal fin se debe elaborar un Plan de Actividades donde se describen las características biológicas de la especie a cultivar y cada una de las etapas de la cadena productiva; el origen de la población Parental o los proveedores de semilla y el destino de la producción.

Para los proyectos de cultivo en jaulas se debe cumplir con los requerimientos del Ministerio del Transporte a través de la Inspección Fluvial respectiva la cual debe certificar el cumplimiento de las normas de señalización y seguridad en la operación en cuerpos de

agua, así como la reglamentación vigente respecto al libre acceso y tránsito por los orillales y la no obstrucción de los canales de navegación.

Los gastos en que se incurre para la obtención de los permisos antes mencionados se deben incluir en la Inversión Inicial junto con los siguientes ítem:

- Planeación y Diseño
- Adquisición de Terrenos
- Construcción de Estanques (Infraestructura de Producción)
- Edificaciones y Laboratorios (Hatcheries)
- Equipos y Herramientas
- Vehículos

Para el caso de las explotaciones en jaulas flotantes los ítem dos y cuatro no aplican. La inversión en infraestructura productiva, jaulas, reemplazaría en el ítem tres las inversiones de la construcción de estanques, como estructuras contenedoras de peces.

Como se planteo en el capítulo anterior la producción de semilla de Tilapia opera de manera independiente a la parte de engorde en

jaulas flotantes y se carga a los costos de producción como un costo variable.

3.2 Inversión en Infraestructura

En el Capítulo 2 se hizo una síntesis de las características de los tipos de jaulas utilizados en la producción de Tilapia y la manera como ha evolucionado en especial el tamaño de las mismas. De igual manera se hizo referencia a la variedad de los materiales utilizados en la fabricación de los distintos elementos constitutivos de las jaulas.

El valor de construcción de los dos tipos de jaula utilizados en el programa ha resumido en la Tabla 1.

TABLA 1

COMPARACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN PARA

JAULAS DE 2,7 m³ Y 800 m³

ELEMENTO	JAULA BVAD 2,7 m³	Costo por m³	JAULON 800 m³	Costo por m³
Collar	6.86*		1827.38	
Flotación	9.80		235.62	
Saco	35.00		3043.00	
Instalación	26.60		220.00	
Total	78.26	28.96	5326.00	6.66

*Valores en USD.

3.3 Capital de Operación.

Denominado también capital circulante o de trabajo, se define como el patrimonio en cuenta corriente que necesitan las empresas para atender las operaciones de producción, así como en la industria manufacturera no basta con tener la maquinaria e instalaciones para tener producción, en la producción acuícola es necesario mantener un acopio de insumos, bienes en proceso de elaboración, producto terminado en existencia, bienes en distribución y cuentas por cobrar; además como en el caso de la producción agrícola se necesita contar con recursos entre una cosecha y otra para el pago de la mano de obra, semillas, abonos y demás gastos que los cultivos involucran. La sumatoria de los recursos involucrados en estos requerimientos de la producción constituyen el capital de trabajo.

La magnitud de las existencias mencionadas depende de aspectos técnicos comprendidos en la ingeniería de producción del proyecto en particular del tamaño del mismo.

Para el presente trabajo se consideraran las condiciones de operación de una empresa de Engorde en Jaulas Flotantes con las características presentadas en la Tabla 2.

Para el cálculo del capital de trabajo se hace necesario la elaboración de un flujo de caja. En los cultivos acuícola los costos y gastos son continuos mientras que los ingresos solamente se reciben después de cosecha; con este tipo de flujo de caja es crítico la programación de capital efectivo para cubrir los requerimientos de la operación diaria.

En muchos análisis económicos un flujo de caja anual es suficiente pero este tipo de flujo no revela las crisis de efectivo que se pueden presentar dentro del año.

Un flujo de caja es una lista de todos los ingresos y egresos de efectivo proyectados mensualmente durante un periodo de tiempo.

Para un proyecto de Engorde en Jaulas flotantes los Costos y Gastos varían de un proyecto a otro. En general, los Costos y Gastos pueden ser Fijos o Variables.

TABLA 2.

CONDICIONES DE SIEMBRA Y COSECHA ESPERADAS EN LAS JAULAS

MODELO PRODUCTIVO			
1000	JAULAS BVAD* (2,7 m ³)	(250 jaulas.mes ⁻¹)	
Po=	1500 juveniles	Pf= 1128	ejemplares
Wo=	12,0 gramos	Wf= 160,0	gramos
tn=	120 días		
<hr/>			
10	JAULONES DODE* (800 m ³)	(2 jaulones mes ⁻¹)	
Po :	140.000 unidades.	Pf :	119.000 unidades.
Wo :	160 gramos	Wf :	415,0..gramos
Wf :	455,0 gramos		
tn :	120 días		
Producción:	103530 Kilos		

(*) BVAD: Bajo Volumen y Alta Densidad.

(*) DODE: Dodecaedro de Alto Volumen

Po : Población Inicial; Pf : Población Final; Wo : Peso Inicial;

Wf : Peso Final; tn : Tiempo de Cultivo.

Los Costos Variables los cuales son proporcionales al volumen de la producción normalmente involucran ítem directos como Semilla,

Alimento, Mano de Obra y otros Indirectos como Electricidad, Combustibles, Costos de Mantenimiento y Reparación de Equipos y Herramientas etc.

Para el calculo de la semilla y el alimento en especial en la fase de arranque del Programa de Producción, se debe estimar el crecimiento de los animales y calcular la Biomasa a alimentar teniendo en cuenta mortalidades. Para el caso que estamos manejando se ha calculado una curva de tendencia de crecimiento en función del tiempo de cultivo, tanto para la fase de pre-engorde como la de engorde final.

Las ecuaciones se calcularon mediante un programa de regresión aplicado a una base de datos elaborada con los datos de muestreo de jaulas sembradas con una población inicial igual a la programada ($P_0=1500$ juveniles). Los datos de muestreo corresponden al seguimiento de crecimiento de lotes de animales sembrados durante todo el año, por lo tanto representan una media de los rendimientos en diferentes épocas del año en condiciones climáticas que varían a lo largo del mismo y abarcan mas de dos años de producción.

Para jaulas de $2,7 \text{ m}^3$ sembradas con 1500 juveniles:

$$W(t) = 0,0032 t^2 + 0,8347 t + 12,609 \quad (r^2=0,8892)$$

Donde $W(t)$ es el peso promedio para un tiempo t correspondiente al número de días transcurridos desde la siembra.

El comportamiento de la Supervivencia se evaluó en función del tiempo:

$$S_{vv}(t) = 1,1319 t^{-0,0854} \quad (r^2=0,9782)$$

Donde $S_{vv}(t)$ representa el porcentaje de Supervivencia para el tiempo de cultivo en días transcurridos desde la siembra. Tanto el crecimiento como la Supervivencia son representativos del comportamiento de la producción para las condiciones de siembra, tipo de jaula, peso promedio inicial y tiempo de permanencia en la jaula especificadas.

Con estas herramientas se puede calcular la biomasa diaria a ser alimentada mediante la ecuación.

$$\text{Biomasa}(t) = W(t) \times \text{Población}(t)$$

La Población (t) se puede obtener de la ecuación:

$$\text{Población (t)} = \text{Población Inicial} \times S_{vv} (t)$$

La oferta de alimento diaria o ración de alimentación por día es una función del peso promedio del pez y varía de acuerdo a las condiciones ambientales en particular con la temperatura del agua. Para las condiciones del embalse de la Central Hidroeléctrica de Betania, con temperaturas promedio de 26°C la oferta de alimento en función del peso está dada por:

$$\% \text{ alimento (W)} = 27,655 W^{-0,5015}$$

Podemos calcular ahora el alimento a suministrar por jaula para cada día de cultivo:

$$\text{Alim. (t)} = \text{Biomasa (t)} \times \% \text{ alimento (W (t))}$$

Ajustando a las condiciones de suministro en el campo se elaboró la Tabla de alimento a suministrar (Tabla 3).

De acuerdo al programa de siembra planteado en el Modelo Productivo mensualmente tendremos el ingreso de un lote de 400,000 ejemplares. El consumo de alimento mensual para el primer año de

producción a partir de la siembra del primer lote de juveniles se calculo (Tabla 4).

Para el calculo de la Mano de Obra se debe tener en cuenta las distintas operaciones realizadas en producción:

Siembra, Alimentación, Muestreo, Cosecha, Mantenimiento y Limpieza de Jaulas.

Los estimados por labor se enuncian a continuación:

Mano de Obra Fija:

1 Alimentador por cada 350 Jaulas (BVAD)

2 Operarios de Siembra.

COSTO UNITARIO: \$ 309.420,00 1 SMMV

PP+Paraf.: \$ 170.181,00(+55,0%)

TOTAL SALARIO INTEGRAL: \$ 479.601,00

TOTAL MANO DE OBRA FIJA: \$ 2'398.005,00

USD : 1.042,61

SMMV = Salario Mínimo Mensual Vigente

PP = Prestaciones Sociales y Seguridad Social

Paraf. = Parafiscales (Sena, ICBF,...etc.)

TABLA 3.

TABLA DE ALIMENTACIÓN PARA JAULAS BVAD Y JAULONES

JAULA BVAD (2,7 M ³) PO=1.500 JUV.		JAULON DODE (800 M ³) PO=140.000 JUV.	
DIA	RACION (KILOS)	DIA	RACION (KILOS)
.1 - 3	1,50	.1 - 7	12,50
.4 - 9	1,75	.8 - 16	13,00
.10 - 20	2,00	.17 - 25	13,50
.21 - 31	2,25	.26 - 34	14,00
.32 - 43	2,50	.35 - 43	14,50
.44 - 68	3,00	.44 - 52	15,00
.69 - 82	3,25	.53 - 62	15,50
.83 - 96	3,50	.63 - 72	16,00
.97 - 110	3,75	.73 - 83	16,50
.111 - 120	4,00	.84 - 94	17,00
		.95 - 106	17,50
		.107 - 120	18,00

TABLA 4

**CONSUMO DE ALIMENTO MENSUAL A PARTIR DE LA SIEMBRA DEL
PRIMER LOTE DE JUVENILES DE Tilapia**

MES	ALIMENTO (KG)	MES	ALIMENTO (KG)
1	14.875	7	179.233
2	35.688	8	221.633
3	60.063	9	221.633
4	89.313	10	221.633
5	104.273	11	221.633
6	139.913	12	221.633

Costo Alimento: \$ 900,00 / Kg (USD 0,3913)

Mano de Obra Eventual:

4. Cosechadores: (Medio Tiempo)

4. Transferencias: (Medio Tiempo)

TOTAL: \$ 1'918.404,00

USD : 834,09

En la Tabla 5 se resumen los Costos Variables Directos e Indirectos y los Gastos de Venta (Proceso, Empaques y Transporte) en dólares a la tasa representativa del mercado a Diciembre de 2001.

Por ultimo la operación del proyecto genera unos Gastos Administrativos que varían de un proyecto a otro dependiendo del modelo administrativo, el tamaño de la operación, etc., se han considerado los gastos administrativos, los cuales deben ser financiados durante la fase de arranque del proyecto y entran a formar parte de la inversión en capital de trabajo del proyecto Tabla 6.

Con los elementos anteriormente detallados podemos elaborar el flujo de Caja para calcular el monto del Capital de Trabajo, Tabla .7 y Tabla .8.

El monto del Capital de Trabajo necesario para este proyecto de acuerdo con el flujo de caja resultante es aproximadamente de Mil Doscientos Millones de pesos M.Cte., (\$1.200'000.000,00), aproximadamente Quinientos ventiumil cuatrocientos dólares americanos (USD 521.400,00).

TABLA 5.

COSTOS VARIABLES DIRECTOS, INDIRECTOS Y GASTOS DE VENTA

COSTOS VARIABLES DIRECTOS	UNIDAD	VALOR UNID. (USD)	CANTIDAD MES	COSTO TOTAL MES (USD)
Juveniles de Tilapia	Millar	36,97	400	14.788,00
Alimento 30% Proteína	Kg	0,39	221.633	86.436,87
Mano de Obra	SMM	208,52	9	1.876,68
Costos Indirectos				
Vigilancia	Global			652,17
Servicios (Comunicación, Electricidad, etc.)	Global			139,13
Vehículo Logística	Global			513,04
Lancha Logística	Global			250,00
Gastos de Venta				
Transporte a Planta	Kg	0,0174		
Proceso	Kg	0,0783		
Congelamiento	Kg	0,0261		
Empacado	Kg	0,0087		
Empaque x 30 Kilos	Kg	0,0029		

TABLA 6

GASTOS ADMINISTRATIVOS

CARGO	.	SALARIO MES	USD
Gerente Técnico-Operativo	1	\$ 2.500.000,00	1.086,96
Administrador de Campo	1	\$ 697.500,00	303,96
Contador	1	\$ 350.000,00	152,17
Secretaria (Aux.Cont.)	1	\$ 542.500,00	235,87
Oficina (Global)	1	\$ 400.000,00	173,91
TOTAL (MES)		\$ 4.490.000,00	1.952,87

TABLA 7.

FLUJO DE CAJA: PRIMER SEMESTRE / AÑO 1

COSTOS DIRECTOS	VALORES EN USD					
	1	2	3	4	5	6
MES						
ALIMENTO	13.387,5	32.118,8	54.056,3	80.381,3	93.845,3	125.921,3
SEMILLA	14.788,00	14.788,00	14.788,00	14.788,00	14.788,00	14.788,00
MANO DE OBRA						
ALIMENTACION	208,52	417,04	417,04	625,57	625,57	625,57
TRANSFERENCIA					417,04	417,04
SIEMBRAS	417,04	417,04	417,04	417,04	417,04	417,04
COSTOS INDIRECTOS						
VIGILANCIA	652,17	652,17	652,17	652,17	652,17	652,17
SERVICIOS	139,13	139,13	139,13	139,13	139,13	139,13
VEHICULO	513,04	513,04	513,04	513,04	513,04	513,04
LANCHA	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
GASTOS ADM.	1.952,87	1.952,87	1.952,87	1.952,87	1.952,87	1.952,87
TOT. COS. + GAS.	59.891,3	79.102,2	101.039,7	127.844,3	142.267,5	174.343,5
IMPREV. (5%)	2.994,6	3.955,1	5.052,0	6.392,2	7.113,4	8.717,2
UTILIDAD	-62.885,9	-83.057,3	-106.091,6	-134.236,5	-149.380,8	-183.060,6
ACUMULADO	-62.885,9	-145.943,1	-252.034,8	-386.271,2	-535.652,0	-718.712,7

TABLA 8

FLUJO DE CAJA : SEGUNDO SEMESTRE / AÑO 1

COSTOS DIRECTOS	VALORES EN MILLARES DE PESOS COLOMBIANOS						
	MES	7	8	9	10	11	12
ALIMENTO	70.133,9	199.469,3	199.469,3	199.469,3	199.469,3	199.469,3	199.469,3
SEMILLA	14.788,0	14.788,0	14.788,0	14.788,0	14.788,0	14.788,0	14.788,0
MANO DE OBRA	1.438,8	1.438,8	1.438,8	1.438,8	1.438,8	1.438,8	1.438,8
TRANSFERENCIA	959,2	959,2	959,2	959,2	959,2	959,2	959,2
SIEMBRAS	959,2	959,2	959,2	959,2	959,2	959,2	959,2
COSTOS INDIRECTOS							
VIGILANCIA	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0
ARRIENDO	3.000,0	3.000,0	3.000,0	3.000,0	3.000,0	3.000,0	3.000,0
SERVICIOS	320,0	320,0	320,0	320,0	320,0	320,0	320,0
VEHICULO	1.180,0	1.180,0	1.180,0	1.180,0	1.180,0	1.180,0	1.180,0
LANCHA	575,0	575,0	575,0	575,0	575,0	575,0	575,0
GASTOS DE VENTA							
COSECHA			959,2	959,2	959,2	959,2	959,2
PROCESO			29.897,4	29.897,4	29.897,4	29.897,4	29.897,4
EMPAQUES			593,4	593,4	593,4	593,4	593,4
FLETE			5.340,6	5.340,6	5.340,6	5.340,6	5.340,6
REFRIGERADO							
GASTOS ADMINIS.	4.490,0	4.490,0	4.490,0	4.490,0	4.490,0	4.490,0	4.490,0
TOTAL COS.+ GAS.	209.731,5	247.891,5	284.682,1	284.682,1	284.682,1	284.682,1	284.682,1
IMPREVISTOS (5%)	10.486,6	12.394,6	14.234,1	14.234,1	14.234,1	14.234,1	14.234,1
VENTAS			324.886,5	324.886,5	324.886,5	324.886,5	324.886,5
UTILIDAD	-220.218,0	-260.286,0	25.970,3	25.970,3	25.970,3	25.970,3	25.970,3
ACUMULADO	-938.930,7	-1.199.216,7	-1.173.246,4	-1.147.276,0	-1.121.305,7	-1.095.335,3	

CAPITULO 4

4. PRODUCCIÓN. EVALUACIÓN TECNICA

4.1 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 1).

El promedio semanal de larvas recolectadas fue de 656.467 ± 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 (Figura 2). Como índice de rendimiento de la producción de larva para reversión se considero el numero de larvas semanales colectadas por kilogramo de reproductor hembra, obteniéndose un índice de 214,5 Larvas.sem⁻¹.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. (4) y POPMA, J.T, (17) respectivamente.

La larva cosechada fue sembrada en estanques de tierra de 600 m² 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 (17á-metiltestosterona), suministrado en 4 raciones diarias.

La sobrevivencia de los alevines a cosecha fue de 50% aproximadamente.

FIGURA 1

LARVA DE TILAPIA RECOLECTADA SEMANALMENTE

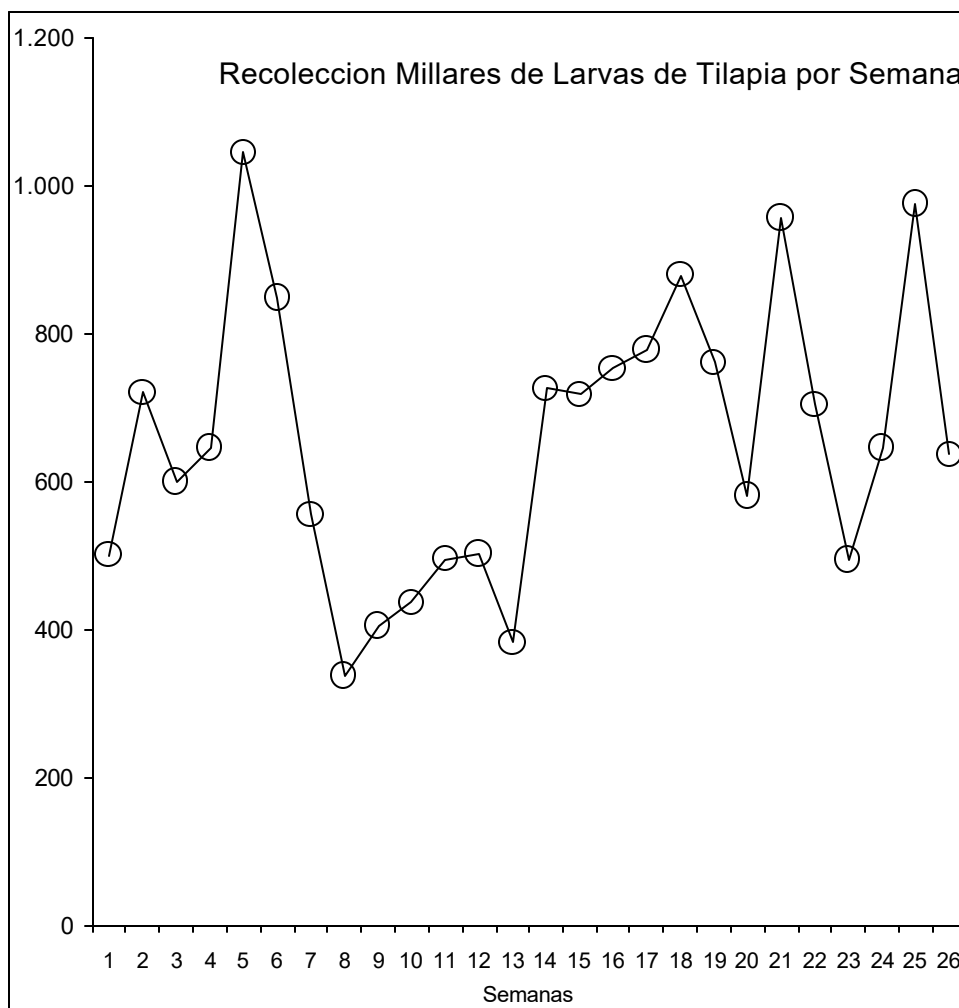
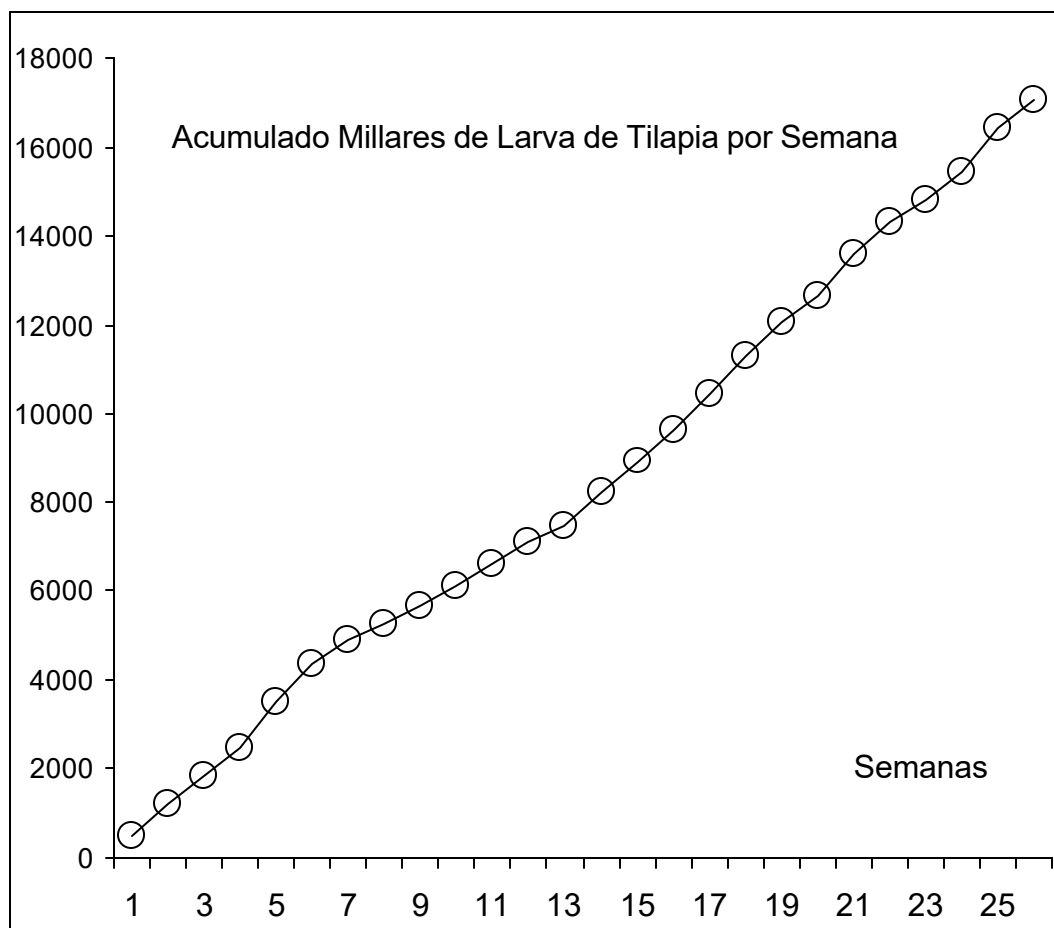


FIGURA 2

ACUMULADO LARVAS DE TILAPIA COLECTADAS



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 12 gramos.

La sobrevivencia de los juveniles a cosecha fue de 55% aprox.

4.2 Engorde en Jaulas

4.2.1 Siembras.

Durante el periodo Noviembre de 1996 - Diciembre de 2000 fueron sembradas Jaulas de Bajo Volumen (BVAD) de 2,7 m³ 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.

4.2.2 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 fue ajustada de acuerdo a la Tabla 9, Tabla 10 y Tabla 11 de suministro de alimento en función del tiempo transcurrido desde la siembra. Para tiempos superiores a 120 días las jaulas fueron alimentadas de acuerdo a la Tabla 12.

TABLA 9**ALIMENTACIÓN DIARIA PARA JAULAS DE ENGORDE DE 2,7 m³****SEMBRADAS CON 500 JUVENILES DE TILAPIA ROJA**

TIEMPO (DÍA)	RACIÓN DIARIA (KILOS)	ALIMENTO ACUM. PERIODO (KILOS)
0 - 15	0.5	7.5
16 - 35	1.0	20.0
36 - 55	1.5	30.0
56 - 70	2.0	30.0
71 - 90	2.5	72.5
91 - 120	3.0	90.0
TOTAL		250.0

TABLA 10

**ALIMENTACIÓN DIARIA PARA JAULAS DE ENGORDE DE 2,7 m³
SEBRADAS CON 800 JUVENILES DE TILAPIA ROJA**

TIEMPO (DÍA)	RACIÓN DIARIA (KILOS)	ALIMENTO ACUM. PERIODO (KILOS)
0 – 3	1.0	3.0
4 – 11	1.5	12.0
12 – 23	2.0	24.0
24 – 41	2.5	45.0
42 – 69	3.0	84.0
70 – 87	3.5	63.0
88 – 120	4.0	132.0
TOTAL		363.0

TABLA 11.

