



187  
163

**DISEÑO Y SIMULACION DE UN CENTRO  
PRODUCTOR DE CRIAS DE TILAPIA:  
ANALISIS DEL PRECIO DE EQUILIBRIO**

**Facultad de Ciencias  
U.N.A.M.**

**Tesis que presenta para obtener el Título  
de Biólogo: Patricia Margarita Rojas Carrillo  
1981**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Ricardo Ferré D'Amaré las facilidades que me otorgó para la realización de esta tesis.

Al Dr. José Negrete Martínez a quien me permito expresar una vez más mi agradecimiento por sus siempre ricas y diversas enseñanzas. Una de las cosas más valiosas que he aprendido de usted, ha sido su actitud siempre abierta hacia los problemas, condición única para poder resolverlos. Como profesor, como asesor y en suma como persona tiene usted mi reconocimiento y afecto.

A la compañera y amiga Isabel Sierra le agradezco toda la disposición que tuvo para realizar las innumerables corridas de programa a pesar de las "caídas del sistema".

A: Sonia, Rosi, José R., Carlos M., les agradezco afectuosamente por todo lo que ustedes ya saben.

# I N D I C E

	Pág.
<b>INTRODUCCION</b>	1
El proceso de cultivo de Tilapia y las estrategias de control de polimorfismo	3
Prerequisitos para un estudio bioeconómico de un centro de producción de crías de Tilapia para fines de Acuicultura intensiva	11
Decisiones y Propósitos	12
<b>OBJETIVOS OPERACIONALES DEL ESTUDIO</b>	16
<b>METODOLOGIA</b>	18
Diagrama de actividades	18
Beneficios y Costos	18
Definición de Beneficios y Costos	18
Factores Determinantes de los Costos y Beneficios	21
I Unidad de Escalado	21
II Dinámica Biológica	22
III Tecnología de Cultivo	26
Matriz de Distribución y Mortalidad	28
<b>EL MODELO COMPLETO</b>	30
<b>DISEÑO DE INGENIERIA DEL CENTRO</b>	34
<b>OPERACION</b>	39

<b>RESOLUCION DEL FLUJO DE BENEFICIOS Y COSTOS</b>	<b>44</b>
Cálculo de los Beneficios Anuales	44
Cálculo de los Costos	45
Detalle de todos los costos	46
<b>RESULTADOS</b>	<b>50</b>
<b>DISCUSION</b>	<b>56</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>60</b>
<b>CUADROS</b>	
Cuadro I. Costo de Obra	62
Cuadro II. Costo de Equipo	66
Cuadro III. Costos de Sueldos	70
Cuadro IV. Costos Anuales de Cultivo	71
Cuadro V. Resumen Costos Totales	75
Cuadro VI. Matriz de Costos para actualización	76
<b>APENDICE</b>	
Cuadro Apéndice 1	
Estimación de Costos de Producción de Reproductores y de	
Costo/Reproductor	79
Cuadro Apéndice 2	
Costos de Obra para producción de Reproductores	83
Cuadro Apéndice 3	
Costos de Equipo para producción de Reproductores	87
<b>REFERENCIAS</b>	<b>89</b>

## INTRODUCCION

De las diferentes especies de peces que se cultivan actualmente en el mundo, para consumo humano, las de *Tilapia* presentan características biológicas que las hacen particularmente aptas para su cultivo ya que:

- a) Han probado ser extremadamente resistentes a bajas concentraciones de oxígeno disuelto (*T. nilotica* requiere de 14.8 cc./hr./100gr. de peso vivo; *T. galilea* requiere 34 cc./hr./100gr. de peso vivo, en comparación con la trucha que requiere 55.4 cc./hr./100gr. de peso vivo) Morales, 1974)
- b) Son resistentes a parásitos y enfermedades
- c) Utilizan como alimento un amplio rango de plantas y animales "naturales" del estanque
- d) Crecen rápidamente en aguas ricas en nutrientes
- e) Poseen grandes "capacidades reproductivas"
- f) Tienen un buen sabor y su carne es blanca
- g) Exhíben una alta eficiencia de conversión de alimento (1.8:1) (Morales, D., 1970)
- h) Mantienen alta tasa de sobrevivencia en condiciones adversas (Pagan, F. 1969)
- i) Aunque el número de huevos que producen las tilapias de incubación bucal (género *Sarotherodon*) es bajo, la sobrevivencia es alta (Huner, J., 1980) por el cuidado que éstas confieren a sus crías
- j) La tilapia puede desovar en estanques rústicos, de concreto, de metal, de plástico, y en acuarios. (Huner, J., op. cit.)
- k) Pueden crecer en agua dulce, aguas negras, aguas salobres y agua de mar, (Huner, J., op. cit.).

Es uno el problema principal que se presenta para su cultivo y para la obtención de buenas producciones de carne: a pesar de todas las ventajas mencionadas, paradójicamente, la de poseer grandes capacidades reproductivas ha ocasionado que sea un pez difícil de engordar "óptimamente".

La tilapia comienza a reproducirse entre los 3 y los 6 meses de edad y normalmente presenta de 3 a 8 reproducciones por año (Lovshin, et al., 1974). Dada esta precocidad para reproducirse llega a sobrepoblar rápidamente los estanques de engorda y con ello se manifiesta el fenómeno del

enanismo, (tallas por abajo de 10 y 12.5 cm.). Probablemente debido a competencia de espacio y alimento.

Aún cuando un estanque produzca buenos rendimientos en términos de biomasa, la producción (constituida por una población altamente heterogénea en talla: POLIMORFISMO) es de baja calidad comercial.

El concepto de polimorfismo como se expone aquí, es un concepto teórico importante generado en esta tesis.

Un fenómeno que contribuye a la heterogeneidad en talla, es también el dimorfismo sexual, los machos de tilapia normalmente alcanzan una talla de 2 a 3 veces mayor que las hembras (Huner, J., op cit.).

## **EL PROCESO DE CULTIVO DE TILAPIA Y LAS ESTRATEGIAS DE CONTROL DE POLIMORFISMO**

El cultivo de la Tilapia implica al menos dos etapas o procesos para llegar a la obtención de carne, mismas que ofrecen distintas oportunidades de control del polimorfismo.

- a) El proceso de obtención de crías
- b) El proceso de la engorda para la obtención de carne.

### **ESTRATEGIAS DE CONTROL DE POLIMORFISMO EN ETAPA DE CRIAS**

El proceso de obtención de crías parte de la existencia de un "lote" inicial de reproductores. Según las circunstancias los reproductores pueden tener diferentes "órigenes":

- 1) Pueden ser comprados en su totalidad
- 2) Pueden ser comprados (sólo una parte del "lote") con intención de reproducirlos y cultivarlos hasta obtener el número y talla de los reproductores requeridos
- 3) Pueden ser cultivados desde cría  $F_1$  hasta talla de reproductor
- 4) Pueden ser capturados de poblaciones naturales.

El primer caso se presenta cuando no están disponibles en el país, en poblaciones naturales o cultivadas. El segundo cuando no existe tal "disponibilidad" pero pudieran existir las posibilidades técnicas y la infraestructura para generar las reproducciones y el tercer y cuatro caso cuando existen en el país y se pueden adquirir.

### **CONTROL POR ESTERILIZACION DE CRIAS**

Otros países ya han probado métodos para la obtención de crías de cierta calidad con el objeto de controlar el polimorfismo de la Tilapia: Al Dahani, 1970 (citado por Lovshin, 1974) ensayó esterilizar crías de Tilapia usando agentes químicos, rayos X y rayos gama. Lovshin mismo, experimentando también con sustancias químicas, logró resultados promisorios para suprimir la reproducción, no obstante, se requieren mayores estudios para

ratificarlos así como para desarrollar métodos prácticos que permitan esterilizar grandes cantidades de crías.

### CONTROL POR INVERSIÓN DE SEXOS

Recientemente Sipe, (1980) ha desarrollado un método para la inversión de sexos por medios hormonales; la hormona se suministra durante 2 semanas, a crías recién nacidas que han terminado de consumir el saco vitelino. La administración se hace a través del alimento. Al parecer el tratamiento durante 2 semanas en las primeras etapas del crecimiento es suficiente para que la inversión sea irreversible. Carecemos de mayor información acerca de la hormona utilizada y de las dosis necesarias para repetir los resultados.

### CONTROL POR CULTIVO DE MACHOS HIBRIDOS

El método más promisorio para controlar el polimorfismo de tilapia parece ser el de cultivo de machos provenientes de la hibridación de especies seleccionadas.

Hickling, (1963) fue el primero en realizar la cruce que produjo una F<sub>1</sub> de 100% machos. Las especies involucradas fueron *T. mossambica* macho (de Zanzibar) y *T. mossambica* hembra (de Java). Desde entonces, la *T. mossambica* de Zanzibar ha sido reclasificada recibiendo el nombre de *T. hornorum zanzibarica*. (Lovshin, op. cit)

A partir de esta primera experiencia, se han realizado muchas más cruces, en diferentes países, con objeto de repetir los resultados reportados por Hickling:

---

Autor	País	E s p e c i e s ♂	x	E s p e c i e s ♀	Citada por:
Pruginin, 1968	Uganda	<i>T. hornorum</i>	x	<i>T. nilotica</i>	Lovshin, 1974
Cortés y Pagan 1978	Pto. Rico	<i>T. hornorum</i>	x	<i>T. nilotica</i>	
Pretto, 1979	Panamá	<i>T. hornorum</i>	x	<i>T. mossambica</i>	
Sipe, 1980	E.U.	<i>T. hornorum</i> <i>T. hornorum</i>	x	<i>T. mossambica</i> <i>T. nilotica</i>	
Fishelson, 1962	Israel	<i>T. aurea</i>	x	<i>T. nilotica</i>	Chervinsky, 1967

Pruginin, 1965	Kenia	<i>T. mossambica</i>	x	<i>T. nilotica</i>	Chervinsky, 1967
Rothbard y Pruginin, 1975	Israel	<i>T. aurea</i>	x	<i>T. nilotica</i>	
Fishelson, 1966	Israel	<i>T. aurea</i>	x	<i>T. nilotica</i>	
Lessent, 1968	Costa de Marfil	<i>T. macrochir</i>	x	<i>T. nilotica</i>	Lovahin, 1974
Nanne, 1979	Costa Rica	<i>T. macrochir</i>	x	<i>T. nilotica</i>	

La producción de descendencia unisexual (sólo machos) se atribuye a que tanto las hembras de *T. nilotica* y *T. mossambica* como los machos de *T. hornorum* son homogaméticos, y su cruce produce el fenómeno de la descendencia de sólo macho (Cortés y Pagan, op. cit.; Hickling, 1960 y Chen, 1969, según Avtalion y Hammerman, 1978). Para mayor profundidad en el tema se recomienda consultar las publicaciones de Avtalion y Hammerman.

