



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Cultivo intensivo de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) en una granja de Abasolo, Tamps.
México.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A
ALBERTO SALVADOR LABORDE DOVALÍ



DIRECTOR DE TESIS: DR. CARLOS ROSAS VÁZQUEZ

2000

284646



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

Cultivo intensivo de bagre de canal (Ictalurus punctatus) en una granja de Abasolo, Tamps. México.

realizado por Alberto Salvador Laborde Dovalí

con número de cuenta 8153040-5 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis	Dr. Carlos Rosas Vázquez
Propietario	
Propietario	M. en C. Ariel Rojo Curiel
Propietario	Dra. Mayte Mascaró Miquelajauregui
Suplente	Biol. Cecilia Robles Mendoza
Suplente	Biol. Fabián Contreras Arizaga

Carlos Rosas Vázquez
Mayte Mascaró
Cecilia Robles Mendoza
Fabián Contreras Arizaga

Edna María Suárez Díaz

Consejo Departamental de Biología
Dra. Edna María Suárez Díaz

FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.A.M.



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

Agradecimientos.

Por su presencia y apoyo:

A María Ana y a Diego cuyo amor permite aquilatar el pasado, disfrutar el presente, desear el mañana y brinda fuerzas para concluir ciclos.

A mis padres María y Javier.

A mis hermanos: Javier y Bianca, María, María Teresa y Hernán, Eduardo y María Elisa, Margarita y Marco y a Enrique.

A quienes también considero mis hermanos: José Ignacio Sentíes, Pablo Marván, Roberto Torres, Malú Cerutti, Omar y Diego Masera, Humberto Berlanga, Carlos Llorens, Pablo Navarro, Víctor Guadalajara.

Quiero manifestar un especial agradecimiento a Juan de la Garza, Diana Costa, Rogelio Torres, Eduardo Corripio, Charo Berlanga y Dora Vázquez, amigos entrañables que Abasolo me regaló.

A Carlos Rosas, Ariel Rojo, Mayte Mascaró, Cecilia Robles y Fabián Contreras por su apoyo y asesoría en la elaboración del presente trabajo, agradezco también su amistad.

Este trabajo no se hubiera podido realizar sin la valiosa ayuda del personal de "Desarrollo Piscícola, S.A. de C.V.". A todos ellos, acuicultores, administradores y directivos, mi más sincero agradecimiento.

Quiero agradecer de manera especial a Pedro, Juan de Dios y en particular a Don Raimundo Saldaña, cuyo conocimiento empírico contribuyó a que mi conocimiento teórico se hiciera práctico.

Finalmente quiero agradecer por su amistad, apoyo y confianza a Jorge Rickards, asimismo a Aurora, Lorenzo, Diane, Ximena y demás colaboradores y amigos del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C., que con su apoyo han permitido que este trabajo se haya concluido.

*Tramité o trascendí...
...he ejercido,
por lo tanto trascendí.*

CONTENIDO

RESUMEN.	1
INTRODUCCIÓN	2
Biología de la especie.....	9
Cultivo extensivo.	12
Cultivo semi – intensivo.	12
Cultivo intensivo.	12
Estanquería.	13
Jaulas.	14
Canales de corriente rápida (Raceways).	14
Sistemas cerrados.	15
SITIO Y SISTEMA DE CULTIVO EN ESTUDIO.	17
Técnicas de cultivo empleadas en la granja de Abasolo, Tamps.	17
a) Reproducción y alevinaje.	17
b) Pre-engorda.	21
c) Engorda.	22
OBJETIVOS.	25
Objetivo general.	25
Objetivos particulares.	25
MÉTODO.	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	31
Historia del cultivo en raceways de 1992 a 1993.	31
Comparativo del cultivo en raceways de 1992 y 1993.	38
CONCLUSIONES.	42
Recomendaciones.	45

BIBLIOGRAFÍA.	49
ANEXOS.	53
Anexo I. Ubicación geográfica de la granja “Desarrollo Piscícola” en el estado de Tamaulipas.	54
Anexo II. Tablas de control para producción y medicación.	56
Anexo III. Materiales y métodos empleados en la producción intensiva.	60
a) Cosecha de juveniles.	61
b) Preparación de raceways para siembra.	65
c) Ciclo de engorda en raceways.	68
d) Cosecha para planta de proceso.	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Producción mundial de especies cultivadas.	4
Fig. 2. Producción de bagre en México 1986 – 1997.	5
Fig. 3. Participación de Tamaulipas en la producción nacional de bagre.	7
Fig. 4. Producción de bagre en Tamaulipas.	8
Fig. 5. Bagre de canal.	10
Fig. 6. Distribución de la Familia Ictaluridae según Nelson, 1984.	11
Fig. 7. Vista lateral del canal de corriente rápida.	15
Fig. 8. Promedio semanal de temperaturas durante 1992 a 1993.	31
Fig. 9. Mortalidad y temperatura años 1992 y 1993.	32
Fig. 10. Comparativo de mortalidad semanal 1992 VS 1993.	33
Fig. 11. Evaluación de la efectividad de antibióticos.	35
Fig. 12. Inventarios en la fase de engorda intensiva.	37
Fig. 13. Comparativo de tallas obtenidas en cosechas totales.	40
Fig. 14. Comparativo de tres variables durante dos años (registros semanales). ..	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Forma para muestreo de distribución de tallas.	30
Tabla 2. Relación de densidades de siembra según nivel en el sistema de raceways.	38
Tabla 3. Incremento en producción 1993 VS 1992.	39
Tabla 4. Control semanal de producción.	57
Tabla 5. Control de medicación y periodos de retiro.	58
Tabla 6. Control de efectividad de medicamentos.	59

Resumen.

En este trabajo se presenta un estudio comparativo de dos años de producción comercial de bagre de canal *Ictalurus punctatus*, en una granja ubicada en Abasolo, Tamaulipas.

Se analizó la información en el año "uno" para desarrollar el diseño de producción en el año "dos". Con base en este análisis se observó que no existió un control de producción adecuado durante el primer año, por lo que se desarrollaron puntos de control al inicio del segundo, entre los que destacan: control de poblaciones en cultivo mediante la homegeneización de tallas, determinación de la carga óptima en cada sistema de producción y programa de cosechas totales, asimismo se desarrollaron esquemas de medicación preventiva, que incluía prácticas de limpieza e higiene, y medicación correctiva, para control de la mortalidad de los organismos en cultivo.

Los puntos de control en el segundo año permitieron reducir el periodo de engorda intensiva a 6 meses promedio, con lo que se optimizó la capacidad instalada en granja para producción de carne, incrementándose en 48.72 % el volumen cosechado con respecto al primer año. Con la reducción de tiempos de cultivo, se optimizó también el margen costo - beneficio, al reducir los costos de producción (principalmente alimento balanceado).

El esquema de cosechas totales desarrollado en el segundo año, permitió adecuar la producción a la demanda del mercado en función de la frecuencia de tallas comerciales solicitadas.

Se concluye que cada granja, cada sistema de producción acuícola tiene sus particularidades, por lo que es imprescindible sistematizar los puntos de control en producción, para después de su análisis, sustentar la toma de decisiones dirigidas a optimizar la relación costo - beneficio en la producción acuícola.

Introducción.

La acuicultura es una práctica muy antigua que se remonta desde los primeros pueblos que dependían de los recursos de los lagos, ríos y mares. El primer tratado de acuicultura es escrito en China por Fan Lai y se remonta al año 475 A. C. (Klontz, 1990a).

A pesar de la antigüedad de los primeros registros de actividades acuícolas, no es sino hasta hace unos 70 años cuando se inicia la investigación científica en la acuicultura moderna (Merino, 1986).

La acuicultura es un medio de producción masiva de organismos acuáticos, en el que se controlan parcial o totalmente, tanto el ciclo de vida, como el ambiente que les rodea. Por ello, ésta se ha desarrollado más en especies útiles al hombre. De hecho, hoy se considera que la acuicultura más avanzada es aquella donde se producen y hacen crecer organismos en un ambiente controlado, maximizando su eficiencia. (Shokita, *et al.*, 1991).

A partir de los años 90 se desarrollan biotecnias no dirigidas a especies con valor comercial. Como ejemplo se puede citar el cultivo de probióticos, microorganismos de utilidad indirecta que no dañan a la especie de interés y que desplazan a parásitos nocivos al competir por "espacio" en el huésped. También se puede citar el cultivo de especies, cuyo interés comercial es mínimo, utilizadas para la recuperación de ecosistemas.

La producción de especies con valor comercial en esta misma década se incrementa de manera dramática, en virtud de que se han depurado técnicas de cultivo en respuesta a una necesidad primordial: producir más con el menor tiempo y riesgos posibles. En el periodo comprendido entre los años 60 a 80, se incrementó la producción acuícola domesticando y seleccionando organismos de rápido crecimiento (selección por masa), con muy buenos resultados en peces como el bagre de canal. Como dato comparativo, en la actualidad el uso de transgénicos en bagre puede incrementar la tasa de crecimiento hasta en un 30-40% con respecto a bagres cultivados de manera tradicional, por la

manipulación de genes de salmónidos relacionados con la hormona del crecimiento (Dunham and Devlin, 1999).

Se han desarrollado muchos trabajos de investigación sobre el uso de transgénicos en acuicultura, dirigidos principalmente a especies comerciales tales como trucha, salmón, bagre, tilapia, carpa, camarones y moluscos. La mayoría de estos trabajos se enfoca en la manipulación de genes relacionados con hormonas del crecimiento, llegando a un grado de especialización tal que algunos autores como Rahman, *et al.* (1998), espera obtener organismos de rápido crecimiento y estériles mediante la inyección de genes de hormonas de crecimiento en huevos de tilapia. Otros trabajos como los de Mialhe *et al.* (1995), dirigen más su atención a la obtención de líneas de organismos resistentes a ciertos patógenos.

Aun cuando el uso de organismos genéticamente modificados está adquiriendo un auge muy notorio, autores como Jonsson *et al.* (1996) advierten los serios riesgos que el uso indiscriminado de la transgénesis puede ocasionar en particular en poblaciones silvestres. Dunham (1999) refiere que, pese al alto potencial del uso de transgénicos en la acuicultura, es indispensable realizar de manera simultánea estudios de impacto ambiental, actividades de educación al público y ensayos de bioseguridad de organismos genéticamente modificados destinados a consumo humano.

Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (F.A.O.) destacan que la producción mundial en pesquerías se ha ido incrementando desde el año de 1975 a una tasa del 2.6% anual, alcanzando en 1984 una producción de 82.8 millones de toneladas. La tasa de crecimiento de las pesquerías en países en desarrollo ha sido del 1.8% comparada con 3.8% de los países desarrollados (Tawara, 1987).

La producción mundial en acuicultura, por su parte ha tenido un incremento sostenido que en nueve años se ha duplicado (SEMARNAP, 1998), registrándose para 1986 una producción de 12.25 y para 1995, 27.77 millones

de toneladas, en 31 países considerados como los principales productores (Fig. 1).

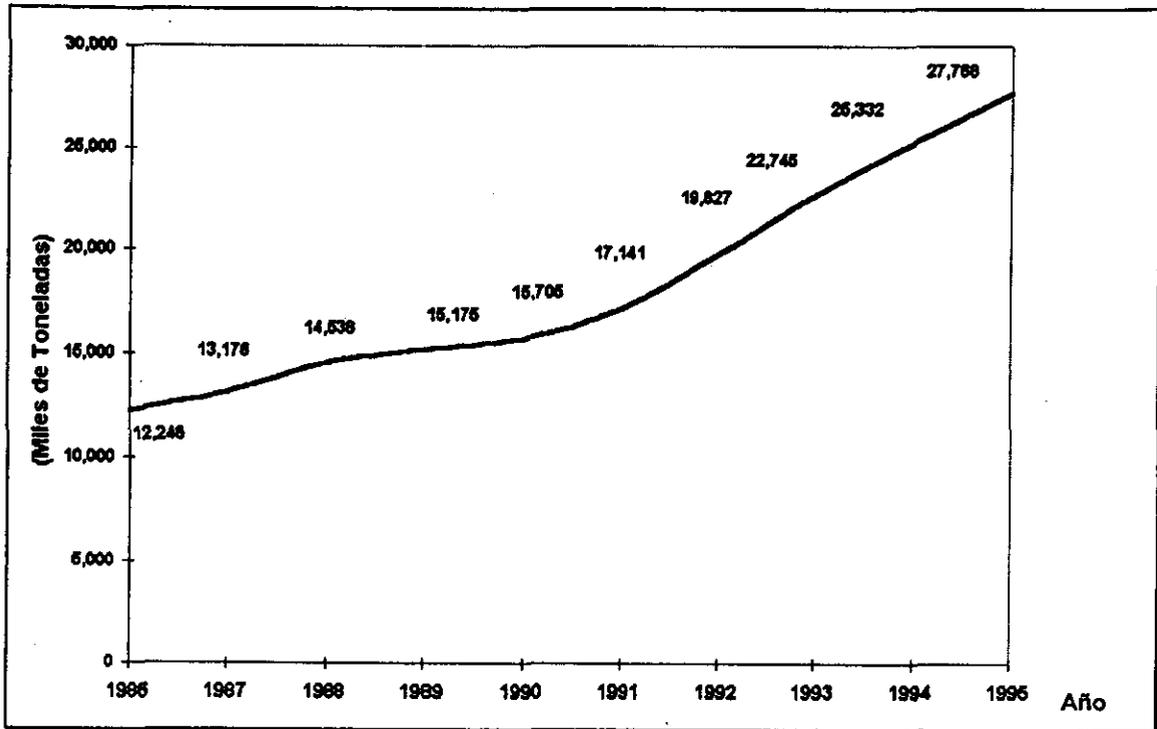


Fig. 1. Producción mundial de especies acuáticas cultivadas

En México la producción en 1986 fue de 151,000 toneladas lo que significó el 1.23% del total de los países mencionados en el párrafo anterior. Lamentablemente en nuestro país desde 1987, año en el que se alcanzó una participación del 1.32%, no se ha mantenido esta tendencia de desarrollo acuícola; de tal forma que, aún cuando se ha conservado el nivel de producción (158,000 ton), su participación ha ido decreciendo hasta ubicarse en 0.57% en 1995, con referencia a la producción de los 31 países considerados como productores principales en el mundo (SEMARNAP, 1998).

Uno de los cultivos de mayor importancia en México por el grado de desarrollo biotecnológico es sin duda el del bagre de canal *Ictalurus punctatus*, especie

nativa del río Mississippi que se distribuye en los estados comprendidos entre Texas y Florida, rodeando el Golfo de México. Sin embargo, Stickney (1985) reporta que, en la actualidad, ha aumentado su distribución por ser la especie más cultivada en los E.U.A.

El cultivo del bagre en México se documenta en 1943 cuando se introduce el primer lote de *I. punctatus* procedente de E.U.A. (Ceballos y Velázquez, 1988). Desde entonces el bagre ha sido, junto con la trucha, la tilapia y la carpa, una de las especies más utilizadas en piscicultura.

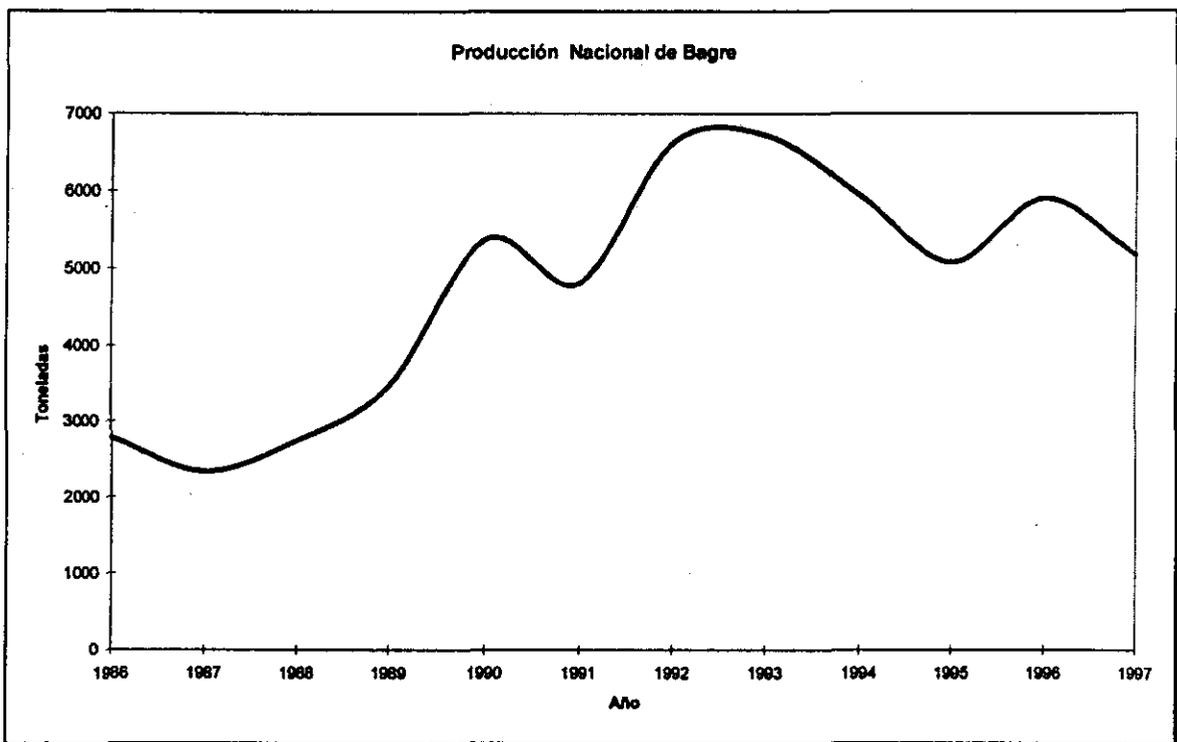


Fig. 2. Producción de bagre (*I. punctatus*.) en México 1986 - 1997.

El promedio de producción de *I. punctatus* desde 1983 a 1987 tuvo un crecimiento anual sostenido del 26.6%. El pico máximo de producción se observa en 1993 con 6,715 ton (Fig. 2), cae drásticamente en 1995 a 5,086 y en 1997 se ubica en 5,181 ton (SEMARNAP, 1998).

Para 1998 en el país había 9 unidades de producción dependientes de la Secretaría de Pesca y 476 unidades, tanto del sector privado como del social.