**ALIMENTACIÓN DIARIA PARA JAULAS DE ENGORDE DE 2,7 m³
SEMBRADAS CON 1.500 JUVENILES DE TILAPIA ROJA**

TIEMPO (DÍA)	RACIÓN DIARIA (KILOS)	ALIMENTO ACUM. PERIODO (KILOS)
0 – 12	1.0	12.0
13 – 26	2.0	28.0
27 – 35	2.5	22.5
36 – 45	3.0	30.0
46 – 55	3.5	35.0
56 – 65	4.0	40.0
66 – 75	4.5	45.0
76 – 85	5.0	50.0
86 – 98	5.5	71.5
99 – 110	6.0	72.0
111 – 120	6.5	65.0
TOTAL		471.0

TABLA 12

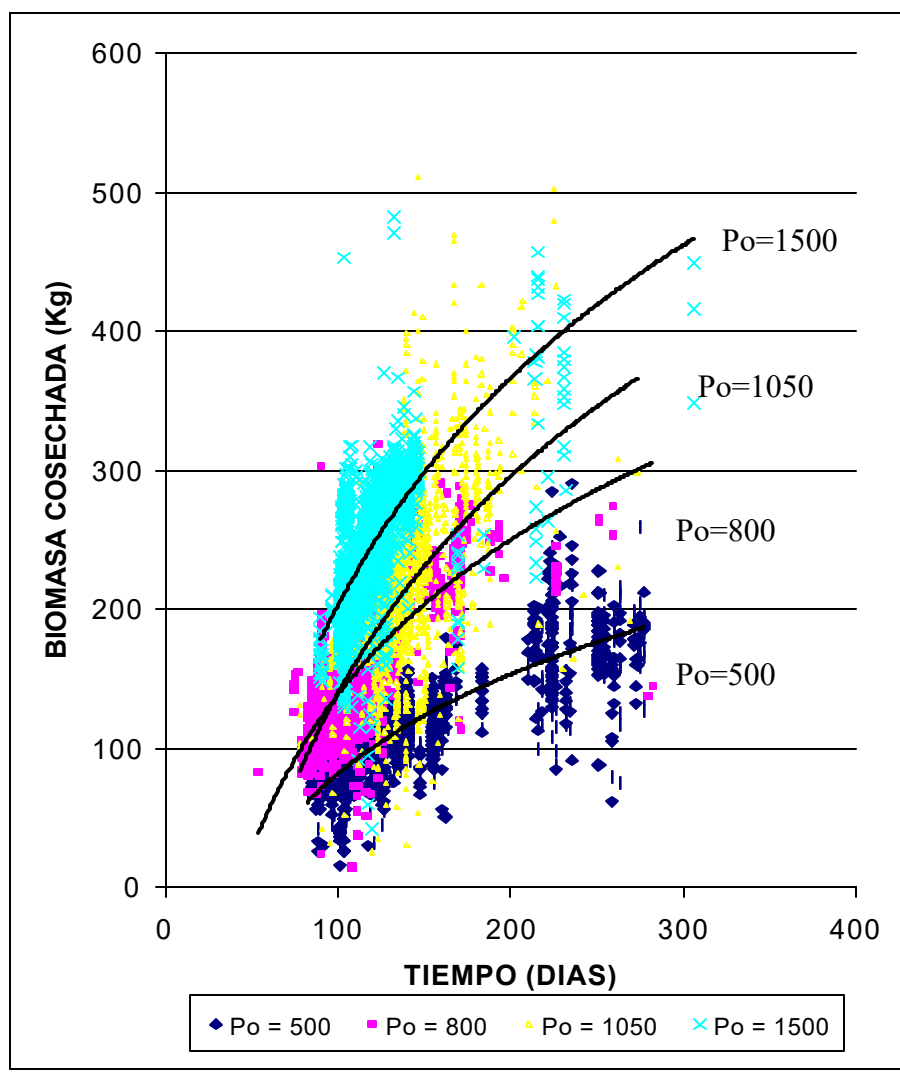
**ALIMENTACIÓN DIARIA PARA JAULAS DE ENGORDE A PARTIR DEL DIA
120 (RACION POR MILLAR DE EJEMPLARES)**

TIEMPO (DÍA)	RACIÓN DIARIA (KILOS)	ALIMENTO ACUM. PERIODO (KILOS)
1 – 15	5.5	82.5
16 – 31	6.0	96.0
32 – 47	6.5	104.0
48 – 62	7.0	105.0
63 – 76	7.5	105.0
77 - 91	8.0	120.0
92 – 105	8.5	119.0
106 – 120	9.0	135.0
TOTAL		866.5

4.2.3 Producción.

FIGURA 3.

BIOMASA A COSECHA CON SIEMBRAS A DIFERENTES DENSIDADES



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 3 en la Tabla 13 del APÉNDICE A.

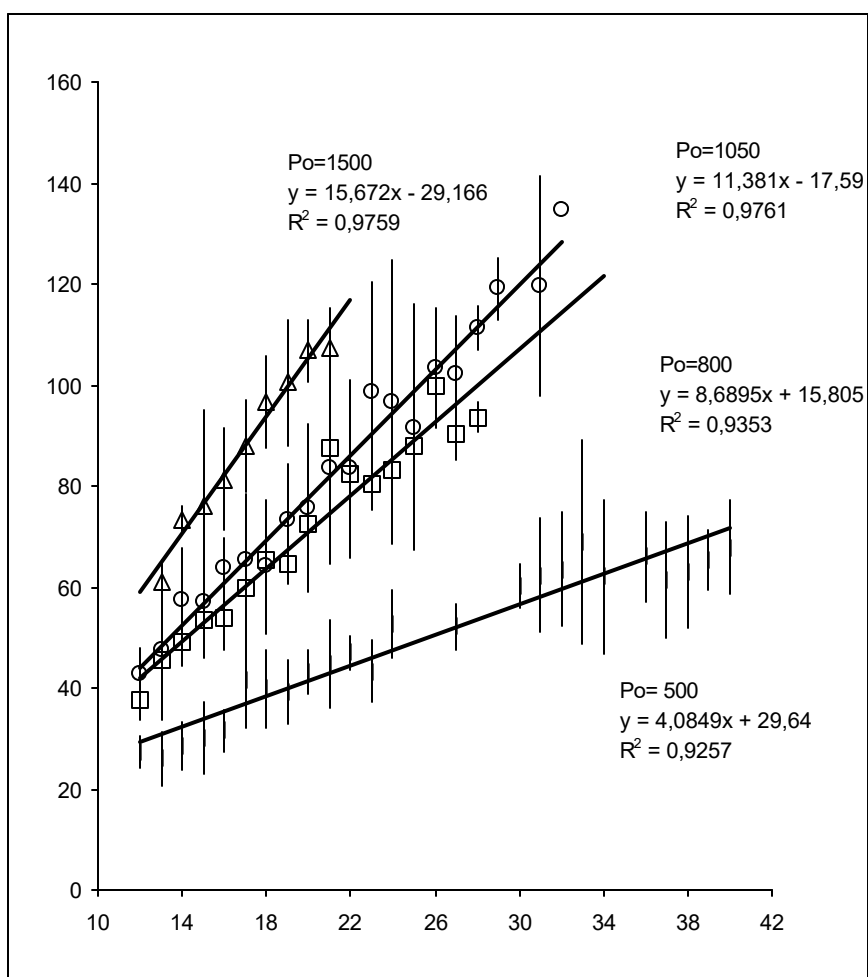
La Producción (Biomasa) fue proporcional a la Población de Siembra (P_0) para tiempos iguales de engorde (120 días), siendo significativamente mayor ($p < 0,05$) para la densidad de 555 juveniles por metro cúbico ($P_0 = 1500$ Juveniles), La Biomasa fue directamente proporcional al tiempo de cultivo para todas las densidades evaluadas y fue significativamente mayor ($p < 0,05$) a medida que aumento el mismo.

La Figura 4 muestra la Biomasa Promedio a cosecha para distintos tiempos de Cultivo (semanas), las barras corresponden a la desviación estándar para la media.

El comportamiento de la Biomasa para las dos Poblaciones de Siembra utilizadas en el embalse de Betania (APÉNDICE B) mostraron tendencias de comportamiento similares a los de Prado: La biomasa se incremento proporcionalmente al tiempo para ambas

FIGURA 4.

PROMEDIO DE PESOS FINALES DE TILAPIAS COSECHADAS A
DIFERENTES TIEMPOS EN JAULAS DE BAJO VOLUMEN A DIFERENTES
DENSIDADES



poblaciones iniciales de siembra, sin embargo para tiempos de cultivo menores a 180 días no hubo diferencias significativas ($p>0,05$) entre las jaulas sembradas con $Po=800$ y $Po=1500$, mientras que para tiempos de cultivo superiores a 210 días la biomasa de las jaulas de $Po=1500$ fue significativamente mayor ($p<0,05$).

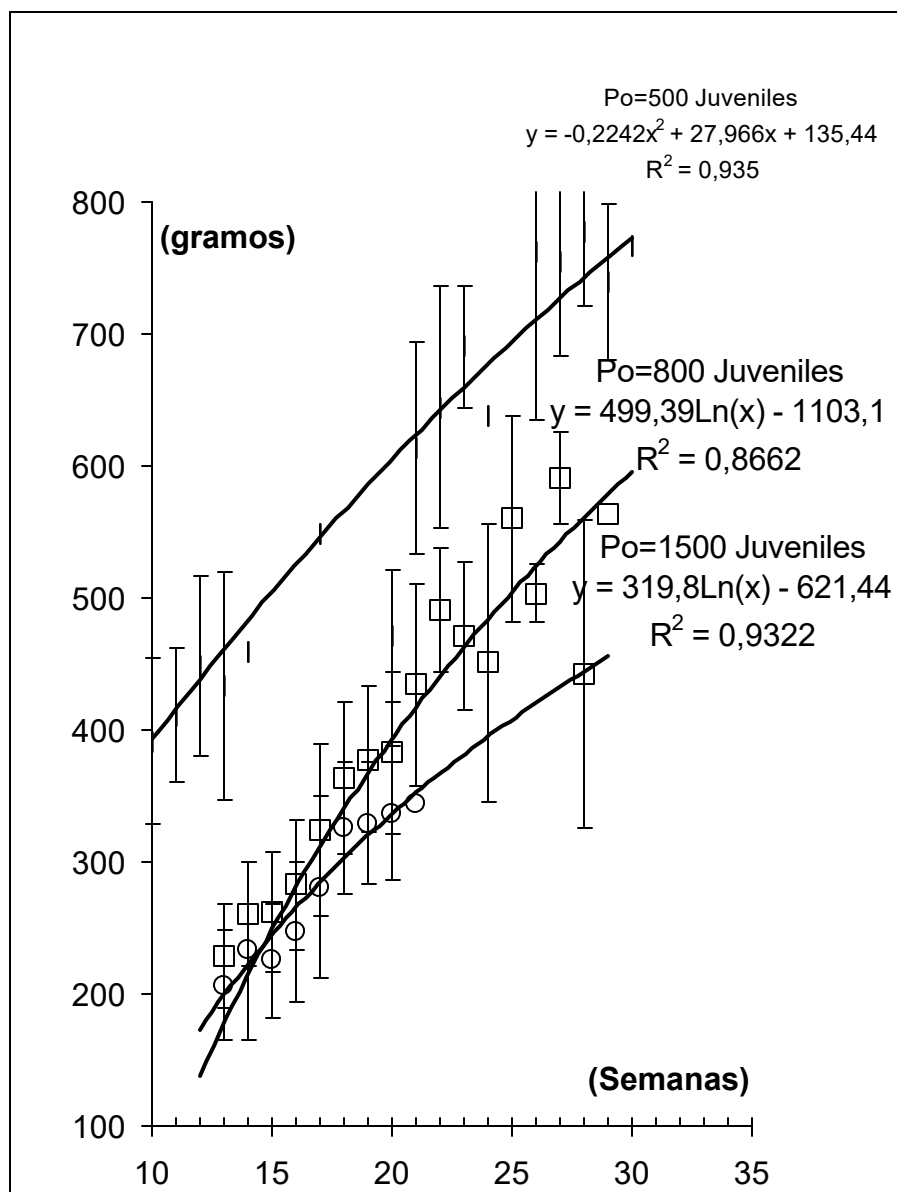
4.2.4 PESO PROMEDIO A COSECHA.

Los Pesos Promedio Finales, en gramos, para Tilapia sembrada a diferentes densidades en jaulas BVAD, en el embalse de Prado se muestran en la Figura 5 y el APÉNDICE A.

Los pesos finales para las tilapias fueron proporcionales en función del tiempo 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 para el peso, en gramos por semana, fue disminuyendo en función del tiempo. De igual manera la talla final se comporto de manera inversa a la densidad de siembra; a mayor densidad menor talla final para el mismo tiempo de cultivo, esto corresponde a una menor velocidad de crecimiento en la medida

FIGURA 5.

**PESO PROMEDIO A COSECHA PARA JAULAS DE BAJO VOLUMEN
EN EL EMBALSE DE PRADO**



que se incremento la densidad de siembra y el tiempo de cultivo, (APÉNDICE A).

En el embalse de Betania el peso promedio final fue diferente ($p < 0,05$) para las dos densidades de siembra (APÉNDICE B), siendo menor la talla de los peces sembrados a mayor densidad ($P_0 = 1500$).

4.2.5 Crecimiento.

El crecimiento de los peces fue monitoreado a lo largo del tiempo de cultivo. Mensualmente una de cada cinco jaulas seleccionada al azar era 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 como puede observarse en las distintas curvas de tendencia de crecimiento de Tilapia para las densidades de 185 ejemplares. m^{-3} (Figura 6), 295 ejemplares. m^3 , (Figura 7) y 555 ejemplares. m^{-3} , (Figura 8).

FIGURA 6

**CRECIMIENTO DE TILAPIA SEMBRADA EN JAULAS DE BAJO VOLUMEN
CON POBLACIÓN INICIAL DE 500 EJEMPLARES**

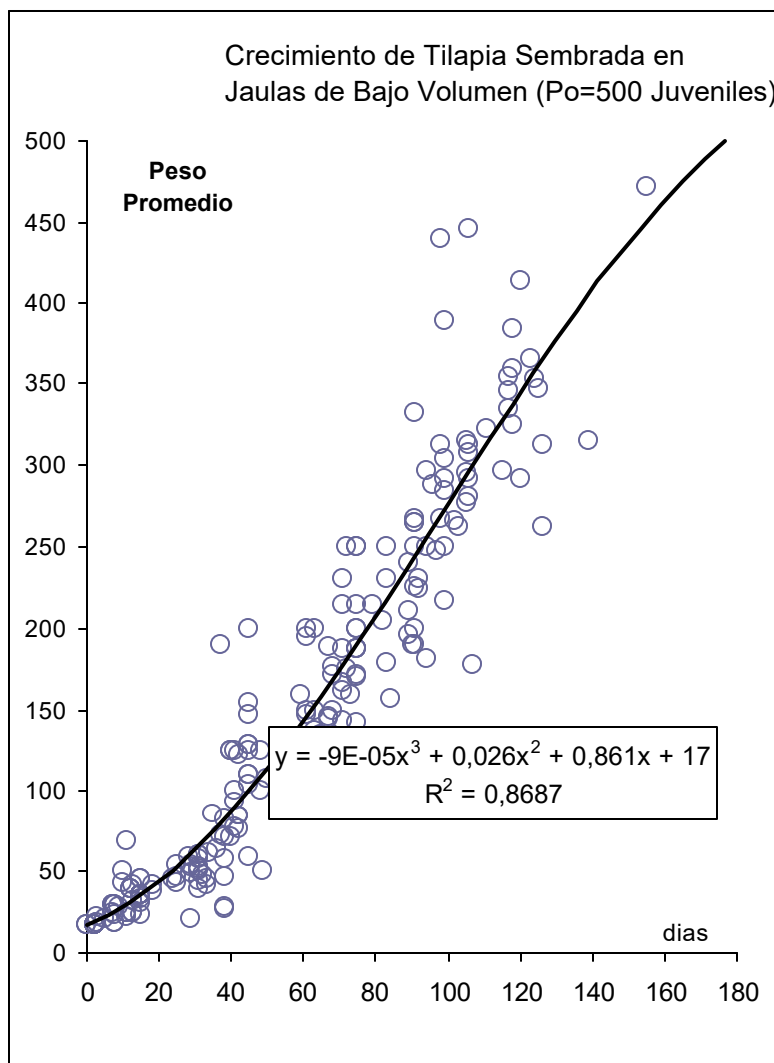


FIGURA 7

**CRECIMIENTO DE TILAPIA SEMBRADA EN JAULAS DE BAJO VOLUMEN
CON POBLACIÓN INICIAL DE 800 EJEMPLARES**

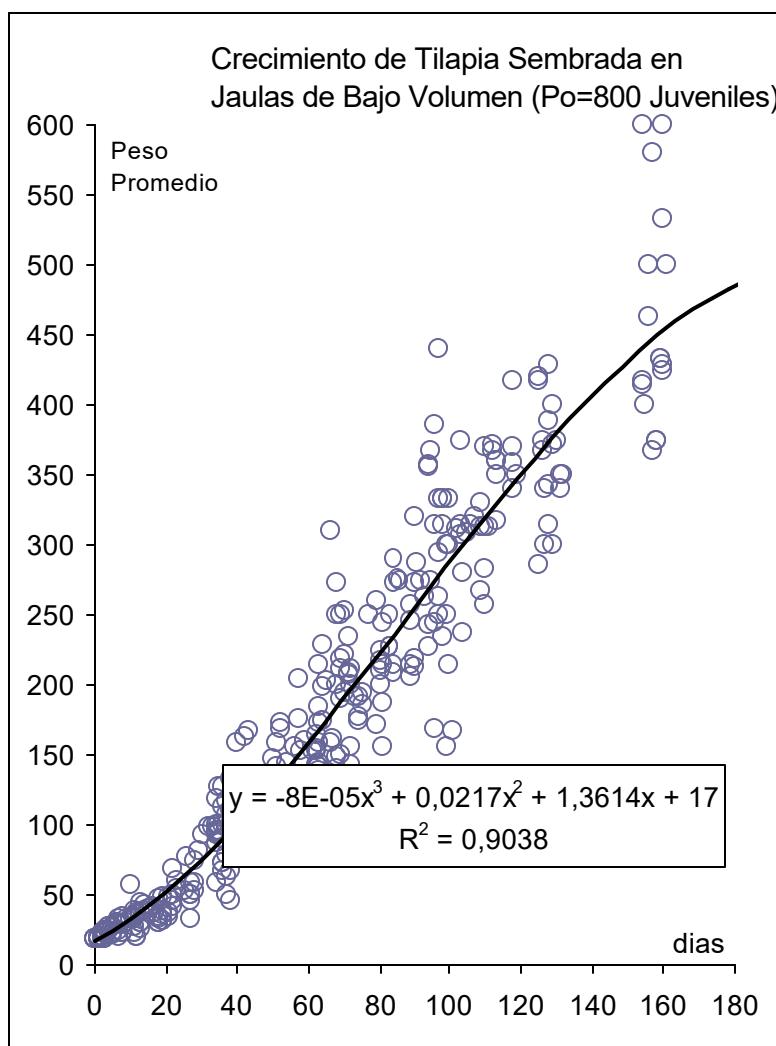
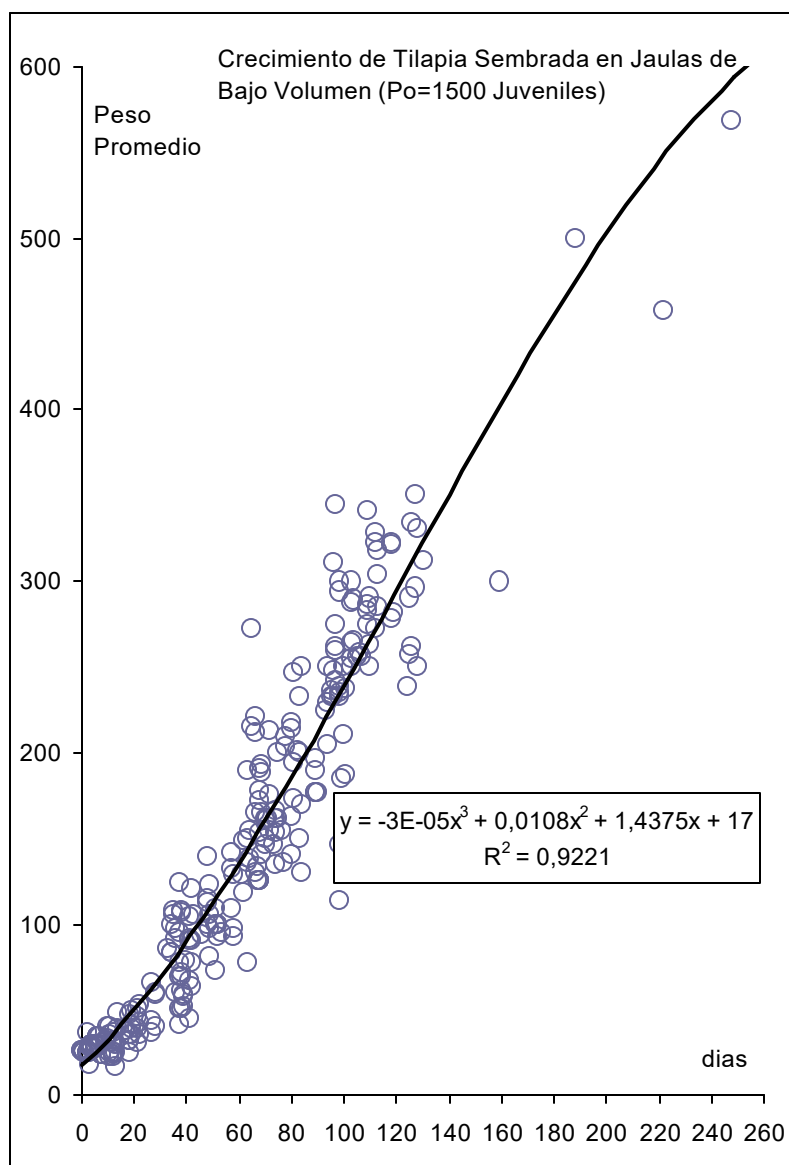


FIGURA 8

**CRECIMIENTO DE TILAPIA SEMBRADA EN JAULAS DE BAJO VOLUMEN
CON POBLACIÓN INICIAL DE 1500 EJEMPLARES**



4.2.6. Sobrevivencia.

El comportamiento de la sobrevivencia a cosecha mostró una gran variabilidad a lo largo del tiempo. (APENDICES A,B,C). Con una ligera tendencia al incremento en la mortalidad, los promedio de sobrevivencia a cosecha (Figura 9) muestran un comportamiento mas 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 ha 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 ($P < 0,05$) en las sobrevivencias obtenidas en Prado y Betania (APÉNDICE C). El seguimiento de la mortalidad a lo largo del tiempo de engorde (Figura 10.), muestran como la mortalidad es mayor en las primeras

FIGURA 9

PROMEDIO DE SOBREVIVENCIA A COSECHA

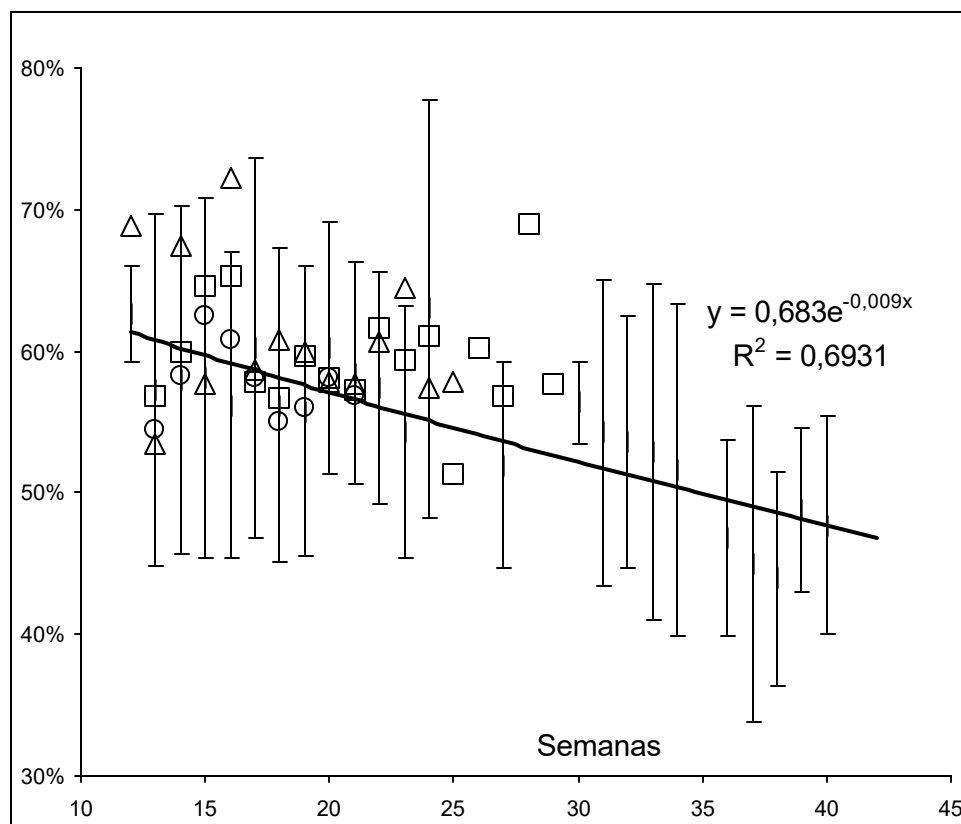
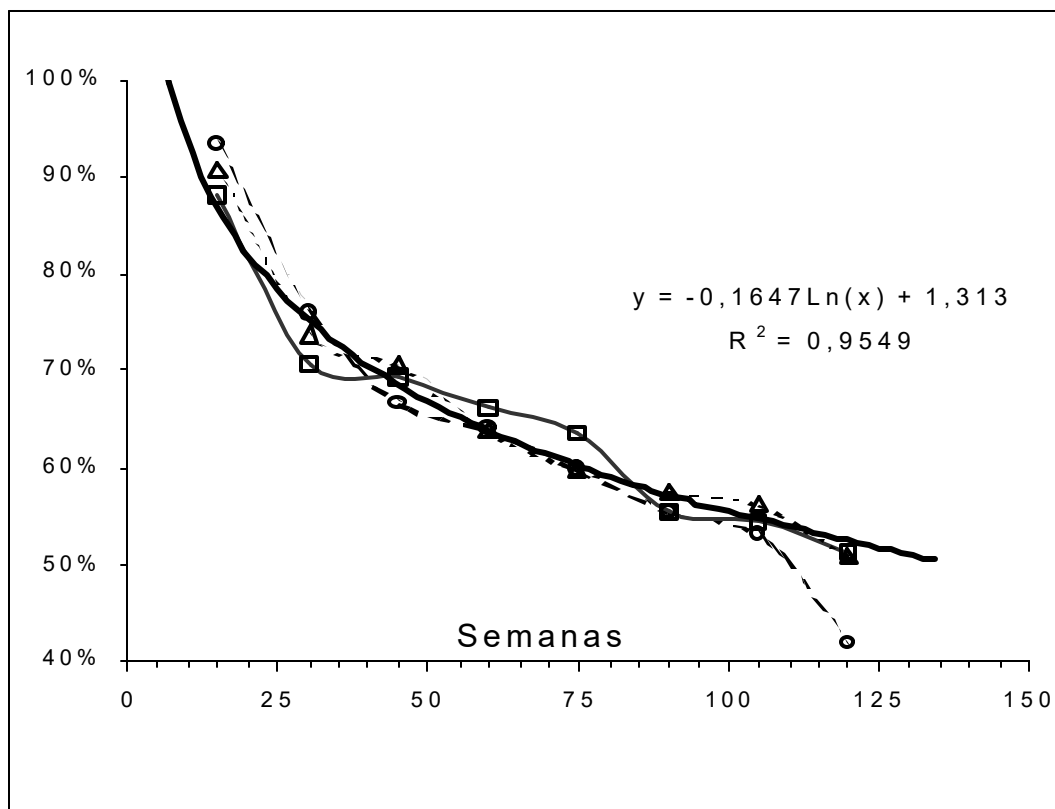


FIGURA 10

PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA DURANTE EL CULTIVO



4 semanas de cultivo, lo cual corresponde a lo reportado por Pulido, Ibíd., atribuible al estrés al que son sometidos los animales durante 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 Ibíd, 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 o 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 resultados de producción mostró ser similar, en Betania, a los obtenidos en Prado, las producciones en jaulas de bajo volumen de Betania muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) en la producción por jaula, así como en los

pesos promedio de cosecha. Las tallas obtenidas en Betania fueron menores a las de Prado para iguales densidades y tiempo de cultivo. La razón para estas diferencias estaría en la diferencia de temperaturas promedio de los embalses, mientras Betania registra una temperatura promedio de 24 °C el embalse de Prado presenta una temperatura promedio de 28 °C, la menor temperatura del agua de Betania estaría afectando la velocidad de crecimiento de los animales y por ende su talla final..