Para los intereses de esta tesis, es suficiente saber que contando con líneas puras de *T. hornorum* o *T. aurea*, machos y *T. nilotica* o *T. mossambica*, hembras se puede repetir el fenómeno.

Fue afortunada la circunstancia de que la F<sub>1</sub> que se obtiene con la hibridación sea de un solo sexo, porque no solamente se puede prevenir la reproducción sino porque, tratándose de machos, la velocidad de crecimiento es uniformemente mayor que si los híbridos fueran hembras. Por otro lado, con este método se aprovecha todo el potencial reproductivo de la hembra progenitora, ya no hay que desechar a las crías hembras, como se hace en un cultivo monosexual intraespecífico.

## ESTRATEGIAS DE CONTROL DE POLIMORFISMO EN ETAPA DE ENGORDA

Aunque en esta tesis no se tratará el proceso de la engorda, las dificultades para el control del polimorfismo en esta etapa son claramente una sugestión de control en etapas anteriores.

El proceso de engorda se refiere al cultivo más eficiente que permita obtener producción de carne para el consumo humano.

Es en este proceso donde se practicaron los primeros esfuerzos para contro-

lar el polimorfismo de la Tilapia. Los diferentes métodos fueron los siguientes:

### CONTROL POR COSECHA DE CRIAS

Cosechas periódicas de crías para reducir la competencia y prevenir las reproducciones tempranas. El método puede ser efectivo manejando estanques pequeños; (Huner, op. cit.).

### CONTROL POR SEPARACION DE SEXOS

Con cultivo solo de machos (Shell, 1968). Este método tiene el inconveniente de que aún con personal entrenado en el sexado de las especies, se cometen errores produciéndose reproducciones no deseadas. Por otro lado, el trabajo de sexado en un cultivo a gran escala resultaría enorme y costoso y la probabilidad de error aumentaría.

### CONTROL POR DEPREDADOR DE CRIAS

Consiste en introducir en los estanques de engorda de Tilapia, un pez carnívoro, como la lobina, que al alimentarse de crías, controla la población. Se debe tener la precaución de introducir un depredador de tal talla que sólo se alimente de las crías; (Huner, op. cit.). Al parecer este método no logra los mejores resultados debido a que el depredador frecuentemente no es lo suficientemente eficiente. Cuando el depredador logra controlar los desoves de la Tilapia, se obtiene un gran porcentaje de tilapias que alcanzan la talla comercial, sin embargo, el total de la producción por área es reducido, (Meschkat, 1967; Sekamula y Makoro, 1967; Swingle, 1960) en Lovshin, (op. cit.).

### CONTROL POR ARRASTRE DE HUEVOS

Este método que no es más que un cultivo en cajas flotantes en estanques) fue probado con *T. aurea*, introduciendo en las cajas altas densidades de peces. La reproducción no llega a culminar por dos posibles razones:

- 1) Aún cuando el desove se presente, el comportamiento reproductivo se ha alterado de tal manera que la fertilización no ocurre y;
- 2) dado que *T. aurea* incuba los huevos en la cavidad bucal, en estas condiciones de cultivo, los huevos se pierden a través de la malla del fondo de la caja antes de llegar a la boca de la madre, con lo que se impide que la incubación se lleve a cabo. (Pagan, 1969).

Aunque este método parece efectivo en el control de la reproducción, persiste el problema de la diferencia de tallas entre machos y hembras.

## CONTROL POR ALTAS DENSIDADES

El cultivo a densidades específicas, altas, por unidad de área, (y de tallas uniformes) reduce o inhibe la reproducción de la Tilapia sin alterar, por otro lado, la velocidad de crecimiento de los individuos. (Pagan, 1975; Allison, 1976; Huner, op. cit.). También con este método persiste la diferenciación de tallas entre machos y hembras.

## EL CULTIVO DE LA TILAPIA EN MEXICO Y LA POLITICA EXTENSIONISTA

En México, la obtención de crías de tilapia, se realiza con reproductores cultivados y/o capturados, provenientes de las 3 especies que fueron introducidas en 1964 a la entonces Estación Piscícola de Temascal, Oax.: *Tilapia nilotica*, \* *Tilapia melanopleura* y *Tilapia mossambica* (Morales, 1974).

El proceso de obtención de crías se realiza desde entonces por medio de la reproducción intraespecífica de las especies mencionadas; la reproducción no es inducida y se realiza en estanques rústicos. El proceso comprende:

- a) El mantenimiento y reposición del lote de reproductores;
- b) la reproducción propiamente dicha;
- c) la colecta de crías recién nacidas;
- d) el crecimiento de crías hasta talla de siembra y, finalmente,
- e) la cosecha de crías: una parte destinada a la reposición de reproductores y otra (la mayor parte) a la siembra en embalses. (Velazco, 1979). Dado que la reproducción es intraespecífica, las crías se obtienen en la relación normal 50<sup>o</sup>/o machos: 50<sup>o</sup>/o hembras.

No es necesario señalar que el cultivo no implica control: de sexos; de tamaños y de edades de las crías (la talla de siembra fluctúa hasta en 5 cm. (Sasso, 1980). No existe un control de calidad del producto: la cría.

Como también se permite la reproducción intrerespecífica, en muchos casos se producen crías híbridas de las tres especies sin que se conozca cuales son las especies progenitoras.

- (Varios autores, entre ellos Arredondo, 1975 y Pruginin, 1978 -com. per.- han reportado la posible confusión en el lote original de *T. nilotica* procedente de Auburn, Alabama; parece ser que se trata en realidad de *Tilapia urea*).

Esto, desde el punto de vista de la producción, parecería un problema poco importante, ya que en última instancia lo que interesa es producir carne. Sin embargo, la recombinación genética al azar, entre diferentes especies no nos asegura que se seleccionen las mejores características que interesarían al engordador. Sólo mediante un programa de Mejoramiento Genético se podrían seleccionar características, como: mayor velocidad de crecimiento, mayor proporción de carne por individuo, mayor resistencia a enfermedades, menor cantidad de espinas (como se hace con las carpas, Moav, 1976), etc.

Es importante hacer notar que en nuestro país, por sus condiciones climáticas, las especies de Tilapia desovan de manera natural todo (o casi todo) el año, lo que podría ser una ventaja pero que no aprovechamos plenamente. En Israel, por ejemplo, en donde los cambios estacionales son muy marcados, las tilapias sólo desovan en primavera y verano, (Dadzie, 1970b) por lo que se han desarrollado métodos de desove inducido para todo el año: si se mantiene la temperatura constante, así como otros factores, el desove se puede realizar en acuarios; los huevos sustraídos de la boca de la madre son incubados artificialmente y con ello, la hembra entra en un nuevo ciclo reproductivo más tempranamente con lo que se consigue aumentar el número de desoves al año.

Es en las condiciones mencionadas cuando se ha obtenido hasta 11 desoves por hembra por año y el número de huevos se ha incrementado por un factor de 10 (Fishelson, 1966).

En nuestro país por el contrario poco se ha hecho por controlar el cultivo para la obtención de crías y por conocer más sobre su comportamiento biológico, sobre todo en lo que toca al desove, a excepción de las aquí multicitadas publicaciones de Morales.

Actualmente es el Gobierno Federal (a través de la Dirección General de Acuicultura) el único organismo productor de crías de tilapia.

En cuanto al proceso de engorda de la Tilapia en México, es poca la actividad que se realiza por cultivo intensivo o controlado. El grueso de la producción de crías de los Centros Acuícolas del Gobierno Federal, se siembra en grandes embalses como los vasos de las presas. En ellos una parte del crecimiento en talla y toda la engorda, o crecimiento en peso, se realizan por cuenta del ecosistema. Esto es lo que se conoce como Acuicultura Extensiva en México (en su acepción técnica).

La Acuicultura Extensiva tiene por objeto el promover pesquerías en beneficio de las comunidades ribereñas. Pero como dichas pesquerías son abiertas y no controladas, aunque en algunas regiones las producciones llegan a representar considerables cantidades en toneladas, (por ejemplo, en la presa

"Miguel Alemán" se obtuvieron en 1974, 3800 toneladas) los embalses se ven sobreexplotados por la gran presión de pesca, situación que a la postre provoca, en muchos casos, disminución de las capturas y a su vez conflictos sociales.

La explicación del porqué no se ha desarrollado la acuicultura intensiva como actividad productiva, no sólo de la tilapia, sino también de otras especies (que de la misma manera se destinan al extensionismo) es porque el Estado ha mantenido por mucho tiempo una estructura centralizada y paternalista, que no da posibilidades de autosuficiencia. La intención del Estado es, que a través del extensionismo, se obtengan producciones para el autoconsumo y con ello aliviar, ("de alguna manera") las deficiencias nutricionales de las poblaciones ribereñas. Es el Estado el que se encarga, a través de los Centros Acuícolas, de la obtención de las crías para las siembras, es el Ecosistema el que las engorda y son los ribereños los que pescan. Estos últimos no tienen ninguna participación en la generación de las producciones que pescan y ninguna posibilidad de generarlas por sí mismos: *no son acuicultores ni extensivos ni intensivos.*

El extensionismo ha sido tradicionalmente considerado como una actividad de Beneficio Social, sin embargo, por falta de planificación en los estudios y en las acciones, el objetivo primordial, que es proporcionar alimentos para autoconsumo, no se puede evaluar: un paternalismo particularmente irresponsable.

Dentro de la estructura del Estado, los proyectos de Beneficio Social deberían constituir proyectos de *inversión* redituables en tales términos y no proyectos de *subsidio permanente* de los que se desconoce su rentabilidad económica. Los proyectos de Beneficio Social, como proyectos de inversión, deberían a su vez estar respaldados por una política financiera adecuada que fomentara la generación de unidades productivas de acuicultores, por ejemplo a través del financiamiento con riesgos compartidos entre el Estado y los productores; el subsidio (sólo inicial) a la actividad de los productores en sus primeras etapas (en parte referido a la capacitación) que permitiera el "despegue" de los acuicultores.

El plantear los proyectos de Beneficio Social como proyectos de inversión, los sitúa en su verdadera naturaleza en tanto que todo beneficio social real generado, dada una inversión, será una ganancia para el país. Desde luego la postulación de la generación de unidades productivas de acuicultores juega un papel primordial en la concepción del proyecto de Beneficio social como proyecto de inversión ya que la evaluación del Beneficio social deseado se realizaría tanto en términos de rentabilidad económica de la unidad de producción acuícola misma, como en términos sociales de por ejemplo, mejora en el nivel de vida de los acuicultores. En contraste, bajo el esquema de extensionismo actual, la evaluación de los beneficios sociales que supuestamente generan las

siembras, no se puede realizar. Para ello sería necesario en primer lugar, evaluar ecológicamente las potencialidades de los embalses para después proponer la pesca que podrían soportar, sin afectar la dinámica propia del embalse y sin generar conflictos sociales. En segundo lugar, sería necesario identificar los elementos que permitieran evaluar efectivamente el beneficio social descrito, así como los costos involucrados para producirlo aboliendo la errónea concepción de que beneficio social significa "sin costos".