Hasta 1993 el Estado con mayor infraestructura para el cultivo de bagre en México fue Tamaulipas, que aportó en promedio 20% de la producción nacional entre 1987 y 1989 (Fig. 3), en donde había centros acuícolas con gran capacidad para producción de carne, tales como el Centro Acuícola Vicente Guerrero, que se dedica principalmente a la producción de crías para la repoblación de cuerpos de agua (como la Presa Vicente Guerrero) y que cuentan con una capacidad instalada de 350 tons/año. Otra de las granjas importantes en este Estado es "Acuainsa", que está ubicada en Matamoros, Tamps. y tiene una capacidad de aproximadamente 500 tons/año. Por último cabe citar a la granja de "Desarrollo Piscícola", ubicada en el municipio de Abasolo, Tamps. y que cuenta con una capacidad productiva de 700 tons/año, sitio donde se obtuvieron los datos del presente trabajo

En Tamaulipas también se realizó hasta 1993, la engorda intensiva de bagre en jaulas. Actualmente muchos de los productores en la zona y en el Estado, debido a la demanda y precios altos en el mercado de E.U.A., han cambiado de bagre a tilapia, cultivándose en un principio la tilapia del nilo *Tilapia nilotica*, posteriormente la tilapia roja *Oreochromis mossambica* y recientemente un híbrido de tilapia "Tilapia Plateada", introducida en 1994 del estado de Colorado, E.U.A. a Tamaulipas (M.C. Juan de la Garza, com. pers.) y Chihuahua entre otros estados (Ing. César Reyes, com. pers.). El atractivo principal para su cultivo frente a otras especies y variedades de tilapia es su resistencia a las bajas temperaturas, lo que permite una producción constante en invierno. Los datos recabados por la SEMARNAP (1998) muestran claramente esta tendencia (Fig. 4), a partir de 1993 la producción de bagre en el Estado de Tamaulipas decrece de manera importante, coincidiendo con el incremento en la producción de tilapia.

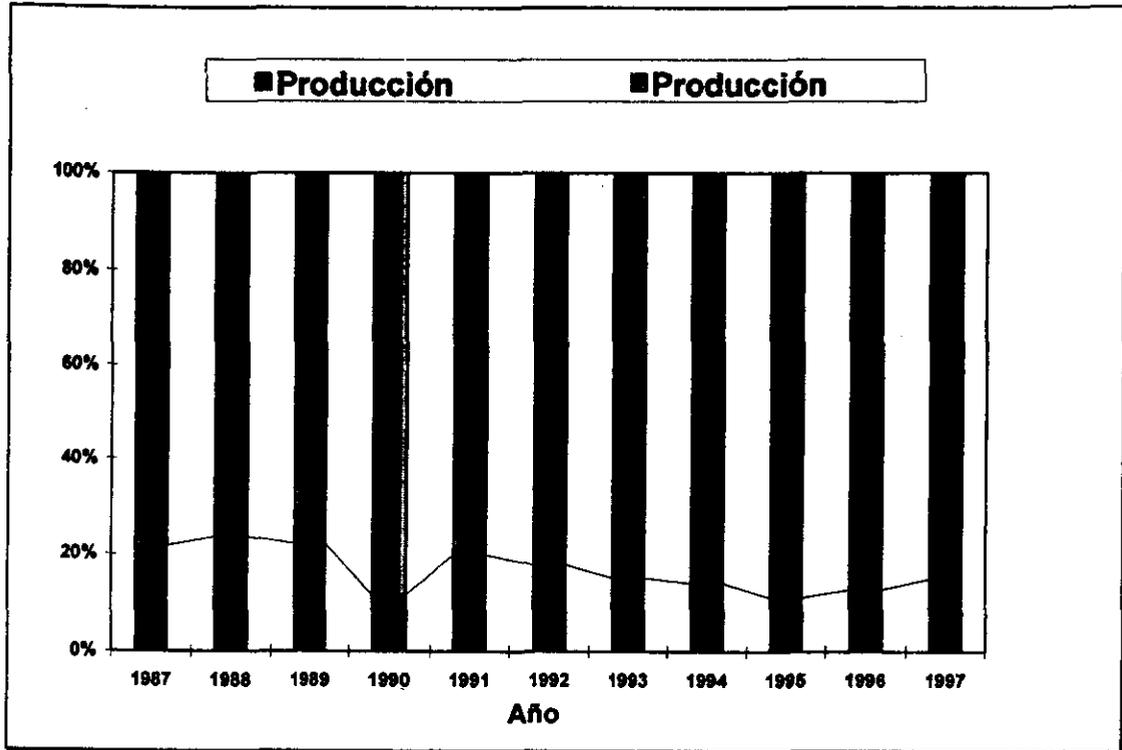


Fig. 3 Participación de Tamaulipas en la producción nacional de bagre.

En México el bagre se cultiva porque es una especie que reúne muchas de las características deseables para explotarse a escala comercial, cualidades que se enumeran a continuación:

- 1.- *Ictalurus punctatus* generalmente no se reproduce en los sistemas de engorda (estanques, raceways, etc.), lo que facilita al acuicultor el control sobre las poblaciones, ya que la energía que entra por medio de la alimentación, la dirige exclusivamente a la producción de carne y no al desarrollo de gametos; no obstante, el pez es de fácil manejo para la reproducción.
- 2.- De cada puesta se obtienen un número apropiado de alevines para siembra. Una hembra de aproximadamente un kilo y medio de peso es capaz de producir hasta 10,000 huevos, y el porcentaje de fecundación con un adecuado manejo puede llegar hasta 98%.

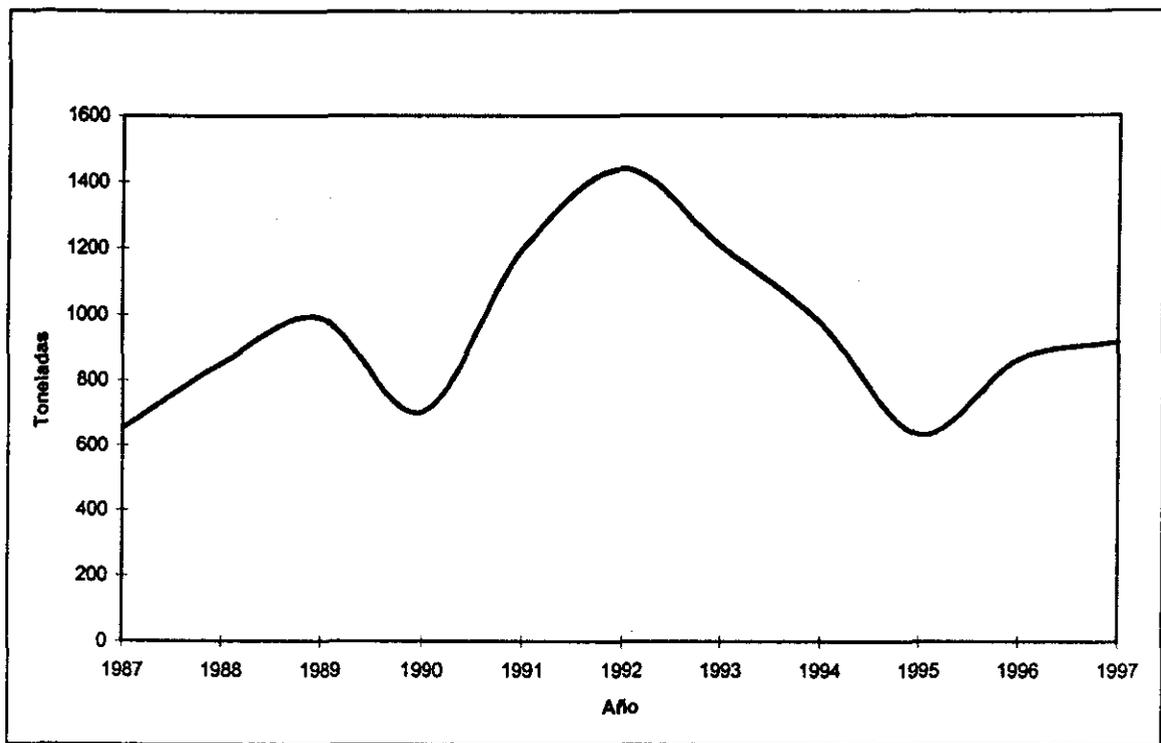


Fig. 4. Producción de Bagre (*I. punctatus*) en Tamaulipas.

- 3.- Después de la absorción del saco vitelino acepta alimentos preparados sin dificultad, teniendo crecimiento y factores de conversión alimenticia muy satisfactorios.
- 4.- Presenta un buen desempeño, en condiciones de alta densidad.
- 5.- Se adapta bien a la mayoría de los sistemas de cultivo utilizados y sobrevive a un amplio rango de ambientes.
- 6.- Bajo condiciones óptimas de cultivo, el bagre de canal tiene un sabor suave muy apreciado y la carne se mantiene con alta calidad aún cuando se ha sometido a una gran variedad de métodos de proceso.

Biología de la especie.

Clasificación taxonómica: (Nelson, 1984).

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase	Gnathostomata
Grado	Pisces
Clase	Osteichthyes
Subclase	Actinopterygii
Infraclase	Neopterygii
División	Halecostomi
Subdivisión	Teleostei
Infradivisión	Euteleostei
Superorden	OSTARIOPHYSI
Orden	SILURIFORMES (Nematognathi)
Familia	ICTALURIDAE (Ameiuridae)
Género y especie	<u>Ictalurus punctatus</u>

El orden Siluriformes tiene 31 familias, 400 géneros y 2,211 especies de las cuales 2,155 son de agua dulce (Nelson, 1984).

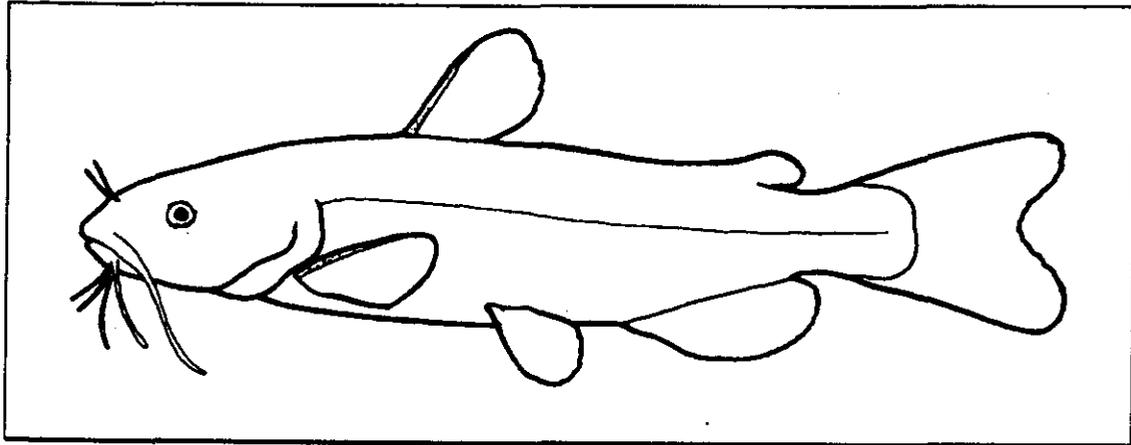


Fig. 5. Bagre de Canal (*I. punctatus*)

Diagnosis:

Los huesos simpléctico, subopercular e intermuscular están ausentes en el orden Siluriformes; los parietales probablemente se encuentren presentes pero fusionados al supraoccipital; preopérculo e interopérculo relativamente pequeños; vómer usualmente dentado; aleta adiposa usualmente presente. (Fig. 5).

La familia ICTALURIDAE (Ameiuridae) son peces de agua dulce que se distribuyen en Norteamérica (Fig. 6) desde el sur de Canadá hasta Guatemala; los organismos de esta familia presentan ocho barbelos en la cabeza (2 en nostrilo, 2 en maxilares y 4 en el extremo anterior de la mandíbula); piel desnuda (sin escamas); espina ubicada en el extremo anterior de las aletas dorsal y pectorales; la aleta dorsal usualmente presenta seis radios suaves.

La familia ICTALURIDAE tiene seis géneros, de los cuales *Ictalurus* tiene al rededor de 16 especies reconocidas en dos subgéneros *Ictalurus* (bagres) y *Ameiurus* (cabezas de toro -"bullheads").

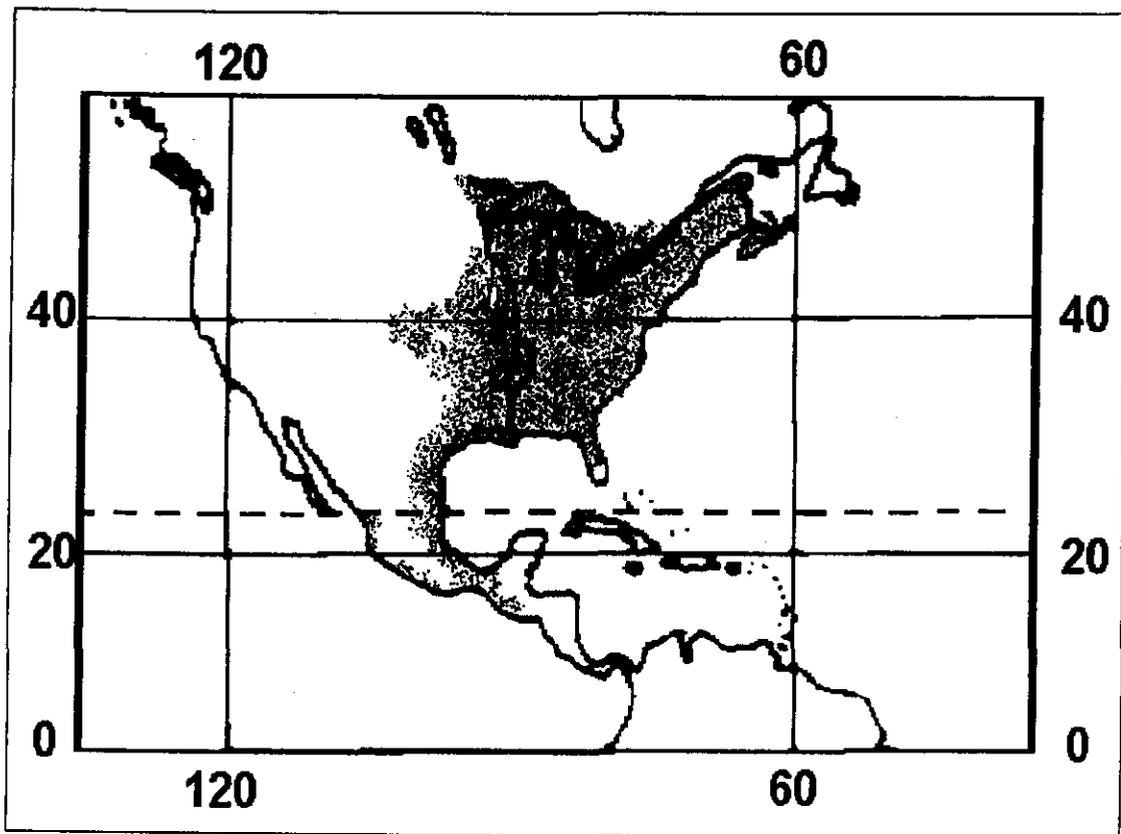


Fig. 6 Distribución de la Familia Ictaluridae según Nelson, 1984.

Técnicas de cultivo en bagre:

Los tres tipos de cultivo conocidos en piscicultura, y en general también en acuicultura, se pueden distinguir con base en los siguientes criterios:

1. Espacio entre organismos, medido en número de individuos por unidad de área (hectáreas o acres) o volumen (metros cúbicos o pies cúbicos).
2. Producción: medida como la cantidad de kilogramos de producto obtenidos en la cosecha.
3. Riesgo: entendido como los factores que inciden directamente en el incremento de la tasa de mortalidad durante el crecimiento de los organismos.

Con base en estos criterios las técnicas de cultivo de ésta y otras especies se pueden clasificar de la siguiente manera:

Cultivo extensivo.

En esta técnica se maneja una densidad baja, se logra una producción escasa y los riesgos atribuibles al manejo del cultivo durante el desarrollo de los organismos son mínimos. En la actualidad el cultivo extensivo se utiliza principalmente en actividades de repoblación de cuerpos de agua y en la pesca deportiva.

Cultivo semi-intensivo.

El número de individuos es mayor, sin embargo, la densidad está muy por debajo de la capacidad de carga máxima del sistema, la producción es moderada alcanzándose en el cultivo de bagre hasta 5,000 kg/ha o 50 kg/m³ los riesgos aún cuando se incrementan con relación al cultivo extensivo, no demandan mucha atención por parte del acuicultor.

Cultivo Intensivo:

Es la técnica más completa y avanzada, es el cultivo de organismos acuáticos bajo control humano. El espacio entre organismos es muy reducido. La producción es superior a los 5,000 kg/ha llegando hasta los 10,000 o bien superior a los 50 kg/m³ llegando hasta los 250 en el cultivo de bagre. El riesgo se incrementa al punto en que se requiere una supervisión estrecha cada día que duren los organismos en cultivo. Una infección bacteriana en un individuo puede derivar en una epidemia, más aún, el cultivo puede requerir de una cantidad de alimento y medicamentos tal que, los costos de producción rebasen los precios de venta.

Estanquería.

La secuencia típica en el cultivo comercial de bagre de canal en estanques la describen Dupree y Huner (1984), de la siguiente manera:

- a) Los reproductores se seleccionan y siembran en los estanques de reproducción a fines de primavera o principios de verano (según estacionalidad de la zona de cultivo).
- b) Las crías se siembran en estanques y se dejan crecer a la talla "fingerlings", es decir al tamaño de la falangeta del dedo meñique, aproximadamente 2.5 cm, durante su primer período de crecimiento.
- c) Los "fingerlings", al pasar el invierno, se trasladan a los estanques de producción ya como alevines y se dejan crecer a la talla deseada en una o más épocas de crecimiento sucesivas.

El cultivo de bagre en los Estados Unidos, generalmente requiere de 15 a 18 meses, para que un organismo crezca desde alevín a una talla comercial de 0.5 kg en estanques comerciales, (Tucker, 1985).

Recientemente el cultivo de organismos en estanquería, en muchas granjas ha pasado a ser de semi-intensivo a intensivo, debido principalmente a la utilización de tecnología nueva, caso concreto de los aereadores, que permiten tener altas densidades de organismos en sistemas lénticos oxigenados artificialmente. Estos aparatos homogeneizan e incrementan la concentración de oxígeno en el estanque, evitan que la columna de agua se estratifique y precipitan sólidos en suspensión. Hay de varios tipos, entre los que destacan por ser los más eficientes los de inyección de aire atmosférico y los que agitan el agua mediante un sistema de paletas conectadas a la fuente de poder de un tractor o utilizando energía eléctrica.