A pesar de la menor velocidad de crecimiento registrada en Betania las producciones (Biomasa) por jaula fueron mayores en este embalse. La razón de este resultado esta en la mejor sobrevivencia obtenida a cosecha para las jaulas de Betania.

Los resultados muestran (APÉNDICE C) una mayor producción, peso promedio, y sobrevivencia en Betania, para densidades de siembra correspondientes a $P_0=800$ juveniles y tiempos de cultivo de 120 días; sin embargo no se dieron diferencias significativas ($p>0,05$) para la Velocidad de Crecimiento, y el Factor de Conversión Alimenticia mas alto que para las jaulas cosechadas en Prado en las mismas condiciones.

La situación fue diferente para la condición de $P_0=1500$ juveniles y 150 días de cultivo 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 Factor de Conversión Alimenticio.

4.3 Cosecha y Procesamiento:

4.3.1 Caracterización Planta de Proceso

4.3.1.1 Entorno:

La planta de proceso se encuentra ubicada en la Vereda La Isla, municipio del Guamo departamento del Tolima, ubicada en zona rural. Sus alrededores se encuentran pavimentados, limpios y libres de basuras con el fin de eliminar focos de contaminación de manera que no representen riesgos potenciales para la salud y el bienestar de los habitantes ubicados en la zona.

4.3.1.2 Edificaciones e Instalaciones

La planta de proceso El Tablón esta construida en un lote de terreno de una hectárea, se utilizo en su construcción ladrillo y cemento con techos en teja de zinc. El área ocupada esta distribuida así:

Área de proceso: 400 M2

Área de cuartos fríos: 200 M2

Área de vivienda: 150 M2

En el área de proceso los pisos y paredes muestran acabados en baldosa de cerámica de color blanco de fácil limpieza. Cuenta con una zona de recepción para el pescado, donde este se deposita en agua y hielo a temperaturas entre 4 y 5 grados Celsius. Zona de pesaje, zona de clasificación, zona de descamado, zona de eviscerado, zona de lavado, zona de clasificación, zona de empaque de producto terminado y una zona de almacenamiento; esta ultima la constituyen tres cuartos fríos con capacidad de 6 toneladas de producto el primero, y de 8 toneladas cada uno de los dos últimos, los cuales se

encuentran aislados por placas de poliuretano de alta densidad, operando a temperaturas inferiores a -10 grados Celsius.

Las edificaciones están diseñadas y construidas de manera que las áreas de proceso y cuartos fríos estén protegidas de la humedad, polvo u otros contaminantes, además de la acción de plagas y roedores.

La edificación posee una adecuada separación física y funcional de las áreas en donde se procesa el producto con el fin de que no sean susceptibles de ser contaminadas por otras operaciones adyacentes; facilitando las operaciones de limpieza y desinfección establecidas en el plan de saneamiento.

El tamaño de las bodegas y depósitos está en proporción a los volúmenes de insumos y productos terminados manejados por la planta; además se dispone de espacios libres para la circulación del personal, traslado de materiales, limpieza y mantenimiento.

La planta posee además zona de captación y tratamiento del agua, área de tratamiento de residuos líquidos y sólidos, zona de servicios sanitarios para hombres y mujeres, vestier para hombres y mujeres, zona de almacenamiento de materiales varios, área de alimentación, zona de descanso y sección de almacenamiento de empaques.

4.3.2. Abastecimiento de Agua

El agua utilizada en el proceso proviene de un tanque elevado, con una capacidad de almacenamiento de 36 metros cúbicos, aportados por un pozo llano (aljibe) de 5.7 litros por segundo de caudal, impulsados por una electro-bomba de 1 Hp.

Previo al almacenamiento el agua es tratada para potabilizarla. Inicialmente el agua es fraccionada para eliminar gases vía difusión, eliminando olores desagradables. Después se adiciona sulfato de aluminio a 200 ppm, para estimular el sedimento de los sólidos en suspensión.

El agua llega a un tanque de sedimentación y un circuito de afloradores y floculadores en donde se retienen los sólidos en suspensión. En un tercer paso el agua pasa por un filtro de paso forzado (filtración mecánica), de arena y carbón activado y se deposita en un tanque de retención de flujo lento que permite el depósito de los últimos sólidos. En un último paso el agua es bombeada a través de un clorinador y se deposita en el tanque de almacenamiento para su uso.

FIGURA 10

.PLANTA DE PROCESO POST-COSECHA



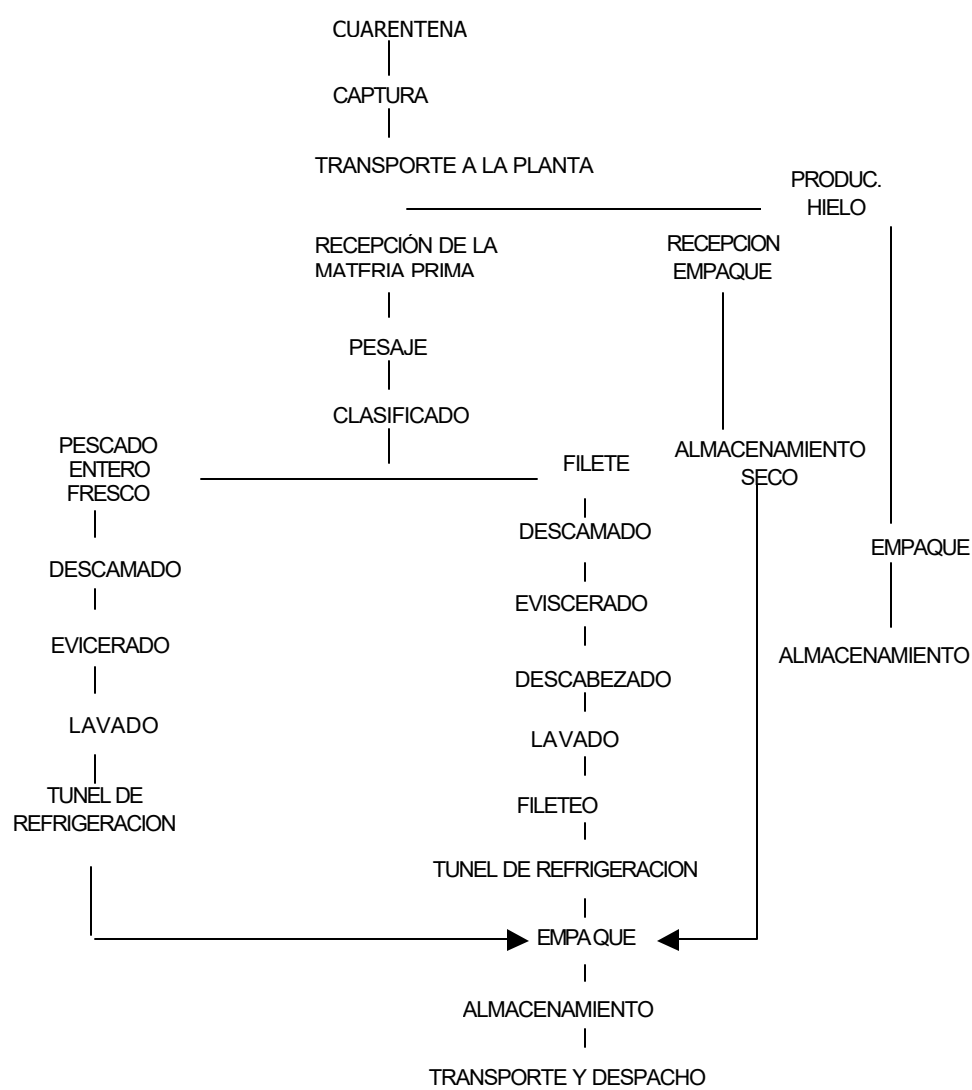
4.3.3. Productos Finales en Planta de Proceso:

- Tilapia entera con escama o sin escama fresca o congelada
- Filetes frescos o congelados

4.3.4. PROCESO POST-COSECHA

FIGURA 11

PROCESO POST-COSECHA



4.3.4.1 Materia Prima.

El proceso comienza con la llegada del pescado a la planta, procedente de los módulos de engorde en las represas de Prado y Betania. Los peces a ser cosechados se les ha suspendido la alimentación 48 horas antes de la pesca con el fin de que evacuen su tracto digestivo, previendo el deterioro del músculo de la región peritoneal por la acción auto lítica de los jugos gástricos.

Los peces son depositados en el transportador y según el proceso y destino del producto se transportan vivos (Filete, Mercado Internacional) o se adiciona hielo para transportarlo a una temperatura de 2-4 grados centígrados (Entero, Mercado Nacional).

A la llegada a la planta, el pescado es depositado en una piscina rectangular con capacidad para 10 Ton, se adiciona hielo y agua potabilizada y se mantiene a una temperatura aproximada de 4 grados centígrados, mediante las bandas transportadoras se lleva el pescado a la siguiente etapa de proceso.

El pesaje se realiza por lotes de 20 Kg, controlados por la bascula por medio de un temporizador en combinación con las velocidades de la banda transportadora que la alimenta y la banda transportadora en la que descarga, la cual alimenta a la máquina clasificadora.

La clasificadora separa el pescado en dos grupos: el grupo de mayores tallas (cuyo rango supera los 600 gramos) para procesar filetes con destino al mercado internacional y el grupo de tallas menores (entre 250 y 550 gramos) para procesar pescado entero fresco y congelado para el mercado nacional.

4.3.4.2 Procesamiento:

A través del alimentador de la banda transportadora, el pescado de mayores tallas pasa a la maquina Descamadora con capacidad de proceso de 50-80 kilos por lote, el tiempo de operación por lote es de diez minutos. Esta máquina trabaja con la ayuda de un flujo de agua para facilitar el desprendimiento de las escamas, las cuales son recolectadas de manera manual y depositadas en

recipientes dotados de bolsas plásticas, y retiradas al finalizar cada turno.

En canastillas plásticas se deposita el pescado descamado para pasar al proceso de descabezado el cual se realiza manualmente.

Posteriormente los peces pasan a la maquina evisceradora anteriormente descrita para retirar las vísceras. En un primer paso una cuchilla ejecuta un corte en la región ventral del pez, posteriormente un disco retira la víscera, mientras otro disco se encarga de terminar de limpiar la región abdominal del pescado. A este proceso se adiciona la acción del agua suministrada por chorros a presión para ayudar a la limpieza del producto.

El pescado pasa a la etapa de lavado. Mediante una banda transportadora de doble sentido, el producto es movilizado a los puestos de lavado donde un operario ejecuta la labor de limpieza, retirando los residuos de víscera que pudieran haber quedado y hace un enjuague del producto, lavando

las branquias, la boca etc. Dejándolo listo para empaque (tallas menores) o fileteo (tallas mayores).

En la parte inferior de la mesa de lavado se encuentra un sistema de recolección de vísceras construido en tubería de PVC conectados a un sifón central que lleva las vísceras por tubería subterránea hasta la parte exterior de la planta.

El producto de talla mayor pasa al área de fileteo, donde manualmente los operarios ejecutan los cortes para obtener el filete. A cada filete se le retira la piel a través de una maquina Despellejadora. Posteriormente, los operarios cortan las partes grasas del filete y los restos de piel, revisando cuidadosamente cada filete para evitar residuos de espinas, en un proceso denominado pulido.

Los filetes son sometidos a un choque de frío con el propósito de bajar la temperatura a valores cercanos a cero grados centígrados. El proceso se realiza en un túnel de congelamiento rápido, por aspersion directa de nitrógeno liquido sobre el producto, a medida que el filete sale del túnel, pasa inmediatamente a la sección de empaque.

4.3.4.3 Empaque.

Los filetes frescos y refrigerados, son empacados en cajas de cartón corrugado plastificadas con una capacidad de 10 libras americanas, a cada una de ellas se les dota de una “bolsa tina” en donde se disponen de manera ordenada los filetes. En la parte superior se coloca un cojín de gel-pack para mantener el filete a una temperatura adecuada durante el tiempo de transporte. Las cajas de 10 libras son colocadas por seis unidades en una caja mas grande (caja Master), recubierta con laminas de icopor en su interior.

4.3.4.4 Almacenamiento

Las cajas debidamente rotuladas con códigos de fecha de proceso y cantidades, se introducen en un cuarto de refrigerado a una temperatura de menos 5 grados centígrados para garantizar la conservación del producto hasta el transporte y comercialización.

Previo al embarque en el terminal aéreo, el producto pasa por una inspección sanitaria y la respectiva inspección

aduanera para ser despachado a los clientes en el mercado internacional.

4.3.4.5 Pescado de Tallas Menores para el Mercado Nacional.

Los procesos de descamado, eviscerado y lavado, son iguales para el pescado de talla pequeña y el de talla mayor. Una vez el producto esta lavado pasa a ser clasificado por tallas para el mercado nacional:

Mojarra pequeña: 250 - 350 gr

Mojarra mediana: 350 - 450 gr

Mojarra de libra: 450 - 550 gr

Parte del pescado se conserva con escamas (según el mercado). Una vez clasificado el pescado entero es empacado en bolsas plásticas individualmente, se organiza en canastillas y se congela en los cuartos fríos a una temperatura de -18° C, después de congelado se empaca en bultos por 25 Kg para despacho. Un segmento grande del mercado prefiere el pescado fresco refrigerado, el

producto destinado a este sector no se congela y se despacha directamente en canastillas.

CAPITULO 5

5. EVALUACIÓN ECONOMICA

5.1 Costos de Producción:

Los costos de producción se han dividido en dos grupos:

- Costos de Producción Directos
- Costos de Producción Indirectos

Los costos de producción directos involucran los costos variables que en nuestro caso son: Asistencia Técnica, Mano de Obra y Alimento.

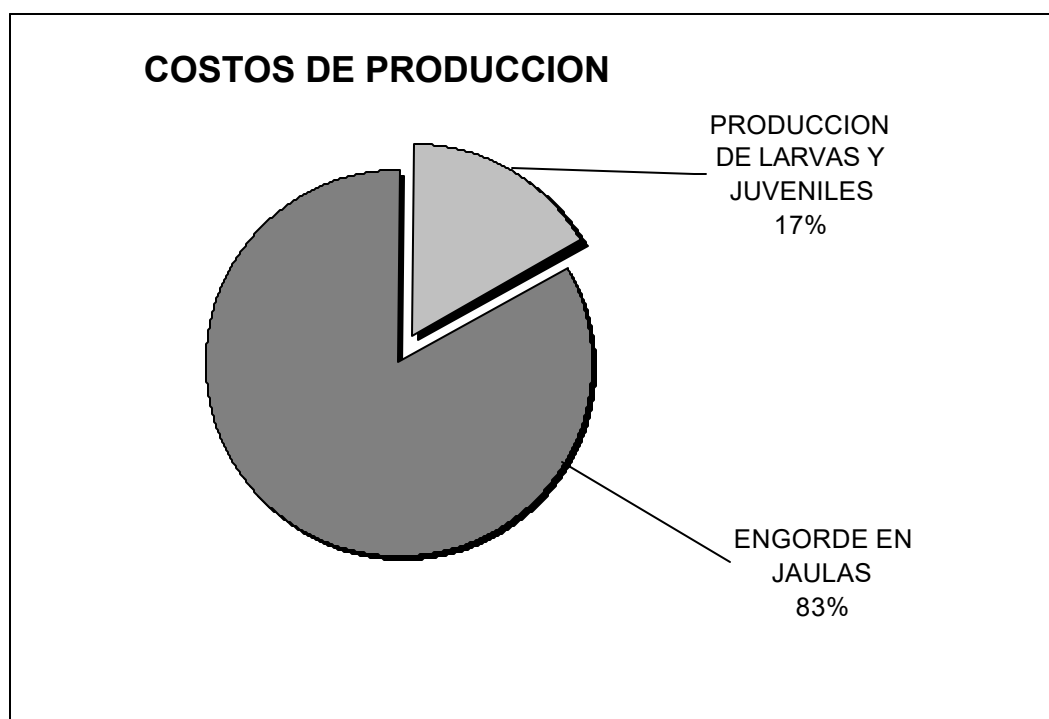
Dentro de los Costos de Producción en General la producción de larva y el levante de juveniles representaron el 17% de los Costos y el restante 83% correspondió a los costos del Engorde, TABLA 14, (Figura 12, Figura 13, Figura 14).

TABLA 14

DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCION

PRODUCCIÓN DE LARVAS Y LEVANTE DE JUVENILES	17%	DIRECTOS	Mano de Obra	39.62%
			Alimento	34.17%
			Asistencia Técnica	6.55%
		INDIRECTOS	Varios	19.66%
ENGORDE EN JAULAS FLOTANTES	83%	DIRECTOS	Mano de Obra	10.49%
			Alimento	78.71%
			Asistencia Técnica	1.33%
		INDIRECTOS	Varios	9.47%

FIGURA 12
COSTOS DE PRODUCCION



FIDURA 13
COSTOS DE PRODUCCIÓN DE JUVENILES

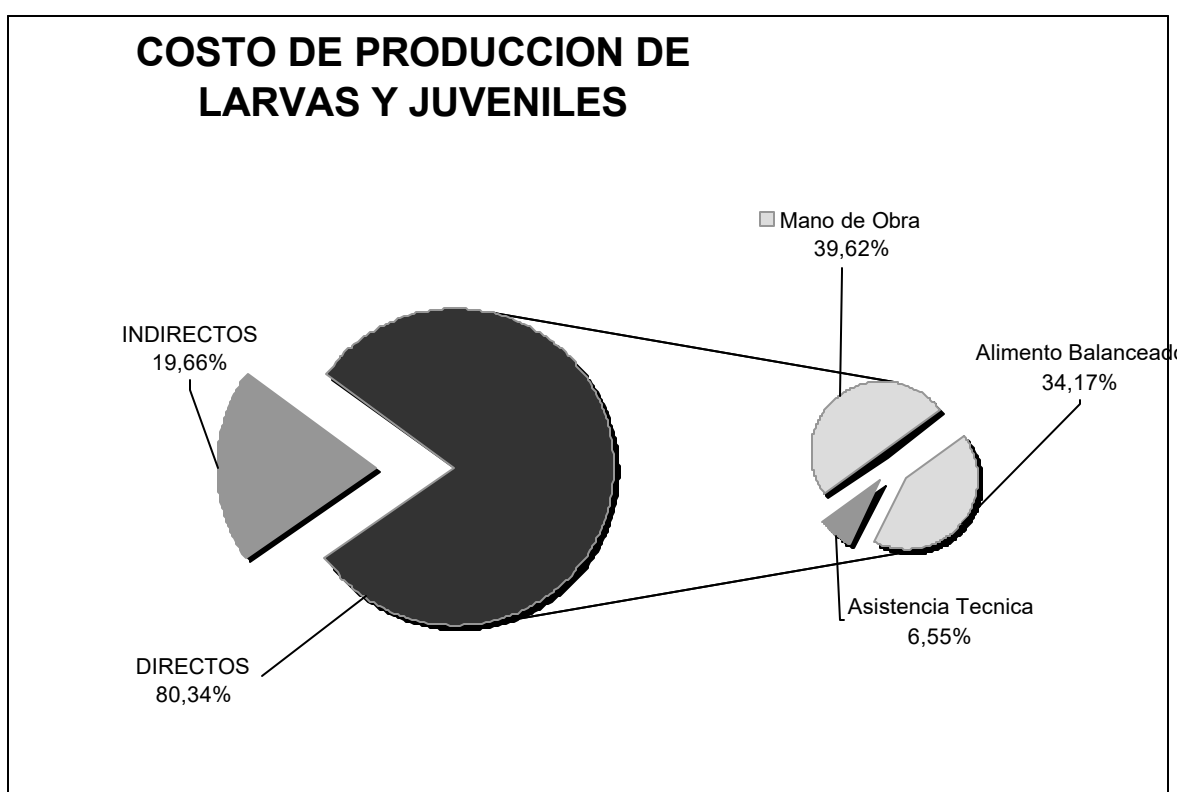


FIGURA 14

COSTOS DE PRODUCCIÓN ENGORDE EN JAULAS

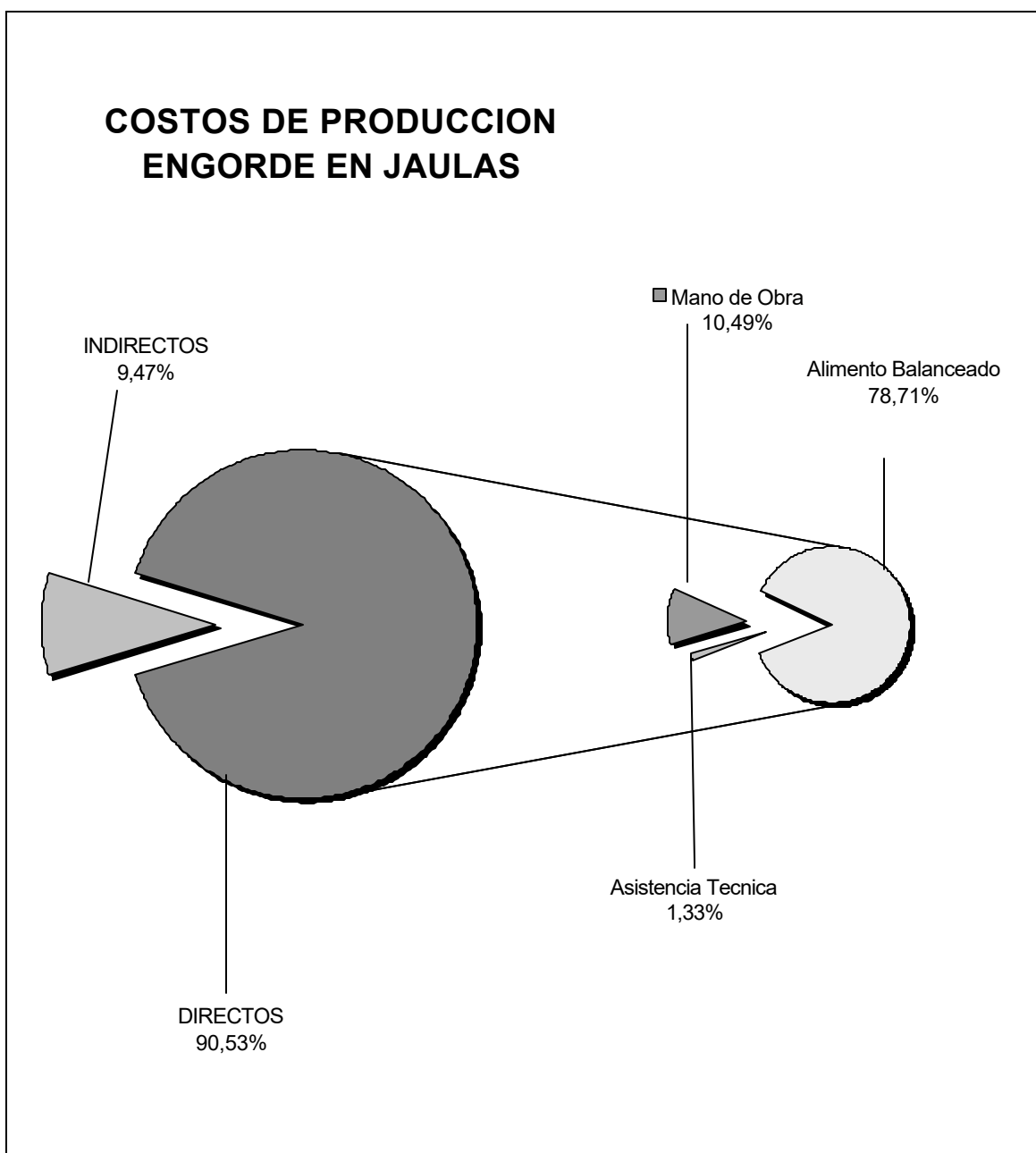


TABLA 15
COSTO UNITARIO PROMEDIO

PRODUCCION - Kg	1.234.822	USD
COSTO JUVENILES	\$ 396.859.684,40	172.547,69
COSTO ALIMENTO	\$ 1.473.359.743,25	640.591,19
COSTO MANO OBRA	\$ 111.918.509,00	48.660,22
COSTOS INDIRECTOS	\$ 206.155.915,00	89.633,01
COSTO DE PRODUCCION	\$ 2.188.293.851,65	951.432,11
COSTO UNITARIO DE PRODUCCION	\$ 1.772,15	0,77
GASTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 330.479.350,00	143.686,67
GASTOS DE VENTA	\$ 512.182.451,00	222.688,02
TOTAL GASTOS	\$ 842.661.801,00	366.374,70
COSTO UNITARIO FINAL	\$ 2.454,57	1,07

1 USD = \$2.300,00

5.2 Gastos de Venta

TABLA 16

GASTOS DE VENTA PROMEDIO

GASTOS DE VENTA		
	COL \$	USD
MANO DE OBRA	18.034.617,83	7841,14
SERVICIOS	1.353.460,58	588,46
SEGUROS	694.029,86	882,18
MANTENIMIENTO	3.009.833,42	1308,62
VARIOS	4.781.482,31	2078,90
TOTAL GASTOS DE VENTA PROMEDIO		27.873.424,01

Para una producción media mensual de 67.200 Kg.mes⁻¹ el valor promedio por Kilo de los Gastos de Venta es \$ 414,78, equivalentes a USD\$ 0,18 por Kilo.