Es por estas razones que no se conoce a ciencia cierta, cuales son los beneficios que generan las siembras: el Gobierno Federal no es consciente de que costo beneficia y en que aspectos.

La adecuada caracterización del "proyecto de Beneficio Social" dentro de la estructura del Estado se plantea entonces como una labor de primera importancia para el desarrollo de la acuicultura en nuestro país.

## **PREREQUISITOS PARA UN ESTUDIO BIOECONOMICO DE UN CENTRO DE PRODUCCION DE CRIAS DE TILAPIA PARA FINES DE ACUACULTURA INTENSIVA**

Los requisitos para efectuar un estudio Bioeconómico de un Centro de Producción de crías de tilapia con fines de acuicultura intensiva son:

- 1) El centro forma parte de un módulo de producción constituido por otro centro más, de iguales características más un "centro de producción de reproductores"
- 2) Los reproductores producidos sean homogéneos en talla y edad
- 3) Cualquier reproductor en mantenimiento (para reposición) sea idéntico a cualquier reproductor (en reproducción) que muera
- 4) Los reproductores (en reproducción) se sustituyen en su totalidad cada 2 años
- 5) Los reproductores producidos sean capaces de generar crías de cierta calidad que resuelvan el problema de polimorfismo
- 6) Existe un usuario o engordador
- 7) La demanda que genera conlleva un costo que debe pagar el engordador
- 8) El engordador esté dispuesto a capacitarse técnicamente para la engorda de las crías y eventualmente puede estar interesado en la adquisición de reproductores
- 9) El mercado de Tilapia sea capaz de aceptar un mayor precio por mayor calidad, que asegure la existencia de estos engordadores
- 10) El engordador aquí propuesto se contemple como el actual "pescador de la acuicultura extensiva".

## DECISIONES Y PROPOSITOS

Como podrá observarse de los métodos, tanto de obtención de crías como de engorda ya descritos, el lograr una cierta calidad en las crías de tilapia asegura el éxito de la engorda por cultivo intensivo. El único método probado en diferentes condiciones por diferentes autores y con el que se obtiene una cierta calidad en las crías, es en el de *hibridación*. En este caso, el problema de la engorda se reduce a optimizar métodos de cultivo. De otra manera, el atacar el problema del polimorfismo de Tilapia a partir de la engorda sin considerar el proceso de obtención de crías y, sobre todo, de crías que sustenten cierta calidad, ha conducido al desarrollo de métodos valiosos pero que no resuelven del todo el problema. Por lo que toca a México, no se ha enfrentado nunca la problemática del cultivo de Tilapia en engorda, por las razones ya expuestas.

Por estas razones, para este trabajo, hemos escogido de todos los métodos de obtención de crías expuestos, el de *hibridación*.

Adicionalmente se ha probado que, los híbridos son resistentes a las aguas de baja calidad, a las enfermedades, y crecen bien nutriéndose de gran variedad de organismos o bien de desechos agrícolas y de fertilizantes orgánicos. (Lovshin op. cit) El único cuidado que hay que tener ya que los híbridos son fértiles, es el de separarlos de sus progenitores hembras antes de que maduren sexualmente. (Sipe, 1980)

El interés que esta tesis tiene, al considerar el método de la *hibridación*, no solo se centra en el ámbito biológico de las especies de Tilapia, sino también en el ámbito tecnológico y económico, pues se entiende "todo proyecto de acuicultura" como el resultado de la interdisciplina Biología-Tecnología-Economía (Pérez-Gómez, 1979) para incidir en última instancia, en el ámbito Social.

Desde el punto de vista Tecnológico, las experiencias mexicanas realizadas hasta el momento en materia de *hibridación* de Tilapia (véase González, 1974 y Morales y Delgadillo, 1976), no proveen de una tecnología ni siquiera en los términos de una propuesta que permitiera estimar (en términos económicos) su factibilidad: existe un vacío tecnológico para estos tipos de proyec-

## tos de hibridación.

Desde el punto de vista Económico, no existen estudios que consideren la armonía de los mencionados tres ámbitos de incidencia de la actividad acuacultural, pero lo más serio es que, tratándose de los centros productores de crías, no ha existido ni siquiera un intento para evaluar los costos de producción.

El presente trabajo pretende hacer una contribución, desde los tres ámbitos mencionados.

Respecto al ámbito Biotecnológico, el esquema de cultivo que se decidió, considera la compra de sólo una parte de los reproductores de líneas puras de *T. homorum* macho y *T. mossambica* hembra y su ulterior multiplicación por cruza intraespecíficas hasta obtener el número de reproductores iniciales necesarios para la hibridación.\* Esta decisión obedeció a que no se cuenta en México con *T. homorum* y con respecto a *T. mossambica* no existe la seguridad de que sean líneas puras. Por otro lado, comprar el lote completo de reproductores, resultaría muy costoso como se verá en adelante ya que actualmente un lote de 10 reproductores de línea pura tiene un precio de 5,000 U.S.\$ (Sipe, 1980).

La reproducción se pensó que debería cursar de una manera natural, ya que no se tiene experiencia en México en reproducción inducida ni en incubación artificial para estas especies.

Con respecto al ámbito económico se tomaron importantes decisiones.

Considerando que la Acuicultura en México ha sido siempre una actividad subsidiada, razón por la cual, al parecer, no se hacen las evaluaciones de costos de producción; considerando que la actividad que realizan los Centros Acuícolas no se evalúa ni en términos de su eficiencia tecnológica ni en términos de su eficiencia económica (aún como actividad subsidiada); considerando la inexistencia de una actividad acuacultural productiva y por lo tanto la de un mercado establecido con una demanda y un precio/cría, el presente trabajo pretende evaluar el precio de la cría en el equilibrio (PE) (sin ganancia), que no es más que el precio al que, dada una tasa de interés sin lucro y un horizonte económico hace que el Valor Presente de los beneficios que genera el cultivo, menos el de los costos sea igual a cero.

\* La decisión de usar *T. mossambica* para la criza obedeció a que ésta especie produce el mayor número de huevos con respecto a otras hembras. (Sipe, 1980).

Este precio debe considerarse también como una *medida de desempeño*: (véase Negrete, op. cit.) del proyecto. El PE representa entonces una forma de medir la eficiencia económica de este tipo de proyectos, al igual que la tasa interna de retorno puede serlo cuando existe un mercado y un precio de compra establecido en él.

El que se trabaje con el Valor Presente se debe a la necesidad de actualizar beneficios y costos, en virtud de que el valor del dinero cambia con el tiempo, (Tarquin y Blank, 1978).

Se consideró como la tasa de interés sin lucro aquella que ofrecen los bancos a los inversionistas. El PE estará referido entonces a esta tasa de interés y no a otra. Toda inversión que pretenda obtener beneficios de consideración como para efectuarla, debe esperar intereses mayores que los que ofrecen los bancos, de otra manera no tendría sentido invertir en otras empresas y se metería el dinero al banco (Tarquin y Blank, op. cit.).

Para obtener el PE se definen los Beneficios y Costos de acuerdo a Negrete, (1979) y se diseña un Flujo de Beneficios y Costos (Tarquin, op. cit.) que permite el obtener el precio de equilibrio.

Para conocer los beneficios que genera el cultivo, (véase pág. 20) se elabora un modelo de reproducción y un modelo de distribución y mortalidad para obtener cosechas de crías de tallas uniformes.

Para conocer los costos que genera el cultivo, se hace una estimación de los costos de reproductores y una evaluación de los costos de cultivo y de los costos definidos dentro de la "inversión canónica" de Negrete (op. cit.)

El modelo biológico elaborado permitió la realización de un diseño tecnológico del cultivo a partir del cual se realizaron las evaluaciones de beneficios y costos y finalmente la del PE.

Finalmente, el obtener el PE tiene como objetivo el promover que la actividad de engorda se realice de una maera no *subsidiada* fomentando la formación de unidades productivas de acuacultores, para las que el productocrías, representaría un *insumo* de la actividad.

Se propone entonces la transformación de pescadores y campesinos en acuacultores a los que además de vendérseles las crías "al costo", se les capacitaría y asesoraría. Su capacitación para crear unidades productivas, los haría independientes y por primera vez se intentaría su autosuficiencia efectiva (Rojas, 1978). Una política financiera adecuada, jugaría un papel primordial en esta transformación. Este es el sentido que debiera tener el extensionismo y no como

el que actualmente sustenta la estructura paternalista y centralizada del Estado, en la que pareciera que guardara para sí lo que debiera ser la médula del extensionismo: el conocimiento que permite la capacitación acuacultural. Ciertamente con una tecnología en sus inicios de desarrollo, empírica, pero nada despreciable.

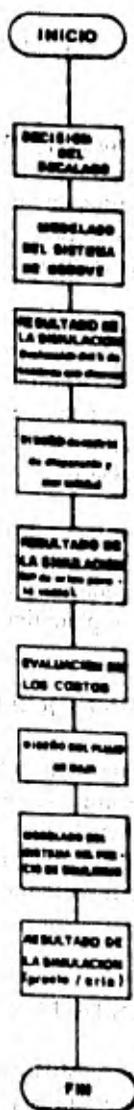
## OBJETIVOS OPERACIONALES DEL ESTUDIO

- 1.- Dada una tasa de interés preferencial, encontrar aquel precio de crías para el cual el Valor Presente de los Beneficios menos el de Costos se anula. En otras palabras, encontrar el precio "sin beneficio" o el Precio de Equilibrio (PE).
- 2.- Definir una tecnología para la reproducción y otra para el cultivo de crías  $F_1$  de Tilapia derivada de un modelo biológico.

El segundo constituye un subobjetivo que es necesario alcanzar para lograr el objetivo principal.

Aunque el orden de exposición de la tesis no es estrictamente el del curso del estudio, presentamos aquí, por considerarlo de valor pedagógico, el diagrama de bloques de la estrategia escogida en la elaboración de esta investigación: Fig. 1.

# FIG. 1. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL TRABAJO DE TESIS



## METODOLOGIA

### DIAGRAMA DE ACTIVIDADES

El primer punto que se abordó (previo al del modelado propiamente dicho) fue el de elaborar el diagrama de bloques de actividades que describiera, en términos generales, los eventos involucrados en los dos procesos de cultivo: el de la producción de reproductores y el de la producción de crías. Un diagrama de la producción de crías se puede ver en la Fig. 2.