Las densidades de siembra en sistemas con estos equipos suelen ser de hasta 10,000 peces/ha, cifra que contrasta con las densidades utilizadas en estanques sin aereación artificial, las cuales oscilan entre 3,500 y 5,000 peces/ha.

Jaulas.

Son cubos formados con bastidores o simplemente marcos de ángulo de fierro o cualquier otro material como por ejemplo madera o bambú, recubiertos con red o malla de plástico, nylon o acero inoxidable con recubrimientos de PVC, principalmente. Presentan estructuras de flotación entre las que se pueden mencionar tambos de doscientos litros sellados, tubos de PVC sellados en sus extremos o bien bloques de unicel.

El diseño de éstas generalmente se basa en las condiciones del sitio, profundidad del cuerpo de agua, fuerza de las corrientes, frecuencia, dirección e intensidad de los vientos y en la disposición de recursos económicos con que se cuenta.

Canales de Corriente rápida (Raceways).

Como su nombre lo indica, son piletas dispuestas en serie que tienen un flujo continuo de agua, con la consecuente tasa elevada de recambio en el sistema (Fig. 7). Debido a lo anterior permite la siembra de altas densidades de organismos por unidad de volumen. Las densidades de siembra dependen directamente del volumen de agua que fluye en el sistema. Para el bagre en este tipo de sistemas, las densidades a talla de cosecha son de entre 175 a 230 kg/m³.

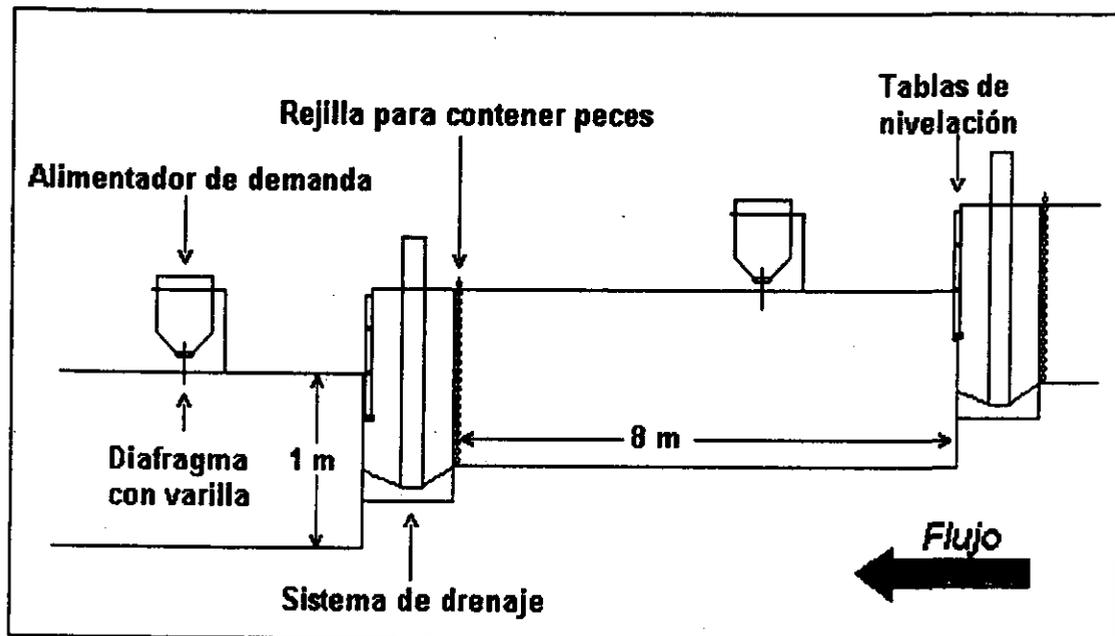


Fig. 7. Vista lateral del canal de corriente rápida

Sistemas Cerrados.

Se denomina sistemas cerrados a aquellos donde se depura y re-utiliza el agua mediante bombas y filtros. La mayor parte del volumen de agua que recorre el sistema (85 a 100%) se recircula y se pasa por filtros que la depuran con la ayuda de bombas hidráulicas, reteniendo sólidos en suspensión, reduciendo los niveles de amoníaco e incrementando los de oxígeno con bombas de inyección de aire.

Los diseños empleados con mayor frecuencia son los tanques circulares (e.g. laboratorios de postlarvas de camarón), estanques o canaletas rectangulares dispuestas en batería como en los raceways. Debido a su elevado costo, tanto de capital como de operación, no se utilizan comúnmente en cultivo de peces comerciales destinados a consumo humano.

Entre las ventajas que este tipo de sistema de cultivo ofrece, destacan:

Constituyen una alternativa de producción en sitios donde el recurso agua no abunda, o bien, permite aprovechar (este recurso) de manera racional.

Disminuye de manera importante problemas por contaminación del agua (eutrofia).

Permite un control en la producción muy estrecho aún cuando demande mano de obra muy calificada.

Sitio y sistema de cultivo en estudio

Técnicas de cultivo empleadas en la granja de Abasolo, Tamps.

En la granja¹ el ciclo de producción se separa básicamente en tres etapas: reproducción y alevinaje, pre-engorda y engorda. A continuación se describen cada una de ellas.

a) Reproducción y alevinaje

Esta etapa se desarrolla en los estanques de reproductores, de reproducción y la sala de incubación, compuesta por incubadoras y charolas de alevinaje, y termina con la siembra² de alevines en los estanques de pre-engorda. Considerando desde la selección de los reproductores para su ubicación en los estanques de reproducción, hasta la siembra de alevines en los estanques de pre-engorda, esta etapa tiene una duración de seis meses.

La selección de reproductores se realiza de manera constante durante todo el año. En las cosechas de organismos con talla comercial, se seleccionan esporádicamente machos y hembras cuyas tallas respecto a las del resto de la población sean mayores (superiores a los 1,150 grs) es decir, organismos cuya tasa de crecimiento ha mostrado ser mayor en función del tiempo de cultivo dentro de un lote determinado. En esta selección se consideran además del tamaño, características externas directamente relacionadas con su buena salud, tales como el aspecto de la piel (que no tenga manchas, ni escoriaciones, ni parásitos aparentes), las agallas (que no estén "despeinadas" ni muy rojas), que

1 La ubicación de la granja en el estado de Tamaulipas, se muestra en el Anexo I.

²El término "sembrar" es ampliamente utilizado por los acuicultores y se refiere a la acción de depositar organismos en un sistema de producción o crianza. Desde mi punto de vista es un término bien empleado si consideramos que cultivar significa criar o producir (Gaffiot, 1934). Para cultivar algo es necesario primero sembrarlo.

no presente endoftalmia (ojos hendidos) o exoftalmia (ojos saltones) o con gusanos, mismos que se distinguen a simple vista dentro del ojo del pez como manchas blancas a manera de glaucoma. En la boca se deberá observar que el pez tenga los labios sin tumoraciones ni escoriaciones ni hendiduras. En la cabeza se deberá observar que el organismo no presente heridas en el hueso frontal, es decir en la parte media, justo arriba de los ojos y hacia la aleta dorsal.

Habiendo seleccionado organismos machos y hembras con las características arriba descritas, estos se trasladan al estanque de reproductores.

En el estanque de reproductores, se mantiene a los organismos a muy bajas densidades (80 a 100 peces por hectárea). Se suministra alimento diariamente a razón de entre 0.5 a 1.0% del peso corporal promedio.

Hacia fines de diciembre y mediados de enero, se preparan los estanques de reproducción. Dicha preparación consiste en drenar completamente el estanque y dejarlo secar. Una vez seco el estanque se remueve el fondo utilizando un tractor con cuchillas para arar, se agrega cal hidratada a razón de 10 kg/ha y se deja orear por espacio de unos 3 a 5 días. La cal se utiliza para exterminar organismos nocivos. Posteriormente, el estanque se vuelve a llenar con agua y en la medida en que se va llenando se agrega estiércol de vaca como fertilizante a razón de 3 a 5 kg/ha.

Para fines de enero y mediados de febrero, se cosecha el estanque de reproductores y se seleccionan peces de entre 2.5 y 4 kg sin parásitos aparentes. Una vez pesados y contados, los reproductores se introducen en el transportador en el que se ha diluido permanganato de potasio (KMnO_4) a 3.5 ppm o sal en grano (NaCl) a 1 ppm y se trasladan a los estanques de reproducción. La relación de siembras por sexo en estos estanques es de entre 2 y 3 hembras por cada macho.

Iniciada la época de reproducción (mediados de marzo a principios de junio), en los estanques se colocan nidos artificiales de dos tipos, uno construido con tablonces de madera formando un cubo de 60 x 30 x 25 cm y el otro tipo, con contenedores de leche de 40 litros construidos en aluminio.

El empleo de dos tipos de nidos, tiene como finalidad disminuir la competencia entre machos por espacio y la mortalidad asociada a la actividad de cortejo, así como evitar mortalidades por asfixia de machos de tallas grandes en los nidos de aluminio cuyo espacio es menor a aquellos construidos de madera.

Los nidos se colocan con la abertura orientada hacia el centro del estanque y separados entre sí de 1.5 a 2.0 m buscando las zonas en que el estanque tiene mayor flujo, es decir, hacia el tubo de salida del agua.

Una vez iniciada la época de reproducción, los nidos se revisan cada día, para que al momento de encontrar una puesta, se extraiga la "fresa" o masa de huevos, se deposite en una hielera con agua del mismo estanque y se traslade a la sala de incubación en donde se registra el peso de la misma, día de cosecha y número de estanque en el que se colectó.

Después de la toma de datos de cada fresa, se hace fluir agua de la sala de incubación en la hielera donde se encuentran las fresas para homologar temperatura. Posteriormente se da un tratamiento preventivo durante 30 minutos con formalina a 1 ppm, o bien con iodo a 3 ppm utilizados como fungicidas. Posteriormente se extraen de la fresa los huevos opacos (muertos o no fecundados) con el propósito de evitar invasión de parásitos oportunistas, principalmente el hongo *Saprolegnia sp.* Finalmente, la masa de huevos se coloca en un bastidor rectangular 40 x 30 x 10 cm forrado con malla de plástico con 0.5 cm de luz dentro de la incubadora. La incubadora es un recipiente con

fondo en forma de "U" provisto de paletas separadas cada 35 cm (para permitir la colocación de los bastidores entre las paletas) y conectadas mediante un tubo a la banda de un motor eléctrico de 0.5 Hp.

Colocados los bastidores con las fresas, se hace circular agua en las incubadoras y se enciende el motor eléctrico que al mover las paletas, oxigena el agua y simula los aleteos que realiza el macho en una incubación natural.

Durante el periodo de incubación, constantemente se deben revisar las fresas, extrayendo aquellos huevos que presenten coloración blanquecina ("muertos") o hialina (no fecundados), los huevos "vivos" en la medida en que se desarrollan, cambian de una coloración amarillenta hacia un anaranjado tenue y finalmente hacia un anaranjado rojizo, etapa de desarrollo en la cual ya se pueden observar a simple vista los vasos sanguíneos y los ojos de cada organismo. La supervisión en la sala de incubación se debe realizar periódicamente (de preferencia cada hora) durante las 24 hr al día. De existir fallas en el suministro de luz de la granja, es necesario prender la planta de luz de emergencia (con motor de gasolina y 2,500 Watts de capacidad).

Dependiendo de la temperatura del agua la eclosión puede ocurrir de 12 a 17 días después de colocada la fresa en la incubadora. Al momento de ocurrir la eclosión, los organismos pasan a través de la malla del bastidor y se precipitan al fondo de la incubadora. Desde ahí son aspirados con una manguera de plástico hacia una cubeta de 20 l donde se cuenta el número de organismos con métodos volumétricos, y posteriormente se trasladan a las charolas de alevinaje.

De dos a cuatro días después del traslado al área de alevinaje, los organismos absorben totalmente el saco vitelino y empiezan a subir a la superficie en busca de alimento. En este momento se les suministra alimento en polvo con 46% de proteína cruda en pequeñas dosis durante unas 5 veces al

día. Antes de cada alimentación, se cepilla y aspira el fondo de la charola con un cepillo con cerdas de plástico y una manguera para quitar restos de comida, excretas y alevines muertos.

Cuando los alevines alcanzan una talla de 25 mm o bien cuando la mortalidad se incrementa por arriba del 5% del total de organismos en la charola, se trasladan a los estanques de pre-engorda y se siembran a distintas densidades en función de la disponibilidad de juveniles que se requiera a partir de tres meses después de esta siembra.

b) Pre-engorda.

Esta etapa se desarrolla en estanques de manera semi-intensiva ya que se suministra alimento balanceado en función de la biomasa y del área que tengan los estanques, en la granja de Abasolo éstos miden de 1.2 a 2.0 hectáreas. Se siembran individuos de una talla aproximada de 25 a 35 mm en promedio y con distintas densidades en cada estanque. Al manejarse distintas densidades en cada estanque, el crecimiento de la población es inversamente proporcional al de la densidad de siembra, es decir, que a menor densidad se espera un crecimiento más rápido y homogéneo de la población y viceversa. De este modo los estanques que van siendo cosechados proveen un espacio para poblaciones ubicadas en otros con mayores densidades, en este momento el estanque se utiliza como una reserva que permite el manejo de lotes de peces para siembra en raceways durante el resto del año. Esta actividad se conoce como "desdoblar" estanques. La importancia de tener disponibilidad de peces para el ciclo de engorda durante todo el año, radica en que el ciclo de reproducción natural del bagre ocurre solo una vez al año durante 3 o 4 meses.

Los individuos ahí sembrados llegan a una talla de 100 a 110 g para iniciar la etapa de engorda en un tiempo relativamente corto, 2 a 4 meses dependiendo de las condiciones climáticas e incidencia de enfermedades. La duración de la etapa de Pre-engorda varía entre 4 y 9 meses dependiendo del manejo que se dé a las densidades de población.

c) Engorda.

Inicia al cosecharse selectivamente, mediante el uso de tamices, individuos desde los estanques con tallas mínimas de cien gramos para ser sembrados en el sistema de canales de corriente rápida o raceways, que en la granja motivo de este estudio son piletas de concreto con dimensiones de 43.2 m³ (8 X 4.5 X 1.2) m dispuestas en baterías de 8 X 4 con un flujo por línea de 150 litros por segundo (lps) en el primer sistema de raceways (raceway UNO) y baterías de 7 X 4 con un flujo por línea de 171 lps en el segundo sistema de raceways (raceway DOS).

El hecho de tamizar a los peces en los estanques, es decir, seleccionarlos por tallas, implica un manejo excesivo con el consecuente estrés, sin embargo las mortalidades no resultan significativas al bajar la temperatura del agua del transportador con hielo (cuando las temperaturas del agua son superiores a los 25°C) y agregando sal (1 ppm). La importancia del tamizado radica en evitar que las poblaciones sean muy heterogéneas.

La siembra se realiza en un raceway que ha sido previamente limpiado y desinfectado con benzal de grado industrial a 10 ppm (técnica utilizada a partir del segundo año), los peces ahí depositados reciben un baño con permanganato de potasio (KMnO₄) a una concentración de 3.5 ppm y no reciben alimento sino hasta el día siguiente y dependiendo del porcentaje de mortalidad. En caso de

presentar algún síntoma de enfermedad o elevado porcentaje de mortalidad, la población se deja sin alimentar otro día; se aplica otro baño con KMnO_4 ahora a 5 ppm. Si se estima que la enfermedad es causada por bacterias, se mezcla antibiótico con el alimento por 5 o 10 días según el medicamento empleado y los síntomas observados.

En los primeros días la alimentación del nuevo lote en cultivo se hace manualmente y cerca de los alimentadores de demanda, para estimular o condicionar a los peces a mover la varilla que abre el diafragma del contenedor (Fig. 7) y deja salir el alimento.

Durante la engorda intensiva, se contabiliza diariamente el número de muertos, se calcula el porcentaje diario de mortalidad en cada raceway y con ello se evalúa la cantidad diaria de alimento a suministrar, medido en porcentaje de peso individual promedio dado en alimento.

Se realizan periódicamente muestreos aleatorios para evaluar la distribución de tallas en la población, el factor de conversión alimenticia (FCA) y el incremento en biomasa. Con estos datos se puede estimar la fecha de cosecha y la cantidad de toneladas a obtener de cada raceway (Anexo II).

Tomando en cuenta las limitantes en la densidad de siembra para la producción en raceways, tales como la cantidad de oxígeno disuelto (Woiwode y Adelman, 1989), el flujo o tasa de recambio (Tucker, 1985) y el deterioro en la calidad del agua, debido al aumento en la concentración de amonio (principal producto catabólico de los peces), los criterios para la siembra deben considerar el nivel en que se encuentra la sección a cultivar, es decir, una vez calculada la capacidad de carga máxima en las secciones con mejor calidad de agua (primera línea de piletas en el sistema UNO), se sembrará un número inferior de organismos en secciones subsecuentes. Woiwode y Adelman (1989) afirman

que los requerimientos de espacio de las especies tendrán un límite menor a la máxima capacidad de carga teórica.

Para estimar la densidad, el conteo de individuos se obtiene al dividir la biomasa (número total de kilos en cada sección) entre el peso promedio individual obtenido en los muestreos de peso para cada sección sembrada. Este tipo de conteos tiene la enorme desventaja de que en la medida en que la población presente tallas más heterogéneas se registrará un número muy impreciso de individuos, sin embargo para efectos prácticos y si no se cuenta con una máquina para contar peces, es el método más apropiado.

Objetivos

Objetivo general.

Determinar el manejo y control adecuados para optimizar y maximizar la producción anual de *Ictalurus punctatus*, en una granja intensiva, en un periodo de dos años.

Objetivos particulares.

- 1) Determinar la capacidad de carga del sistema de cultivo.
- 2) Incrementar la producción en carne de bagre *Ictalurus punctatus* en el segundo año de producción.
- 3) Optimizar los costos de producción e incrementar el margen costo-beneficio.
- 4) Controlar la mortalidad de los animales en cultivo.
- 5) Homogeneizar la distribución y frecuencia de tallas en los lotes de producción.

Método

El método descrito en este apartado, se refiere a los objetivos citados en la página anterior. Los materiales y método utilizados en el ciclo de producción 1992 – 1993 se describen de forma desarrollada en el Anexo I.