5.3 Mercadeo

5.3.1 Composición Media de la Producción:

TABLA 17

COMPOSICIÓN MEDIA DE LA PRODUCCION

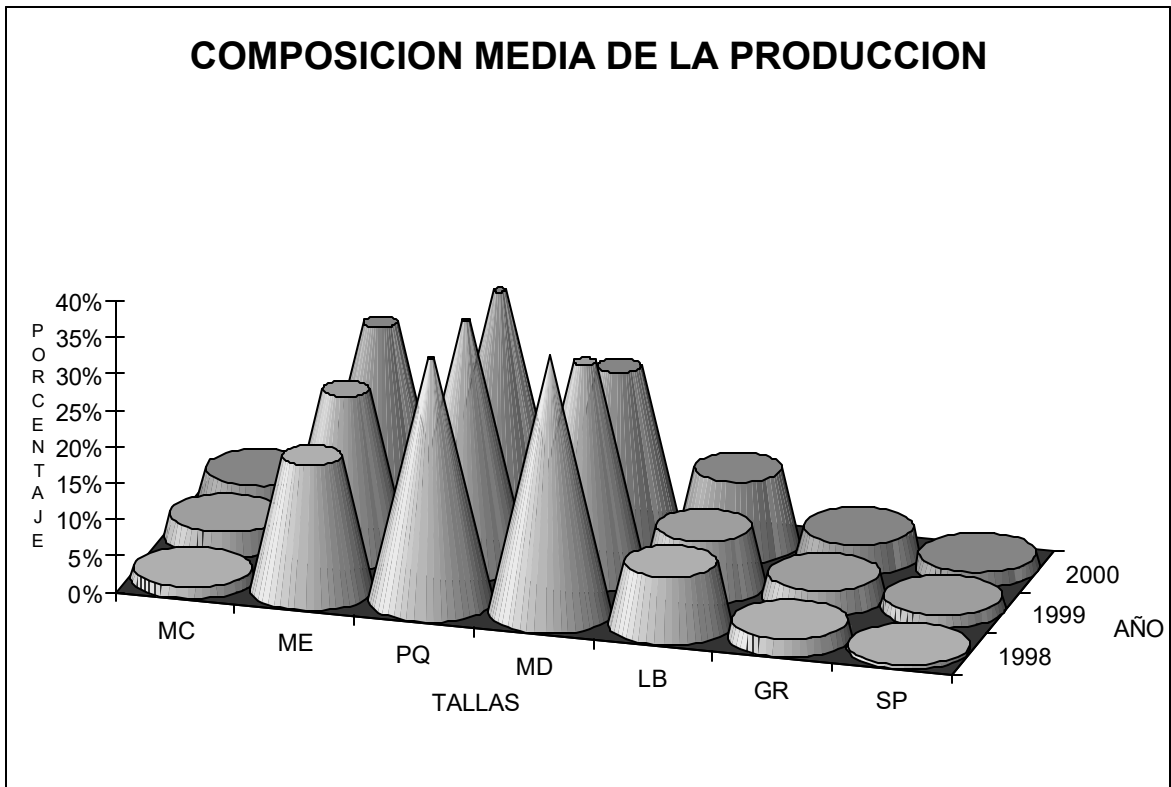
TALLAS	RANGO	AÑOS		
		1998	1999	2000
MC	80-150	1,5%	3,3%	4,0%
ME	150-250	18,4%	21,9%	25,5%
PQ	250-350	33,3%	33,0%	31,5%
MD	350-450	35,2%	28,9%	22,8%
LB	450-550	8,7%	8,0%	10,4%
GR	550-650	2,3%	3,2%	4,0%
SP	650-UP	0,5%	1,7%	1,9%

Como puede apreciarse en la TABLA 17 (FIGURA 15), el mayor porcentaje del volumen de cosecha se ubica entre las tallas ME, PQ y MD, en un rango de peso del canal entre los 150 y los 450 gramos, siendo la talla PQ la de mayor porcentaje de producción.

Estas tallas son las de mayor demanda en el mercado.

FIGURA 15

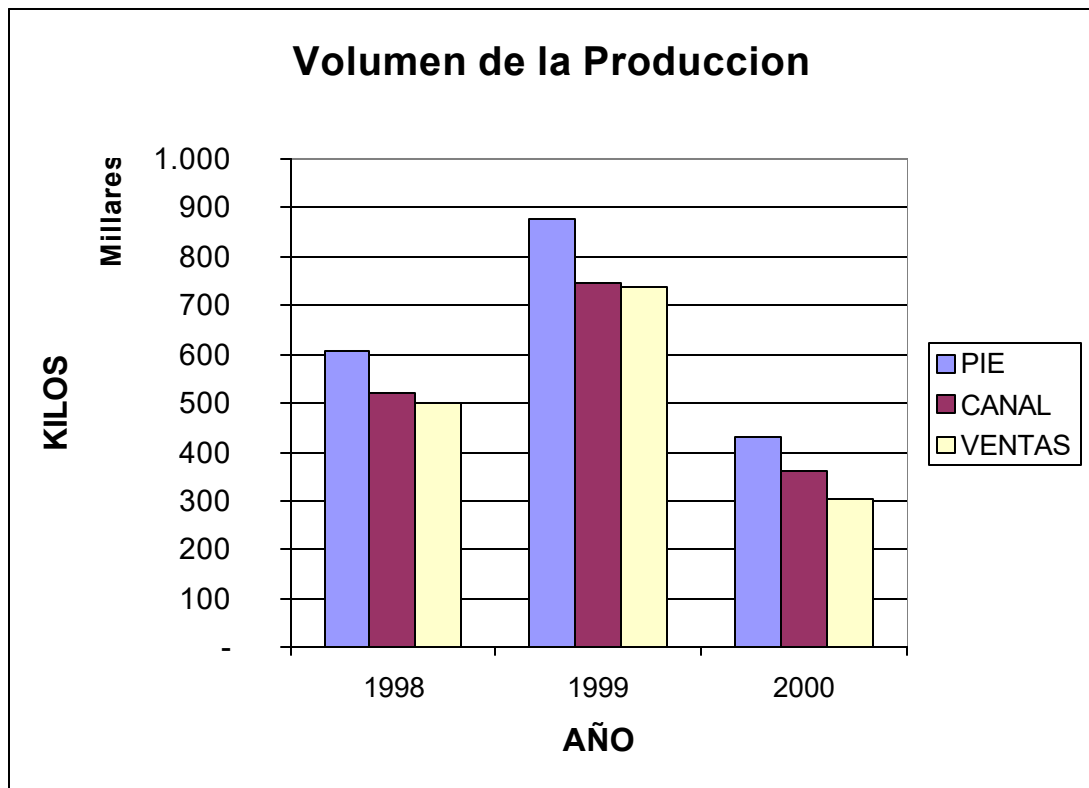
COMPOSICIÓN MEDIA DE LA PRODUCCION



5.3.2 Volumen de Producción

FIGURA 16

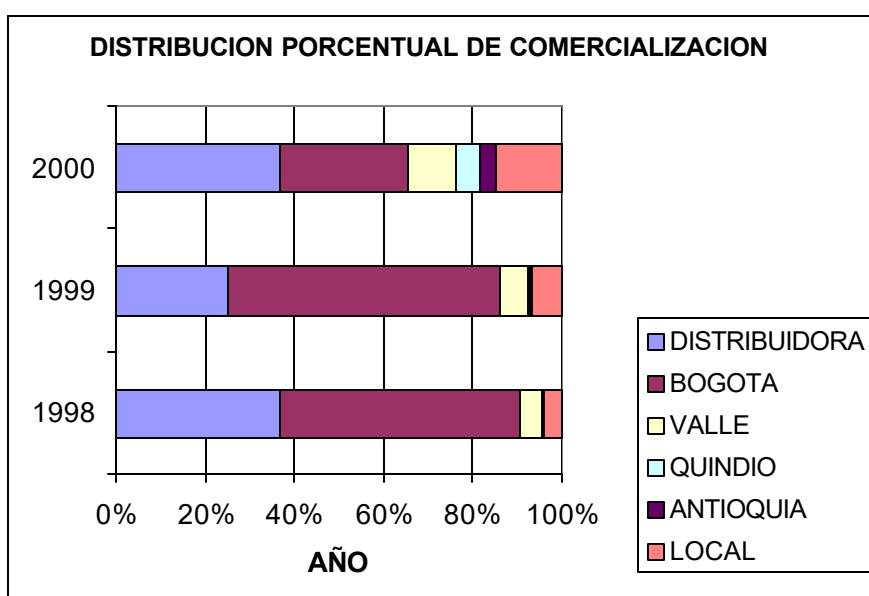
VOLUMEN DE PRODUCCION



5.3.3 Canales de Distribución:

FIGURA 17

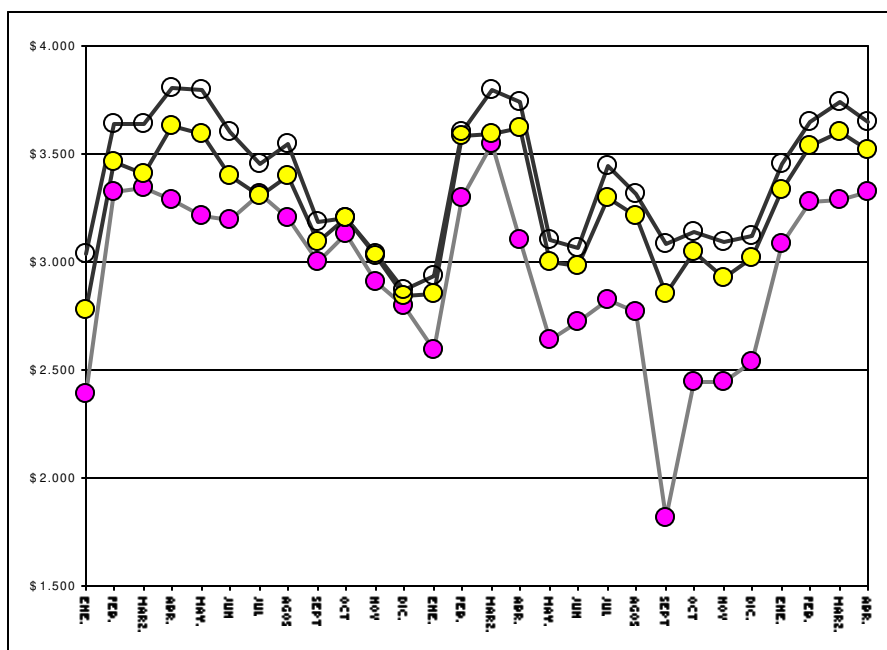
CANALES DE COMERCIALIZACION



Como puede verse en la Figura 17 el principal centro de mercadeo fue la ciudad de Bogota. El producto se colocó a través de intermediarios mayoristas. La comercializadora de la empresa logró mercadear alrededor del 38% de la producción la cual se vendió principalmente en Bogota.

5.3.4 Precio de Venta:

FIGURA 18
EVOLUCION PRECIO DE VENTA



El precio medio anual de comercialización para el periodo Enero de 1998 a Mayo de 2000 fue:

AÑO	PRECIO	USD
1998	\$ 3.134,61	1,33
1999	\$ 2.868,67	
2000	\$ 3.101,20	

como puede verse en la Figura 18, el mayor valor de precio para los distintos periodos anuales se obtuvo en el periodo Febrero-Abril correspondientes a la época de Cuaresma y Semana Santa donde la alta demanda del producto provoca el incremento de los precios.

CAPITULO 6

6. EVALUACIÓN DE POTENCIALES EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE.

La humanidad desde sus inicios se ha dirigido a la abundancia de los océanos y al medio acuático como fuente de alimento. Sin embargo, en los últimos 20 años los océanos han mostrado la limitación de su riqueza. Se estima aproximadamente en 60 millones de $Tm\text{-año}^{-1}$ la capacidad de las zonas productoras de alimento de origen acuático en el mundo, pescas por encima de este valor llevarían a un agotamiento de las reservas naturales.

Según datos de las Naciones Unidas la población mundial supera los 6 billones de personas y esta en constante crecimiento. Para poder suplir las necesidades alimenticias de tantos seres humanos, en los próximos 40 años se tendrá que producir mas alimento que el total producido desde el comienzo de los tiempos.

La solución a esta crisis está en cultivar, alternativa planteada por la humanidad cuando la caza silvestre comenzó a escasear. La acuicultura, el cultivo de organismos acuáticos, disminuye la presión sobre las reservas de pesca silvestre y proporciona alimento a la humanidad en un camino sostenible.

La comisión mundial sobre desarrollo y medio ambiente define desarrollo sostenible como: “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus necesidades”. Frente a la sostenibilidad los ambientalistas modernos se dividen en dos grupos: preservacionistas y conservacionistas.

En la visión preservacionista, la naturaleza debe ser preservada a cualquier costo, para ellos sostenibilidad es sinónimo de “no impacto” en este contexto, ni la acuicultura, ni ningún otro sistema de producción tendrían espacio de crecimiento. La pregunta para los preservacionistas es simple: Como pueden 6 billones de seres sobrevivir en este planeta, desarrollarse y proyectarse sin generar impacto. En la satisfacción de sus necesidades y en su actividad vital la humanidad ocasiona un profundo impacto sobre el ecosistema terrestre; podremos atenuar al máximo como sea posible los aspectos negativos de este impacto, pero será imposible no tener algún impacto sobre el ecosistema.

Los conservacionistas son mas realistas con la sostenibilidad. Su meta es mantener el ecosistema a través de un manejo concertado de los intereses y las necesidades tanto publicas como privadas en el ámbito local. Claramente la acuacultura es conservacionista.

La acuacultura esta comúnmente concebida como una industria limpia, sin embargo, cultivar organismos acuáticos a altas densidades obteniendo niveles de productividad por unidad de área, mayores a los obtenidos en forma alguna de producción de proteína animal sobre la tierra; Puede llevar a cambios físicos y químicos sustanciales en áreas aledañas a los sitios de cultivo. Estos cambios podrían resultar en cambios funcionales y estructurales en la biota nativa del área de influencia, y en algunos casos traer consecuencias adversas para el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos cultivados.

Las implicaciones biológicas de la producción de desechos de la actividad acuacultural sobre la fauna y flora nativas debe buscarse con énfasis en:

- Enriquecimiento orgánico del sustrato y alteración de la comunidad macro fáunica.
- Enriquecimiento de nutrientes y eutrofización.
- Efectos sobre las comunidades nativas de peces.

- Efectos Biológicos potenciales del uso de químicos en la industria acuicultura.

La mayor parte de la información acerca de estos temas esta originada en los cultivos marinos de salmón en jaulas.

6.1 Enriquecimiento Béntico:

Las Estructuras de cultivo pueden tener influencia en la sedimentación de los sólidos suspendidos simplemente por la modificación de la velocidad y dirección de las corrientes. Como cualquier otra estructura emplazada en un fluido en movimiento, las estructuras de cultivo alteran el régimen de flujo y pueden crear zonas tanto de erosión como de deposición.

Además de la sedimentación atribuible a los cambios del flujo del agua, todas las formas de acuicultura producen desechos fecales ricos en materia orgánica, y pseudo heces en el caso de los bivalvos. En el cultivo de peces no solamente la generación de desechos fecales, sino el desperdicio de alimento no ingerido por los peces contribuye en el total de material aportado.

La cantidad de alimento no ingerido por los peces cultivados varia ampliamente dependiendo de la especie, las estrategias de alimentación y la ubicación del cultivo, y ha sido estimado, en general, en un rango entre el 1-40% del alimento suministrado.

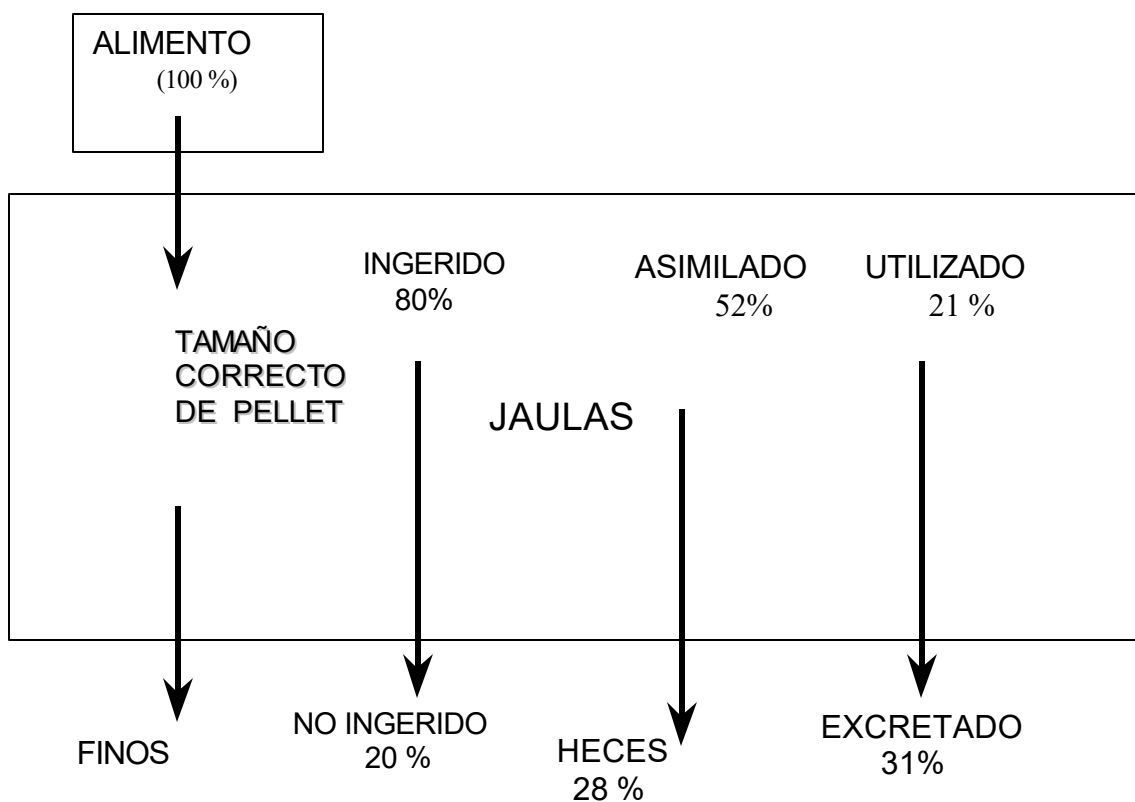
La acumulación de alimento y heces en la vecindad de los sitios de cultivo, pueden ocasionar cambios físicos y químicos en el sustrato. Estos efectos pueden incluir incrementos en las concentraciones de carbono orgánico, nitrógeno y fósforo; incremento del consumo de oxígeno del sedimento, y reducción del potencial redox del mismo; la generación de sulfuro de hidrogeno y metano; y cambios en el intercambio de nutrientes.

Los efectos del enriquecimiento orgánico atribuibles a la acuicultura están reflejados en la distribución vertical de la biomasa en la columna del sedimento así como en la composición y densidad de las especies.

La extensión del área de impacto del cultivo sobre el bentos, dependerá del volumen de producción de la granja, las practicas acuiculturales y las condiciones batimétricas y hidrográficas del lugar.

FIGURA 19

**PRINCIPALES PERDIDAS DE NUTRIENTES (P) AL MEDIOAMBIENTE
ASOCIADO A CULTIVOS INTENSIVOS EN JAULAS**



Fuente: Tomado de: "Cage Aquaculture", Beveridge M., 1987.

6.2 eutrofización:

Los desechos fecales y las excretas, junto al alimento perdido, podrían alterar la calidad de agua por enriquecimiento de nutrientes y disminución del oxígeno disuelto. Las manifestaciones biológicas del incremento de nutrientes pueden incluir cambios locales en la cantidad de biomasa, la composición de las especies o la productividad del fitoplancton y las macro-algas. Estudios de laboratorio han demostrado que los productos desechados de la acuicultura pueden estimular el crecimiento de ciertas especies del fitoplancton.

La respiración algal o la descomposición pueden reducir las concentraciones de oxígeno a niveles críticos. Las explotaciones pueden verse también afectadas en el mercadeo de sus productos por la presencia de ciertos metabolitos con olores y sabores desagradables o por la presencia de toxinas algales que pueden afectar a los consumidores.

Uno de los principales determinantes del tipo y magnitud del impacto sobre las poblaciones algales está en si los sistemas de cultivo necesitan el suministro de alimento a las especies cultivadas (cultivo

intensivo) o si el organismo subsiste completamente con alimento natural (cultivo extensivo). La eutrofización esta más relacionada con los sistemas intensivos de producción donde el aporte de alimento resulta en un incremento en la cantidad de nutrientes en el ambiente circundante. Este tipo de cultivo puede afectar las comunidades de fitoplancton y macro-algas, por el suministro de nutrientes fundamentalmente fósforo y residuos nitrogenados, los cuales están frecuentemente limitados en el medio natural.

El incremento de la producción de fitoplancton estimulado por el aporte de nutrientes en sistemas de agua dulce, esta bien documentado, y es usado en provecho de los productores acuícolas. La aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos es usada en estanques de cultivos extensivos para incrementar la productividad primaria e incrementar la oferta de alimento a las especies cultivadas. Efectos medibles de los cultivos intensivos, en medios abiertos, sobre las comunidades algales han sido observados solamente en condiciones donde la mezcla e intercambio de agua esta restringida como en un estanque de cultivo, reservorios con una baja tasa de recambio o zonas costeras que carecen de corrientes de marea apropiadas.

El enriquecimiento de nutrientes proveniente de cultivos intensivos, puede acelerar la eutrofización con consecuencias adversas para la operación del sistema y el ecosistema como un todo. Existen ejemplos de los cambios en la calidad de agua en las proximidades de cultivos acuícolas que incluyen la disminución en las concentraciones de oxígeno disuelto e incrementos en las concentraciones de amonio, nitrógeno orgánico y total, fosfatos y DBO.