En el apéndice de la tesis se detalla también el diagrama de bloques para la producción de reproductores que se utilizó sólo como base para hacer una *estimación* del costo de Reproductores (los resultados de la estimación están concentrados en los cuadros 1 a 3 del apéndice). El diagrama de bloques relativo al proceso de obtención de crías, se desarrolla más adelante, en detalle, en forma de un Diagrama de Gantt.

Es necesario hacer notar que la elaboración de este tipo de diagramas, en la etapa inicial de cualquier proyecto de cultivo, arroja mucha luz sobre los eventos que deben considerarse como relevantes, además de que proporciona una visión general y completa del mismo.

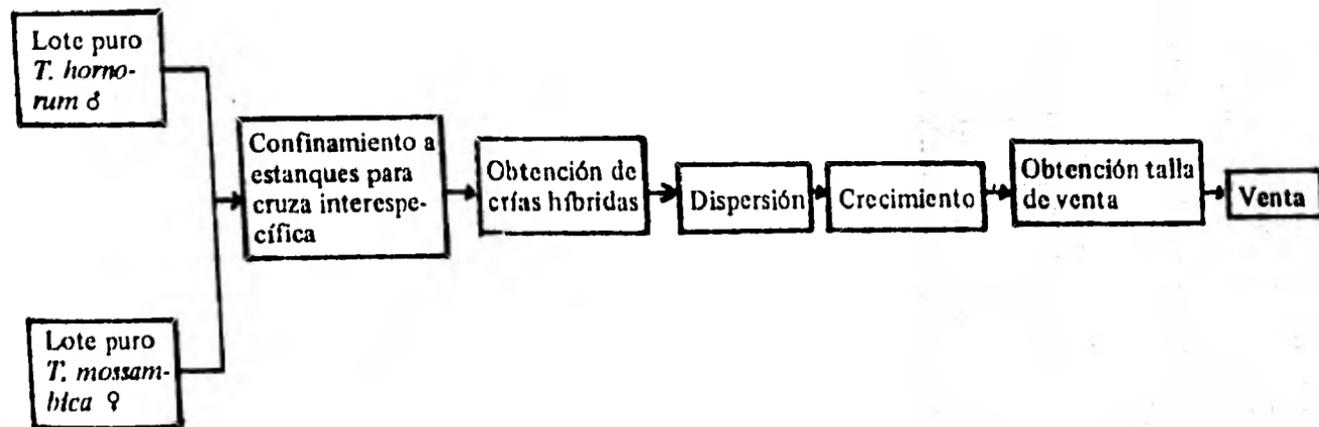
### BENEFICIOS Y COSTOS

El segundo punto que se abordó y, que de hecho integra toda la metodología empleada, fue el definir y resolver el Flujo de los Beneficios y los Costos del Cultivo. Un flujo de Beneficios y Costos es la explicitación de los ingresos o beneficios y de los costos ocurridos en el horizonte económico. Un diagrama de flujo de Caja es la representación gráfica de los flujos dibujados en una escala de tiempo.

### DEFINICION DE LOS COSTOS Y BENEFICIOS

- Son dos los tipos de costos que genera un cultivo (Negrete, op. cit.):
- 1) Los Costos Fijos representados por aquella inversión que se realiza, para nuestro estudio, en:

FIG. 2 DIAGRAMA DE BLOQUES DE PRODUCCION DE CRIAS



- 1.1) Terreno
- 1.2) Obra civil
- 1.3) Equipo
- 1.4) Sueldos del Personal
- 1.5) Producción de reproductores

A estos costos se les ha dado el nombre de Inversión Canónica. (Negrete, op. cit.)

- 2) El otro tipo de costos son los de Cultivo: son todos aquellos que se generan exclusivamente por el proceso de cultivo. Por ejemplo: costos de alimentación, de colecta, de mantenimiento de los estanques, etc.

Los beneficios más importantes están representados por el número de crías producidas por año multiplicado por el precio de la cría.

## FACTORES DETERMINANTES DE LOS COSTOS Y LOS BENEFICIOS

Los factores determinantes de los costos y beneficios del cultivo son:

- I.- Unidad de Escalado
- II.- Dinámica Biológica
- III.- Tecnología de Cultivo

### I.- UNIDAD DE ESCALADO

El escalado constituye un concepto de primera importancia ya que de él (como de la dinámica biológica) depende el diseño tecnológico del cultivo. No sólo es importante definir un escalado, sino también una unidad de escalado. Ambos caracterizan, de entrada, al proyecto.

Es común que todo proyecto de inversión defina su escalado, es decir su volumen o tamaño, en función de la meta de producción, cuando existe un conocimiento del mercado, aún así, entre la meta de producción y los medios tecnológicos para alcanzarla puede haber un vacío del que no se es siempre consciente. Nuestra concepción del problema nos obligó a tomar como unidad de escalado el número de reproductores y no el número de crías a producir: no existe un mercado para el producto-crías y no existe aún en nuestro país una tecnología para proyectos de hibridación.

El escoger como unidad de escalado el número de reproductores significa que si se desea cambiar el tamaño del proyecto, se debería cambiar el número inicial de reproductores. En esta tesis el escalado escogido es de 3200 reproductores (en proporción 39:28). Igualmente se pudo haber escogido otro número inicial de reproductores. La idea central sobre el escalado es que los valores en número de hembras que desoven, los valores en número de crías que se obtengan (beneficios) y los costos, estarán referidos a *un escalado dado*.

## II. DINAMICA BIOLOGICA

La dinámica biológica a la que se alude es la dinámica de desove de los reproductores junto con la dinámica de producción de huevos. La dinámica biológica del crecimiento de las crías será tratada a propósito de la tecnología de cultivo, por ser tan determinante de ésta, en nuestro diseño.

Para definir la dinámica biológica del desove nos formulamos las siguientes preguntas: ¿cómo se describe el comportamiento del desove en el tiempo? ¿de qué depende?

En primera instancia y de acuerdo con Rothbard y Pruginin, (1975) el desove de *Tilapia spp.* en óptimas condiciones depende de: temperatura adecuada (22°C), alimentación rica en proteínas, régimen de luminosidad de 12 a 14 hrs. y calidad del agua (sobre todo de la transparencia). De todos estos factores, parece que el de la temperatura es el más relevante ya que cuando ésta alcanza los 20°C, se observa que se inicia un comportamiento reproductivo y cuando alcanza los 22°C se presenta el desove. Esto significa que un cambio de 2°C en el nivel de 20°C altera fundamentalmente el comportamiento (Fishelson, 1966). Esto nos llevó a pensar que la temperatura en realidad interviene como un disparador del desove: una vez que la temperatura adecuada se presenta, el desove se desencadena cíclicamente. La magnitud del desove es función también de la temperatura. Ha sido difícil encontrar en la literatura información que explique más profunda y específicamente el fenómeno del desove. Esto es quizá "debido a la corta historia que tiene el cultivo de la Tilapia... así como a su uso frecuente en programas de emergencia, diseñados no para proporcionar datos sino para aminorar críticas-carencias en proteínas" (Bardach, 1972).

Otra interrogante que nos planteamos fue: ¿si la temperatura funciona como un disparador del desove, con qué probabilidad desovarán las hembras en el tiempo?. A falta de datos, postulamos una densidad probabilística exponencial de número de hembras que desovan en el tiempo (lo que implica un proceso Poissoniano).

Considerando que la temperatura efectivamente dispara el desove, se espera que la mayor cantidad de hembras desovarán al inicio, siguiendo la función de densidad:

$$p(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (1)$$

donde:

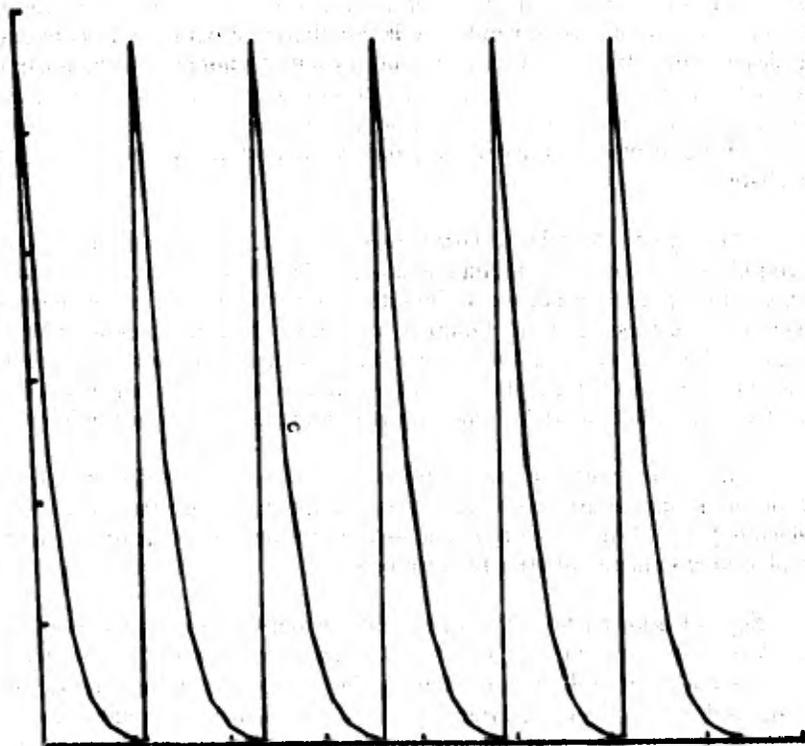
$p(t)$  se denominó "función de densidad de desove" y

$\lambda$  = inverso de la media

$t$  = tiempo

si la función una vez disparada por la temperatura se autodispara cíclicamente, los eventos se representarían de la siguiente manera: Fig. 3.

**Gráfica de la función de Densidad de desoves.**  
**fig. 3**



De acuerdo con Morales, (1974) en las Tilapias se presenta un intervalo de 30 a 60 días entre dos desoves sucesivos (tiempo de maduración). Si consideramos un intervalo de 60 días (nuestro caso); después de este tiempo debemos esperar un nuevo desove, el cual conservará el comportamiento ya descrito en períodos de 60 días, debido a que la secuencia con la que las hembras han desovado la primera vez, será la misma para todos los desoves subsecuentes. La frecuencia de desove que se genera dada la función empleada, es de 6 desoves/año, lo que es acorde con la bibliografía de los rangos de frecuencia para la Tilapia. En el modelo todas las hembras desovan una vez dentro de cada período de 60 días, a lo largo del año, hasta completar 360 días (6 períodos de desove/año).

Pasamos ahora a preguntarnos acerca de la dinámica biológica que se

refiere a la producción de huevecillos en cada período de desove.

¿De qué depende el número de huevos que produce cada hembra por período?