1) Con base en los registros semanales de los raceways en producción en el año 1, se hizo un análisis de la historia de cada pileta, en el que se consideró: fecha de siembra, fecha de cosecha, días en cultivo, número de peces inicial y final, peso promedio de los peces inicial y final. De esta forma, se observó cuales fueron las características de las secciones en cultivo con mejor desempeño, es decir, aquellas piletas en las que se alcanzó la talla comercial con el mayor número de peces, en el menor tiempo. Con el análisis de estos datos se determinó la talla óptima de siembra y el número total de peces por raceway.

Con la ayuda del programa de cómputo "Aquasyst" (Klontz, 1989), utilizando la rutina "Load" se hicieron proyecciones para estimar la capacidad de carga máxima en la primera línea del sistema uno y ajustando la capacidad de carga máxima en líneas subsecuentes, en función de la calidad del agua. Este programa está diseñado para engorda intensiva de trucha y salmón, por lo que se hicieron ajustes en el cálculo de capacidad de carga de acuerdo a los datos morfométricos del bagre y a las características físico-químicas del agua de la granja, los parámetros se ajustaron a los encontrados para la engorda del bagre en la granja de "Desarrollo Piscícola".

A principios del segundo año, cada pileta vacía fue sembrada con base en los cálculos de capacidad de carga.

2) Para incrementar la producción de carne de bagre en el segundo año de producción, se analizaron los registros semanales de cultivo del primer año

(Anexo II), se consideró el número de individuos sembrados y el tiempo transcurrido hasta la cosecha.

En los registros diarios se llevó un control de cada sección en cultivo, registrándose la mortalidad diaria en número de peces y biomasa (Kg), cantidad suministrada de alimento (Kg) y cosecha en número de individuos y biomasa (Kg). En los registros semanales se monitorearon los parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto, pH, temperatura, dureza, amonio durante el periodo de digestión de los organismos en cultivo (de 2 a 4 horas después de haber sido alimentados) y en condiciones previas a la alimentación. De esta forma se observó cómo variaba cada parámetro en presencia y ausencia de catabolitos.

Para los registros del oxígeno y la temperatura se utilizó un oxímetro marca YSI calibrado mensualmente. El amonio, la dureza y el pH se midieron utilizando métodos de colorimetría con un estuche de análisis Hach FF-I.

3) Para optimizar los costos de producción se estableció como meta una reducción en el tiempo de cultivo, para cosechar el mayor número de veces por año en cada espacio dedicado al cultivo (raceway). Al reducir el tiempo de cultivo se pretendió obtener una talla comercial en cada lote en un menor tiempo, de esta forma se optimizó el Factor de Conversión Alimenticia (FCA) y con ello se minimizó el desperdicio en alimento. El FCA se obtuvo dividiendo el volumen total de alimento suministrado por año, entre la biomasa total por año (Kg cosechas más Kg inventario) a diciembre de 1992 y 1993 respectivamente. Es importante aclarar que el método empleado en este trabajo para el cálculo del FCA contempló exclusivamente la etapa de engorda intensiva, es decir el periodo de engorda en raceways, y excluyó las etapas de alevinaje y pre-engorda.

4) Para el control de la mortalidad de los animales en cultivo para el segundo año, se diseñó en hoja de cálculo un control de medicación en tratamientos correctivos, en el que se controlaron la cantidad de antibiótico utilizado, duración del tratamiento, periodo de retiro y se evaluó la eficacia de los medicamentos utilizados en el lote respectivo observando cómo disminuyó la mortalidad en los días posteriores al inicio del tratamiento. (Anexo II).

Asimismo, se aplicaron tratamientos preventivos con una periodicidad mínima de una vez por semana con permanganato de potasio a 3.5 ppm, incrementando esta periodicidad hasta tres veces por semana, especialmente con cada cambio de estación y cuando se observaron lotes de peces con decoloraciones en la piel (escoriaciones o manchas blancas).

A diferencia del primer año, durante el segundo no hubo cosechas parciales, es decir, cada lote se cosechó totalmente. De esta forma después de cada cosecha se hizo una limpieza exhaustiva en cada pileta, con benzal de grado industrial a 10 ppm, eliminando algas y moho de las paredes, piso y rejillas con la ayuda de cepillos con cerdas metálicas.

A cada lote de organismos en traslado, ya sea de los estanques de pre-engorda o de una pileta a otra, se le aplicó un periodo de 24 horas sin alimentación (purga) y un baño de sal a 1 ppm en el contenedor en el que se realizó el traslado. Cuando la temperatura del agua fue superior a los 25 °C se agregó suficiente hielo al contenedor para bajar uno o dos grados centígrados la temperatura del agua. Cuando se hizo esto, antes de la siembra se bombeó agua al contenedor desde la pileta en donde se sembró el lote, para homologar temperaturas y evitar estrés por shock térmico (Anexo III).

En cada modalidad de medicación (correctiva y preventiva) se utilizaron sustancias permitidas por la Food and Drug Administration (FDA), ya que la producción de esta granja se destinó al mercado del sur de Texas, E.U.A.

Las sustancias y antibióticos permitidos por la FDA en 1992 y 1993 para utilizarse en animales destinados a consumo humano fueron:

Sal común (NaCl).

Permanganato de Potasio (KMnO₄)

Sulfato de Cobre (CuSO₄)

Formalina (formol al 37%)

Romet 30[®] (Ormetoprim + Sulfadimetoxina ó RO-5)

Terramicina[®] (Oxitetraciclina).

5) Se controlaron densidades de cultivo y se homologaron tallas desde los estanques de pre-engorda, mediante un tamiz para peces, cosechando de manera selectiva organismos con talla óptima de siembra estimada con base en el cálculo descrito en el inciso (1) de esta sección.

Cada semana se hicieron muestreos aleatorios, particularmente en piletas que no presentaron lotes de peces enfermos, de esta forma se estimó cómo se distribuyen las tallas del lote en cultivo. Los muestreos se hicieron utilizando el método sugerido por Klonts (1990), que consiste en sacar tres muestras de peces que se pesan y se cuentan, y dos muestras en las que además de contarse y pesarse, se mide la longitud total (LT) de los peces con un ictiómetro graduado en pulgadas (± 0.5). Con el registro de peso y conteo de individuos se obtuvo el peso promedio de cada muestra, el promedio de estas cinco muestras permitieron estimar el peso promedio de la población. Las muestras en las que se midió LT de los peces (tabla 1), permitió estimar la distribución de tallas del lote en cultivo. Cuando existió una distribución heterogénea se "despuntó", es

decir, se cosecharon los individuos más grandes y se trasladaron a otra pileta con individuos de talla similar a éstos.

Tabla 1. Forma para muestreo de distribución de tallas.

Talla (pulgadas)	Frecuencia
11.0	
10.5	
10.0	
9.5	
9.0	
8.5	
8.0	
7.5	
7.0	

Resultados y Discusión

Historia del Cultivo en raceways de 1992 a 1993.

El promedio semanal en la temperatura del agua, de los años 1992 y 1993 registraron las siguientes variaciones: una temperatura mínima de 17 durante enero de 1992, una máxima de 32 durante mayo del mismo año y un promedio de 25.2 °C para ambos años (Fig. 8).

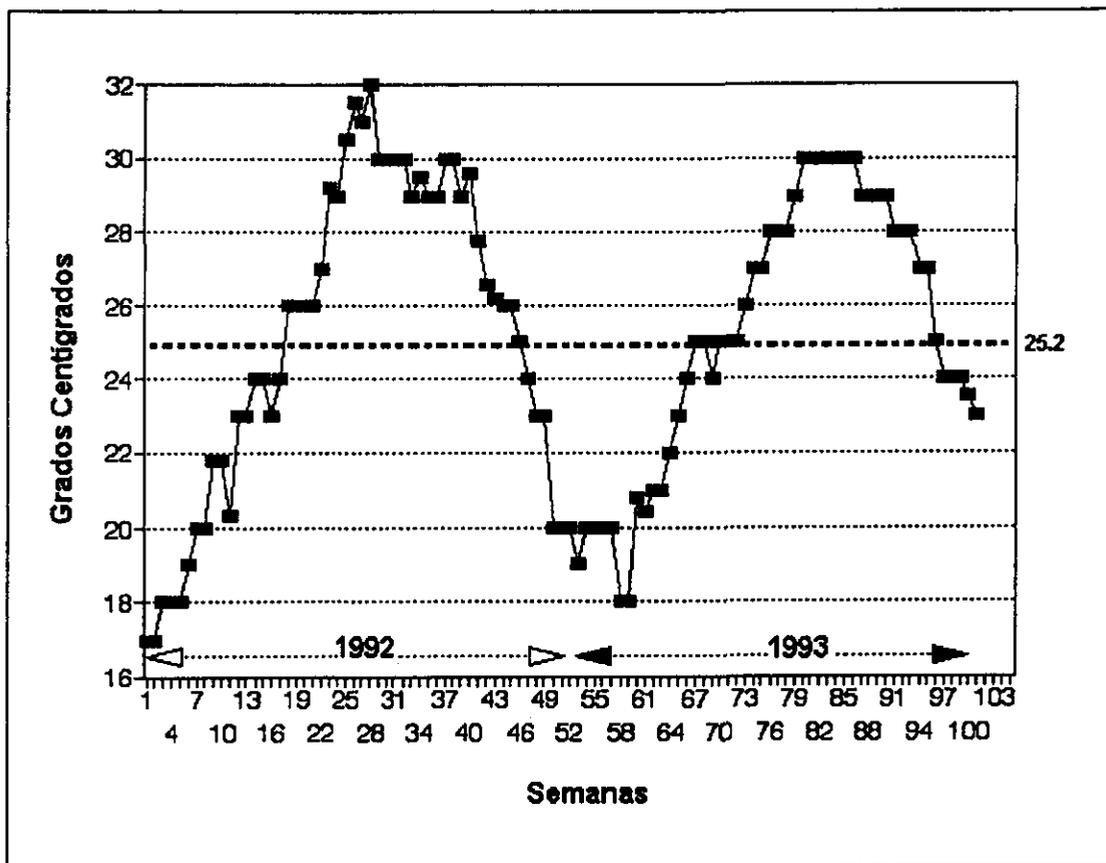


Fig. 8. Promedio semanal de temperaturas durante 1992 a 1993.

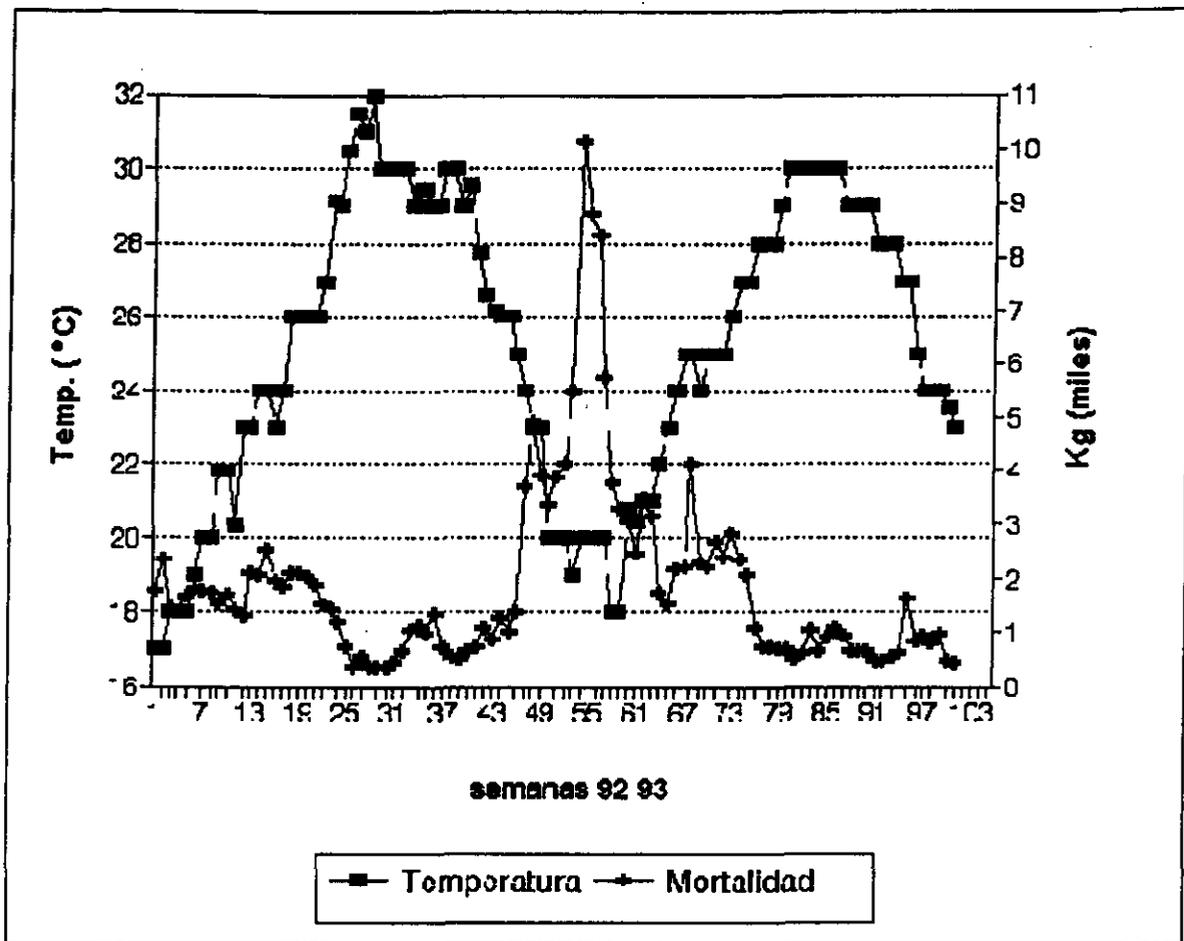


Fig. 9 Mortalidad y Temperatura años 92 y 93

La mortalidad, como se puede apreciar en la figura 9, tuvo una incidencia estacional de patógenos, aunque cabe aclarar que en 1992 las cifras llegaron a ser muy elevadas sobre todo hacia fines de julio, agosto y la primer semana de septiembre (Fig. 10), periodo en el que por más de seis semanas se tuvieron mortalidades de entre 7,000 y 19,000 individuos por semana. Lo anterior debido principalmente a que no hubo una planeación en las densidades de siembra al no tamizar los lotes de peces durante las cosechas en estanques, como ocurrió en el segundo año (donde hubo secciones hasta con 20,000 individuos, 500 por

m³), lo que hizo muy difícil evitar contagios y controlar enfermedades. Para 93 a pesar de haber iniciado el año con un episodio de bacterias (aeromonas y pseudomonas), y la dificultad de medicar a los peces mezclando antibióticos en alimento durante el invierno, por la falta de apetito originado por las bajas temperaturas y a la enfermedad en sí, se controló la mortalidad gracias a la óptima densidad con que fueron sembradas las secciones. Los porcentajes de mortalidad / ciclo en 1992 fueron de entre el 11 hasta el 20%, y en 1993 de 3.5 a 10.5% del total de cada lote en cultivo.

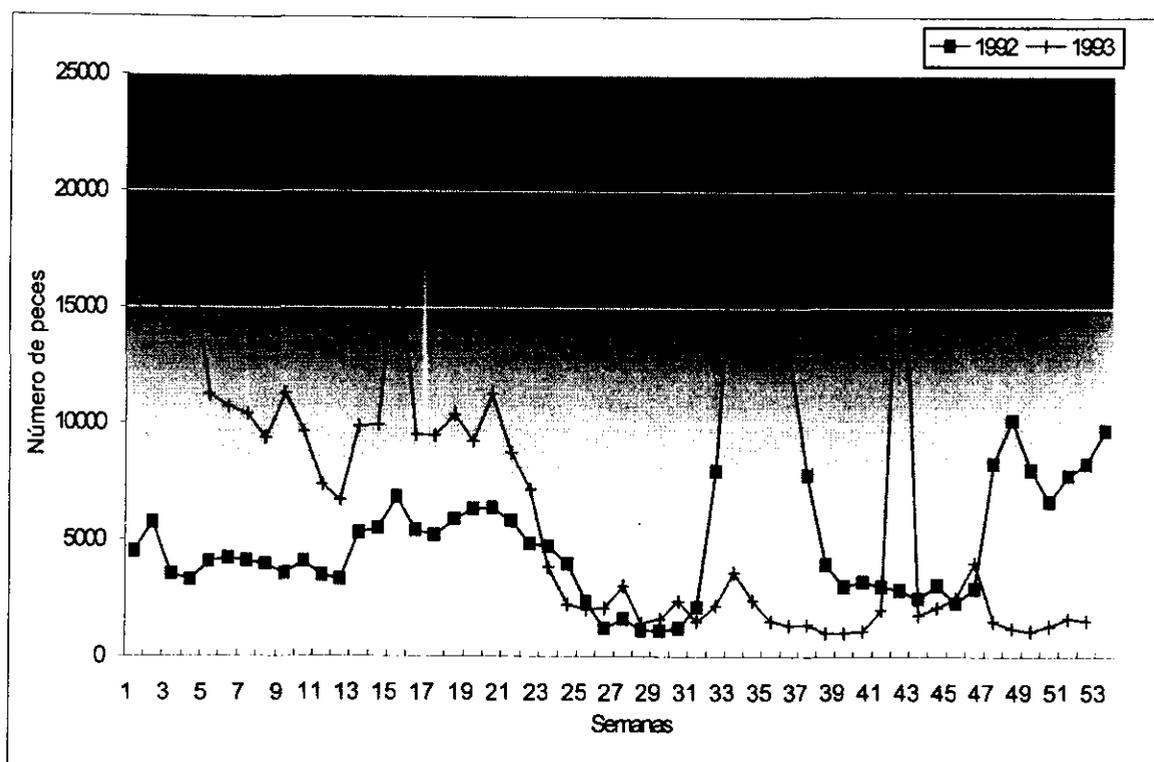


Fig. 10. Comparativo de Mortalidad semanal 1992 VS 1993.