El amonio producido por la producción acuciosa es fácilmente asimilado por las microalgas, y si el factor limitante en el crecimiento algal es nitrógeno, la adición de nutrientes podría fácilmente convertirse en biomasa algal. Una célula del fitoplancton requiere de algunas horas para dividirse aun a una alta velocidad de reproducción, y poblaciones enteras de fitoplancton generalmente requieren un día o más para doblar su número. En zonas de abundante flujo y mezcla de aguas, las aguas enriquecidas pueden ser rápidamente diluidas y el posible efecto sobre la biomasa de fitoplancton puede no ser detectable, este efecto es medible solamente en casos de cultivos de alta densidad en bahías cerradas o áreas de pobre flujo de agua.

El fósforo es un elemento esencial requerido por todos los peces, para su desarrollo y actividad biológica y es aportado a estos en el alimento. Tomando como referencia el contenido de fósforo en el alimento, los valores típicos de Índice de Conversión alimenticio y el contenido de fósforo en la carcasa de los peces, se han realizado estimativos del fósforo total aportado al medio ambiente por el alimento por tonelada de tilapia producida. En la Figura 19 puede apreciarse el resumen de pérdidas de nutrientes al medio natural.

En ambientes dulce acuícolas el fósforo es generalmente el factor limitante para el crecimiento de fitoplancton determinando su abundancia en lagos y reservorios.

Basados en la premisa de que la densidad de la población algal esta negativamente correlacionada con la calidad de agua en general y el crecimiento y sobrevivencia de las poblaciones de peces en particular han sido desarrollados varios modelos para estimar la respuesta de los ecosistemas acuáticos al incremento de Fósforo proveniente de las granjas de cultivo de peces.

Uno de los modelos mas ampliamente aplicados es el de Dillon y Rigler (1974) que plantea que el Fósforo Total en un cuerpo de agua

esta determinado por la cantidad de Fósforo aportado, El tamaño del lago. La tasa de recambio y la fracción de fósforo perdida en el sedimento.

$$P = L(1-R)/z\tilde{n}$$

Donde el Fósforo Total P esta en g.m^{-3} ; El Fósforo Total aportado L en $\text{g.m}^{-2} \text{año}^{-1}$; La profundidad media del lago z en m.; R es la fracción de fósforo total retenida por el sedimento; y \tilde{n} es la tasa de recambio en volumen por año.

La evaluación de la capacidad de carga se describe en los siguientes pasos:

Paso 1: Medir la concentración de Fósforo Total existente.

Para lagos y reservorios de la zona ecuatorial la concentración de fósforo total se puede tomar como la concentración media anual en aguas superficiales en base aun numero de muestras tomadas durante el año.

TABLA 18

**CALCULO DE FÓSFORO TOTAL INCORPORADO AL MEDIO AMBIENTE EN
CULTIVOS INTENSIVOS DE TILAPIA EN JAULAS**

Contenido de Fósforo en los componentes del alimento	1.30 %
Contenido de fósforo por Tm-Alimento	13.0 Kg
FCR = 2.0:1	P-Alimento = 26.0 Kg
FCR = 2.5:1	P-Alimento = 32.5 Kg
FCR = 3.0:1	P-Alimento = 39.0 Kg
FCR = 3.5:1	P-Alimento = 45.5 Kg
Contenido de Fósforo en Tilapia = 0.34%	
Peso Húmedo de pez = 3,4 Kg. Tm-pez ⁻¹	
Perdidas de Fósforo al medio ambiente:	
2.0 : 1 FCR = 26.0 – 3.4 = 22.6 kg. Tm-pez ⁻¹	
2.5 : 1 FCR = 32.5 – 3.4 = 29.1 kg. Tm-pez ⁻¹	
3.0 : 1 FCR = 39.0 – 3.4 = 35.6 kg. Tm-pez ⁻¹	
3.5 : 1 FCR = 45.5 – 3.4 = 42.1 kg. Tm-pez ⁻¹	

Elaborado a partir de: "Cage Aquaculture", Beveridge M., 1987.

Paso 2: La capacidad de un lago o reservorio para el cultivo intensivo en jaulas es la diferencia entre la productividad del cuerpo de agua y un nivel de productividad final máximo aceptable. La productividad de los cuerpos de agua se mide en base a la concentración de clorofila, esta productividad oscila durante el transcurso del año presentándose picos de máxima producción. A estos picos de productividad máxima permisible corresponde una concentración de Fósforo Total (P). El valor de Fósforo (P) esta relacionado con los niveles de clorofila (chl), mediante la ecuación:

$$(chl) = 0.416 (P)^{0.675} \quad r=0.84; n=16$$

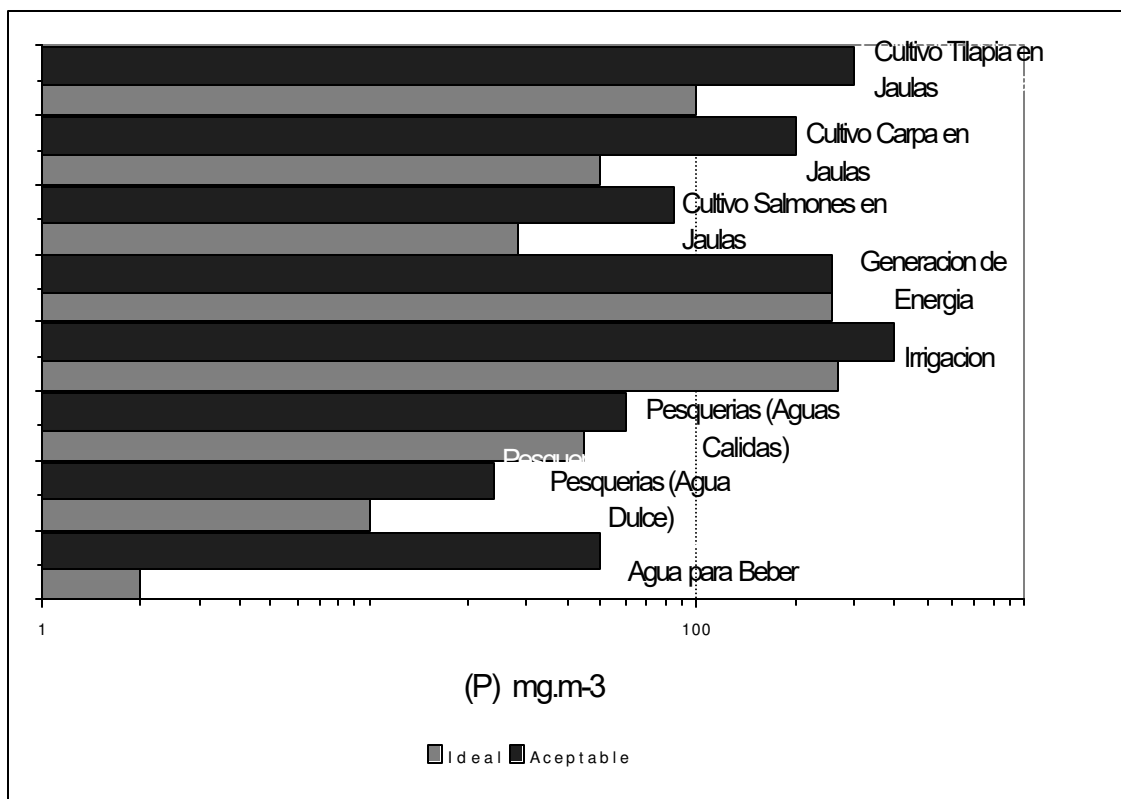
En la Figura.1 se pueden ver las distintas concentraciones de Fósforo total aceptables sugeridas según el tipo de uso del agua.

Paso 3: La capacidad del cuerpo de agua para el cultivo intensivo en jaulas es la diferencia, $\Delta(P)$, entre (P) actual, $(P)_i$, y (P) aceptable / deseado una vez se establezca el cultivo, $(P)_f$.

$$\Delta(P) = (P)_f - (P)_i$$

$\Delta(P)$ esta relacionado con las perdidas de P de las jaulas de peces,

FIGURA 20
CONCENTRACIONES ACEPTABLES E IDEALES DE FOSFOR TOTAL
ASOCIADO A CUERPOS DE AGUA USADOS PARA DIFERENTES
PROPOSITOS



Fuente: "Cage Aquaculture" Beveridge, 1984b

L_{pez} , el tamaño del lago, A , su tasa de recambio y la capacidad del cuerpo de agua para retener las pérdidas (fracción de L_{pez} retenida por los sedimentos).

$$\ddot{A}(P) = L_{pez} (1 - R_{pez}) / z\ddot{n}$$

El cambio deseable / aceptado de (P) , $\ddot{A}(P)$ (mg m^{-3}), esta determinado como se describió en el paso 2 y z puede ser calculado de:

$$z = V/A$$

Donde V = volumen del cuerpo de agua (m^3) y A = área superficial (m^2). La tasa de recambio, \ddot{n} (y^{-1}), es igual a Q_0/V , donde Q_0 es el promedio del volumen total efluente del lago o reservorio cada año.

La porción de fósforo retenida en los sedimentos es el parámetro más difícil de estimar. Usando los argumento propuestos por Phillips et al (1985c) al menos 45-55 % del fósforo desechado de una jaula de truchas arco iris están destinados a fijarse al sedimento como resultado de la deposición de sólidos (heces y alimento) de estos solamente el 45-55% del fósforo total aportado esta en componentes

TABLA 19

**MODELOS EMPÍRICOS PARA CALCULAR LA TAZA DE
SEDIMENTACIÓN, EL COEFICIENTE DE RETENCIÓN Y EL
COEFICIENTE DE SEDIMENTACIÓN DE FOSFORO**

Tipo de Modelo	Tamaño de la base de datos	Modelo	Coefficiente de Correlación	Fuente
a) General Base de datos US EPA y algunos lagos Europeos y reservorios	704 73	$\phi = 0.121 (L/z)^{0.549}$ $R = 1/(1 + 0.614 \bar{n}^{0.491})$ $\phi = 0.94$ $V = 2.99 + 1.7 q_s$ $V = 5.3$ $R = 1/1 + \bar{n}^{0.5}$ $\phi = 0.65$ $R = 0.426 \exp(-0.221q_s) + 0.574 \exp(-0.00949 q_s)$ $V = 11.6 + 1.2q_s$ $\phi = 10/z$ $V = 12.4$	0.81 0.79 0.79 0.73 0.71 0.79 0.79 0.71 0.68 0.68 0.66	Canfield and Bachmann, 1981 Larsen and Mercier, 1976 Jones and Bachmann, 1976 Reckhow, 1979 Chapra, 1975 Larsen and Mercier, 1975 Jones and Bachmann, 1976 Kirchner and Dillon, 1975 Reckhow, 1979 Vollenweider, 1975 Chapra, 1975
b) Reservorios Norte América	210	$\phi = 0.114 (L/z)^{0.589}$ $R = 1/(1+0.515 \bar{n}^{0.551})$	0.83 0.80	Canfield and Bachman, 1981 Larsen and Mercier, 1976
c) Lagos Naturales	151	$\phi = 0.162 (L/z)^{0.458}$ $R = 1/(1+0.747 \bar{n}^{0.507})$	0.83 0.80	Canfield and Bachman, 1981 Larsen and Mercier, 1976
d) Lagos con baja tasa de recambio ($q_s < 10$ m)	53	$R = 0.201 \exp(-0.0425q_s) + 0.574 \exp(-0.00949 q_s)$		Ostrofsky, 1978

.Fuente: "Cage Aquaculture" Beveridge, 1984b).

solubles. A falta de otros datos tendríamos que tomar estos valores para cálculos de jaulas de tilapia.

Paso 4. Una vez calculado el fósforo total aceptable / permitido aportado, L_{pez} , entonces la producción de jaulas puede ser estimada dividiendo L_{pez} por el promedio de fósforo total desechado por tonelada de pez producido.

Para el caso del embalse de la Central Hidroeléctrica de Betania la aplicación de este modelo nos arrojaría los siguientes datos:

Área Superficial del Lago, A , = 7.400 ha

Profundidad Media, z , = 30 m

Coefficiente Efluente, \bar{n} = 5.7 año⁻¹

Método:

Paso 1. Determinación del Fósforo Total (P_i). Por monitoreo.

$$(P_i) = 41,5 \text{ mg m}^{-3}$$

Paso 2. Determinar la máxima concentración de (P) aceptable.

$$(P_f) = 250 \text{ mg m}^{-3}$$

Paso 3. Calcular

$$\Delta(P) = (P_f) - (P_i) = 208.5 \text{ mg m}^{-3}$$

A partir de:

$$\ddot{A}(P) = L_{\text{pez}} (1 - R_{\text{pez}}) / z\ddot{n}$$

$$L_{\text{pez}} = \ddot{A}(P) z\ddot{n} / (1 - R_{\text{pez}})$$

Y

$$R_{\text{pez}} = x + ((1-x) R);$$

donde R esta calculado de la TABLA 2 y x se asume como 0.5

$$L_{\text{pez}} = 208.5 \times 30 \times 5.7 / (1 - 0.7025) \text{ mg.m}^{-2}.\text{a}\ddot{n}\text{o}^{-1} = 119.84 \text{ g.m}^{-2}.\text{a}\ddot{n}\text{o}^{-1}$$

Paso 4. Si el embalse tiene un área superficial de $7 \times 10^7 \text{ m}^2$; El aporte total aceptable será: **$8.868 \times 10^9 \text{ g.a}\ddot{n}\text{o}^{-1}$**

El tonelaje de Peces que puede ser producido, asumiendo un Fósforo aportado de 35.6 Kg. Tm^{-1} será:

$$= 8.868 \times 10^9 \text{ g.a}\ddot{n}\text{o}^{-1} / 35.600 \text{ g. Tm}^{-1} = 249.100 \text{ Tm. a}\ddot{n}\text{o}^{-1}$$

Este valor debe ser tomado como una guía para la estimación de la capacidad de carga del lago. Sin embargo un programa de monitoreo deberá ser implementado y los niveles de productividad ajustados a la luz de la información de calidad de agua tomados, principalmente biomasa algal y niveles de Oxigeno Disuelto.

El manejo de nutrientes aportados por la acuicultura y el potencial efecto de eutrofización será factible con el desarrollo de modelos apropiados para predecir el grado de alteración del medio debido al aporte de nutrientes, el método antes descrito es una herramienta que nos coloca en este camino.

6.3 Efectos sobre las Poblaciones Nativas de Peces.

Algunos autores han reportado como resultado de la actividad de cultivo intensivo en jaulas un incremento en la densidad y un enriquecimiento en el número de especies de fauna íctica nativa en los alrededores del área de cultivo frente al resto del embalse.

Entre las razones para esperar un incremento en la abundancia de peces o enriquecimiento de las especies en la vecindad de los sitios de acuicultura están:

Los sitios de cultivo se convierten en áreas de abundancia de alimento disponible, el alimento no ingerido por los peces de cultivo es utilizado por la comunidad de peces silvestre.

El crecimiento de algas epifíticas y Epifauna sobre las estructuras de cultivo pueden ser utilizadas como fuente de alimento para algunas especies de peces.

El potencial incremento en las poblaciones bentónicas representaría una mayor oferta para la dieta de especies que habitan la zona del fondo de los lagos.

Las estructuras ofrecen albergue y protección a las especies de peces silvestres contra predadores naturales como aves y especies ictiófagas, haciendo que las poblaciones nativas se agrupen alrededor de las estructuras de cultivo donde estas actúan de manera similar a un arrecife artificial.

Por último la fertilización de lagos ha mostrado un incremento en la productividad de los peces y el ingreso de nutrientes aportados por la acuicultura puede tener un efecto comparable.

Algunos de los químicos usados en acuicultura presentan riesgos ambientales por uso inapropiado o por el desconocimiento de su toxicidad. Dentro de los químicos de riesgo potencial están los empleados por sus propiedades biocidas; antibióticos, parasiticidas y

fungicidas, desinfectantes, alguicidas y herbicidas y químicos usados para el control de predadores. En los cultivos intensivos de tilapia en jaulas desarrollados en nuestro medio no es usual el uso de estas quimioterapias.

El uso de antibióticos es un área de especial atención por el potencial desarrollo de resistencias en la comunidad microbiana. El desarrollo de líneas resistentes a los antibióticos es de obvia preocupación para los cultivadores. Un factor determinante en el grado de resistencia encontrada en una bacteria es la magnitud de la presión selectiva para esa resistencia (frecuencia en el uso del antibiótico). Los acuacultores emplean antibióticos solamente por cortos periodos de tiempo para propósitos terapéuticos, sin embargo juega un papel importante el efecto residual del antibiótico en el medio una vez termina el tratamiento. El uso terapéutico de antibióticos se ha dado por vía oral mediante la incorporación del químico en el alimento de los peces, lo que mitiga su potencial impacto al medio natural.

6.4 Estrategias de Mitigación.

En los cultivos en aguas abiertas, tanto el cultivo en jaulas de peces como el cultivo en balsas suspendidas de moluscos, no es posible la

aplicación de técnicas de retención de desechos sólidos como se realiza en sistemas mas confinados de producción.

Algunas estrategias han sido empleadas para minimizar la acumulación de sedimentos bajo los cultivos de jaulas, dispersadores semejantes a ventiladores sumergibles permiten remover los sedimentos dando lugar a su consumo por las especies silvestres o su mineralización para ser asimiladas y convertidas en biomasa algal. La rotación de los sitios de cultivo como practica de manejo permite la recuperación de los substratos en los periodos donde no hay aporte de material sedimentable.

Las alternativas para minimizar el impacto de bs cultivos en jaulas deberán orientarse fundamentalmente asía la selección adecuada del sitio y un manejo altamente eficiente del suministro de alimento. Tradicionalmente la mayoría de los sitios donde se han ubicado las jaulas de cultivo corresponden a bahías y sitios semi-cerrados de poca profundidad, la alternativa estaría orientada a la utilización de sitios mas expuestos, con aguas profundas y corrientes rápidas. Estas condiciones contribuirían a la dispersión de los residuos sólidos y la reducción del enriquecimiento de los fondos en zonas cercanas al sitio de cultivo. Las practicas de manejo eficiente de la alimentación y

la calidad del alimento reducirían el desperdicio de alimento reduciendo también el impacto sobre el bentos, maximizar la oportunidad de ingesta del animal y minimizar las pérdidas por dispersión.

El aporte de nutrientes al medio natural desde los sistemas de cultivo intensivos puede ser reducido disminuyendo la cantidad de fósforo no asimilable en la formulación de alimentos. Progresos considerables se han logrado en el desarrollo de dietas con reducción del contenido de fosfatos sin detrimento en el crecimiento de los animales.

CONCLUSIONES

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) en ambos embalses.

La Biomasa fue directamente proporcional al tiempo de cultivo para todas las densidades evaluadas y se incremento a medida que aumento el mismo.

En el engorde en jaulas de bajo volumen y alta densidad se obtuvieron producciones promedio superiores a 300 Kg por Jaula, equivalentes a $111,1 \text{ Kg.m}^{-3}$. Los pesos finales para las tilapias fueron proporcionales en función del tiempo 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 para el peso, en gramos por semana, fue disminuyendo en función del tiempo.

La talla final se comporto de manera inversa a la densidad de siembra; a mayor densidad menor talla final para el mismo tiempo de cultivo, esto corresponde a una menor velocidad de crecimiento en la medida que se incremento la densidad de siembra y el tiempo de cultivo.

El comportamiento de la supervivencia a cosecha mostró una gran variabilidad a lo largo del tiempo. Con una ligera tendencia al incremento en la mortalidad, los promedio de supervivencia a cosecha mostraron un comportamiento mas o menos constante alrededor del 55 %.

El seguimiento de la mortalidad a lo largo del tiempo de engorde mostró, como la mortalidad es mayor en las primeras 4 semanas de cultivo, atribuible al estrés al que son sometidos los animales durante las labores de siembra, por manipuleo, transporte y el cambio de las condiciones generales de cultivo.

Las producciones en jaulas de bajo volumen de Betania muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) en la producción por jaula, así como en los pesos promedio de cosecha. Las tallas obtenidas en Betania fueron menores a las de

Prado para iguales densidades y tiempo de cultivo. La razón para estas diferencias esta en la diferencia de temperaturas promedio de los embalses, mientras Betania registra una temperatura promedio de 24 °C el embalse de Prado presenta una temperatura promedio de 28 °C. La menor temperatura del agua de Betania afecta la velocidad de crecimiento de los animales y por ende su talla final.

A pesar de la menor velocidad de crecimiento registrada en Betania las producciones (Biomasa) por jaula fueron mayores en este embalse. La razón de este resultado esta en la mejor supervivencia obtenida a cosecha para las jaulas de Betania.

En el embalse de Betania se dieron una mayor producción, peso promedio, y supervivencia, para densidades de siembra correspondientes a $Po=800$ juveniles y tiempos de cultivo de 120 días; sin embargo no se dieron diferencias significativas ($p>0,05$) para la Velocidad de Crecimiento, y el Factor de Conversión Alimenticia fue mas alto que para las jaulas cosechadas en Prado en las mismas condiciones.

La situación fue diferente para la condición de $Po=1500$ juveniles y 150 días de cultivo donde los resultados de biomasa, peso promedio, supervivencia y

velocidad de crecimiento fueron mejores ($p > 0,05$) para Prado, sin que se dieran diferencias significativas ($p < 0,05$) en el Factor de Conversión Alimenticio.

RECOMENDACIONES

En Colombia tenemos la oportunidad y las condiciones para desarrollar la industria acuícola generando una alternativa de producción de gran potencial y ambientalmente sostenible. Al igual que otras industrias, la producción acuícola, genera desperdicios que pueden ocasionar efectos físicos, químicos y biológicos sobre el ambiente que la rodea.

Con la expansión de la acuicultura y los avances tecnológicos, los cuales han permitido el incremento de las producciones por unidad de área, se hace necesario evaluar los potenciales efectos adversos sobre la estructura y funcionamiento de las comunidades y el entorno natural.

Afortunadamente, los potenciales efectos adversos del cultivo de peces en jaulas flotantes pueden ser mitigados o eliminados con una cuidadosa selección

del sitio de cultivo y un programa de optimización del manejo y operación de las granjas productoras.

Tomando todas las reservas del caso, sobre la precisión de los modelos para calcular la capacidad de carga de un cuerpo de agua con las características del embalse de Betania, estamos muy distantes de llegar a copar su potencial productivo.

La producción sumada de las empresas de cultivo de tilapia en jaulas, ubicadas en el embalse de Betania, esta alrededor de las 300 Tm.mes. La capacidad potencial del embalse, según el modelo expuesto, estaría alrededor de las 249.000 Tm.año. Aun, si adoptáramos un margen mas conservador, tomando una concentración de Fósforo Total permisible de solo 60 mg.m^{-3} (Correspondiente a Agua Bebibible. Figura 20), el potencial productivo del embalse estaría cerca de 22.000 Tm.año, cifra que corresponde aproximadamente a la actual producción anual de tilapia del país.

Esta realidad no implica que la industria de la acuicultura y las personas vinculadas a ella no deban tomar cartas sobre los potenciales efectos causados por la actividad sobre el medio ambiente. La minimización de los efectos adversos causados por la actividad acuícola debe ser una preocupación

constante de los productores ya que afectan de igual manera su propia operación.

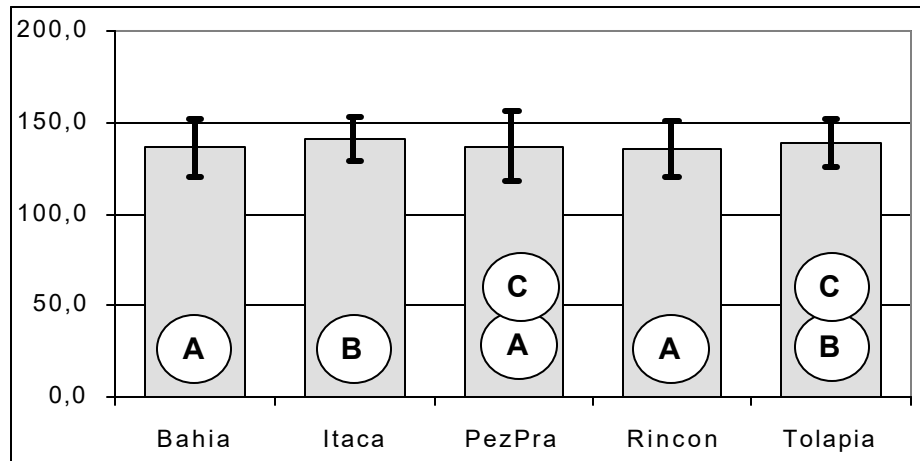
La ubicación en sitios mas abiertos con altas tazas de recambio, la reducción del contenido de fósforo en los alimentos, la investigación en líneas de animales resistentes a los microorganismos patógenos antes que el uso de antibióticos y el cultivo de organismos sexualmente estériles son alternativas para el manejo y la protección ambiental.