Según Dadzie, (1970b) el número de huevos producidos por individuo está determinado principalmente, por la duración de la "estación" reproductiva y ésta a su vez, parece depender de la condición climática y de la frecuencia de desoves durante la estación. El mismo autor sugiere que "una combinación de factores externos (principalmente la temperatura) y factores internos (principalmente condición fisiológica de las gónadas de los peces, que nosotros hemos llamado maduración) son los que regulan el desove en estas especies" de Tilapia.

Al respecto, Morales (1970) menciona que el número de huevos aumenta con el peso del individuo. Sin embargo, se desconoce a que peso se produce el máximo número de huevos y durante cuanto tiempo se producirán estos huevecillos. En este aspecto también se adolece de información en México, ya que si bien Morales, 1974 reporta datos de pesos vs número de huevos producidos, no cita en cuántos desoves ocurre esto; o bien por otro lado, se cita "frecuencia de desoves" sin mencionar el número de huevos por desove.

Tal vez una parte del problema se deba al uso del término "desove", el que en mi opinión se utiliza siempre para denominar las posturas totales de una población y no el desove por individuo (en frecuencia, duración y cuantía) lo cual es precisamente nuestro requerimiento.

Según Carlos Pacheco y los piscicultores del Centro Acuícola de Zaca-tepec, Mor.: una hembra de 1 kg. de peso tiene una postura de 1000 huevos por desove en la época de máximo desove; los meses de máximo desove son 4 (marzo, abril, mayo y junio); durante los siguientes 4 meses, 1 hembra de 1 kg. pone aproximadamente 500 huevos por desove; durante los 4 meses más fríos el 50% de las hembras pone 500 huevos por desove y el otro 50% no pone. Para efectos de cálculo, ésta última información fue estandarizada en el sentido de considerar que el 100% de las hembras desovan 250 huevos por desove.

Se recuerda la postulación de que cada desove ocurre cada 60 días (Morales, op. cit.).

Hasta donde se puede apreciar, de la información antes mencionada, el número de huevos parece depender, de la estación del año, lo que nos in-

duce a corroborar que el número de huevos depende de la temperatura, como ya antes se había citado.

Dado que nos interesa saber cual será el número de huevecillos a obtener por unidad de intervalo de tiempo (9 días) y esto depende tanto del número de huevos que se produzcan función de la temperatura y del número probable de hembras que desovan por intervalo, la función que describe la dinámica de producción del número de huevos durante un intervalo será:

$$d_t = \int_t^{t+\Delta t} N \cdot D_t \lambda e^{-\lambda t} dt \quad (2)$$

donde:

$d$  = Número de huevos en el intervalo " $t + 1/2 \Delta t$ "

$N$  = Número de hembras totales de la muestra

$D_t$  = Número de huevos función de  $t$

a saber:

$$D(0) \rightarrow D(120) = 1000 \text{ huevos}$$

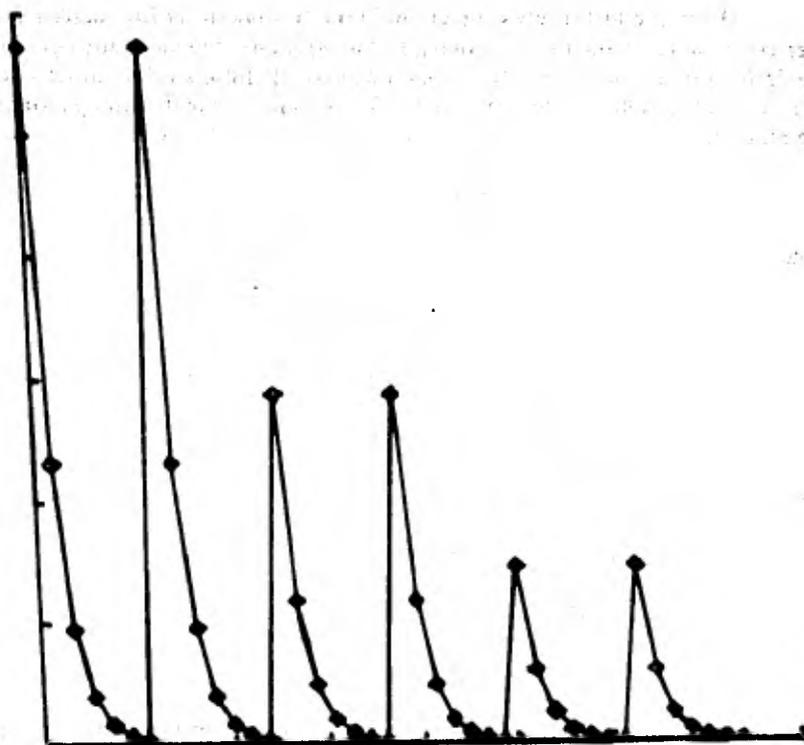
$$D(120) \rightarrow D(290) = 500 \text{ huevos}$$

$$D(240) \rightarrow D(360) = 250 \text{ huevos}$$

Subyace en la tabla anterior la idea de que en última instancia  $D_t = D_\theta$  donde  $\theta$  es la temperatura función del tiempo  $o$ , lo que es lo mismo, la temperatura climática.

La función (2) para intervalos iguales y sucesivos se representa gráficamente en la siguiente figura 4.

Gráfica de la dinámica de producción de huevos en 6 periodos sucesivos.  
fig. 4



De esta manera con los datos del escalado N (número de reproductores), la función de densidad ( $p(t)$ ) y el número de huevos, función del tiempo  $d_t$ , se determinó a través de un programa de computación, el número de huecillos producidos por día.

### III.- TECNOLOGIA DE CULTIVO

El presente punto se refiere al diseño de la tecnología de cultivo de las

crías durante su etapa de crecimiento: desde que se extraen de los tanques de reproducción, hasta que alcanzan la talla de 5-6 cm. o talla de venta.

Puesto que las crías en sus primeras etapas de crecimiento son caníbales, se decidió seguir la recomendación de Pretto, R., (1979), de manejar estanques con tallas lo más uniforme posibles. Esto adicionalmente contribuye a obtener tallas uniformes para la venta: un índice de buena calidad del producto.

Aún cuando Pretto recomienda que a partir del día en que se empieza a tener crías en los estanques de reproducción, la operación de la colecta se debe realizar cada 3-4 días incluso la primera colecta, nuestra decisión es el hacerlo cada nueve para manipular lo menos posible a los reproductores. Esto nos obliga a alimentar a saciedad las crías en su estancia con los reproductores ya que después se distribuyen, como se verá más adelante, en estanques por rangos de tallas.

De esta manera el número de crías a colectar cada 9 días será:

$$\begin{aligned}
 d_t &= N D_t \int_t^{t+9} \lambda \cdot e^{-\lambda t} dt \\
 &= N D_t \lambda \int_t^{t+9} e^{-\lambda t} dt \\
 &= N D_t \frac{\lambda}{\lambda} \left[ -e^{-\lambda t} \right]_t^{t+9} \\
 &= N D_t \left[ -e^{-\lambda t} \right]_t^{t+9} \\
 &= N D_t (e^{-\lambda(t+9)} + e^{-\lambda(t)}) \\
 d_t &= N D_t (e^{-\lambda(t)} - e^{-\lambda(t+9)}) \tag{3}
 \end{aligned}$$

Cada ciclo de dos meses se calcula como si el remanente de los ciclos anteriores fuera cero.

Al no contar con información\* de los rangos de tallas que alcanzan las crías durante sus primeras etapas de crecimiento, (0 a 2 meses) que permitiría conocer el proceso de dispersión real de tallas en el tiempo, se decidió escoger, arbitrariamente, una distribución simétrica de tres clases que se va dispersando en el tiempo según una matriz de distribución.

## MATRIZ DE DISTRIBUCION Y MORTALIDAD

Debido a que cada nueve días obtenemos una población  $T_i$  de crías a partir de los estanques de reproducción, la cual es redistribuida según su talla en estanques seriados, se creó una matriz de distribución la que funciona con porcentajes de distribución asignados por ahora a base de datos subjetivos.

En la matriz está implícita la función de crecimiento de las crías, (la cual se consideró lineal por tratarse de las primeras etapas de crecimiento y por ser el intervalo de este fenómeno, relativamente pequeño). Se creó una serie de estanques de crecimiento denominados con números del 0 al 6. Cada estanque, dentro del programa representa un "rango" de talla en el tiempo, al cual se alcanza cada nueve días.

Cada nueve días la matriz realiza una redistribución de tallas en los estanques, redistribución que se efectúa de tal manera que las crías:

- a) Si alcanzan la talla correspondiente al siguiente estanque, son transferidas a éste
- b) Si alcanzan una talla mayor a la que corresponde al siguiente estanque, son transferidas a un tercer estanque
- c) Si alcanzan una talla menor a la del siguiente estanque, permanecen en el estanque en el que actualmente están.

Es claro que después de cada redistribución, las crías permanecen en los estanques de crecimiento 9 días.

De acuerdo con González, B., (op. cit) las crías alcanzan una talla de 5 cm. (nuestra talla de venta), a los 45 días. Y como cada estanque representa 9

\* En realidad sólo contamos con una curva de crecimiento en talla promedio, obtenida de los datos reportados en (González, B., 1974) de experiencias en Rosario, Sin.

días, el evento de la cosecha se presenta en el estanque 5. También se presenta una pequeña cantidad de crías para cosecha en el estanque 6, como se explica más adelante. Su talla es  $> 5$  cm. Para determinar el número de estanques de crecimiento necesarios, se consideró que dada que la talla de venta de 5 cm. se alcanza a los 45 días y a que a cada estanque corresponde un crecimiento de 9 días, debíamos diseñar 5 estanques. Sin embargo, para estandarizar los períodos de tiempo con los del desove, se decidió que la unidad de período fuera de aproximadamente 60 días. Así, se diseñaron 7 estanques, de los cuales el 5 y el 6 son de cosecha.

Los tiempos en los cuales se debe realizar entrada de crías al estanque "0" y redistribución de tallas a los estanques correspondientes van del tiempo 0 (T0) al tiempo 6 (T6) lo que cubre un período de 63 días. Cuando se inicia el período inmediato lo hace en su tiempo T0 y termina en su tiempo T6.

El modelo que utiliza esta matriz simula una criba de selección, o mejor dicho, una serie de cribas en la que las crías que van entrando (T0) siempre lo hacen por el primer estanque (E0), recorriendo toda la serie de ellos hasta la cosecha (E5 y E6). El evento de entrada de crías y el de redistribución se realiza en el mismo día.

El evento de cosecha, una vez que se presenta la primera vez, se realiza cada 9 días.

### CALCULO DE LA MORTALIDAD

En la matriz de distribución se incluyó el cálculo de la mortalidad, multiplicando los porcentajes de la matriz por el factor de sobrevivencia de 0.9604 para cada 9 días (20% de mortalidad por período).

Queda implícito que la mortalidad diaria considerada fue de 0.44%.