En el primer año de producción, los tratamientos preventivos se limitaron al empleo de permanganato de potasio y sulfato de cobre, sustancias con acción parasiticida utilizadas para estimular la secreción de mucus en branquias y piel de los peces. Los tratamientos correctivos con Romet 30[®], se utilizaron

principalmente en julio y agosto del 92 durante un episodio de septicemia entérica (ESC) provocada por la bacteria *Edwardsiella ictaluri*. La Terramicina® se utilizó en episodios de aeromonas y pseudomonas durante los meses de febrero y marzo, y de octubre a diciembre del 92. Para el control en la aplicación de antibióticos, a partir del segundo año, se utilizó un registro de efectividad del tratamiento, en el que se anotaba la fecha, dosis del antibiótico utilizado y la mortalidad en número de peces desde 5 días antes de iniciar el tratamiento hasta 5 y 10 días después (Anexo II). Estos controles de medicación permitieron evaluar la efectividad de los medicamentos utilizados y en su caso realizar ajustes como el que se muestra en la figura 11 donde se ejemplifica la utilidad de estos registros. La sección No. 117 se medicó con Romet 30® (listón oscuro en la parte más anterior de la gráfica), a los cuatro días de medicación (día "D") se observó que el antibiótico en la fase final del tratamiento no estaba respondiendo de manera adecuada, por lo que al concluir la medicación (día "E") se suspendió la alimentación durante el día "F", para iniciar una nueva medicación el día "G" con Terramicina®. El seguimiento de la medicación de esta misma sección con Terramicina®, se muestra en la gráfica en el listón gris claro ubicado en la parte posterior.

En 1992, después de la época de alta productividad, a partir de la segunda semana de noviembre en donde la temperatura del agua en algunos días bajó hasta 6°C, se manifestaron episodios de costiasis (= ichtyobodiasis). La presencia de este parásito unicelular *Ichthyophthyrius multifilis*, además del descenso en la temperatura, estuvo influenciada por el ciclo agrícola tardío en la región, ya que en esta época, se abren las compuertas de la presa "Las Adjuntas" la cual alimenta el canal de riego en el distrito. El arrastre de agua a

través del canal deteriora la calidad de la misma, debido a que la fuerte corriente incrementa el porcentaje de partículas en suspensión. La disminución en la calidad del agua que entró al sistema de engorda intensiva (raceways), afectó de manera importante a los organismos en cultivo, siendo posible identificar como primer parásito invasor al ichtyobodo, mismo que fue controlado con baños periódicos alternados de permanganato de potasio y formalina a 5 y 2.5 ppm respectivamente.

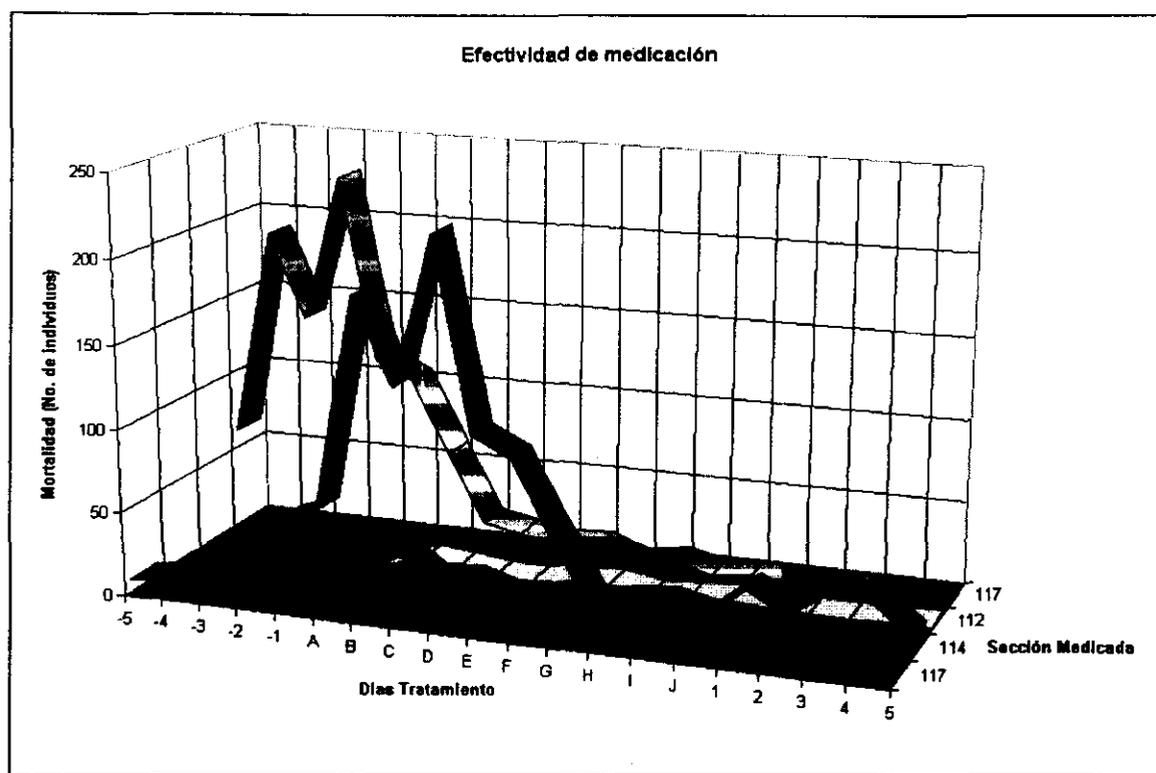


Fig. 11. Evaluación de la efectividad de los antibióticos.

Después de unas semanas de haber bajado drásticamente la temperatura y con ello la tasa de alimentación, fue común encontrar síntomas y mortalidades provocadas por el complejo bacteriano aeromonas - pseudomonas. La presencia de estas bacterias mermó de manera importante la capacidad de respuesta

inmunológica de los peces, por lo que fue común encontrar a partir de la tercer semana de enero cuadros muy complejos con hasta siete parásitos oportunistas, entre los que se pueden mencionar al hongo *Saprolegnia sp.*, organismos como *Trichodina sp.*, *Columnaria sp.*, *Oodinium sp.*, *Dactylogyrus sp.*, *Henneguya sp.*, y *Ligula sp.* Además se manifestaron deficiencias nutricionales en organismos que presentaron endoftalmia (ojos hendidos) condición conocida también como "mal de invierno".

Durante el mes de abril en mayor o menor grado, se tuvieron problemas con *Columnaria sp.* En 1993 el episodio durante los meses de invierno (enero a marzo) fue tan severo, que para abril los peces estando aún débiles por la falta de apetito provocada por la enfermedad y por la baja temperatura del agua, resintieron de manera importante la presencia de *Columnaria sp.*, presentándose mortalidades constantes durante un tiempo prolongado. A partir de mayo de este mismo año, habiendo sembrado lotes con control de tallas y densidades y aplicando periódicamente tratamientos preventivos con permanganato de potasio a bajas concentraciones (3.5 ppm), la mortalidad se logró controlar de manera importante, reduciendo de 2,000 a 300 individuos por semana, hasta la tercer semana de noviembre.

El registro constante de datos en 1992, permitió identificar un patrón estacional en la incidencia de patógenos en la zona. Lo que para 1993 se tradujo en un control óptimo del cultivo mediante la aplicación periódica de tratamientos preventivos.

En la Fig. 12 se observa como los periodos de mayor cosecha, se registraron en los meses de julio hasta mediados de noviembre, como se puede apreciar en los valles de la gráfica. El inventario en granja decreció, para posteriormente tener un período de baja productividad durante los meses de invierno, época después de la cual se recuperaba el inventario llegando a cifras superiores a las 350 toneladas de bagre en distintas tallas.

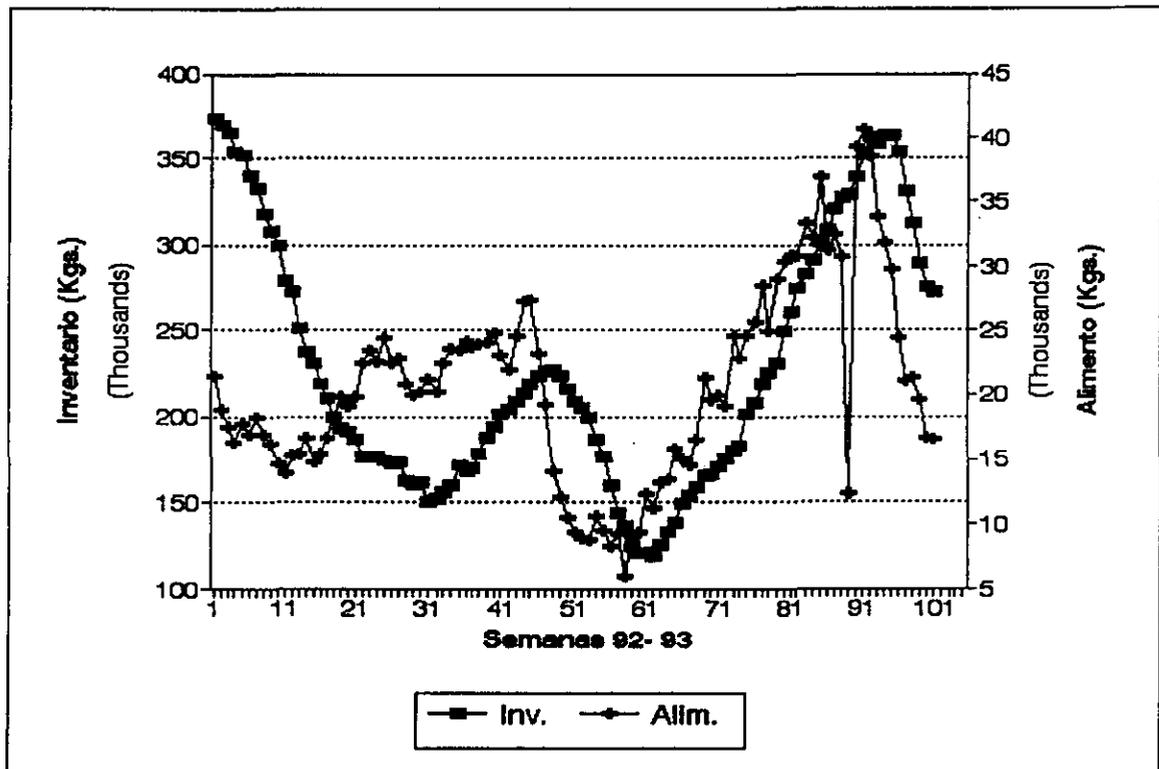


Fig. 12 Inventarios en la fase de engorda intensiva de *I punctatus* durante 1992 y 1993.

Comparativo del cultivo en raceways de 1992 y 1993

Con relación a la capacidad de carga del sistema, los criterios para siembra en el segundo año se hicieron de forma descendente (tabla 2) es decir, en la primer línea del sistema UNO la densidad fue de 11,500 a 12,000 individuos por sección (267.45 a 279 individuos/m³), en la segunda de 11,000 a 11,500, la tercera de 10,500 a 11,000 y la cuarta de 9,500 a 10,000.

Tabla 2. Relación de densidades de siembra según nivel en el sistema de Raceways.

Nivel de Línea	No. Máximo de Individuos (Inds/m ³)	No. Mínimo de individuos (Inds/m ³)
LINEA UNO SISTEMA 1	279.00	267.45
DOS SISTEMA 1	267.45	255.80
TRES SISTEMA 1	255.80	244.20
CUATRO SISTEMA 1	232.55	221.00
LINEA UNO SISTEMA 2	244.20	232.55
DOS SISTEMA 2	232.55	221.00
TRES SISTEMA 2	221.00	209.30
CUATRO SISTEMA 2	209.30	197.70

Los raceways UNO y DOS están separados por un sistema de canales desamonizadores cuya función principal es la depuración del agua. Estos canales son corredores de poca profundidad con obstáculos o piedras para propiciar la oxigenación y reducir la concentración de amonio, su longitud es de 250 m. Aún cuando se depuraba el agua con este sistema de canales, esta no tenía la misma calidad que la que entraba al sistema UNO, por tal motivo las densidades de siembra en el raceway DOS se ajustaban de 10,000 a 10,500 individuos para la línea uno y finalmente en la línea cuatro fueron de 8,500 a 9,000.

El análisis de la producción del primer año (1992) con énfasis en la etapa de engorda, permitió elaborar los puntos de control para el segundo, con lo que se obtuvo un incremento importante tanto en peso fresco cosechado, como en biomasa en producción al término de 1993 (tabla 3).

Tabla 3. Incremento en producción 1993 VS 1992.

Año/Concepto	Cosechado (Kg)	Inventario a Diciembre (Kg)
1992	320,588.2	199,760
1993	476,787.0	272,212
Incremento (1993 vs 1992)	48.72 %	36.26 %

En las primeras semanas de 1993 el inventario decreció por debajo de las 150 toneladas (que fue el nivel mínimo del año anterior) como consecuencia de las mortalidades registradas desde fines de noviembre de 1992. Aún así el volumen de cosechas se incrementó en 48.72% durante el segundo año y el inventario a diciembre por su parte se incrementó 36.26%, manteniéndose aún con cosechas constantes de hasta 30 toneladas a la semana, por arriba de las 200 toneladas desde el mes de mayo hasta diciembre de 1993 (Fig. 12).

La distribución de tallas en los lotes en que se realizó cosecha total a fines de 1992, mostró una coincidencia entre el porcentaje de tallas solicitadas por el mercado y la distribución de estas en la población. De esta forma se observó que el porcentaje de tallas requerido, quedaba casi totalmente representado cuando un lote con tallas homogéneas se cosechaba con un peso promedio entre 750 y 800 gramos. (Fig. 13), a partir de esto la producción prácticamente se diseñó para cubrir las necesidades del mercado.

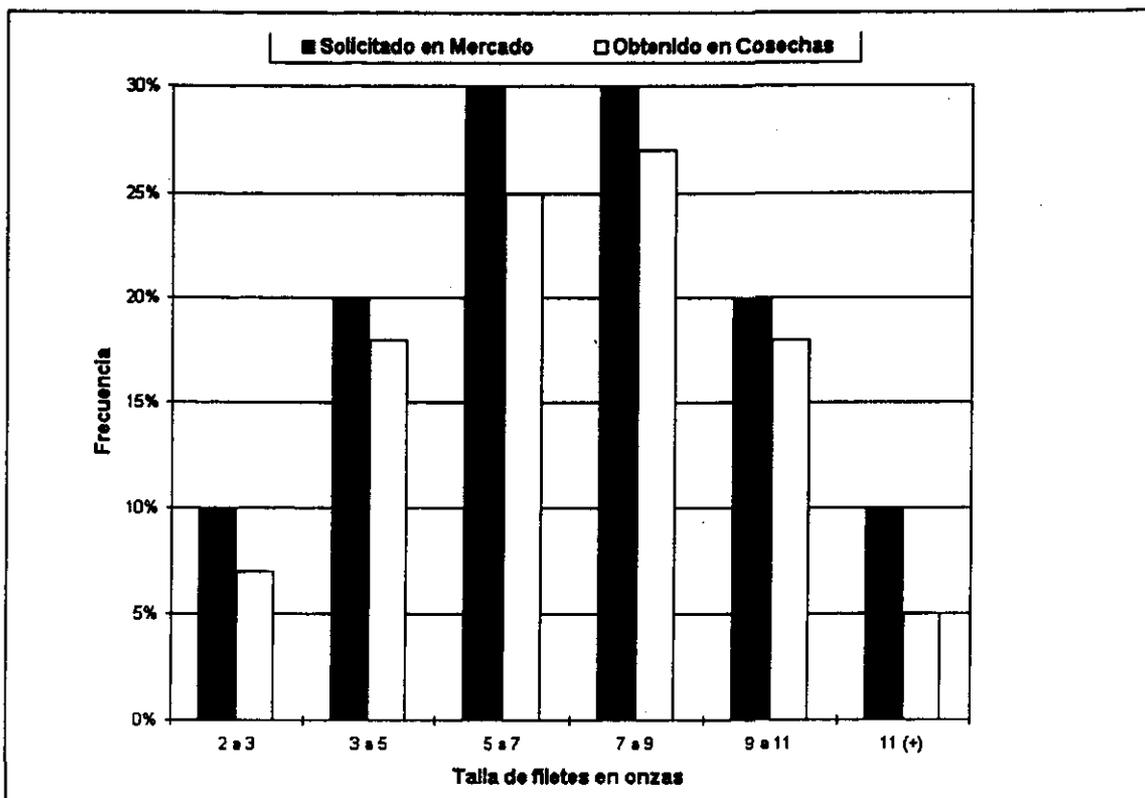


Fig. 13. Comparativo de tallas obtenidas en cosechas totales

(cuando peso promedio \approx 750 - 800 grs. VS frecuencia de tallas solicitadas en el mercado).

El FCA obtenido en la etapa de engorda intensiva durante 1992 fué de 1.97 y para 1993 se redujo a 1.51, es decir, mientras que en el año uno se requirieron 1.97 Kg de alimento para obtener un kilo de carne de pescado, para el segundo año solamente fueron necesarios 1.51 Kg de alimento para obtener igualmente 1 Kg de producto en la etapa de engorda intensiva en raceways. Se ahorraron durante 1993, 0.46 Kg de alimento por cada kilo de pescado producido, con respecto a 1992.

Una población heterogénea significa en términos de producción una pérdida debido a que se obtienen factores de conversión alimenticia (FCA) bajos³, el período de engorda se prolonga significativamente reduciendo el margen costo - beneficio. La manera como se solucionó esto fue mediante cosechas parciales o desdoblado varios raceways para homogeneizar tallas. Lo anterior puede parecer contradictorio pues al dar un manejo excesivo con el consecuente estrés se pudo incrementar la mortalidad, sin embargo, al tomarse las medidas adecuadas (purgar -dejar de alimentar por uno o dos días- antes de mover y aplicar baños con químicos como el $KMnO_4$ después del movimiento) no se registraron mortalidades elevadas ni se alteró el incremento en la biomasa de manera significativa, es decir que se aproximara o rebasara la capacidad de carga máxima del sistema. En cambio, se propició un crecimiento homogéneo con FCA's óptimos que redundaron en un beneficio inmediato; los tiempos de cultivo se redujeron y con ello los costos de producción.

³ Un FCA se considera bajo cuando se requiere una mayor cantidad de alimento por cada kg de ganancia en carne de pescado. Se considera alto cuando con una menor cantidad de alimento se obtiene una ganancia en biomasa mayor.

Conclusiones

Con base en el análisis de los puntos de control registrados durante el primer año, se logró un incremento en carne de *I. punctatus* para la producción en el segundo. Se observó en el análisis de los registros diarios y semanales y en los muestreos de lotes, que los tiempos de cultivo son mayores en función del número de peces sembrados y la heterogeneidad de tallas en cada lote.