ANEXOS

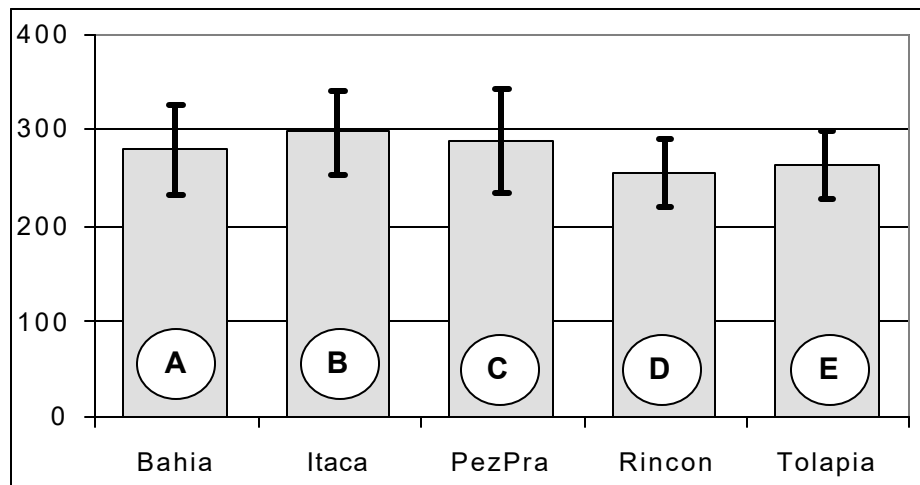
APENDICE A

RESULTADOS PRADO

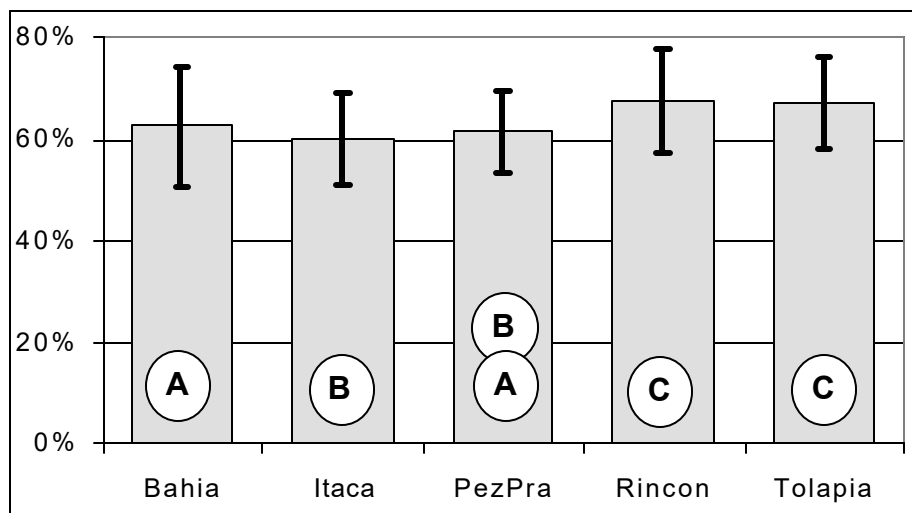
DIFERENCIAS ENTRE MODULOS



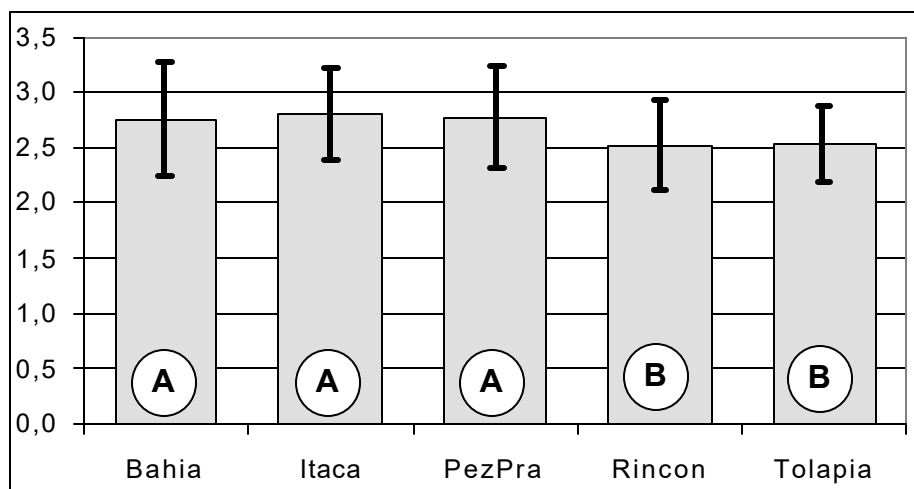
Modulo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
Bahia	136,0	16,1	11,8	303,0	15,0	563
Itaca	140,3	12,2	8,7	173,0	104,0	315
PezPra	136,9	19,2	14,0	177,0	68,0	680
Rincon	135,3	15,7	11,6	196,0	82,5	759
Tolapia	138,7	13	9,7	169	94	464



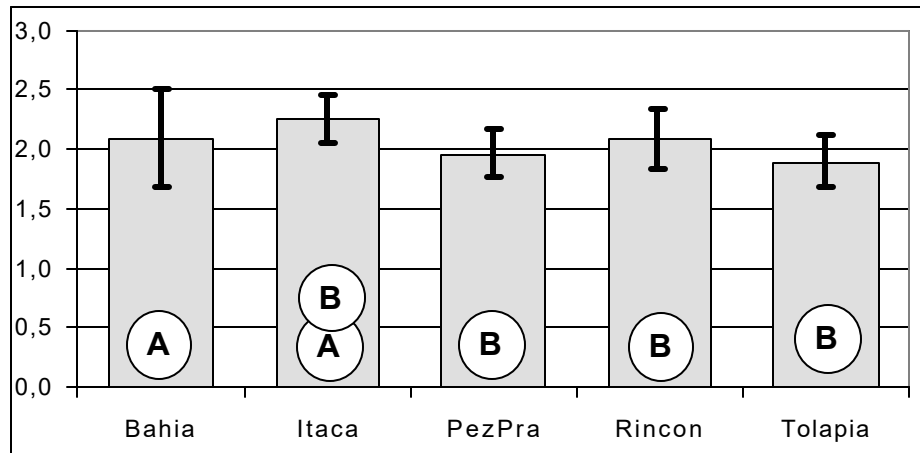
Prado Densidad 800 - t90						
ANOVA						
Var Independiente: Módulo						
Var. Dependiente: Peso Promedio						
Modulo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
Bahia	279,3	47,9	17,1	603,3	139,0	563
Itaca	298,1	43,8	14,7	582,3	204,1	315
PezPra	288,3	53,9	18,7	549,0	163,0	680
Rincon	255,1	35,0	13,7	375,0	172,2	759
Tolapia	263,0	36	13,8	375	183	464



Prado Densidad 800 - t90						
ANOVA						
Var Independiente: Módulo						
Var. Dependiente: Supervivencia						
Modulo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
Bahia	0,62	0,12	19,3	1,0	0,1	563
Itaca	0,60	0,09	15,2	0,9	0,3	315
PezPra	0,61	0,08	13,4	1,0	0,2	680
Rincon	0,68	0,10	15,3	1,0	0,4	759
Tolapia	0,67	0,09	13,6	1	0	464

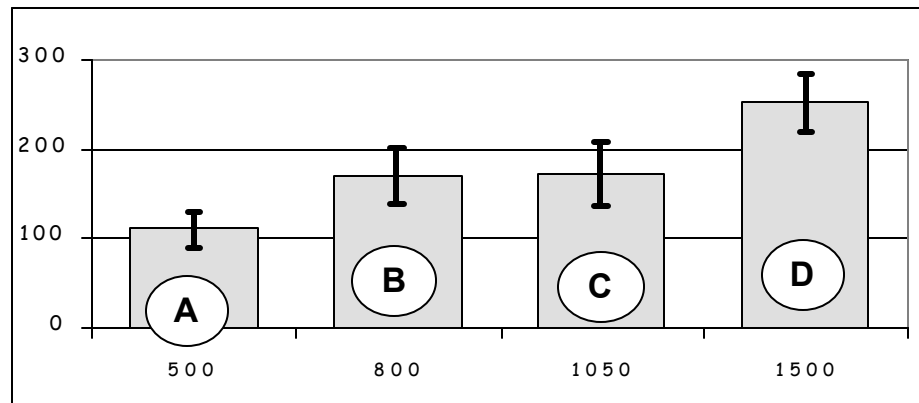


Prado Densidad 800 - t90						
ANOVA						
Var Independiente: Módulo						
Var. Dependiente: Velocidad de Crecimiento						
Modulo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
Bahia	2,8	0,5	18,6	5,4	1,4	563
Itaca	2,8	0,4	14,8	5,7	1,9	315
PezPra	2,8	0,5	16,6	5,4	1,6	680
Rincon	2,5	0,4	16,2	4,0	1,7	759
Tolapia	2,5	0,4	13,9	3,7	1,7	464

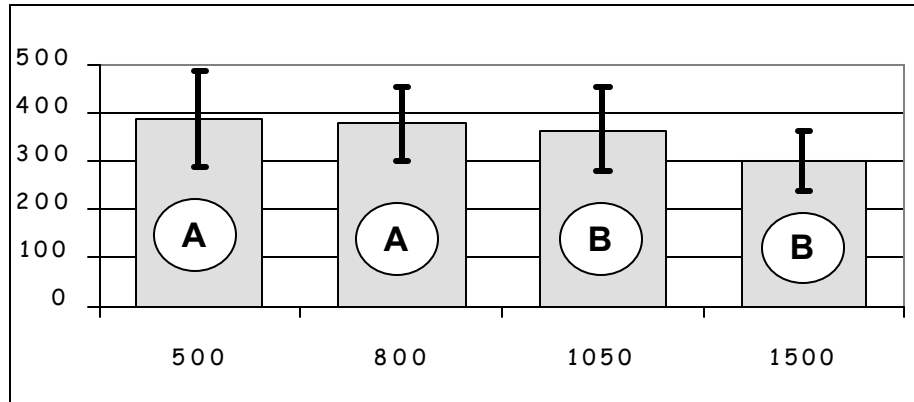


Prado Densidad 800 - t90						
ANOVA						
Var Independiente: Módulo						
Var. Dependiente: Factor de Conversion Alimenticia						
Modulo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
Bahia	2,1	0,4	19,7	7,7	0,9	563
Itaca	2,3	0,2	8,7	3,4	1,7	315
PezPra	2,0	0,2	10,3	3,6	1,5	680
Rincon	2,1	0,2	11,7	3,8	1,5	759
Tolapia	1,9	0,2	11,7	2,8	1,4	464

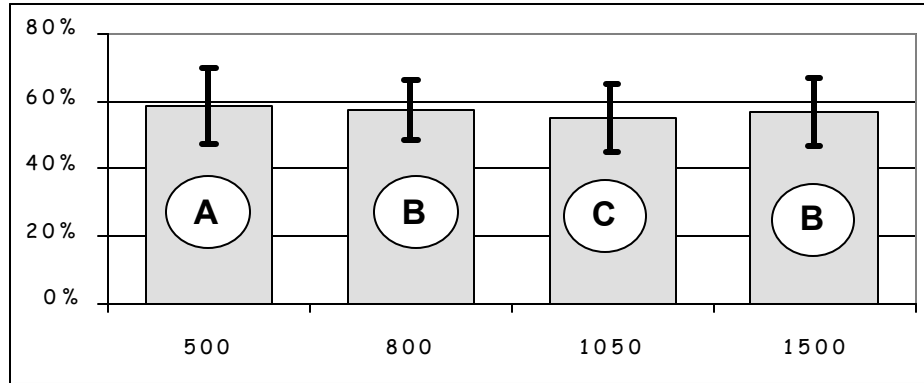
DIFERENCIAS VARIABLE DENSIDAD



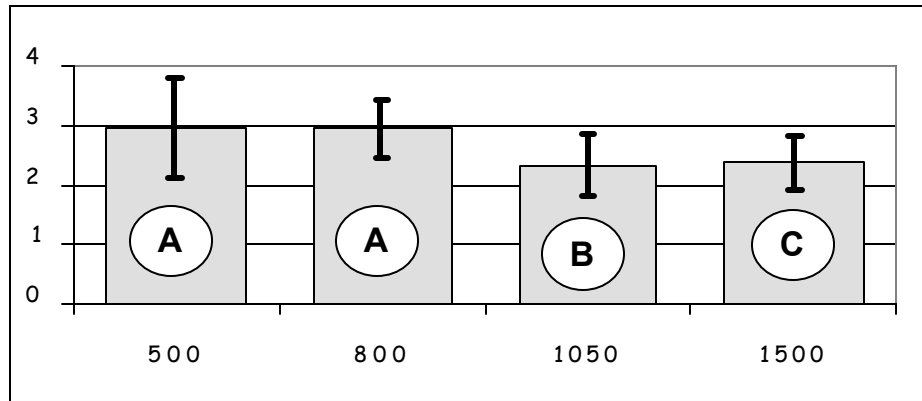
Prado120						
ANOVA						
Var Independiente: Densidad						
Var. Dependiente: Biomasa						
Densidad	Prom	DS	Error	Max	Min	N
500	110,50	20,11	18,20	204,00	30,00	788
800	170,67	31,46	18,43	319,00	37,00	3267
1050	172,11	35,99	20,91	307,50	26,00	3334
1500	250,91	33,18	13,22	483,00	42,00	1951



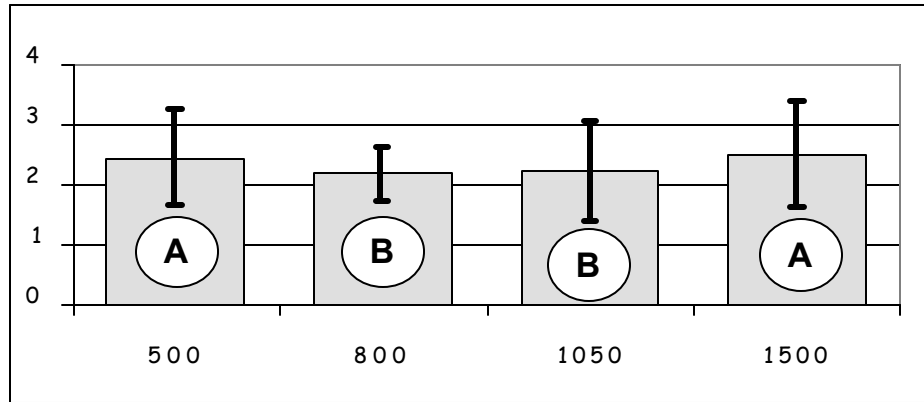
Prado120						
ANOVA						
Var Independiente: Densidad						
Var. Dependiente: Peso Promedio						
Densidad	Prom	DS	Error	Max	Min	N
500	387,37	99,02	25,56	1275,00	151,78	788
800	378,85	75,39	19,90	1073,06	197,00	3267
1050	366,13	87,55	23,91	1073,06	30,00	3334
1500	302,43	63,01	20,84	896,74	167,29	1951



Prado120						
ANOVA						
Var Independiente: Densidad						
Var. Dependiente: Supervivencia						
Densidad	Prom	DS	Error	Max	Min	N
500	0,59	0,11	19,51	1,00	0,09	788
800	0,57	0,09	15,98	1,28	0,11	3267
1050	0,55	0,10	18,76	1,02	0,06	3334
1500	0,57	0,10	17,60	0,92	0,09	1951



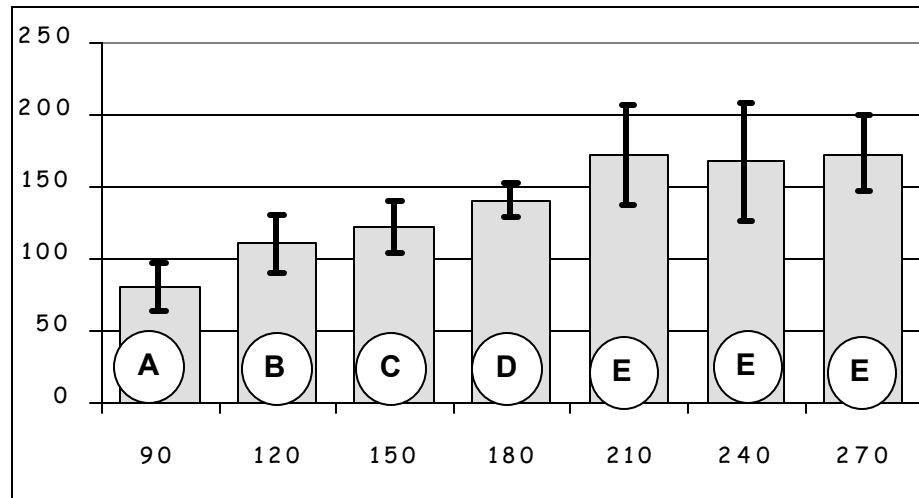
Prado120						
ANOVA						
Var Independiente: Densidad						
Var. Dependiente: Velocidad de Crecimiento						
Densidad	Prom	DS	Error	Max	Min	N
500	2,95	0,83	28,19	10,66	1,12	788
800	2,95	0,48	16,35	8,75	1,15	3267
1050	2,31	0,53	22,74	5,98	0,11	1099
1500	2,35	0,46	19,71	7,00	1,38	1951



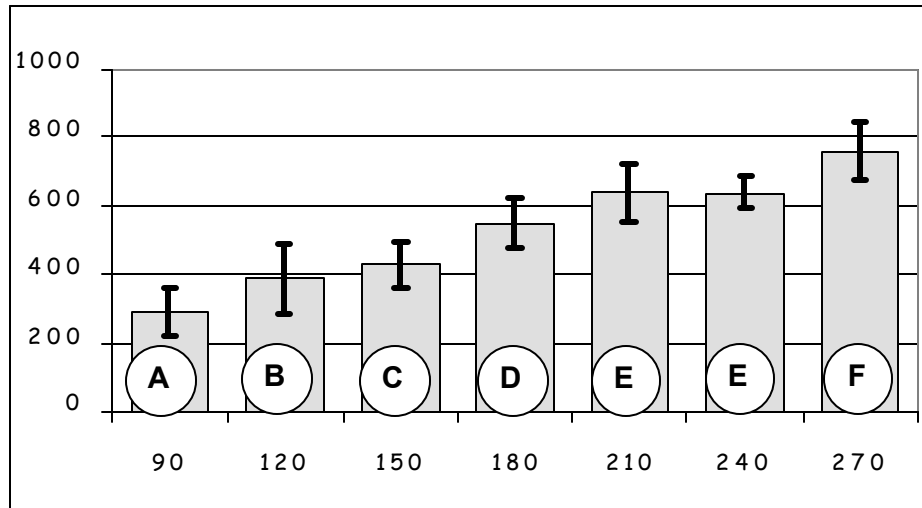
Prado120						
ANOVA						
Var Independiente: Densidad						
Var. Dependiente: Factor de Conversion Alimenticio						
Densidad	Prom	DS	Error	Max	Min	N
500	2,45	0,79	32,35	11,37	1,47	788
800	2,18	0,45	20,55	11,32	1,22	3267
1050	2,21	0,85	38,51	32,02	0,96	3334
1500	2,51	0,87	34,81	35,36	1,37	1951

DIFERENCIAS VARIABLE TIEMPO

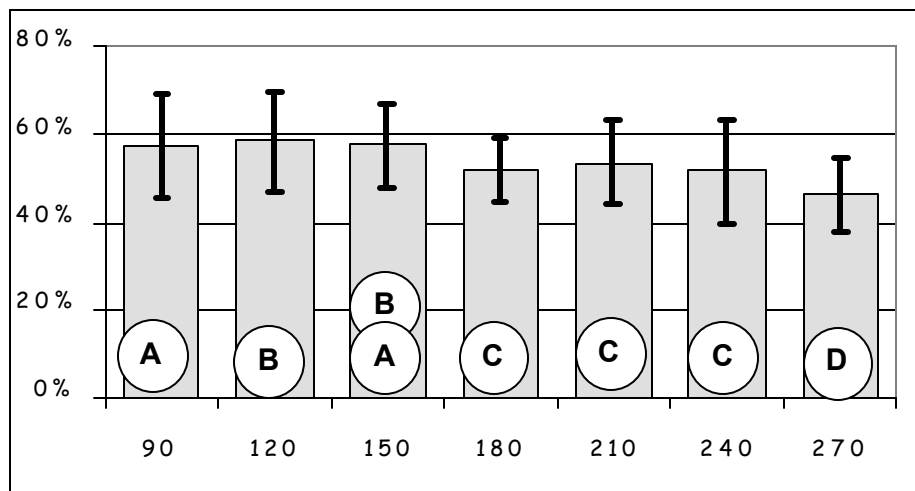
DENSIDAD-500



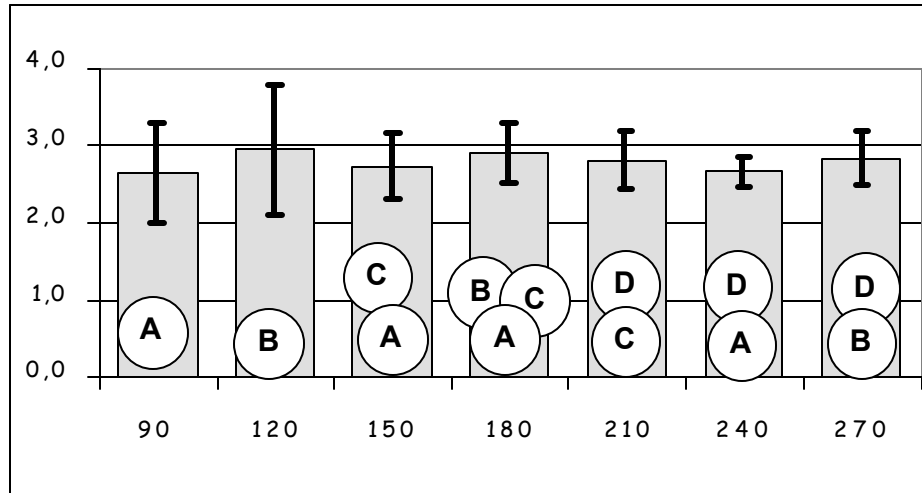
Prado D500-t							
ANOVA							
Var Independiente: Tiempo							
Var. Dependiente: Biomasa							
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N	
90	80,93	16,83	20,80	147,00	16,00	793	
120	110,50	20,11	18,20	204,00	30,00	788	
150	122,45	18,54	15,14	182,00	51,00	387	
180	140,88	12,30	8,73	158,00	112,00	24	
210	172,62	34,19	19,80	284,70	85,05	160	
240	167,37	41,29	24,67	290,73	91,57	46	
270	173,63	27,12	15,62	259,53	62,00	152	



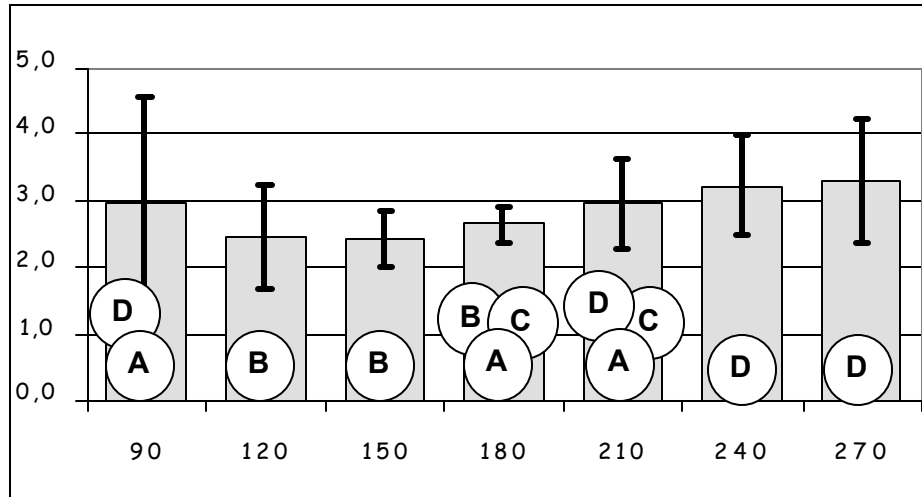
Prado D500-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Peso Promedio						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	288,49	70,71	24,51	1000,00	91,43	793
120	387,37	99,02	25,56	1275,00	151,78	788
150	428,61	66,10	15,42	846,00	250,00	387
180	548,74	71,65	13,06	725,81	432,48	24
210	640,34	85,11	13,29	942,46	426,16	160
240	638,01	46,35	7,26	718,37	530,31	46
270	760,96	86,10	11,32	1297,39	583,92	152



Prado D500-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Supervivencia						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	0,57	0,12	21,06	0,98	0,16	793
120	0,59	0,11	19,51	1,00	0,09	788
150	0,58	0,10	16,94	1,18	0,12	387
180	0,52	0,07	14,03	0,64	0,35	24
210	0,54	0,09	17,57	0,87	0,29	160
240	0,52	0,12	22,82	0,82	0,30	46
270	0,46	0,08	18,29	0,68	0,15	152



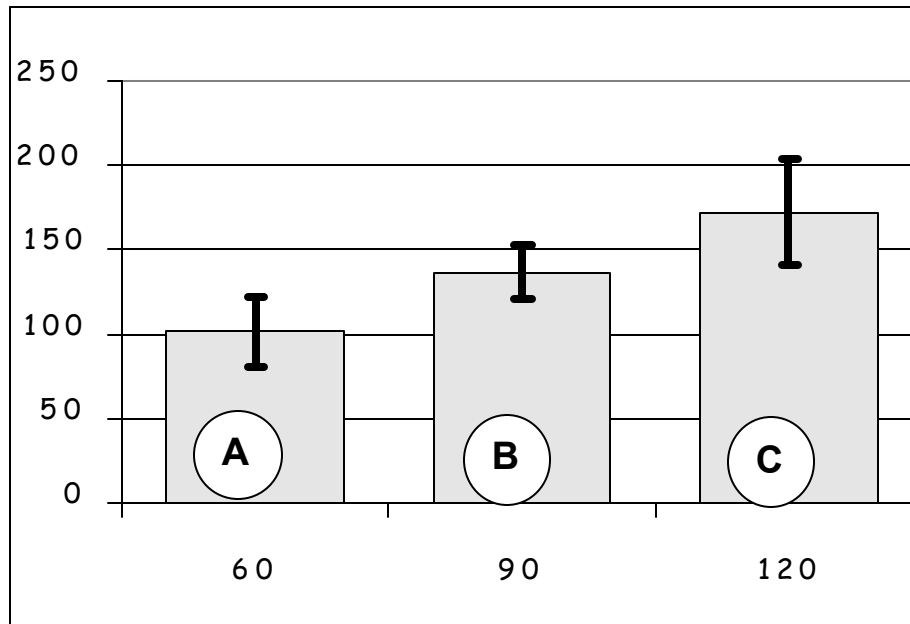
Prado D500-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Velocidad de Crecimiento						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	2,64	0,66	24,94	9,02	0,74	793
120	2,95	0,83	28,19	10,66	1,12	788
150	2,72	0,42	15,43	5,12	1,51	387
180	2,91	0,39	13,47	3,87	2,27	24
210	2,81	0,37	13,21	4,13	1,83	160
240	2,66	0,19	7,25	2,98	2,21	46
270	2,85	0,34	12,01	4,96	2,23	152