En este trabajo no se consideró el problema de la viabilidad de los huevos, en parte por carencia de información y en parte fundamentándonos en los reportes que citan que siendo las especies de *Tilapia* (género *Sarotherodon*) de incubación bucal, la viabilidad, entendida en última instancia como mortalidad, es baja, dado el cuidado que los padres confieren a sus huevecillos y alevines.

Los procedimientos que se han detallado anteriormente y que implican: la obtención de crías de los estanques de reproducción, su mortalidad, su redistribución en tallas y las cosechas, se representan por medio de las operaciones de matrices de la figura 6.

## EL MODELO COMPLETO

En páginas anteriores el modelo ya ha quedado explicado en forma fraccionaria y a propósito de cada punto.

Ahora se presenta el modelo completo.

- 1) Con el afán de ser explícitos en la panorámica se presenta un grafo de variables y variaciones entre las variables que permite completar la panorámica. Fig. 5
- 2) La parte biológica del modelo que corresponde al flujo central del grafo se expresa operacionalmente como una ecuación matricial en diferencia en la Fig. 6
- 3) La mortalidad del grafo está expresada por un escalar  $m$  que multiplica a una matriz "D" o matriz de dispersión ya explicada.

La matriz columna  $(E)_t$  representa el estado de los estanques en todo momento del tiempo y a esta matriz, en la fig. 6 se le suma una matriz columna " $d_t$ " que tiene sólo un elemento no cero. Esta matriz también la podemos considerar como una matriz de reclutamiento y solo contiene un elemento no cero porque es precisamente en el EO donde se realiza el reclutamiento de las nuevas crías, que predice el modelo ya explicado en la pág. 27

- 4) El producto matricial  $(X)$  entre la matriz  $m \cdot D$  con la suma de matrices  $(E)_t + (d_t)$ , genera un nuevo vector implícito en el modelo: vector del estado de los estanques antes de la cosecha. La matriz  $(E)_{t+9}$  es el estado de los estanques una vez que se extrae la cosecha. Como la ecuación es recursiva, ésta última matriz sustituye a la matriz  $(E)_t$  en iteraciones sucesivas con objeto de obtener la producción en todo momento en el sistema
- 5) Como se verá más adelante, los costos derivados del cultivo se agregan en un costo por ciclo de cultivo que junto con la producción total, anual, expresada en beneficio económico, se consideran como una serie uniforme para propósitos de actualización.

El resto de los costos no asociados al ciclo se tratan en detalle en los capítulos que siguen y para fines del cálculo que se persigue, se actualizan para el momento en el que ocurren.

FIG. 6 GRAFO DE UN MODELO CINEMATICO.

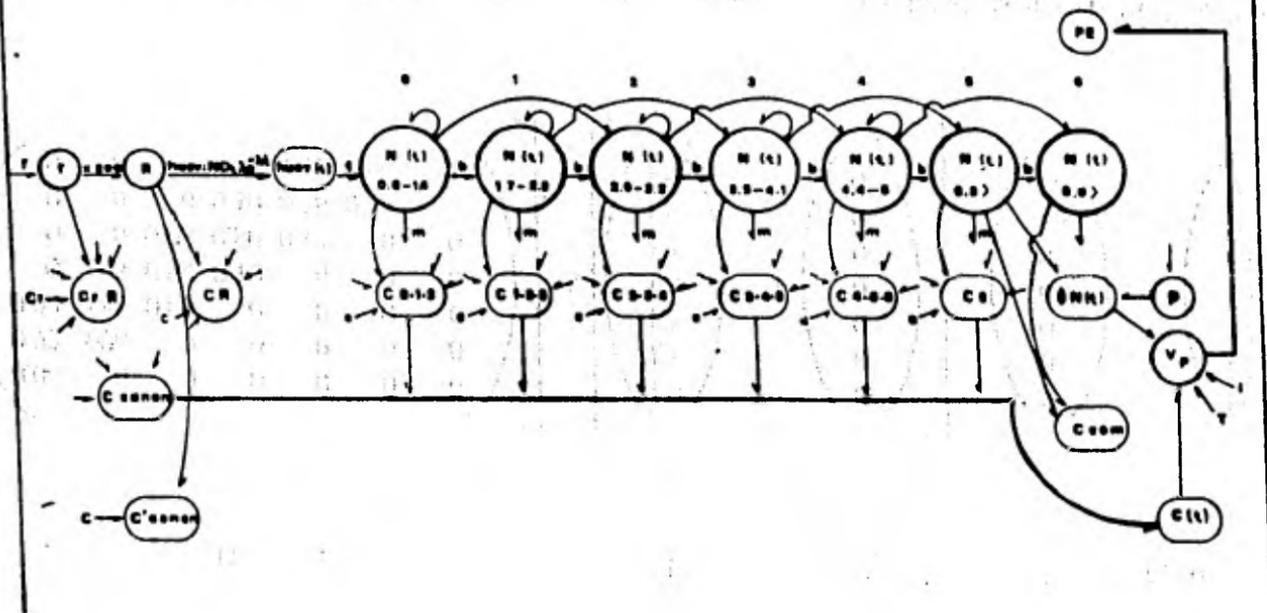


FIGURA 6. EL MODELO COMPLETO

$$\begin{matrix} & D & E & d_t & C & E_{t+9} \\ & & & & & \\ m & \begin{pmatrix} 0.04 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.92 & .006 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.04 & 0.88 & 0.08 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .06 & 0.84 & 0.10 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.08 & 0.80 & 0.12 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.10 & 0.76 & 0.14 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.12 & 0.86 & 1 \end{pmatrix} & \times & \begin{pmatrix} E0 \\ E1 \\ E2 \\ E3 \\ E4 \\ E5 \\ E6 \end{pmatrix}_t & + & \begin{pmatrix} d_t \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_t & - & \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ E5 \\ E6 \end{pmatrix} & = & \begin{pmatrix} E0 \\ E1 \\ E2 \\ E3 \\ E4 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_{t+9}
 \end{matrix}$$

La matriz "D" es la matriz de distribución; "m" es un escalar de mortalidad; la matriz "E" es el estado de los estanques en el tiempo t; la  $(E)_{t+9}$  es el estado de los mismos en el tiempo t+9. La matriz columna "d<sub>t</sub>" es la entrada de nuevas crías a el estanque E0.

La iteración indicada por las expresiones matriciales se realizó a través de un programa que nos permite saber cuantas crías hay y de que talla, en cualquier tiempo o estanque.

## DISEÑO DE INGENIERIA DEL CENTRO

El diseño de ingeniería de los estanques de crecimiento partió de la escala y de la simulación realizada con el modelo de dispersión, de aquí la importancia del modelo biológico elaborado.

Como ya se explicó, la simulación con el modelo de reproducción permite predecir los volúmenes de crías que se producen en el tiempo. Así mismo, con estos, que son la salida del modelo de reproducción, se realizó la simulación con el modelo de dispersión que permite predecir los volúmenes de crías que se encuentran distribuidos por rangos de talla en el tiempo hasta el evento de cosecha.

En la Fig. 6 del Modelo Completo ya se explicó que la matriz "T" representa el estado de los estanques en el tiempo  $t$  y la matriz  $(T)_{t+9}$ , el estado de los estanques en el tiempo  $t+9$ . Considerando que los volúmenes de crías prescritas por el modelo de dispersión son diferentes para cada tiempo, se optó por manejar los volúmenes máximos del período de máxima reproducción. (véase Fig. 3 y 4) para diseñar los estanques de crecimiento. El diseño elaborado es un diseño AD-Hoc para el modelo biológico elaborado.

El modelo biológico no predice las densidades/ $m^2$  a manejar de acuerdo a las tallas de las crías. Este tipo de datos fue obtenido de la consulta bibliográfica y personal. (CIFSA CONSULTORES, 1978; Pretto, op. cit.; Sasso, op. cit.).

El diseño de los estanques de reproducción y mantenimiento de reproductores, se fundamentó en el escalado (3200 reproductores); la proporción considerada fue de 39:28 por ser ésta la que mejores resultados ha dado en términos de número de huevos producidos. (CIFSA, op. cit.); el territorio /δ y el gasto de agua.

El diseño de los estanques y de las edificaciones que en conjunto integran el Centro de Producción, permitió realizar los cálculos pertinentes para obtener los Costos de Obra y de Terreno que forman parte de la inversión canónica.

## ESTANQUES DE REPRODUCTORES

De acuerdo con el escalado escogido de 3200 reproductores en proporción 39:26, y considerando la territorialidad que se debe guardar/macho, que, de acuerdo con Rothbard, (op. cit) es de  $3\text{m}^2/\text{macho}$ , la superficie total requerida es de  $3840\text{m}^2$ . Dado que se requiere que el estanque de reproducción se vacíe para la colecta de crías y/o llene en menos de 9hr (una jornada de trabajo), para que se vaciara en 6 hr, requeriríamos un flujo de agua de 177 l/seg., lo cual, representa un fuerte flujo que dañaría a las crías al pasar del estanque de reproducción (ER) al estanque O (EO). Por otro lado se necesitaría contar con una localidad tal que además de gozar de las características climáticas adecuadas para la especie, entre otras, tuviera una fuente de suministro de agua con tal flujo, lo cual generalmente es difícil.

Aunado a estos inconvenientes está la dificultad que representa manejar a todos los reproductores juntos durante la colecta de crías y durante el traslado de los mismos y por otro lado, se aumentaría la probabilidad de dispersión de enfermedades. Por estas razones se decidió dividir la superficie total requerida, diseñando varios estanques que se vaciaran simultáneamente, considerando un flujo de agua de 22 l/seg./estanque.

De esta manera se diseñaron 8 estanques de  $25 \times 39 \times 1\text{m}$  con una superficie de  $975\text{m}^2$  cada uno. Cada estanque se vacía en 6 hr, con un flujo de 22 l/seg. El total de reproductores ocupan durante 2 meses, 4 estanques, los siguientes 2 meses ocupan los otros 4 y así alternativamente.

En lo que toca al diseño de Ingeniería para la Producción de Reproductores en el Cuadro 2 del apéndice, únicamente se concentran todos los costos generados por concepto de Obra y Terreno.

## ESTANQUES DE MANTENIMIENTO DE REPRODUCTORES

Se diseñaron 2 estanques de mantenimiento de reproductores para restitución, uno para los machos de *T. homorum* de  $19 \times 29 \times 1\text{m}$ , con una superficie de  $522\text{m}^2$ , considerando una densidad de 3 individuos/ $\text{m}^2$ . El otro estanque es de  $22 \times 35 \times 1\text{m}$  con una superficie de  $770\text{m}^2$  para las hembras de *T. mossambica*, a la misma densidad. El número de reproductores destinados a mantenimiento representa el 20% de 3200, (nuestro escalado).