La capacidad de carga del sistema de cultivo se determinó atendiendo a los controles diarios y semanales de calidad del agua. En los datos así obtenidos se observó cómo la concentración de oxígeno disminuía desde los niveles superiores hacia los inferiores del sistema, mientras que para la cantidad de sólidos suspendidos y niveles de amonio ocurre lo contrario. Asimismo, se observó cómo en secciones con mejor calidad del agua el tiempo de cultivo era menor que en aquellas secciones en las que la calidad del agua era inferior. Con estos antecedentes de cultivo se distribuyeron las cargas en función de la línea en la que se encontrara la sección a sembrar y se monitorearon tanto los parámetros fisicoquímicos como el desarrollo de cada lote, lo que se tradujo en un incremento importante en el volumen de producción de carne de pescado.

Las tallas se homogeneizaron en cada lote mediante siembras controladas, es decir, al cosechar organismos de los estanques de pre-engorda se utilizaron tamices para discriminar tallas inferiores a los 100 g sembrándose individuos con tallas de 100 a 120 g por lote. Asimismo en aquellos lotes de producción en los que después de una cosecha parcial quedaban organismos en tallas inferiores a la comercial, se juntaron dos o más lotes según lo permitiera la capacidad de carga de la sección en donde se realizó la "resiembra", de esta forma se logró

que la distribución y frecuencia de tallas en el lote en producción, se asemejara en gran medida a las tallas solicitadas por el mercado.

La mortalidad de los organismos en cultivo se controló mediante la aplicación sistemática, en el segundo año, de tratamientos preventivos y de tratamientos correctivos. El uso frecuente de los primeros permitió utilizar al mínimo los segundos.

Los costos de producción se optimizaron considerando las experiencias de cultivo en el primer año, en el cual se obtuvieron ciclos de producción muy dispares, dado que hubo lotes que en 6 meses alcanzaron la talla comercial, y otros que requirieron hasta 18 y 21 meses en producción. Esta condición afectó el margen costo beneficio porque independientemente del tiempo que tomó a un lote alcanzar la talla comercial, una vez alcanzada esta, el precio en el mercado que se paga por kilo de producto es básicamente el mismo. Por lo tanto existe un mayor margen de utilidad (costo - beneficio) en un lote que alcanza la talla comercial en menos meses de producción, que en aquellos que requieren más tiempo, *i.e.* el lote que alcanza la talla comercial en 6 meses, a diferencia de aquel que lo hace en 18, tiene un costo de producción menor ya que se invierte menos en rubros tales como alimento balanceado (con elevado costo), e incluso en salarios de los acuicultores.

En el segundo año de producción se redujeron los tiempos de cultivo, lográndose obtener ciclos con promedio de seis meses por cada lote en producción, siendo el mínimo de cinco meses en la época de verano y el máximo de siete meses en la época de invierno.

Esto se pudo lograr gracias a que se analizaron los datos de producción del primer año determinando las características de cada lote sembrado: número de individuos, talla promedio, mortalidad por ciclo y tiempo de cultivo. Se encontró

que se hicieron siembras con lotes cuya talla era muy heterogénea, es decir organismos de 80 g mezclados con organismos de 200 y mayores. En estos lotes era frecuente observar al momento de la cosecha una gran cantidad de organismos "enanos". Eran lotes que se tuvieron que "despuntar", cosechándose parcialmente, práctica que contribuyó a elevar la mortalidad relacionada con manipulación excesiva y al mismo tiempo no permitió vaciar y limpiar la sección del canal de corriente rápida en producción.

El conocimiento de los puntos de control y la forma como distintos factores afectan o benefician el crecimiento de peces en una granja, es fundamental para poder diseñar esquemas de producción no solo en función de los requerimientos de la especie cultivada, sino además en función de los requerimientos del mercado.

Contribuyeron de manera importante para la optimización de la producción: las siembras con tallas controladas, la determinación de la capacidad de carga en cada raceway, la manipulación mínima necesaria de organismos (con lo que se redujeron mortalidades causadas por manejo), la medicación oportuna (gracias al patrón de incidencia estacional de patógenos observado durante 1992) dando prioridad a tratamientos preventivos sobre tratamientos correctivos.

Controlados los puntos mencionados en el párrafo anterior, los beneficios se observaron de inmediato en el segundo año de producción. Se redujeron a seis meses en promedio los ciclos de engorda intensiva en cada raceway, las cosechas totales además de la reducción de estrés por manejo de la población, permitieron adecuar la producción a los requerimientos del mercado, al encontrarse una distribución de tallas muy similar a las solicitadas para venta cuando el lote en producción tenía un peso promedio entre 750 y 800 g.

Recomendaciones

La administración de una granja comercial de bagre, y de cualquier especie, es una actividad dinámica y requiere que todas las variables que afecten al cultivo (técnicas, biológicas y administrativas), sean registradas como datos históricos. Es muy común que los acuicultores no le den importancia a los registros, lo que trae consecuencias serias tales como no estar prevenido al presentarse una epizootia estacional, o al tener que calcular la compra de alimento, lo hagan de manera errónea.

El cultivo de organismos acuáticos es tan complejo que es necesario entender el sistema de producción perfectamente. Al cambiar una sola variable, el sistema como un todo también cambiará, por lo que, las condiciones de cultivo tendrán que ajustarse a la nueva dinámica del sistema; por ejemplo, durante los meses de primavera y otoño, la temperatura del agua en la zona de estudio cambia muy rápidamente, incrementando el estrés en los peces, si además se suma el bajo consumo de alimento y las actividades normales de cultivo (cosecha, selección, movimientos, etc.) es muy probable que se presente alguna epizootia, por tal motivo es muy importante tener un sistema de medicación preventiva puesto en operación.

La falta de entendimiento del sistema puede causar pérdidas importantes en la producción, o bien incrementar de manera importante los costos y con ello reducir el margen costo - beneficio.

Para ilustrar la manera en que interactúan tres variables, en la figura 14 se muestran los registros semanales de dos años para inventario, alimento y mortalidad. Claramente se observa cómo la mortalidad en las semanas 46 a 65 tiene un efecto inverso con respecto al consumo de alimento y al incremento en biomasa, es decir, en la medida en que la mortalidad se incrementa, las otras

dos variables bajan y viceversa. También se puede apreciar como por una falta de planeación en la compra de alimento hacia la semana 88, se presenta una merma en el incremento de biomasa (inventarios) hacia las semanas 90 y 91.

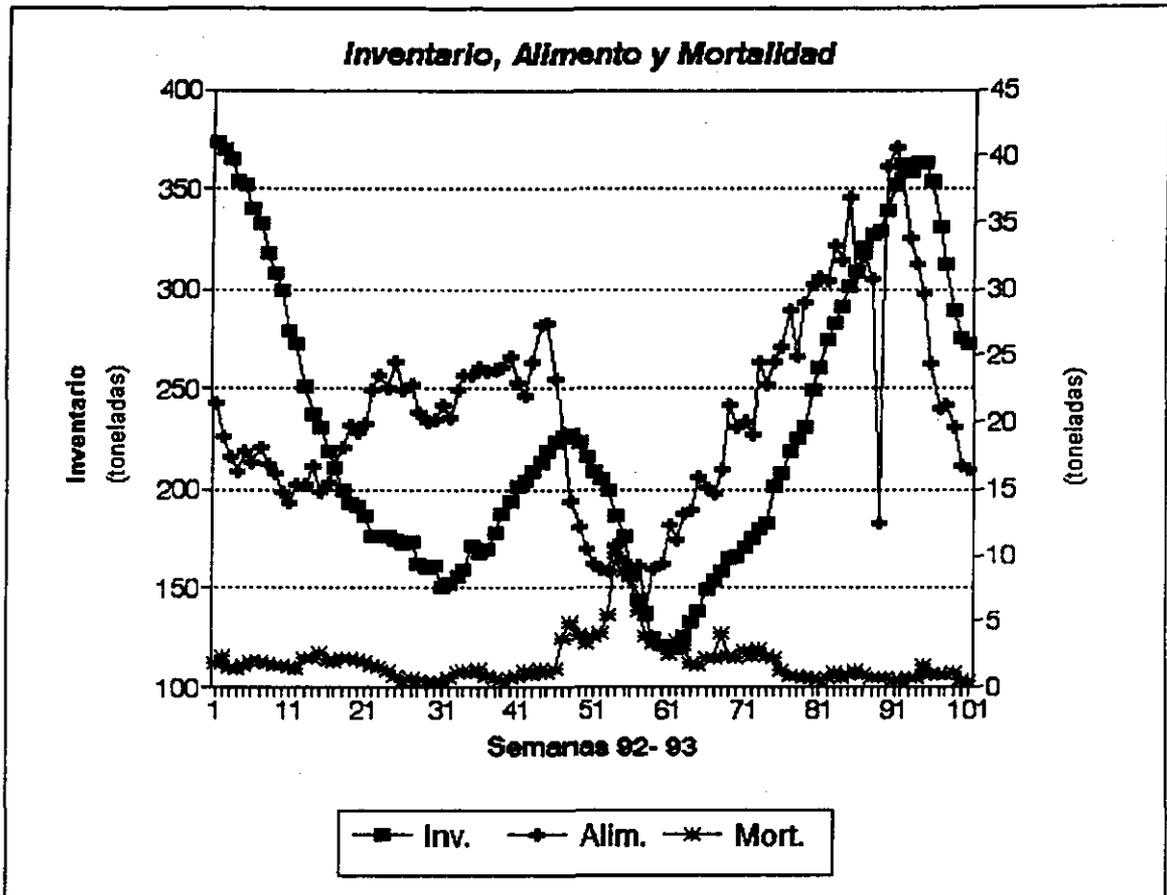


Fig. 14. Comparativo de tres variables durante dos años (registros semanales).

Es muy importante recabar los datos de producción diarios de manera sencilla, de tal forma, que se facilite su captura en sistemas de cómputo. El análisis de éstos puede ayudar a prevenir epizootias. Asimismo, con la ayuda de modelos (e.g. Iwama & Tautz, 1981 o Focht, 1983) el análisis constante de datos puede contribuir a predecir con un grado elevado de certeza, el incremento en biomasa de una población en cultivo, también a la proyección de ventas, o a la

compra de un volumen adecuado de alimento (si se compra en exceso se puede descomponer y si se compra menos de lo necesario no obtendríamos incrementos en biomasa óptimos), etc.

Comúnmente las granjas en México hasta 1993 no elaboraban planes de trabajo ni presupuestos confiables por la falta de datos. La acuicultura, y en particular la intensiva, es una actividad de alto riesgo que debe de tener proyecciones confiables a corto, mediano y largo plazos, estas proyecciones deben ser revisadas frecuentemente y ajustadas de acuerdo al desarrollo del cultivo, mercado, finanzas, etc. La mayoría de las granjas que tiene que cerrar sus operaciones no es por problemas técnicos en producción, sino por la falta de proyecciones confiables.

Muchas granjas piscícolas no tienen un plan de negocios, un presupuesto, estimaciones de crecimiento, análisis de mercado, etc. El desarrollo de una actividad artesanal hasta el de una agro-industria (como lo es una granja de cultivo intensivo de peces) dentro de una planeación sana debe involucrar todos los aspectos mencionados con anterioridad, por lo que es necesario que se tengan datos confiables y a tiempo. La toma de decisiones diaria también se basa en la evaluación de estos datos.

Es importante también que las personas involucradas en la operación de una granja acuícola conozcan las operaciones básicas. El personal técnico debe conocer y entender las operaciones administrativas y contables, así como el personal administrativo debe de conocer y entender las actividades técnicas. La comunicación es esencial para el buen funcionamiento, sobre todo en aquellas actividades que involucren a más de una disciplina.

En el presente trabajo se demuestra, cómo es posible adecuar esquemas de producción con organismos vivos a requerimientos de mercado. Sin embargo, la

acuicultura actual no debe limitar su desarrollo en función de las modas impuestas por el mercado, al contrario, debe ir más allá especialmente en un país con gran diversidad de especies como México, en el que aspectos de mercado y medio ambiente deben vincularse de manera más responsable. No es posible ni "sostenible" que en nuestro país las actividades productivas de acuicultura se centren en unas cuantas especies, la mayoría de ellas exóticas.

El desarrollo de la biotecnología del bagre tiene antecedentes que se remontan a poco más de 60 años. El reto sin duda para acuicultores mexicanos radica en "domesticar" especies nativas y al mismo tiempo abrir canales de comercialización para las mismas.

Los productores acuícolas en México estamos obligados a pensar en términos de riqueza local para ampliar la oferta en el mercado, en lugar de hacerlo en términos de mercado deteriorando nuestra riqueza local.

Bibliografía

- Aguilera, P. y E. Zarza. 1988. *El bagre y su cultivo*. FONDEPESCA. México. 46 pp.
- Baca, U. G. 1995. *Evaluación de proyectos*. Mc Graw Hill 339 pp.
- Bardach, J. E., J. H. Ryther y W. O. McLarney. 1972. *Aquaculture, the Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms*. Wiley Interscience.
- Beamish, F. W. H., and E. A. Tripple. 1990. *Heat Increment: a Static or Dynamic Dimension in Bioenergetic Models?*. Transaction of the American Fisheries Society. 119: 649-661.
- Bjørndal, T. 1990. *The Economics of Salmon Aquaculture*. Blackwell Scientific Publications. 118 pp.
- Bolger, T. and P.L. Connolly. 1989. *The Selection of Suitable Indices for the Measurement and Analysis of Fish Condition*. J. Fish Biol. 34:171-182.
- Boyd, Claude E., Margaret E. Tanner, Mahmoud Madkour y Kiyoshi Masuda. 1994. *Chemical Characteristics of Bottom Soils from Freshwaters and Brackishwaters Aquaculture Ponds*. Journal of the World Aquaculture Society. 4: 517-534.
- Cacho, O. J., U. Hatch and H. Kinnucan. 1990. *Bioeconomic Analysis of Fish Growth: Effects of Dietary Protein and Ration Size*. Aquaculture. 88:223-238.
- Ceballos, M. L. y Velázquez M. A. 1988. *Perfiles de la alimentación de peces y crustáceos en los centros y unidades de producción acuícola en México*.
- Del Barco, F. 1979. *Contenido calórico en organismos acuáticos*. Ministerio de la Industria pesquera, Centro de Investigaciones Pesqueras, La Habana, Cuba. Resúmenes de investigación (2): 255-260.
- Diana, James S., C. Kwei Lind y Kitjar Jaiyen. 1994. *Supplemental Feeding of Tilapia in Fertilized Ponds*. Journal of the World Aquaculture Society, 4:497-506.
- Dunham, R. A. 1999. *Utilization of Transgenic Fish in Developing Countries: Potential Benefits and Risks*. Journal of the World Aquaculture Society. 30(1):1-11.
- Dunham, R. A. and R. H Devlin. 1999. *Comparison of Traditional Breeding and Transgenesis in Farmed Fish with Implication for Growth Enhancement and Fitness*. Transgenic Animals in Agriculture. 209 – 229.

- Dupree, H. K. and J. V. Huner, (Editors). 1984. *Third Report to the Fish Farmers*. U. S. Fish and Wildlife Service, Washington D. C.
- Elliot, J. M., and W. Davison. 1975. *Equivalentents of Oxygen Consumption in Animal Energetics*. *Oecologia* 19: 195-201.
- Everhart, W. H., and W. D. Youngs 1981. *Principles of Fishery Science*. New York: Cornell University Press. 349 pp.
- Focht, R. L. 1983. *Trout Growth in Aquaculture Systems: Methods of Estimating Daily Percent Weight Gain*. M.S. Thesis. Dept. of Fish and Wildlife Resources, University of Idaho. 97 pp.
- Foth, H. D. 1987. *Fundamentos de la ciencia de los suelos*. Ed. CECSA. 3ª. Edición 433 pp.
- Gaffiot, Félix. 1934. *Dictionnaire Illustré Latin - Français*. Hachette. Paris.
- García-Badell J.J. 1985. *Tecnología de las explotaciones piscícolas*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.
- Goudie, C. A., B. A. Simco, K. B. Davis and N. C. Parker. 1992. *Reproductive Performance of Pigmented and Albino Female Channel Catfish Induced to Spawn with HCG or Ovaprim*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 23:138-145.
- Iwama, G. K., and A. F. Tautz. 1981. *A Simple Growth Model for Salmonids in Hatcheries*. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 649-656.
- Jiménez Guzmán, F. 1987. *Principales enfermedades del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)*. *Acuavisión*: pp 14-16.
- Jiménes Guzmán, F., L. Galaviz Silva, et al. 1988. *Parásitos y enfermedades del Bagre (*Ictalurus spp*)*. Secretaría de Pesca. Dirección General de Comunicación Social. Dirección de Publicaciones. 216 pp.
- Jones, R. 1981. *The Use of Legth Composition Data in Fish Stock Assessments (With Notes on VPA and Cohort Analysis)*. *FAO Fish Circ.*734: 55p.
- Jonsson, E., J. I. Johnsson and B. T. Björnsson. 1996. *Growth Hormone Increases Predation Exposure of Rainbow Trout*. *Proceedings of the Royal Society of London – Series B: Biological Sciences*. 263 (1370):647-651.
- Klekowski, R. Z. and A. Duncan. 1975. *Physiological Approach to Ecological Energetics*. pp 15-64. In: W. Grodzinski, R. Z. Klekowski and A. Duncan,

eds., *Methods for Ecological Energetics*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Klontz, G.W. and D.I. Klontz. 1989. *Aquasyst: a Computer Program for Commercial Salmonid Production*. S.H. Nelson and Sons, Murray, Utah. 78 pp.

Klontz, G. W. 1990a. *Concepts and methods of intensive aquaculture*. Department of Fish and Wildlife. University of Idaho, Idaho. 184 pp.

Klontz, G. W. 1990b. *Quantitative Methods for Intensive Aquaculture Technology*. University of Idaho Moscow, Idaho, U. S. 23 pp.

Li, M. and R. T. Lovell. 1992. *Effect of Dietary Protein Concentration on Nitrogenous Waste in Intensively Fed Catfish Ponds*. Journal of the World Aquaculture Society. 23:122-127.

Li, Meng H., Stephen A. Raverty y Edwin H. Robinson. 1994. *Effects of Dietary Mycotoxins Produced by the Mold Fusarium moniliforme on Channel Catfish Ictalurus punctatus*. Journal of the World Aquaculture Society. 4: 512-516.

Lucas, A. 1993. *Bionergetique des animaux aquatiques*. Masson, Paris. 179 pp.