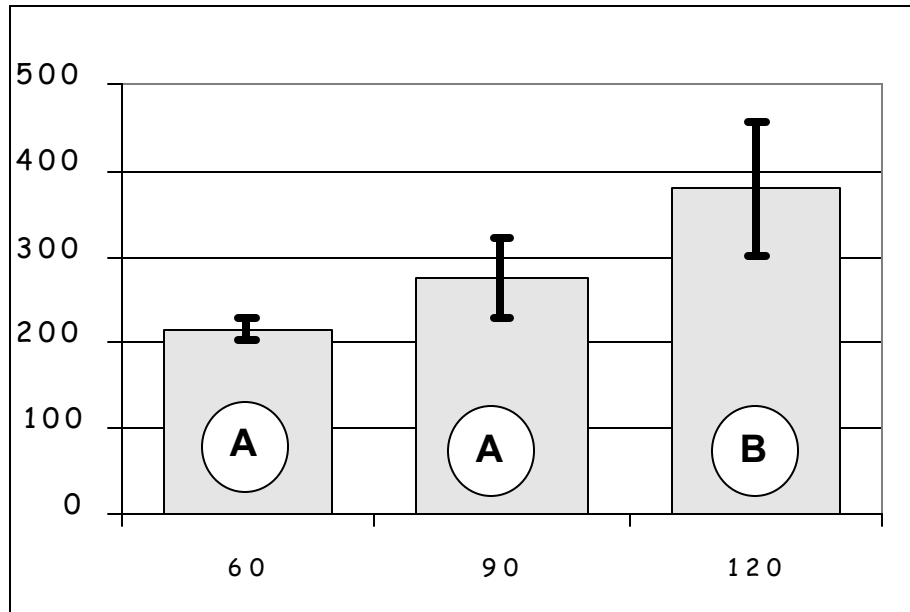
Prado D500-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Factor de Conversión Alimenticia						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	2,96	1,61	54,41	27,53	1,67	793
120	2,45	0,79	32,35	11,37	1,47	788
150	2,42	0,43	17,65	7,33	0,32	387
180	2,64	0,28	10,42	3,35	2,31	24
210	2,96	0,68	22,90	6,53	1,70	160
240	3,23	0,76	23,44	6,18	1,80	46
270	3,30	0,94	28,36	9,89	2,13	152

DIFERENCIAS VARIABLE TIEMPO

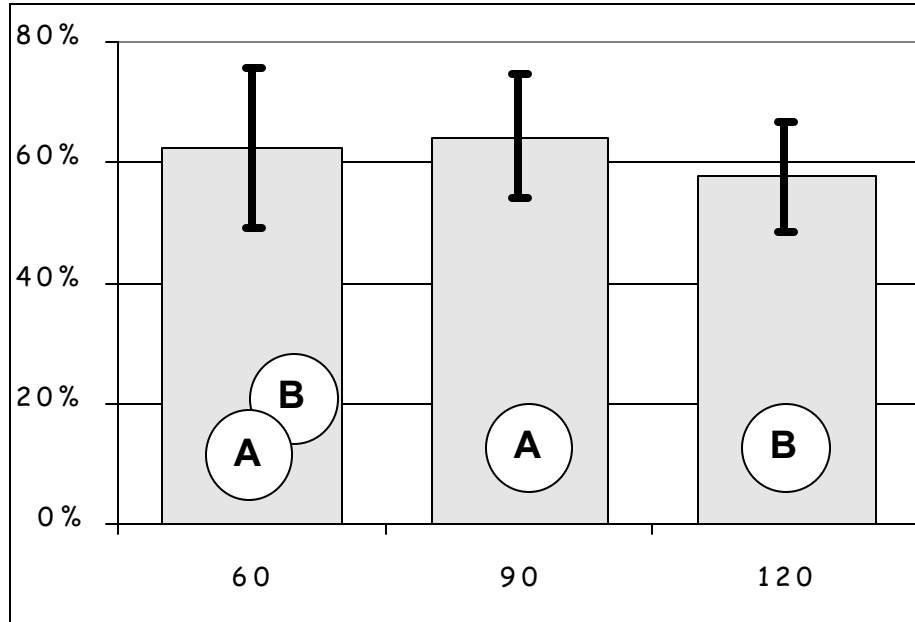
DENSIDAD-800



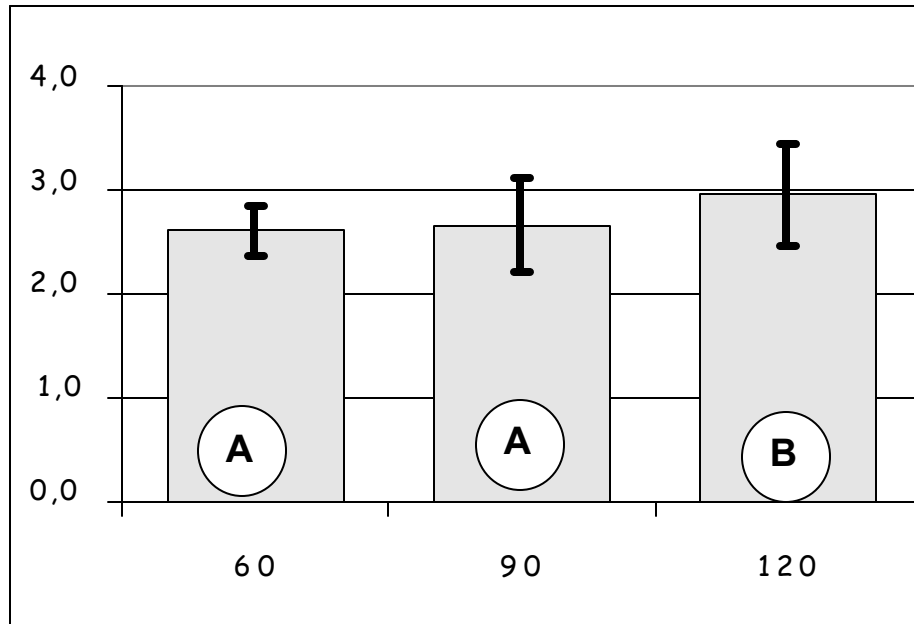
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
60	102,55	20,89	20,37	155,00	81,50	10
90	136,95	16,07	11,74	303,00	15,00	2781
120	172,11	31,71	18,42	319,00	37,00	3062



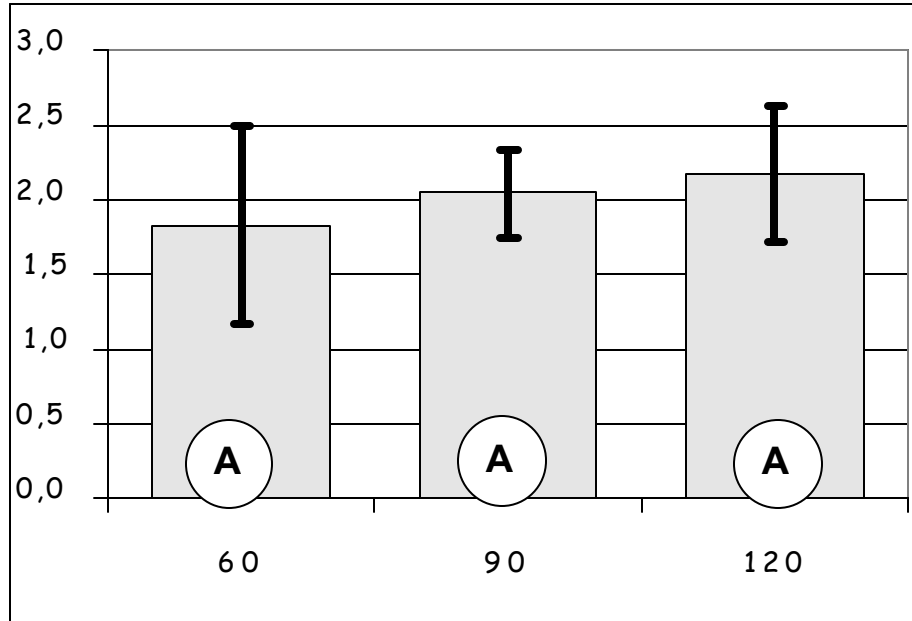
Prado D800-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Peso Promedio						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
60	215,62	12,46	5,78	301,00	264,00	10
90	274,30	46,72	17,03	603,31	139,00	2781
120	379,79	77,17	20,32	1073,06	201,00	3062



Prado D800-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Supervivencia						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
60	0,62	0,13	21,28	0,62	0,16	10
90	0,64	0,10	16,17	0,99	0,05	2781
120	0,58	0,09	16,00	1,28	0,11	3062



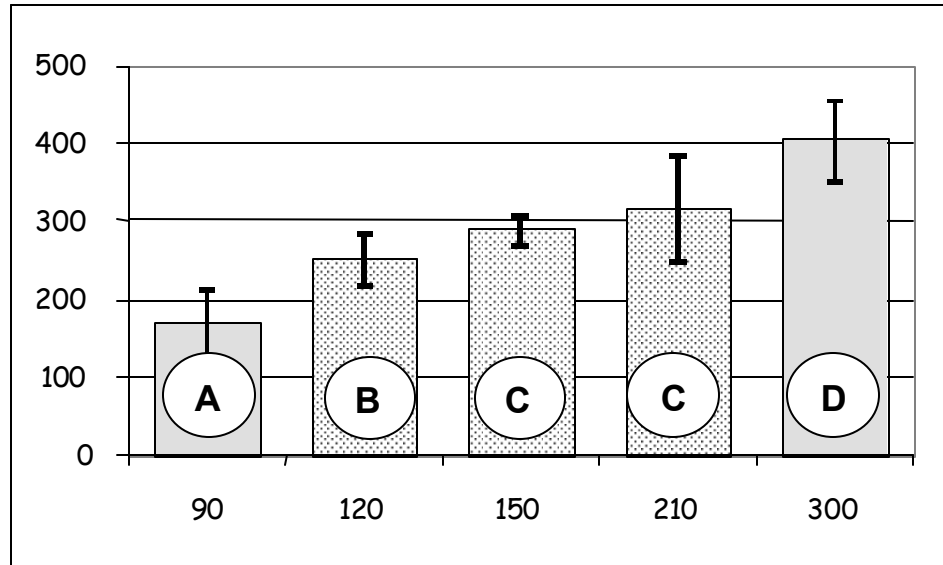
Prado D800-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Velocidad de Crecimiento						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
60	2,60	0,23	8,94	4,08	3,29	10
90	2,67	0,45	17,02	5,67	1,38	2781
120	2,95	0,49	16,56	8,75	1,48	3062



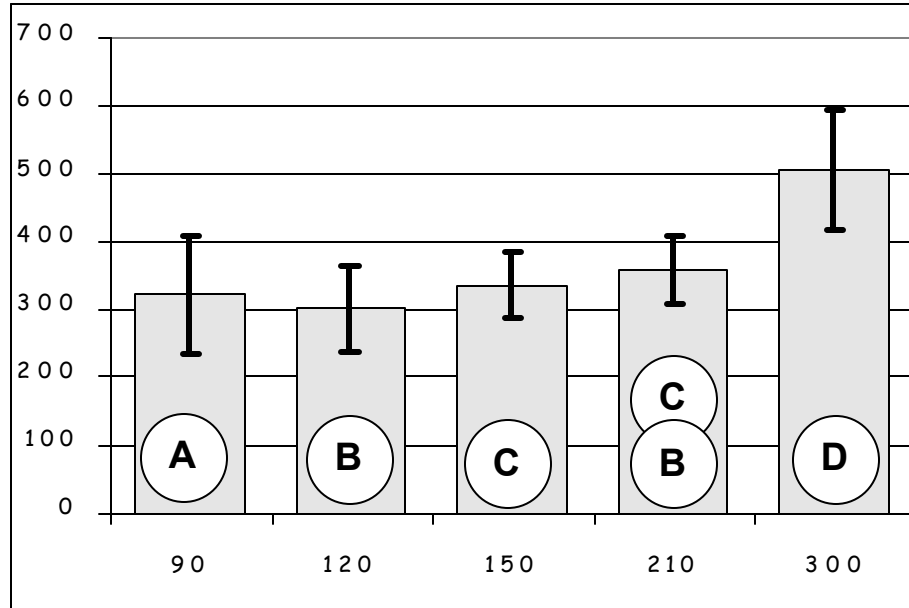
Prado D800-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Factor de Conversión Alimenticia						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
60	1,83	0,66	36,00	3,58	0,85	10
90	2,04	0,29	14,12	7,74	0,85	2781
120	2,18	0,46	20,93	11,32	1,22	3062

DIFERENCIAS VARIABLE TIEMPO

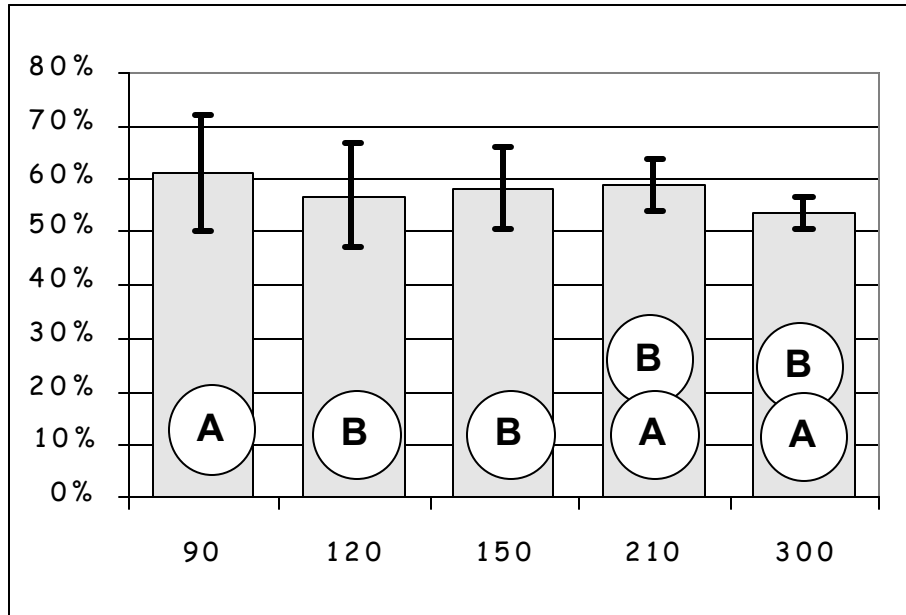
DENSIDAD-1500



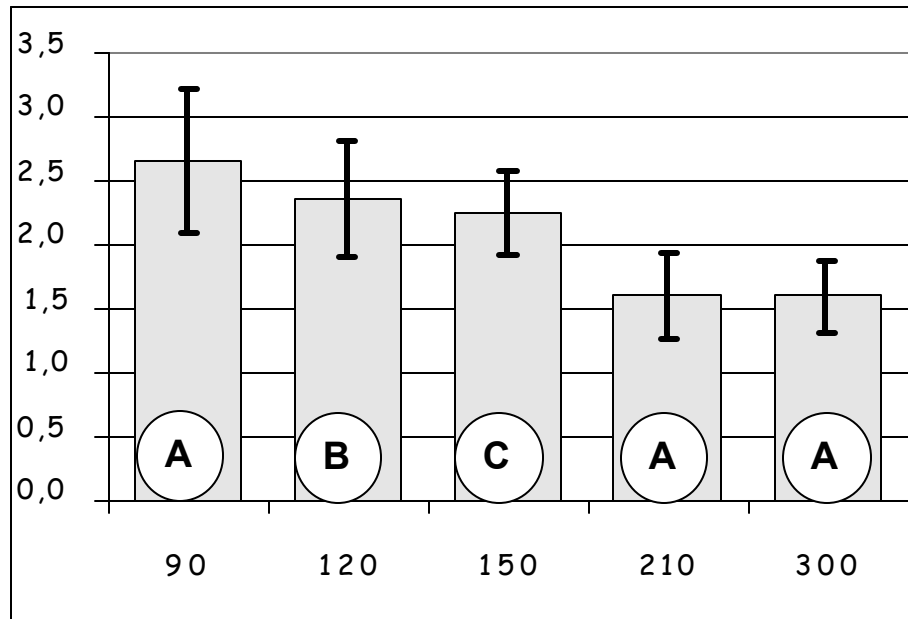
Prado D1500-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Biomasa						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	169,01	44,29	26,21	766,00	15,00	7704
120	250,91	33,18	13,22	483,00	42,00	1951
150	289,46	19,70	6,81	357,00	201,00	127
210	318,67	68,86	21,61	396,00	264,00	3
300	404,83	51,01	12,60	449,00	349,00	3



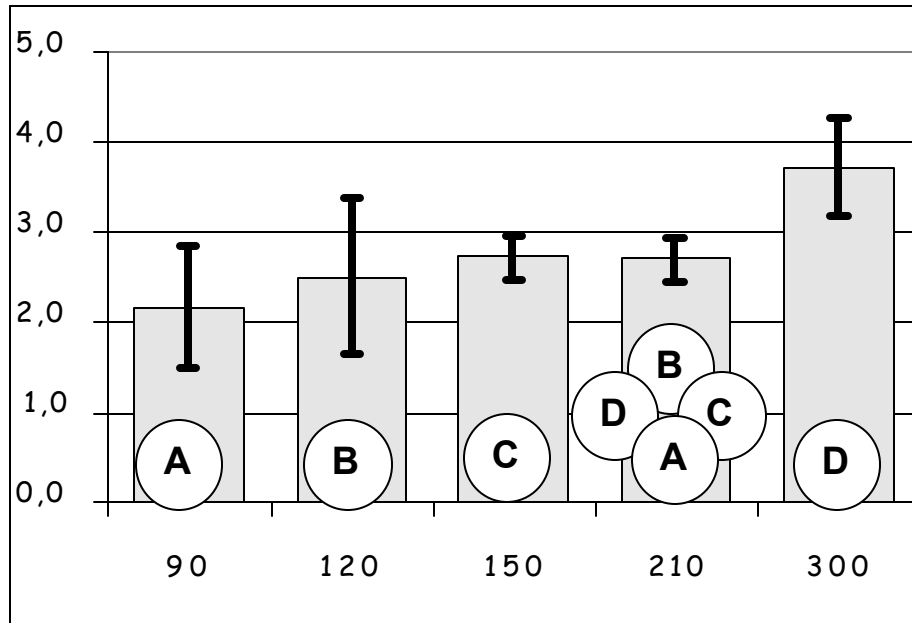
Prado D1500-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Peso Promedio						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	322,75	86,04	26,66	1073,06	30,00	7704
120	302,43	63,01	20,84	896,74	167,29	1951
150	336,06	49,55	14,74	686,02	217,00	127
210	358,49	52,86	14,75	419,49	325,99	3
300	505,25	87,41	17,30	595,07	420,48	3



Prado 1500-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Supervivencia						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	0,61	0,11	18,02	1,31	0,05	7704
120	0,57	0,10	17,60	0,92	0,09	1951
150	0,58	0,08	13,21	0,76	0,26	127
210	0,59	0,05	8,48	0,63	0,53	3
300	0,54	0,03	5,64	0,55	0,50	3



Prado D1500-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Velocidad de Crecimiento						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	2,67	0,57	21,34	9,51	0,11	7704
120	2,35	0,46	19,71	7,00	1,38	1951
150	2,24	0,34	15,00	4,65	1,42	127
210	1,60	0,34	21,38	1,99	1,39	3
300	1,60	0,29	17,90	1,89	1,32	3

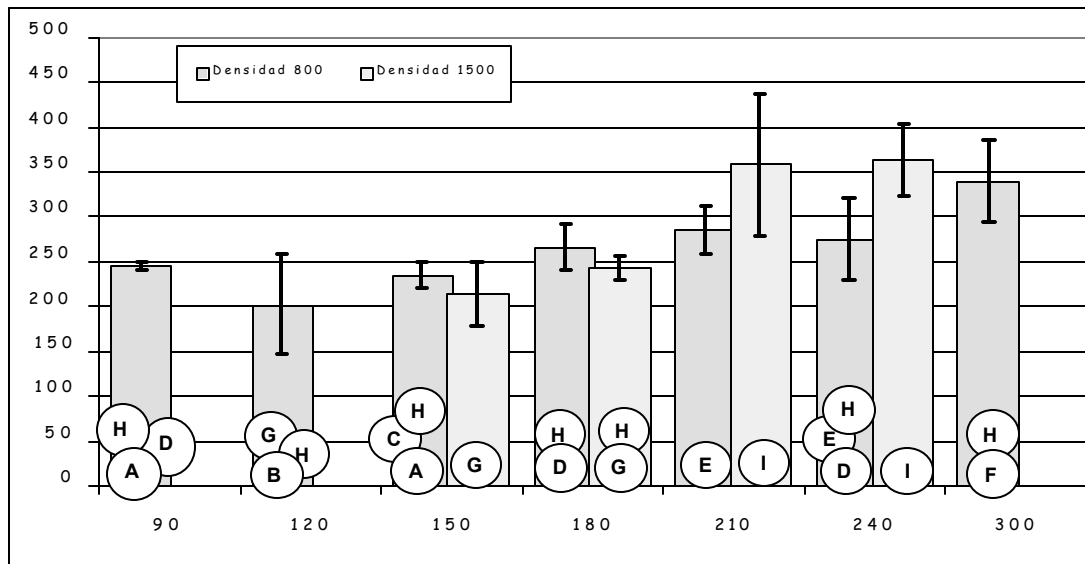


Prado D1500-t						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Factor de Conversión Alimenticia						
Tiempo	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	2,16	0,67	31,06	32,02	0,57	7704
120	2,51	0,87	34,81	35,36	1,37	1951
150	2,73	0,25	9,20	4,08	1,91	127
210	2,70	0,26	9,53	2,93	2,42	3
300	3,73	0,54	14,48	4,33	3,29	3