## ESTANQUES DE CRECIMIENTO

Se diseñaron 7 estanques de crecimiento de acuerdo a la población

máxima que se maneja durante el año. La información la proporciona la matriz de dispersión y las densidades prescritas por talla. En la Fig. 7 se muestran las dimensiones de los estanques de crecimiento.

Así mismo se diseñaron las siguientes edificaciones:

2. Casetas de Vigilancia de  $5 \times 6 \text{ m} = 30 \text{ m}^2$

1 Oficina y laboratorio de  $11.5 \times 7 = 80.5 \text{ m}^2$

1 Bodega de  $10 \times 8 = 80 \text{ m}^2$

1 Taller y almacén de  $6 \times 8 = 48 \text{ m}^2$

1 Casa habitación de  $12.5 \times 8 = 100 \text{ m}^2$ .

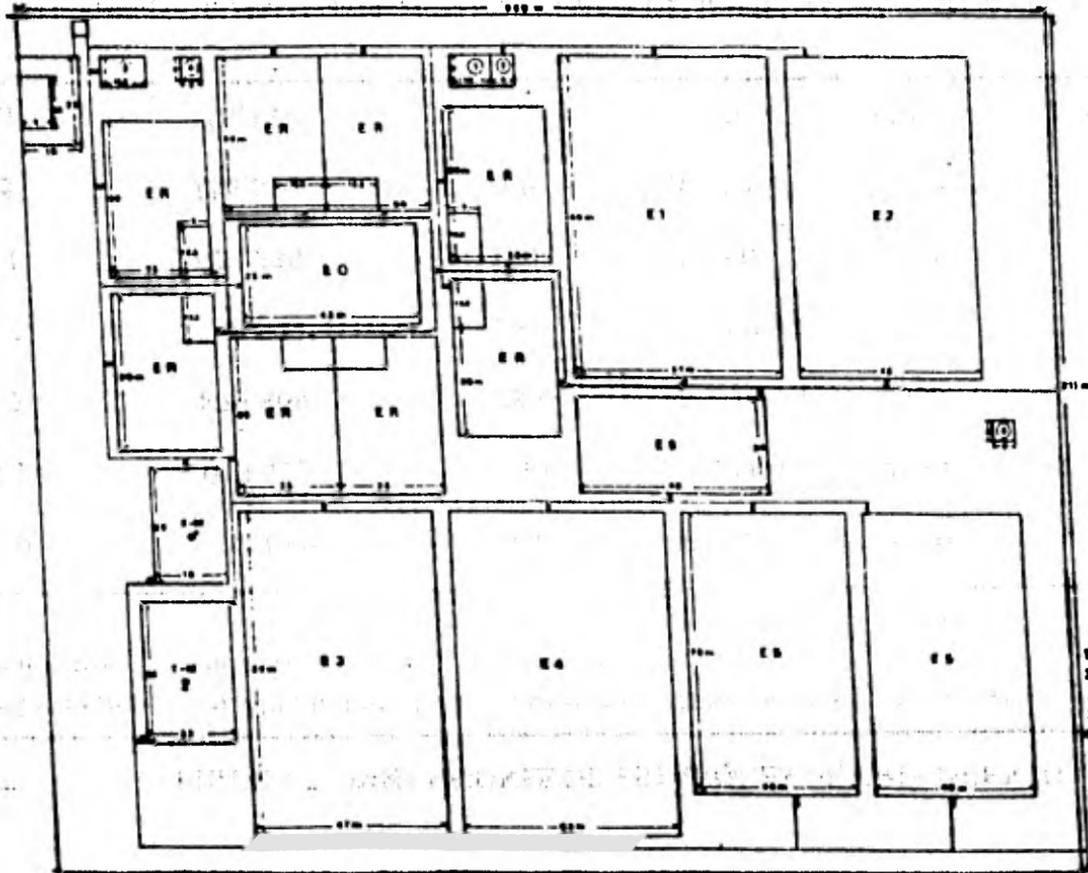
El croquis que muestra la distribución de los estanques y edificios está en la Fig. 8.

FIGURA 7. DIMENSIONES DE ESTANQUES DE CRECIMIENTO

No. de Estanque de Crecimiento	No. Máximo de crías que maneja	Densidad crías/m <sup>2</sup>	Dimensiones m.	Superficie m <sup>2</sup>	Rangos de Talla que maneja cm.
E0	44,050	350	25 x 42 x 1	1050	0.8 - 1.4
E1	1'013,473	250	51 x 80 x 1	4080	1.7 - 2.3
E2	879,809	250	45 x 80 x 1	3600	2.6 - 3.2
E3	748,522	200	47 x 80 x 1	3760	3.5 - 4.1
E4	624,238	150	53 x 80 x 1	4270	4.4 - 5.10
E5	556,606	100	40 x 70 x 1	2800*	5.3 y más
E6	55,181	50	24 x 46 x 1	1104	6.0 y más

\* Se diseñaron dos estanques de 2800m<sup>2</sup>, dividiendo entre 2 la superficie total requerida, 5600m<sup>2</sup>, para facilitar las operaciones de colecta de crías.

PNB CROQUIS DEL CENTRO DE PRODUCCION



- 1 BODEGA
- 2 TALLER
- ALM.
- 3 OF. LAB
- RECAJETA VIG

## O P E R A C I O N

Como se verá en adelante, las operaciones más importantes que definen la operación del Centro de Producción, surgieron del modelo biológico. Como resultado de la operación se obtuvieron los Costos de Cultivo.

Considerando para las primeras etapas de crecimiento de las crías (0 a 2 meses de edad) una relación talla-peso de 1:1 (González, op. cit.; Sasso, op. cit.) y de acuerdo con el número de crías prescritas por el modelo, para cada estanque, en el tiempo (estado de los estanques en el tiempo  $t$ ) se realizó el cálculo de la cantidad de alimento a suministrar/estanque en el tiempo  $t$ , así como los costos de alimento y los costos de alimentación (véase "esfuerzo de cultivo" en Negrete, op. cit.). De la misma manera, el modelo biológico permitió calcular la frecuencia de las operaciones de traslado de crías y de cosecha, ya que predice el número de crías a trasladar o cosechar en el tiempo  $t$ , el estanque de origen y los estanques de destino. En base a lo anterior se realizaron los cálculos de costos de traslado y de cosecha.

La operación de Fertilización depende del tamaño de los estanques diseñados. El estanque O, EO (de crecimiento) no se fertiliza debido a que cada 9 días los 4 estanques de reproductores se drenan para la colecta de crías, virtiendo sus volúmenes de agua a este EO, el cual a su vez se drena. En base a la frecuencia de fertilización se obtuvieron los costos de fertilización y de fertilizante.

En cuanto a los estanques de reproducción, debido a que cada 2 meses se programó limpieza y encalado, el total de reproductores, que ocupan 4 estanques, son transportados a los otros 4 estanques. La operación se repite con esa periodicidad. La necesidad de limpieza y encalado surge debido a que se quiere tener la seguridad de que ninguna cría se queda en estos estanques evitando así el riesgo de una retrocruza con un progenitor hembra una vez que las crías alcanzaran su madurez sexual. Hay que recordar que los híbridos son fértiles.

Todos los costos generados de la operación se concentran en los cuadros de "Costos de Cultivo" de los Resultados. La operación permitió también realizar los cálculos de Costos de Equipo. (véase cuadros de Resultados)

En la Fig. 9 se muestra un Diagrama de Gantt que representa las actividades que se realizan en cada estanque para un periodo de desove. El eje de las abscisas representa los días y el de las ordenadas, los estanques. Se puede observar la contemporaneidad de actividades entre los estanques.

### Estanques de Reproductores (ER)

Actividades	Frecuencia
Abrir válvulas y cerrar estanques	6/año
Fertilizaciones (137 Kg./Ha. gallinaza; 1 cada 15 días)	24/estanque/año
Alimentación de Reproductores (3°/o de la biomasa total; reproductores de 250 g.)	diaria, dividida en dos administraciones
Traslado de reproductores de estanques de mantenimiento a estanques de reproductores	1/2 años
Traslado de reproductores	6/año
Limpieza de estanques de reproductores	6/estanque/año
Mantenimiento de estanques de reproductores y de estanques de mantenimiento	2/estanque/año

### Estanques de Crecimiento (EO-E6)

#### EO.- Fertilización (No se fertiliza porque cada 9 días se drena)

Alimentación de crías  
(6°/o de la biomasa total de acuerdo a la existente en cada tiempo  
T0-T6; peso promedio considerado: 1.1 g.)

diaria, dividida cuando menos en 4 administraciones

Traslado de crías de ER a EO  
(uno cada 9 días, comenzando el día 45)

35/año

Traslado de crías de EO a E1 y E2  
(uno cada 9 días, comenzando el día 45)

35/año

#### E1.- Fertilizaciones

(137 Kg./Ha. gallinaza; 1 cada 15 días)

22/año

Alimentación de crías  
(5°/o de la biomasa total de acuerdo a la existente en cada tiempo)

do a la existente para cada tiempo;  
peso promedio considerado: 2.0 g.)  
Traslado de crías de E1 a E2 y E3  
(1 cada 9 días comenzando el día  
54)

diaria, dividida cuando me-  
nos en 4 administraciones

34/año

#### E2.- Fertilizaciones

(137 Kg./Ha. gallinaza; 1 cada 15  
días)

Alimentación de crías

(5°/o de la biomasa total de acuer-  
do a la existente en cada tiempo;  
peso promedio considerado: 2.9g.)

Traslado de crías de E2 a E3 y E4  
(1 cada 9 días comenzando el día  
54)

22/año

diaria, dividida cuando me-  
nos en 4 administraciones

34/año

#### E3.- Fertilizaciones

(137 Kg./Ha. gallinaza; 1 cada 15  
días)

Alimentación de crías

(5°/o de la biomasa total existen-  
te en cada tiempo; peso promedio  
considerado: 3.8 g.)

Traslado de crías de E3 a E4 y E5  
(1 cada 9 días comenzando el día  
63)

21.4/año

diaria, dividida cuando me-  
nos en 4 administraciones

33/año

#### E4.- Fertilizaciones

(137 Kg./Ha. gallinaza; 1 cada 15  
días)

Alimentación de crías

(5°/o de la biomasa total existente  
en cada tiempo; peso promedio  
considerado: 4.7 g.)

Traslado de crías de E4 a E5 y E6  
(1 cada 9 días comenzando el día  
63)

21.4/año

diaria, dividida cuando me-  
nos en 4 administraciones

33/año

#### E5.- Fertilizaciones

(137 Kg./Ha. gallinaza; 1 cada 15  
días)

Alimentación de crías

20.8/año

(5°/o de la biomasa total existente en cada tiempo; peso promedio considerado: 5.6 g.)