Merino, E. 1986. *Evaluación del cultivo intensivo de trucha arco iris Salmo gairdneri (Richardson 1863) en jaulas flotantes utilizando una dieta alimenticia "extruzada"* Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias U.N.A.M.

Mialhe, E., E. Bachere, V. Boulo and J. P. Cadoret. 1995. *Strategy for Research and International Cooperation in Marine Invertebrate Pathology, Immunology and Genetics*. Aquaculture. 132(1-2):33-41.

Piedrahita R. H. 1991. *Simulation of Short-Term Management Actions to Prevent Oxigen Depletion Ponds*. Journal of the World Aquaculture Society. 22:157-166.

Pillay, T.V.R. 1974. *Planning of aquaculture development*. F.A.O.

Piper, R. G. 1970. *Know the Proper Carrying Capacities of Your Farm*. American Fishes and U. S. Trout News. 15:4-6.

Rahman, M. A. 1998. *Expression of a Novel Piscine Growth Hormone Gene Results in Growth Enhancement in Transgenic Tilapia Oreochromis niloticus*. Transgenic Research. 7(5):357 – 369.

Robinson, E. H. 1989. *Channel Catfish Nutrition*. Aquatic Sciences. 1: 365-388.

- Rodier, J. 1981. *Análisis de las aguas*. Omega, Barcelona. 815 pp.
- Rosas, C., C. Vanegas, I. Tabares and J. Ramírez. 1993. *Energy Balance of Callinectes rathbunae Contreras 1930 in Floating Cages in a Tropical Coastal Lagoon*. Journal of the World Aquaculture Society 53: 35-41.
- Schwedler, T. E. And W. R. English. 1991. *Cage Stocking Rate for Commercial Catfish Production*. Aquaculture Magazine 17:50-54.
- Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 1998. *Anuario estadístico de pesca 1997*. SEMARNAP. México. 241 pp.
- Shokita, S., K. Kakazu, A. Tomori and T. Toma. 1991. *Aquaculture in Tropical Areas*. Midori – Shobo. Tokyo, Japan. 360 pp.
- Stickney, R.R. 1985. *Channel Catfish en Culture of Non Salmonid Freshwater Fishes*. C.R:C: Press Inc. Florida. pp. 19-42.
- Stickney, R.R. 1985. *Tilapia en Culture of Non Salmonid Freshwater Fishes*. C.R:C: Press Inc. Florida. pp. 57-72.
- Tawara, Y. 1987. *Aquaculture Organisms of the World*. Kanawa International Fisheries Training Centre. Japan International Cooperation Agency.
- Toledo V. M. 1974. *Intercambio ecológico e intercambio económico en el proceso productivo primario*. Ed. Nueva Visión, Buenos Aires. pp. 115-147.
- Tomasso, J. R., B. A. Simco and K. B. Davis. 1979. *Inhibition of Ammonia and Nitrite Toxicity to Channel Catfish*. Proceedings of the Annual Conference of Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies. 33:600-605.
- Tucker C. S. 1985. *Channel Catfish Culture*. Elsevier. The Netherlands. 647 pp.
- Wellborn, Thomas. 1988. *Catfish Farmer's Handbook*. Cooperative Extension Service, Mississippi State University. 35pp.
- Whiton, Fredrick, W. 1982. *Acuacultura. Diseño y construcción de sistemas*. AGT Editor, México. 704pp.
- Woiwode, J. G. and Adelman I. R. 1989. *Influence of Density and Multipass Water use on Channel Catfish Performance in Ravceways*. The progressive Fish-Culturist. 51:183-188.

ANEXOS

Anexo I.

Ubicación geográfica de la granja “Desarrollo Piscícola” en el estado de Tamaulipas.

Anexo II.

Tablas de control para producción y medicación.

Tabla 5. Control de medicación y periodos de retiro.
MEDICACION 1993.

Tratamientos con Antibióticos.

SECC	INICIO	ANTIBIOT.	BIOM SECC (Kgs)	TRAT DIAS	DOSIS INIC (Grs)	DOSIS AJUSTE (Grs)	TERMINO TRATAM.	PERIODO RETIRO (Dias)	SE PUEDE COSECHAR
133	14-Abr	ROMET 50mg.	2,637	5	526		18-Abr	30	18-May
236	14-Abr	ROMET 50mg.	1,401	5	295		18-Abr	30	18-May
226	14-Abr	ROMET 50mg.	1,669	5	332		18-Abr	30	18-May
136	23-Abr	TERR.13g/Kal	3,061	10	600		02-May	21	23-May
237	23-Abr	ROMET 50mg.	3,825	5	650	640	27-Abr	5	02-May
227	23-Abr	ROMET 50mg.	2,364	5	460	455	27-Abr	30	27-May
122	28-Abr	ROMET 50mg.	2,749	5	549	529	02-May	30	01-Jun
137	28-Abr	ROMET 50mg.	2,346	5	469	459	02-May	30	01-Jun
214	28-Abr	ROMET 50mg.	311	6	60	80	03-May	5	08-May
113	14-May	TERR.13g/Kal	3,885	10	600		23-May	21	13-Jun
112	17-May	ROMET 50mg.	2,105	5	400		21-May	5	26-May
116	17-May	ROMET 50mg.	2,522	5	450		21-May	5	26-May
142	18-May	ROMET 50mg.	2,300	5	400		22-May	5	27-May
212	27-May	ROMET 50mg.	1,780	5	320		31-May	5	05-Jun
213	27-May	ROMET 50mg.	1,448	5	260		31-May	5	05-Jun
130	23-Jun	ROMET 50mg.	4,327	5	740		27-Jun	5	02-Jul
125	29-Jun	ROMET 50mg.	2,371	5	400		03-Jul	5	08-Jul
127	29-Jun	ROMET 50mg.	2,195	5	370		03-Jul	5	08-Jul
113	06-Jul	TERR.13g/Kal	1,243	12	215	585	17-Jul	21	07-Ago
120	06-Jul	TERR.13g/Kal	1,362	12	240	585	17-Jul	21	07-Ago
143	09-Jul	ROMET 50mg.	2,689	5	460		13-Jul	5	18-Jul
222	09-Jul	ROMET 50mg.	1,626	5	380		13-Jul	5	18-Jul
246	09-Jul	ROMET 50mg.	1,023	5	185		13-Jul	5	18-Jul
117	26-Jul	ROMET 50mg.	4,488	5	750		30-Jul	5	04-Ago
114	26-Jul	ROMET 50mg.	1,760	5	310		30-Jul	5	04-Ago
112	30-Jul	ROMET 50mg.	1,779	5	310		03-Ago	5	08-Ago
117	31-Jul	TERR.13g/Kal	4,913	10	600		09-Ago	21	30-Ago
121	03-Ago	TERR.13g/Kal	9,223	10	600		12-Ago	21	02-Sep
227	30-Sep	TERR.13g/Kal		10	600		09-Oct	21	30-Oct

Tabla 6. Control de efectividad de medicamentos.

PERFIL DE MORTALIDAD ANTES (5 DIAS), DURANTE (5 A 10) Y DESPUES (5 DIAS) DEL TRATAMIENTO																						
SECC	MORTALIDAD INDIVIDUOS / DIA:										Promedio pez/día	N° de Peces										
	-5	-4	-3	-2	-1	A	B	C	D	E			F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
133	7	24	40	20	81						27	35	16	13	21	16	10	12	20	14	36.45	729
236	30	42	77	50	150						57	30	41	28	26	21	9	12	20	23	52.60	1052
226	20	38	53	20	94						29	18	8	16	8	15	11	6	14	29	29.70	594
136	42	31	52	51	49											49	39	45	33	42	40.45	809
237	158	137	120	183	117						45	92	47	34	23	55	26	71	29	34	82.05	1641
227	136	145	160	239	120						18	30	50	10	13	40	16	20	28	40	69.00	1380
122	45	5	107	104	136						96	124	115	94	44	64	65	48	43	70	84.75	1695
137	25	20	30	39	26						39	23	16	28	15	27	51	27	8	15	27.70	554
214	Tilapia				118						4	0	0	4	0	0	3	2	2	0	18.24	310
113	27	53	23	56	44										41	16	27	23	12	12	43.55	871
112	Es-4	2	5	1	52						3	20	7	3	7	2	4	2	4	2	24.70	494
116	Es-4	0	5	5	45						2	6	11	5	5	3	2	5	3	4	26.55	531
142	23	30	9	17	73						28	74	27	51	41	43	28	22	11	20	39.70	794
212	27	40	17	45	50						30	13	14	3	18	6	3	6	3	3	21.05	421
213	17	15	23	18	40						20	22	10	6	24	13	4	9	10	3	18.65	373
130	8	12	7	48	30						46	45	16	36	31	12	12	1	11	9	29.45	589
125	5	2	5	15	13						11	15	9	4	9	4	8	3	3	6	11.65	233
127	4	7	5	8	23						21	9	18	15	10	8	8	7	1	3	12.40	248
113	ESTANQUE 2																				2.50	45
120	ESTANQUE 2																				1.94	35
143	ESTANQUE 22										4	4	6	2	0	2	2	2	9	1	9.31	149
222	ESTANQUE 2 Y 22	1									2	10	0	8	1	0	2	1	0	1	4.18	71
246	ESTANQUE 22										1	4	3	2	0	2	3	0	0	4	4.50	72
117	7	10	9	13	53						104	60	18	14	9	10	2	6	1		55.05	1046
114	E-4	2	0	7	11						2	6	11	13	8	27	14	31	28		12.74	242
112	ESTANQUE 4										3	4	0	1	3						2.09	23
117	61	189	138	227	115																68.14	954
121	37	12	17	23	38																	
227			12	12	14																	

Anexo III.

Materiales y métodos empleados en la producción intensiva.

En virtud de que el presente trabajo se centra en la producción de bagre a talla comercial en la etapa de engorda intensiva, a continuación se describirán los materiales y métodos para la producción en raceways, divididos en cuatro etapas: a) cosecha de juveniles; b) preparación de raceways para siembra; c) ciclo de engorda en raceways y d) cosecha para planta de proceso.

a) Cosecha de juveniles.

Materiales:

- Una red de 75 m de largo por 1.7 m de ancho, con luz de malla de 2.5 cm.
- Cubeta de 20 l con fondo perforado con broca de ¼ de pulgada.
- 1 atarraya (red) para muestreo de peces.
- 2 tractores agrícolas.
- 1 camioneta de 3.5 ton o pick - up.
- 2 transportadores de peces; uno de remolque y otro de plataforma.
- Combustible (Diesel y gasolina) y lubricantes para tractores y camioneta.
- 4 cilindros de oxígeno grado industrial (2 por transportador).
- 2 reguladores con anemómetro integrado para tanque de oxígeno y llave de tuercas con la medida del regulador (media pulgada).
- Mangueras para difusión de oxígeno, montadas en bastidores de fierro dentro de cada transportador.
- 1 motobomba de gasolina con 2 H.P. de capacidad y mangueras conectadas a la toma y salida de la misma.
- 1 bulto de sal de grano de 40 kg.
- 1 termómetro de mercurio graduado en grados centígrados con un rango de -10 a 100 °C.
- 10 estacas de fierro tubular de 1.75 m de altura con anclaje y soportes para red.

- Báscula de reloj con capacidad de 100 kg +/- 0.5 y soporte para la misma.
- 3 cajas de plástico grado sanitario de 40 kg de capacidad, con orificios en el fondo que permitan un rápido drenado de agua, y con cuerdas amarradas a sus asas.
- 1 tamiz para peces.
- 1 aireador mecánico de paletas.
- Canaletas de acero inoxidable para descarga de peces.
- Permanganato de Potasio (KMnO₄).
- Báscula granataria Ohaus de 600 g +/- 0.1 g.
- Bastidor de 1.5 X 2.0 m forrado con red con luz de malla de ½ pulgada.
- Benzal grado industrial.

Método:

Dos días antes de la cosecha se seleccionó el estanque de la siguiente manera: durante la alimentación se hicieron muestreos con la atarraya con lo que se determinó la talla promedio de los organismos en el estanque al pesar y contar el número de individuos por redeo con base en el siguiente cálculo:

$$W_{tot} / n = W_{prom}$$

Donde W_{tot} es igual al peso registrado en el muestreo; n es igual al número de peces en el muestreo y w_{prom} es igual al peso promedio.

Se seleccionaron aquellos estanques en los que el peso promedio obtenido en los muestreos fue superior a los 100 g.

Un día antes de la cosecha, se suspendió la alimentación en el estanque seleccionado. Se tendió la red de 75 m en la cabecera del estanque opuesta a la toma de agua, se acarrearón las estacas metálicas, el bastidor, tamiz para peces, y las cajas de plástico grado sanitario hacia la entrada de agua del estanque.

La tarde anterior a la cosecha del estanque, se inició el drenaje del mismo colocando la cubeta de 20 l con fondo perforado en el tubo de salida. De esta forma a la mañana siguiente el estanque tenía entre un 55 y un 70 % de agua.

Se verificó que tanto tractores como camioneta tuvieran niveles óptimos de combustible y lubricantes justo antes de iniciar la cosecha. Los transportadores de peces se llenaron con agua. Mientras se llenaban, se registró la temperatura del agua en el estanque con el termómetro de mercurio, cuando esta fue superior a los 25 °C se cargó el transportador con 40 kg de hielo. Se conectaron los reguladores a los cilindros de oxígeno montados en los transportadores, se verificó que el anemómetro del regulador marcara más de 500 lbs / cm³ (de preferencia 2,000 a 2,300). Se conectaron las mangueras de difusión al regulador y se abrió la llave del cilindro de oxígeno para verificar que las primeras no estuvieran tapadas, perforadas o con fugas en los puntos de unión. La llave de tuercas se llevó al sitio de la cosecha para cuando se requirió cambiar el regulador a un tanque de oxígeno lleno. Se agregó permanganato de potasio a 1 ppm en los transportadores.

La báscula de reloj y su soporte, junto con el transportador de remolque se trasladaron con un tractor hacia la entrada de agua del estanque. El segundo tractor colocó el aireador mecánico de paletas en la orilla del estanque opuesta a la entrada de agua. Ambos tractores se colocaron en la cabecera del estanque donde el día anterior se había colocado la red, se amarró la red a cada uno de ellos y se inició el arrastre colocándose dos acuicultores dentro del estanque, justo donde termina el talud, para apisonar los plomos de la red.

Los tractores rodearon el estanque a muy baja velocidad, al pasar la red el tubo de descarga, este se regresó a su posición original y se retiró la cubeta de 20 l, posteriormente los tractores se reunieron en la entrada de agua del estanque. Ahí, con la red se formó una bolsa encajando las estacas de fierro

tubular, apisonando los plomos con la parte inferior y sujetando los corchos de la red en la parte superior de las mismas. Se abrió la llave de entrada de agua del estanque. Uno de los tractores se dirigió al sitio donde se dejó el aireador mecánico de paletas, conectó el aparato a la fuente de poder del tractor, lo ubicó dentro del estanque y lo puso a trabajar forzando el motor a 1,500 - 2,000 rpm, así se mantuvo oxigenada el agua durante la cosecha.

Dos acuicultores iniciaron el redeo con el bastidor, los peces así capturados se vaciaron en el tamiz ubicado fuera de la bolsa hecha con la red grande. De esta forma los peces con tallas inferiores a los 100 g (no retenidos por el tamiz) quedaron libres en el estanque.

Los peces retenidos en el tamiz se depositaron en las cajas de plástico grado sanitario y se pesaron en la báscula (previamente tarada). Durante los primeros registros de peso se contó también el número de peces, determinándose el peso promedio de los organismos. Al colocar el primer lote de peces dentro del transportador, se abrió la llave del cilindro de oxígeno. Esta operación se repitió hasta tener una biomasa de 550 kg en el transportador de remolque y de 350 kg en el transportador de plataforma montado en la camioneta. Después de esto los peces se trasladaron al raceway donde se sembraron.

Para descargar los peces en el raceway, se colocó uno de los extremos de las canaletas de acero inoxidable en las compuertas de salida de cada transportador y el otro extremo en la sección donde se descargarían. Previo a la descarga se registraron con el termómetro de mercurio las temperaturas del agua tanto del transportador como la del raceway. Se encendió la motobomba para bombear agua desde el raceway hacia el transportador hasta homologar temperaturas. Hecho esto, se abrió la compuerta del transportador, lo que permitió a los peces "resbalar" por la canaleta hasta la sección donde se sembraron. Con la

motobomba aún encendida, se "barrió" con el chorro de agua el transportador y las canaletas, para hacer llegar a los últimos peces al raceway.

Esta operación se repitió hasta contabilizar el número deseado de peces para cada raceway, en función de la capacidad de carga del mismo. En los últimos lotes seleccionados del estanque, se verificó que los peces tuvieran mucus en la piel. Cuando los peces presentaron la piel áspera (ausencia de mucus) y no resbalosa, se diluyeron 40 kg de sal dentro de la bolsa formada por la red. Transcurridos 30 minutos, se quitaron las estacas y se recogió la red.

Todo el material que estuvo en contacto con los peces, a excepción de la red grande, se enjuagó en una solución de benzal grado industrial a 10 ppm. La red por su parte, se extendió y se puso a secar al sol. El material ya lavado y secado se guardó en la bodega.

b) Preparación de raceways para siembra.

Materiales:

- 1 a 3 raceways sin peces, de 43.2 m³ (8.0 x 4.5 x 1.2) m.
- 2 cubetas de 40 l con benzal grado industrial diluido a 10 ppm.
- 4 cepillos con cerdas de alambre.
- 2 escobas con cerdas de plástico.
- 2 espátulas de metal.
- Canaletas para descarga de peces
- Cloro (Cl).
- Permanganato de Potasio (KMnO₄)
- Benzal grado industrial
- 1 tablón de madera de 4 m de largo por 0.15 m de alto por 0.025 m de ancho.

Método:

Durante el primer año de producción aquella sección que estuviera vacía o parcialmente vacía, era sembrada nuevamente sin realizar acciones de limpieza en la misma. A partir del segundo año, posterior a su cosecha, cada raceway fue vaciado en su totalidad, lo que permitió limpiar y desinfectar antes de sembrar un nuevo lote de peces.