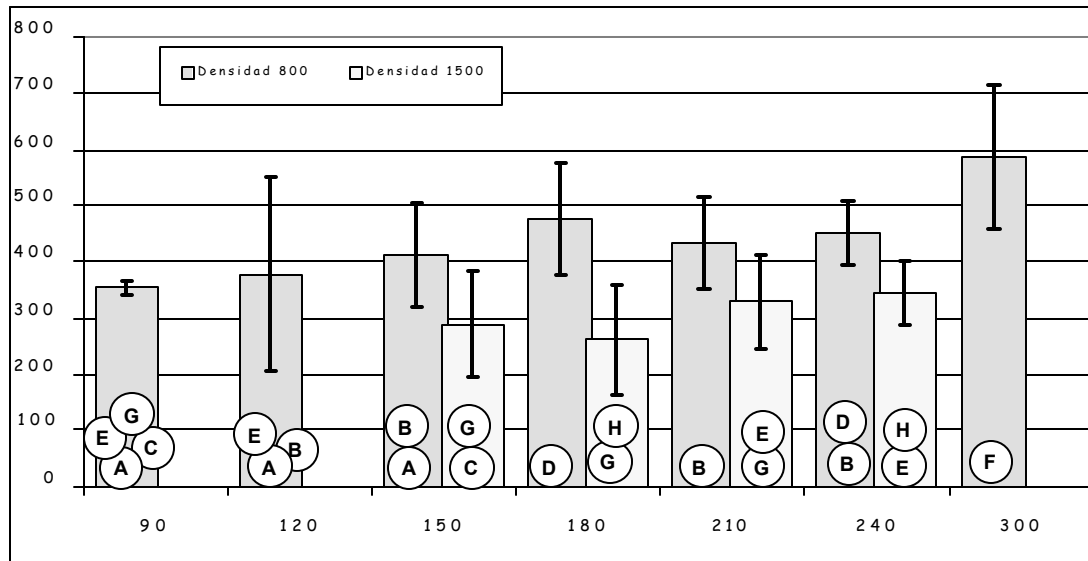
APENDICE B

RESULTADOS BETANIA

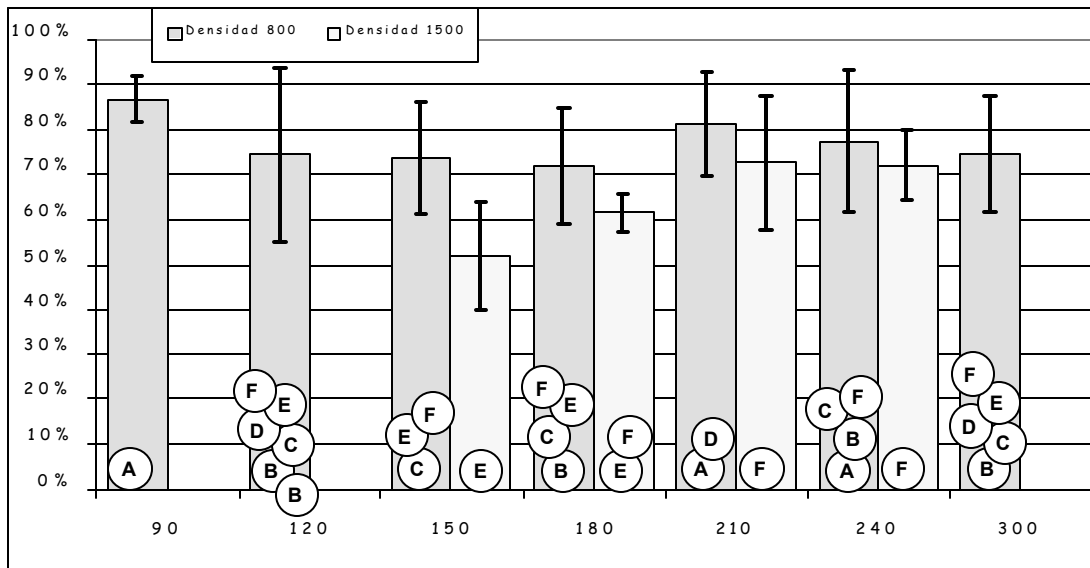
DIFERENCIAS VARIABLES DENSIDAD Y TIEMPO



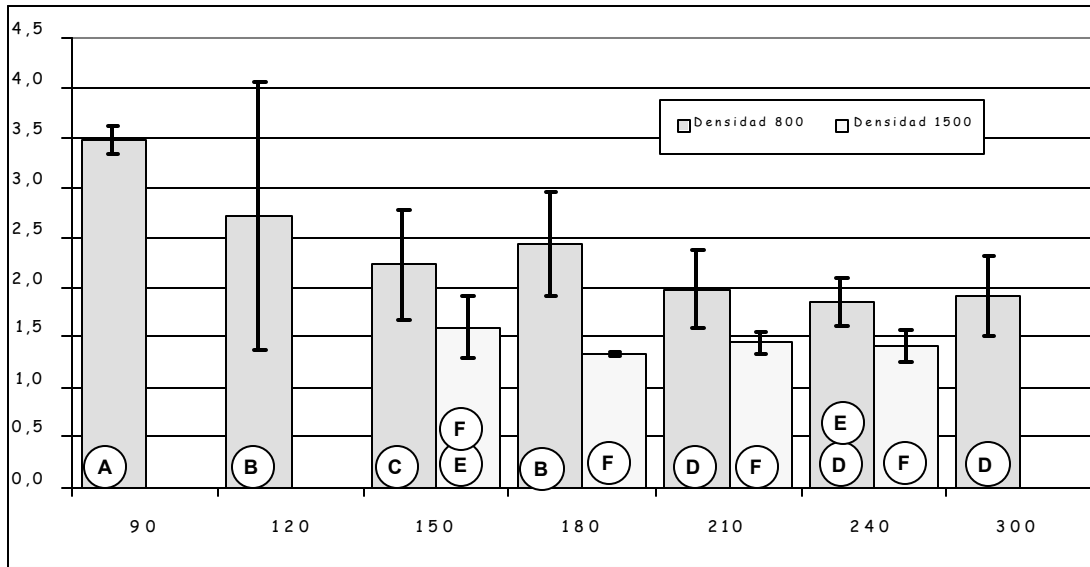
Betania D-800/D-1500						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Biomasa						
Densidad 800						
TIEMPO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	245,4	5,6	2,3	254,0	240,0	7
120	202,1	54,9	27,1	284,0	153,0	10
150	234,1	14,5	6,2	284,0	177,0	50
180	266,8	25,5	9,6	320,0	184,5	169
210	284,9	27,4	9,6	380,0	199,0	30
240	275,5	46,10	16,7	314,0	176,0	10
300	340,3	45,4	13,3	436,0	283,0	28
Densidad 1500						
90						
120						
150	214,4	34,4	16,0	254,0	158,0	15
180	242,0	13,9	5,7	254,0	230,0	4
210	357,8	78,7	22,0	457,0	223,0	34
240	364,2	41,0	11,3	423,0	286,0	26
300						



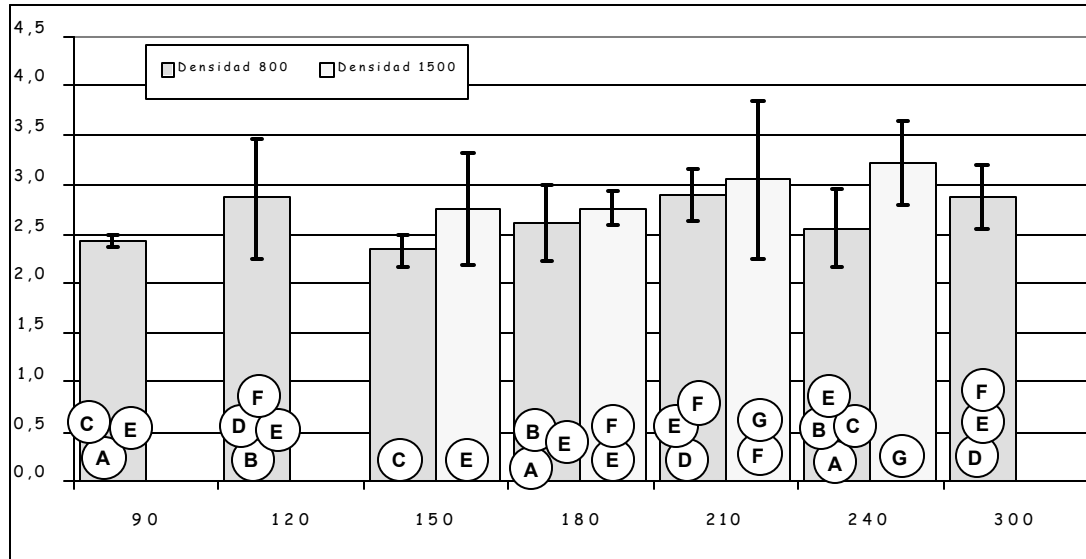
Betania D-800/D-1500						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Peso Promedio						
Densidad 800						
TIEMPO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	354,1	14,5	4,1	375,0	335,1	7
120	375,9	173,1	46,0	706,9	241,0	10
150	410,6	93,4	22,7	889,7	319,6	50
180	477,1	98,9	20,7	840,0	321,3	169
210	433,7	83,5	19,3	657,1	250,0	30
240	451,4	57,48	12,7	549,0	363,8	10
300	586,1	128,5	21,9	829,2	416,1	28
Densidad 1500						
90						
120						
150	289,1	52,3	18,1	370,0	200,0	15
180	261,6	2,8	1,1	264,1	259,2	4
210	328,4	23,5	7,1	357,2	276,1	34
240	344,1	39,5	11,5	400,3	237,1	26
300						



Betania D-800/D-1500						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Supervivencia						
Densidad 800						
TIEMPO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	0,9	0,0	5,7	0,9	0,8	7
120	0,7	0,2	26,1	0,9	0,3	10
150	0,7	0,1	16,7	1,0	0,3	50
180	0,7	0,1	18,0	1,0	0,3	169
210	0,8	0,1	14,4	1,0	0,5	30
240	0,8	0,16	20,4	1,0	0,4	10
300	0,7	0,1	17,3	0,9	0,5	28
Densidad 1500						
90						
120						
150	0,5	0,1	22,9	0,7	0,3	15
180	0,6	0,0	6,8	0,7	0,6	4
210	0,7	0,1	20,6	0,9	0,5	34
240	0,7	0,1	10,9	0,8	0,5	26
300						



Betania D-800/D-1500						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Velocidad de Crecimiento						
Densidad 800						
TIEMPO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	3,5	0,1	4,3	3,7	3,3	7
120	2,7	1,3	49,5	5,4	1,7	10
150	2,2	0,6	24,8	5,0	1,7	50
180	2,4	0,5	21,3	4,4	1,6	169
210	2,0	0,4	19,6	3,2	1,1	30
240	1,9	0,25	13,2	2,3	1,5	10
300	1,9	0,4	20,8	2,6	1,4	28
Densidad 1500						
90						
120						
150	1,6	0,3	19,2	2,1	1,1	15
180	1,3	0,0	1,2	1,3	1,3	4
210	1,4	0,1	7,4	1,6	1,2	34
240	1,4	0,2	12,1	1,7	0,9	26
300						

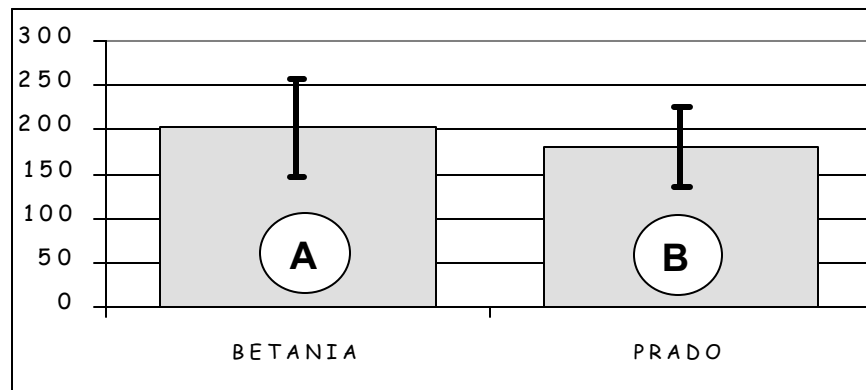


Betania D-800/D-1500						
ANOVA						
Var Independiente: Tiempo						
Var. Dependiente: Factor de Conversion Alimenticia						
Densidad 800						
TIEMPO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
90	2,4	0,1	2,4	2,5	2,3	7
120	2,9	0,6	21,2	4,5	2,5	10
150	2,3	0,2	7,0	3,1	2,1	50
180	2,6	0,4	14,7	4,3	2,0	169
210	2,9	0,3	9,0	3,9	2,2	30
240	2,6	0,40	15,7	3,6	2,2	10
300	2,9	0,3	11,0	3,6	2,6	28
Densidad 1500						
90						
120						
150	2,8	0,6	20,4	3,8	2,2	15
180	2,8	0,2	6,3	2,9	2,6	4
210	3,1	0,8	26,1	4,8	2,3	34
240	3,2	0,4	13,2	4,2	2,7	26
300						

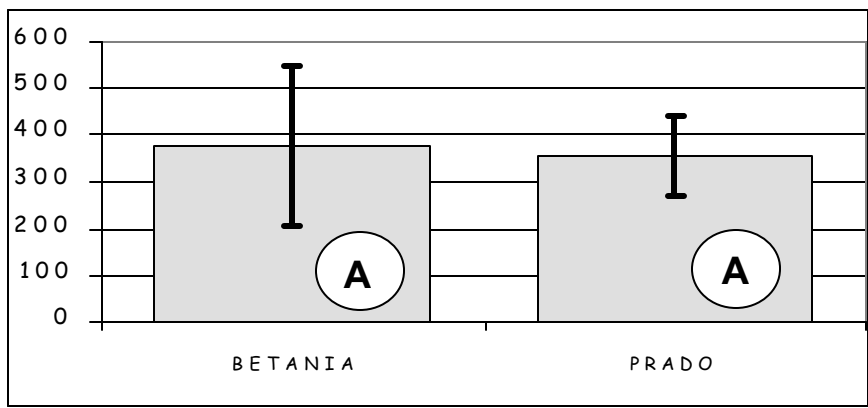
APENDICE C

RESULTADOS BETANIA PRADO

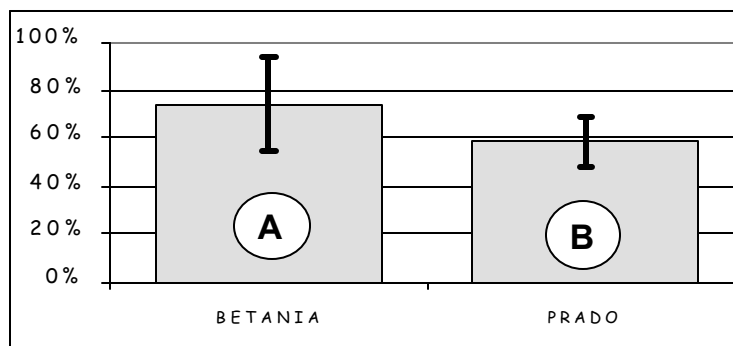
VARIABLE SITIO



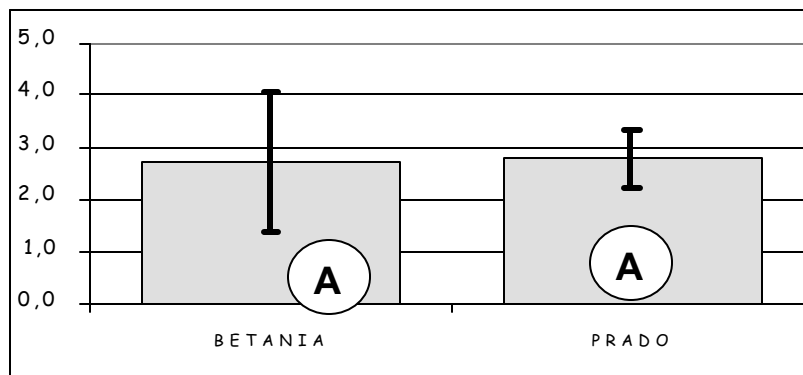
DENSIDAD-800/TIEMPO-120						
ANOVA						
Var Independiente: Sitio						
Var. Dependiente: Biomasa						
Densidad 800						
SITIO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
BETANIA	202,1	54,9	27,1	284,0	153,0	10
PRADO	180,6	44,2	24,5	370,0	26,0	2349



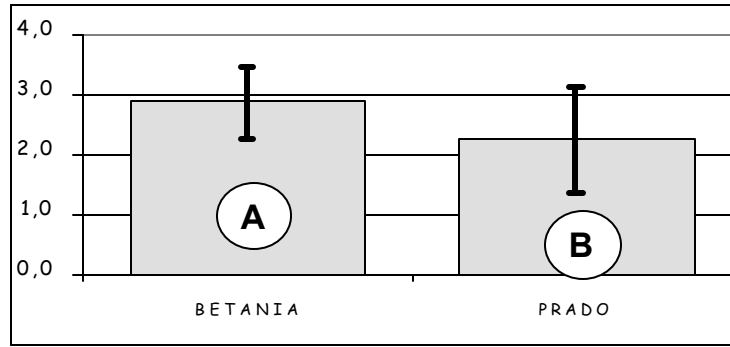
DENSIDAD-800/TIEMPO-120						
ANOVA						
Var Independiente: Sitio						
Var. Dependiente: Peso Promedio						
Densidad 800						
SITIO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
BETANIA	375,9	173,1	46,0	706,9	241,0	10
PRADO	354,4	83,8	23,6	766,0	30,0	2349



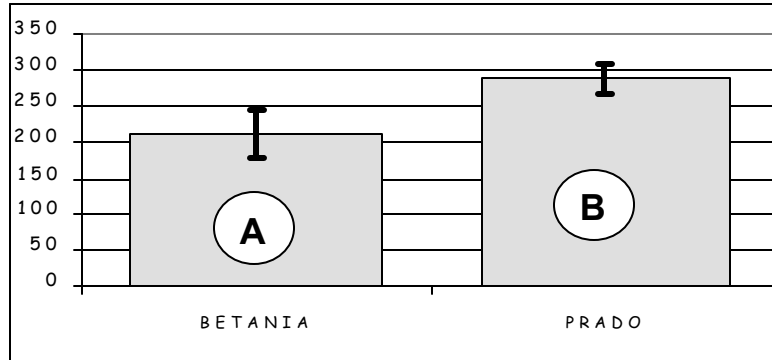
DENSIDAD-800/TIEMPO-120						
ANOVA						
Var Independiente: Sitio						
Var. Dependiente: Supervivencia						
Densidad 800						
SITIO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
BETANIA	0,7	0,2	26,1	0,9	0,3	10
PRADO	0,6	0,1	17,8	1,3	0,1	2349



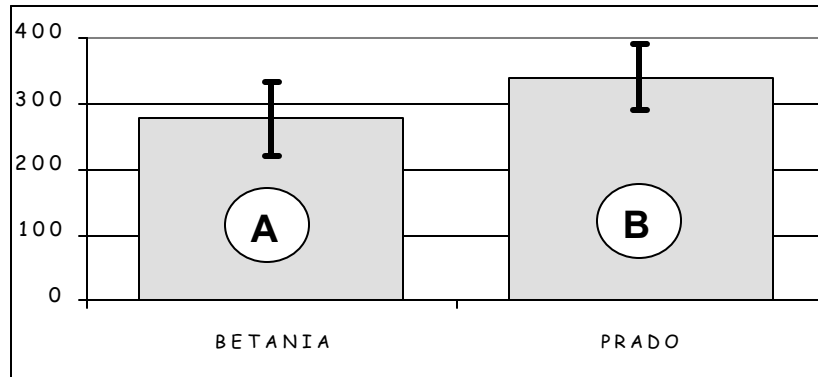
DENSIDAD-800/TIEMPO-120						
ANOVA						
Var Independiente: Sitio						
Var. Dependiente: Velocidad de Crecimiento						
Densidad 800						
SITIO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
BETANIA	2,7	1,3	49,5	5,4	1,7	10
PRADO	2,8	0,6	21,2	6,3	0,1	2349



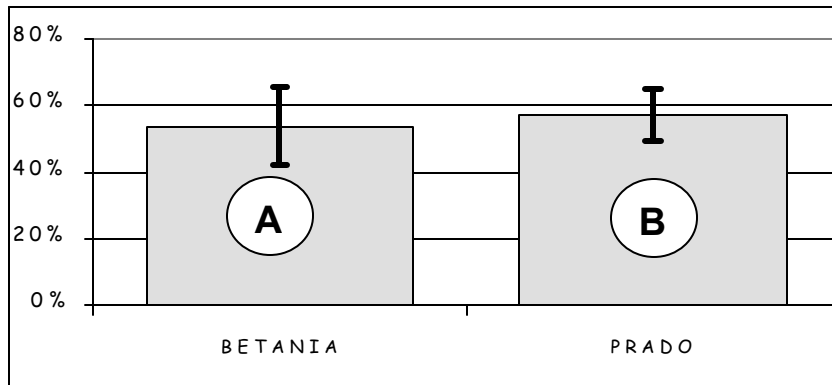
DENSIDAD-800/TIEMPO-120						
ANOVA						
Var Independiente: Sitio						
Var. Dependiente: Factor de Conversion Alimenticia						
Densidad 800						
SITIO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
BETANIA	2,9	0,6	21,2	4,5	2,5	10
PRADO	2,2	0,9	40,4	32,0	1,2	2349



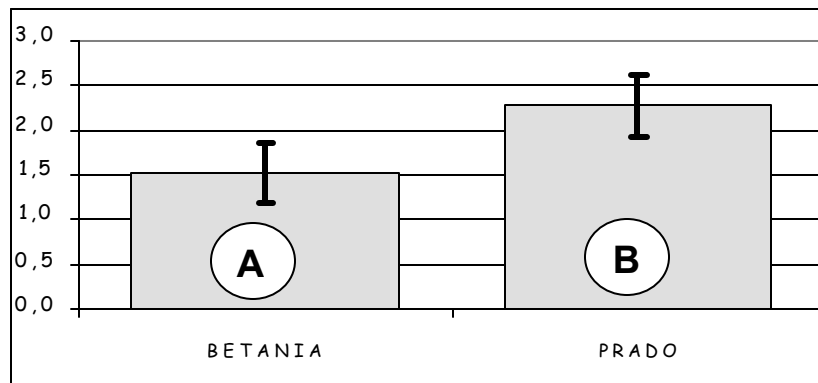
DENSIDAD-1500/TIEMPO-150						
ANOVA						
Var Independiente: Sitio						
Var. Dependiente: Biomasa						
Densidad 1500						
SITIO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
BETANIA	212,8	32,5	15,3	254,0	158,0	18
PRADO	288,5	21,4	7,4	357,0	201,0	101



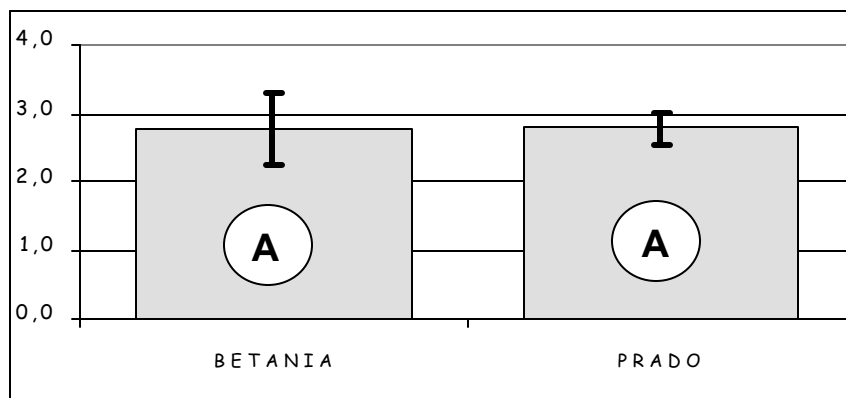
DENSIDAD-1500/TIEMPO-150						
ANOVA						
Var Independiente: Sitio						
Var. Dependiente: Peso Promedio						
Densidad 1500						
SITIO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
BETANIA	276,1	56,4	20,4	370,0	200,0	18
PRADO	339,7	52,2	15,4	686,0	217,0	101



DENSIDAD-1500/TIEMPO-150						
ANOVA						
Var Independiente: Sitio						
Var. Dependiente: Supervivencia						
Densidad 1500						
SITIO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
BETANIA	0,54	0,12	21,9	0,7	0,3	18
PRADO	0,57	0,08	13,7	0,8	0,3	101



DENSIDAD-1500/TIEMPO-150						
ANOVA						
Var Independiente: Sitio						
Var. Dependiente: Velocidad de Crecimiento						
Densidad 1500						
SITIO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
BETANIA	1,5	0,3	21,8	2,1	1,1	18,0
PRADO	2,3	0,4	15,6	4,6	1,4	101



DENSIDAD-1500/TIEMPO-150						
ANOVA						
Var Independiente: Sitio						
Var. Dependiente: Factor de Conversion Alimenticia						
Densidad 1500						
SITIO	Prom	DS	Error	Max	Min	N
BETANIA	2,8	0,5	18,9	3,8	2,2	18,0
PRADO	2,8	0,2	8,5	4,1	1,9	101

BIBLIOGRAFIA

1. BEVERIDGE, M.C, 1987. Cage Aquaculture. Fishing News Books Ltda. Farmham, Surrey, England. 352 pp
2. BRUNE y TOMASSO, 1991. Aquaculture and Water Quality. Advances in World Aquaculture. Vol. 3. WAS. 606 pp.
3. DIAZ, C. A., 1989. Estudio Ecológico del Fitoplancton en el Embalse de Hidroprado – Tolima. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
4. GREEN, B.W. et al, 2000. Desarrollo de Tecnologías de Acuicultura Semi-Intensiva en Honduras. Centro Internacional para la Acuicultura y Medio Ambiente Acuáticos. Universidad de Auburn, Alabama. 48 pp.
5. HAMBREY, Et al, 2001. Aquaculture and Poverty Alleviation. I. Cage Culture in Freshwater in Bangladesh. World Aquaculture Magazine. Vol. 32, No.1. 50-55 pps

6. MARQUEZ, G., 1988. Estudios Ecológicos de Embalses Colombianos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
7. MASSER, M.P, 1988. Cage Aquaculture- What is cage Aquaculture? SRAC Publication No. 160. 2 pp
8. MASSER, M.P, 1997 (Revised). Cage Aquaculture-Site Selection and Water Quality. SRAC Publication No. 161. 4 pp
9. MASSER, M.P, 1997 (Revised). Cage Aquaculture-Cage Construction, Placement and Aeration. SRAC Publication No. 162. 4 pp
10. MASSER, M.P, 1997 (Revised). Cage Aquaculture- Species suitable for cage Aquaculture. SRAC Publication No. 163. 5 pp
11. MASSER, M.P, 1997 (Revised). Cage Aquaculture- Handling and Feeding caged fish. SRAC Publication No. 164. 5 pp
12. MASSER, M.P, 1988. Cage Aquaculture- Cage Culture Problems. SRAC Publication No. 165. 2 pp
13. MASSER, M.P, 1988. Cage Aquaculture- Harvesting and Economics. SRAC Publication No. 166. 4 pp

14. McGINTY, A.S y RAKOCY, J.E, 1989. Cage Culture of Tilapia. SRAC Publication No. 281. 4 pp.
15. POPMA, J.T, 2001. Producción de Alevinos para Cultivo Comercial de Tilapia. III Seminario Internacional de Acuicultura. Universidad Nacional de Colombia, Junio 19-23. Bogotá, Colombia.
16. POPMA, J.T y GREEN, B.W, 1990. Manual de Producción acuícola. Reversión sexual de Tilapias en lagunas de tierra. International center for Aquaculture, Auburn University, Alabama. 35 pp.
17. POPMA, J.T y LOVSHIN, L.L, 1996. Worldwide Prospects for Commercial Production of Tilapia. Research and Development Series No.41. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Auburn University, Alabama. 24 pp.
18. POPMA, J.T y LOVSHIN, L.L, 2001. Producción Comercial de Tilapia: Desde Sistemas Extensivos hasta Super-intensivos. International center for Aquaculture and Aquatic Environments. Auburn University, Alabama. 5 pp.
19. PULIDO, Andrés, 2000. 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. 179 pp.