Para la limpieza de raceways, se removieron las tablas de nivelación ubicadas en el extremo posterior, cuando bajó el nivel del agua, se cepillaron los muros remojando constantemente los cepillos de alambre en la solución con benzal. Se limpió completamente desprendiendo algas y moho. De igual manera se cepilló el piso, que además se barrió con las escobas, las tablas de nivelación se limpiaron con espátulas. Las rejillas de contención ubicadas en el extremo posterior del raceway se cepillaron también con la solución de benzal para posteriormente ser retiradas y remojadas en una solución de cloro (uso doméstico) y se dejaron secando al sol en lo que concluyeron las labores de cepillado del raceway (1 a 2 hr). Los tubos y tolvas de drenaje fueron cepillados y barridos de igual forma que muros y piso. Antes de volver a colocar las rejillas de contención, estas se enjuagaron con agua corriente.

Concluidas las labores de limpieza, se colocaron en su sitio las rejillas de contención, los tubos de drenaje y las tablas de nivelación para llenar nuevamente el raceway.

Después de las labores de limpieza se aplicó un baño preventivo de KMnO_4 (3.5ppm) a la sección inmediata inferior. Este proceso se obvió cuando el raceway limpiado estaba ubicado en la última línea.

Para recibir los peces de los estanques, se ensamblaron las canaletas de acero inoxidable para descarga, en función de la ubicación del raceway, de tal

forma que quedara cubierta la distancia entre la sección y el punto en donde se ubicaron los transportadores de peces.

Como se describió en el inciso anterior, desde la cosecha de estanques se llevó un registro del peso promedio y el número de individuos. Estos registros permitieron (en particular durante el segundo año) hacer siembras controladas, en función de la capacidad de carga de cada raceway.

Cuando se obtuvo el número de individuos deseado en cada raceway, se aplicó un baño preventivo con KMnO_4 a 3.5 ppm y se dejaron sin alimentación durante 24 hr. Un día después de sembrados, se contó el número de organismos muertos y cuando este número fue superior al 0.5% del total de peces sembrados, se aplicó un segundo baño con KMnO_4 esta vez a 5 ppm y se capturaron organismos moribundos para necropsias. Cuando se presentaron estas situaciones, no se alimentó por segundo día consecutivo. En el siguiente inciso se describen los métodos utilizados para necropsias y medicación.

Cuando se registraron mortalidades inferiores al 0.5% del lote recientemente sembrado y después de 24 hr de haber sido trasladados desde los estanques, se depositaron un mínimo de 45 kg de alimento balanceado en el interior de los alimentadores de demanda. Se colocó el tablón de madera de 4 m de largo, dos metros después de la caída de agua de cada raceway para que rompiera olas, lo que permitió que el alimento balanceado fuera consumido por los peces, antes de ser arrastrado fuera de la pileta.

Se accionó de manera manual la varilla conectada al diafragma del alimentador y se esparció el alimento, de esta forma se condicionó a los peces de lotes recientemente sembrados, a mover la varilla para obtener alimento. Se alimentó a saciedad.

La alimentación manual junto a los alimentadores de demanda, se repitió hasta que los peces por sí solos movieron la varilla para obtener su alimento.

c) Ciclo de engorda en raceways

Materiales:

- 60 raceways de 43.2 m³ distribuidos de la siguiente manera: 32 en el sistema UNO y 28 en el sistema DOS (Fig. 8).
- Alimento balanceado extrudizado (flotante) de 1 cm de diámetro con 36% de proteína.
- 1 a 2 alimentadores de demanda por cada raceway de 80 kg de capacidad cada uno.
- 2 carretillas (1 para cada sistema de raceways).
- 2 rastrillos modificados para capturar organismos muertos.
- 1 red de cuchara.
- 1 estuche de análisis Hach FF-1.
- 1 Oxímetro marca YSI análogo, con termómetro integrado y compensador de altura (MSNM) y una precisión de +/- 0.1 ppm [O₂].
- Membranas para electrodo del oxímetro.
- Sustancias para calibración del electrodo de oxímetro (recomendadas en el manual del usuario del aparato).
- 1 tractor.
- 1 remolque para alimento.
- 2 tolvas para recibir alimento (1 en cada sistema de raceways).
- 8 silos de 10 ton de capacidad cada uno, para almacenar alimento balanceado.
- 6 Tambos de plástico de 60 l de capacidad (para acarreo de alimento, 3 por cada sistema de raceways).
- Diesel y lubricantes para tractor.
- 1 computadora mínimo 386, con hoja de cálculo para registro de datos.

- 1 impresora.
- Sulfato de cobre (CuSO_4).
- Permanganato de potasio (KMnO_4).
- Romet 30.
- Terramicina.
- Sal común (NaCl) en grano grueso (uso pecuario).
- 2 cubetas con difusor para medicación.
- Tablas para registro de datos (mortalidad, alimento e inventarios).
- Tablas para registro de medicación.
- Tablas para registro de muestreos de crecimiento y distribución de tallas.
- 1 báscula 0 - 100 kg y soporte de ángulo de fierro.
- 1 ictiómetro de madera graduado en pulgadas, precisión ± 0.5 .
- 1 pantalla con tubos de PVC en un marco de madera de (4.0 X 1.3)m.
- 1 báscula granataria.
- 1 microscopio óptico.
- 1 microscopio de disección.
- 1 estuche de disección.
- 2 charolas de disección.
- Portaobjetos y cubreobjetos.
- Cajas de petri.
- Mechero.
- Hielo.
- Papel aluminio.
- Manuales o claves para identificación de parásitos de peces.
- Recipiente de plástico de 100 l modificado para transportar peces.
- 2 tanques de oxígeno, regulador y mangueras de difusión.

Método:

Para facilitar la descripción de métodos utilizados en esta fase de producción, el presente inciso se subdivide en tres partes: c.1) rutina diaria y registro de datos; c.2) necropsias y c.3) medicación.

c.1) Rutina diaria

Incluye las tareas de retiro y conteo de organismos muertos en cada sección, alimentación y registro de consumo de alimento y las tareas de inspección visual para medicación preventiva de cada sistema de raceways.

Cada día (lunes a sábado), la rutina inició con el retiro y conteo de organismos muertos, utilizando para tal fin el rastrillo modificado y la carretilla. Se llevó una cuenta en cada sección, del número de organismos muertos y se anotaron estos registros en la tabla de control correspondiente. La tarea se ejecutó con dos acuicultores en cada sistema de raceways por espacio de 2 a 3 horas.

Posteriormente se conectó el remolque alimentador al tractor y se procedió a llenarlo en los silos donde se almacenó el alimento. El remolque lleno con alimento se trasladó a las tolvas de cada raceway, para una vez llenadas estas, iniciar el acarreo del alimento con los tambos de plástico de 60 l hacia cada uno de los alimentadores de demanda de cada sistema. Antes de rellenar cada alimentador de demanda con capacidad para almacenar 80 kg de alimento balanceado cada uno, se removió la tapa y se registró la cantidad de alimento consumido el día anterior, de esta forma, si el alimentador se encontraba vacío, en la hoja de control se anotaba un consumo de 80 kg. Una vez rellenado el alimentador, se abría el diafragma previamente cerrado la tarde del día anterior y se colocaba la tapa de este para evitar que el alimento se mojara en caso de lluvia. En secciones con lotes de peces recién sembrados, se dejó escapar

alimento junto a la varilla del diafragma, para estimular a los peces a activar el alimentador de demanda.

Después de que los peces se alimentaron, los acuicultores barrieron los sistemas de drenaje de cada raceway y levantaron los tubos par permitir la salida de sólidos suspendidos hacia el drenaje del sistema. De ser necesario, volvieron a recoger y registrar el número de organismos muertos por raceway.

Al concluir estas rutinas, es decir al final de la jornada, el acuicultor encargado en cada sistema de raceway, entregó la tabla de control al responsable de producción para la captura de datos en la computadora. Con la captura y el análisis de la información, el responsable de producción realizó una inspección visual en las secciones que presentaron elevada mortalidad y/o bajo consumo de alimento y cerró los diafragmas de los alimentadores de demanda y en caso necesario tomó muestras de peces moribundos para su posterior necropsia (inciso c.2), para tomar las siguientes decisiones como medidas preventivas:

- 1) Observar si los peces o algunos de ellos nadaban de manera errática, o si presentaban escoriaciones en la piel, ojos hendidos o saltones.
- 2) Iniciar un baño con KMnO_4 a 3.5 ppm utilizando las cubetas de difusión, para estimular la secreción de mucus en piel de los peces (principal sistema de defensa contra invasión de oportunistas).
- 3) 24 hr después de haber purgado (suspendido la alimentación) medicar el alimento con antibióticos, siempre y cuando un día después del baño con KMnO_4 el tratamiento descrito en el punto (2) no hubiera incidido de manera significativa en la mortalidad.

Durante la inspección visual y en función de las tallas de la sección, los inventarios y los pedidos de producto, programó la suspensión de alimentación para cosechar peces para la planta de proceso (inciso "d" de esta sección).

Para hacer los muestreos de crecimiento y distribución de tallas, periódicamente (3 a 4 veces por mes) se eligió al azar entre 1 y 3 de las 60 secciones, siguiendo el método propuesto por Klontz (1990b) para truchas, conocido como método 3 X 2, el cual consiste en hacer tres redeos registrando el peso de la muestra y contando el número de individuos y dos redeos en los que además de pesar y contar, los peces se miden con un ictiómetro.

Los datos obtenidos en estos muestreos, se registraron en un diagrama como el que se muestra en la tabla 1. Los datos de peso promedio obtenidos después del muestreo se compararon con los registros diarios, la distribución de tallas, permitió decidir (en particular durante el año 1) si se justificaba hacer una cosecha parcial, o bien desdoblar la sección para homologar tallas y permitir un crecimiento más adecuado del lote en producción.

Los muestreos de parámetros fisicoquímicos se hicieron semanalmente en el primer y último nivel de cada sistema de raceways. Con el estuche Hach FF1, por el método de colorimetría se analizaron los niveles de amonio, pH y dureza. Con el oxímetro YSI se midió el oxígeno disuelto. El electrodo del oxímetro se calibró 1 vez al mes, siguiendo las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

c.2) Necropsias.

Después de evaluar los tratamientos preventivos y seguirse registrando mortalidades importantes, antes de la aplicación de tratamientos correctivos, se realizaron las necropsias de organismos moribundos previamente colectados.

Los animales colectados, se sacrificaron con un golpe en el cráneo. Se hicieron frotis de piel arrastrando el portaobjetos en sentido antero – posterior (Jiménez Guzmán, et al. 1988). Con la ayuda de las tijeras del estuche de disección, previamente flameadas en el mechero, se hizo un corte en el opérculo para observar las branquias y se registró qué color tenían estas (rosa pálido,

rosa o rojo) o bien si presentaban nódulos blancos o si la disposición de las lamelas era desordenada ("despeinadas"), se removió completamente el opérculo branquial y se cortaron los arcos branquiales, posteriormente se disectaron las lamelas branquiales se observó si presentaban necrosis, y se hizo un "squash" en un portaobjetos. Se observaron ambas preparaciones al microscopio. Con la ayuda de claves para identificación de parásitos del bagre, se identificó la presencia de organismos nocivos, o bien se observó la abundancia de partículas inertes presentes en las lamelas.

Posteriormente, se abrió la cavidad abdominal haciendo una incisión con las tijeras flameadas en el ano del organismo y posteriormente con el bisturí (también flameado previamente) se hizo un corte desde el ano hacia la parte anterior del organismo, se observó si había fluido en la cavidad peritoneal. Después de este corte, los órganos internos se expusieron y se observó, si el hígado presentaba una coloración anormal (coloración amarillenta o enrojecimiento o nódulos blancos), intestinos (inflamados, o enrojecidos), nódulos blancos en bazo y riñón.

En virtud de que en la granja no se contaba con equipo de laboratorio para hacer cultivo de tejidos, las observaciones de la necropsia se anotaron en un reporte, que junto con una muestra de peces vivos de la misma sección de aquellos a los que se les practicó la necropsia, fueron enviados a un laboratorio especializado en la Cd. de Monterrey, N.L., solicitando un estudio parasitológico que en sus resultados incluyera un antibiograma.

Para garantizar que la muestra de peces llegara viva a la Ciudad de Monterrey, el lote de unos 10 a 15 individuos se trasladó en el contenedor de plástico de 100 l con agua a 15 o 16 grados centígrados y oxígeno.

Los resultados de los análisis, permitieron seleccionar cuando fue necesario, el antibiótico adecuado para iniciar el tratamiento correctivo.

c.3) Medicación.

Como tratamientos preventivos durante el segundo año se aplicaron baños a 3.5 ppm con KMnO_4 dos veces por semana y hasta tres cuando se registraron cambios importantes en la temperatura del agua (variaciones a partir de 2°C en una semana). En ocasiones fue necesario alternar estos baños con CuCO_4 a 2 ppm, en particular cuando los organismos presentaron puntos blancos en la piel (posible ictiobodiasis –*Ichthyophthirius sp*-). Previo a la aplicación del baño con el sulfato de cobre, se midió la alcalinidad, pues esta no debe ser inferior a 50 mg/l (CaCO_3) ya que el químico puede ser tóxico para los peces (Tucker, 1985). Se utilizó formalina 10 a 15 ppm cuando se identificó a *Dactylogyrus sp* en las lamelas de las branquias del pez y como baño alternado con permanganato y sulfato al no poder erradicar al ictiobodo.

Para los tratamientos correctivos, solamente se podía utilizar el Romet 30[®] y la Terramicina[®], en virtud de que los organismos eran destinados al mercado estadounidense y la FDA durante 1992 y 1993 no autorizaba el uso de otros antibióticos. Para evaluar la eficacia del uso de antibióticos, se registró la mortalidad cinco días antes de iniciar el tratamiento, durante el tratamiento (5 días para el Romet 30[®] y 10 para la Terramicina[®]) y 5 a 10 días después de concluido, en una hoja de cálculo (Anexo II, tablas 5 y 6). En las ocasiones en que la eficacia del tratamiento no fue la adecuada, se tuvo que concluir con este antes de iniciar el tratamiento con el otro antibiótico, de esta forma se procuró evitar que las cepas de bacterias se hicieran resistentes a uno u otro medicamento.

d) cosecha para planta de proceso

Materiales:

- 1 pantalla con tubos de PVC en un marco de madera de (4.0 X 1.3)m.

- 1 seleccionador de peces, canaleta de acero inoxidable de (1.8 x 0.4)m con base de fierro tubular de 1.0m de altura.
- 3 redes flotantes para seleccionar tallas.
- 3 cajas de plástico grado sanitario con fondo perforado, de 50 Kg de capacidad.
- 1 red de cuchara.
- 1 remolque para peces.
- 1 tractor.
- 40 Kg de hielo por cada viaje del transportador.
- Registro de mortalidad y crecimiento.
- Registro de medicación y periodo de retiro de antibióticos.
- Registro de muestreos de distribución de tallas.
- 1 báscula 0 –100 Kg y soporte.
- Diesel y lubricantes.

Métodos:

a) Durante el año 1.

Se seleccionaron los raceways a ser cultivados (en función del pedido que habría de surtirse) con base en el registro semanal de crecimiento, el registro de muestreos de distribución de tallas y mediante observación directa de los raceways, en los que se pudiera ver que los peces tuvieran talla comercial.

Seleccionados los raceways, se suspendió la alimentación 24 hr antes de la cosecha. Se trasladaron al lugar de la cosecha la canaleta de selección de tallas, las redes flotantes para selección de tallas, la báscula y soporte, las cajas de plástico, y el marco de madera con tubos de PVC. Se verificaron los niveles de lubricantes y diesel del tractor que habría de ser utilizado.

El día de la cosecha, se metió el marco de madera con tubos de PVC desde la parte más anterior del raceway, para juntar el lote de peces hacia la parte más posterior del mismo. En la medida en que se seleccionaron peces, el marco se recorrió hacia la parte más posterior del raceway, para facilitar la captura de peces.

Un acuicultor hizo redeos con la red de cuchara y depositó los peces así capturados en la canaleta de selección de tallas. Otros dos acuicultores seleccionaron tallas de peces de la siguiente forma; peces muy grandes a la red destinada a reproductores siempre y cuando no tuvieran parásitos aparentes o lesiones en la piel; peces grandes separados en la red para filetes talla 11 plus (más de once onzas por filete, peces de 1100 gr en adelante peso fresco); peces chicos a la red de peces para filetes talla 3.5 a 5 onzas (peces de 450 a 500 gr); los peces medianos más abundantes fueron depositados en la caja de plástico grado sanitario ubicada en la parte posterior de la canaleta de selección, mientras que los medianos menos abundantes fueron separados en la tercer red destinada para el propósito, de tal suerte que fueran seleccionados los peces para talla de filete 5 - 7 oz de aquellos talla 7 - 9 oz (peces de 550 a 700 gr y de 750 a 900 gr respectivamente). Los peces talla 9 - 11 oz (900 a 1100 gr) aunque pesados por separado, se enviaron a la planta junto con los de talla 7 - 9.

Cada vez que se llenó una caja de plástico grado sanitario, se registró el peso y se llevó la caja al transportador de peces. Antes de depositar a los peces en el transportador, se contó el número de peces (de manera aleatoria, es decir, no en todos los casos) para determinar el peso promedio y así verificar que se estuviera cumpliendo con el rango de tallas en cada traslado de peces a la planta de proceso. Cuando alguna de las redes de selección se llenó, se repitió la operación de pesado y conteo para determinar peso promedio sin mezclar

tallas en el transportador (excepto como ya se explicó, en 7-9; 9-11) en el que se trasladarían los peces a la planta de proceso.

Al surtir el pedido en planta, se dió por concluida la cosecha. En caso de sobrar peces en la sección cosechada, estos se dejaron ahí o bien en función de su peso promedio, se sembraron en otra sección con peces de igual tamaño. Por su parte, los peces de tallas mayores seleccionados durante la cosecha, se trasladaron al estanque de reproductores, donde se registró el peso y el sexo de cada individuo antes de liberarlos.

b) Durante el año 2.

Con base en el análisis de los registros de cosecha durante el año 1, se observó una coincidencia entre el peso promedio del lote en cultivo con la frecuencia de tallas solicitadas para filete, por lo que en el año 2 se hicieron cosechas totales, seleccionando raceways que tuvieran lotes de peces con un peso promedio igual o superior a los 750 g. De esta forma, al cosechar totalmente un lote en producción, se disminuyó el manejo excesivo en peces y se obtuvieron distribuciones de tallas con una frecuencia muy similar a las solicitadas para surtir los pedidos de planta (ver resultados). Asimismo se optimizó el tiempo y personal destinados a cosecha, ya que solamente se pesaban y contaban peces sin la necesidad de clasificarlos.