Cosecha de E5

(1 cada 9 días comenzando el día 72)

diaria, dividida cuando menos en 4 administraciones

32/año

#### E6.- Fertilizaciones

(137 Kg./Ha. gallinaza; 1 cada 15 días)

Alimentación de crías

(5°/o de la biomasa total existente en cada tiempo; peso promedio considerado: 6.2 g.)

Cosecha de E6

(1 cada 9 días comenzando el día 72)

20.8/año

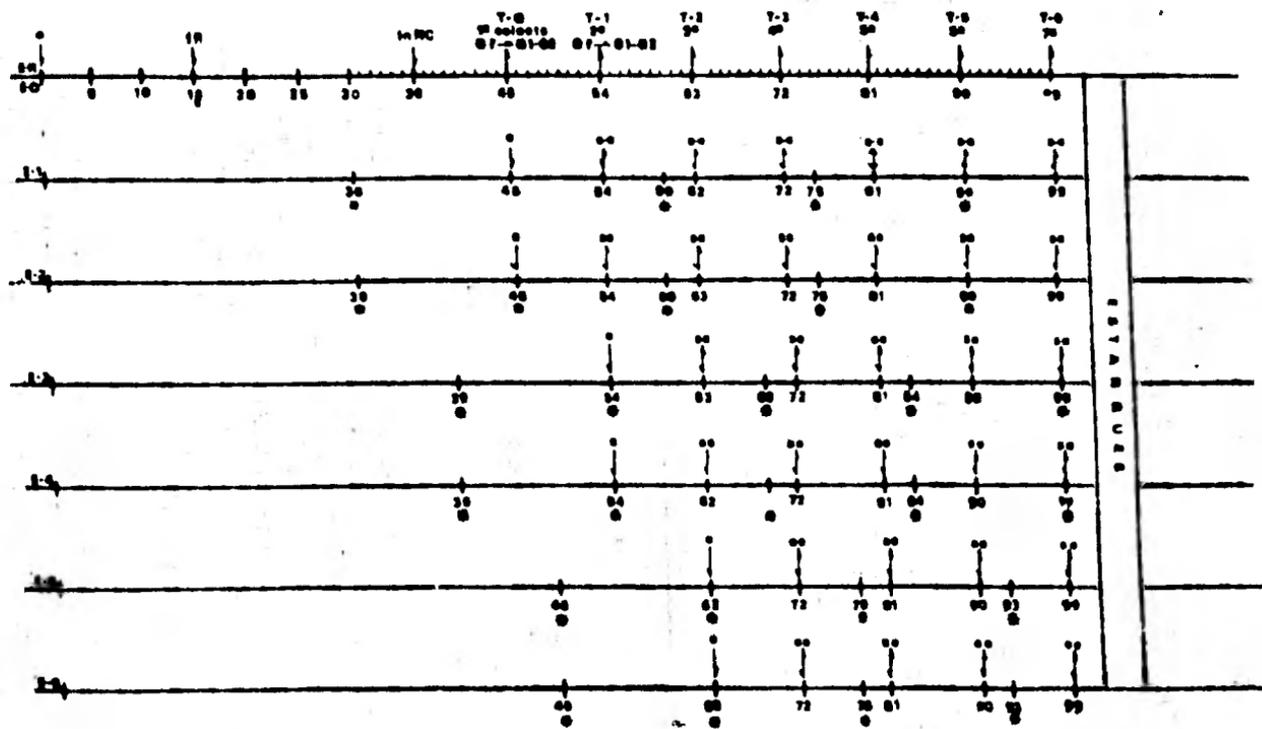
diaria, dividida cuando menos en 4 administraciones

32/año

## PRODUCCION DE REPRODUCTORES

Cada dos años se lleva a cabo una sustitución del total de reproductores en reproducción con el objeto de evitar problemas de consanguinidad (Pretto, op. cit.; Méndez, 1980). La operación de la producción de nuevos reproductores está resumida en la Fig. 1 del Apéndice. Asimismo en los Cuadros 1 y 3 del apéndice se concentran los Costos de Producción de Reproductores y los Costos de Equipo.

FIG. 9  
DIAGRAMA DE GANTT DE LA OPERACION



- o - Fertilizaciones
- c - Cosecha
- l - Entrada de crías
- l - Salida de crías
- o - Primera entrada de crías al estanque en cuestión

IR - Introducción de reproductores  
 InRC - Inicio nacimiento de crías  
 la alimentación es diaria

## RESOLUCION DEL FLUJO DE BENEFICIOS Y COSTOS

Una vez obtenidos los beneficios, se obtiene su valor presente (para el horizonte de 12 años) asignándole un valor de precio/cría. Por otro lado, se obtienen los Costos anuales que se generan y se actualizan de la misma manera. Ambas actualizaciones se hicieron considerando una tasa de interés del 28%, que es la que ofrecen los bancos actualmente. Se hizo un programa que permite este cálculo (véase Fig. 10).

Para calcular el Valor Presente de los Beneficios y de los Costos Anuales, se utilizó en el programa la siguiente fórmula correspondiente a la serie anual uniforme.

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

donde:

P = Valor Presente

A = El valor uniforme (de Beneficios o Costos)

i = Interés

n = Años

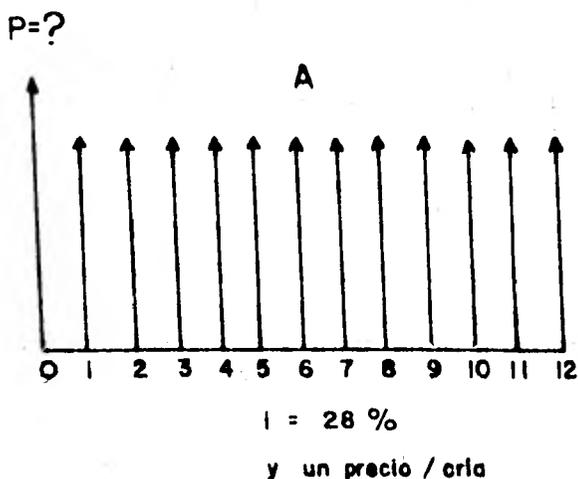
La decisión de utilizar el factor de actualización de Serie Anual Uniforme obedeció a que se consideró como unidad de ciclo económico, el ciclo que describe el modelo de reproducción elaborado, el cual es anual, como se puede ver en las Fig. 3 y 4. El ciclo, si las condiciones principalmente de temperatura y escalado se mantienen constantes, se postula repetitivo año con año. Por esto, para el cálculo económico, los beneficios se consideran anuales y como los ciclos se postulan repetitivos, los beneficios son anualmente uniformes. Lo mismo se aplica para los Costos Anuales.

### CALCULO DE LOS BENEFICIOS ANUALES

Como ya se ha mencionado, los beneficios del cultivo están representados por el número de crías producidas por año, multiplicadas por el precio por cría.

De los resultados del programa de la matriz de distribución se tomó el número de crías presentes en los estanques de cosecha (E5 y E6) cada 9 días y se sumaron hasta completar un período de 1 año. Este total se denominó "V" en el programa.

El Diagrama de Flujo de los Beneficios está representado de la siguiente manera:



La serie de flechas positivas indican la serie anual y uniforme de beneficios (A) por venta de crías; P representa el Valor Presente de los Beneficios a obtener dado (A); (i) y un precio por cría.

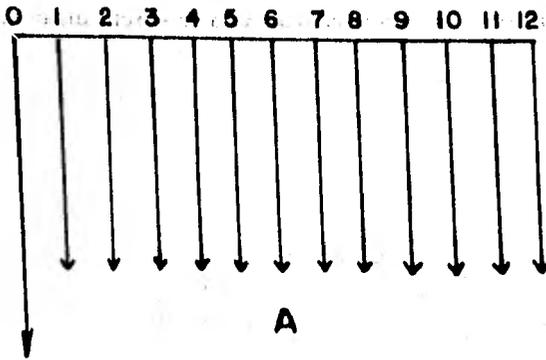
### CALCULO DE LOS COSTOS

Los Costos se dividieron en:

- 1) Los Costos de Cultivo. Representan los costos generados exclusivamente en el proceso de cultivo propiamente dicho. Se denominaron C2 en el programa

El Diagrama de Flujo de los Costos anuales está representado de la siguiente manera:

$$i = 28\%$$



$$O = ?$$

La serie de flechas negativas indica la Serie Anual Uniforme de los Costos (A); O representa el Valor Presente de los Costos a obtener dado (A) e (i).

- 2) Costos de Inversión Canónica. (Negrete, op. cit.) Representa a aquellos costos que se realizan en el año cero como son: Costos de Producción de Reproductores; Costos de Obra; Costos de Equipo y Misceláneos; así como aquellos costos generados por concepto de Sueldos. Se denominó V3 en el programa

### DETALLE DE TODOS LOS COSTOS

En los Cuadros de Resultados I a V se muestran los rubros considerados para el cálculo de los Costos de: Obra (I); Equipo y misceláneos (II) y Personal (III). Los cuadros I, II y III comprenden los Costos de Inversión Canónica.

En el Cuadro IV se muestran los rubros considerados para el cálculo de los Costos Anuales de Cultivo.

Por último, en el Cuadro V se concentran todos los Costos generados.

En el cuadro VI se muestran aquéllos costos de inversión canónica que deben ser considerados para su actualización para los años que se indican.

Una vez que se obtuvieron todos los Beneficios y Costos que genera el cultivo, se elaboró un programa para calcular el Precio de Equilibrio. El programa se alimenta con los datos de: Costo Anual del Cultivo (C2); Valor Presente del Costo de Inversión Canónica (V3) y el número de crías producidas anualmente (V). El programa asigna un precio a las crías y actualiza beneficios y costos, y resta el Valor Presente de los beneficios - el Valor presente de los Costos. El cálculo de Precio de Equilibrio lo realiza por interpolación comparando el primer valor presente negativo que se obtenga (R1) con el último Valor Presente positivo (R), de acuerdo con la siguiente función:

$$\text{Precio de Equilibrio (X)} = \frac{-R(P+0.20) + (R1 \cdot P)}{(R1 - R)}$$

donde:

P = precio/cría cuando el Valor Presente es R

El Diagrama de Bloques del Programa completo se encuentra en la Fig. 11.

FIG. 10 PROGRAMA DE COMPUTO.

```

LIST
5 R=1
100 DIM A(7,7),B(7,1),C(7,1)
110 U=0
120 B=0
125 REM ***LECTURA DE LA MATRIZ DE DISPERSION*****
130 FIND 14
140 READ @3:A
150 FOR K=1 TO 6
155 REM ***DESOLVE FUNCION DE LA TEMPERATUR*****
160 READ H
160 FOR T=0 TO 6
190 C=0
195 REM***SUMA EN EL PRIMER ESTANQUE DE LA PRODUCCION EN EL TIEMPO*
200 B(1,1)=H*1920*(EXP(-T/1.1)-EXP(-(T+1)/1.1))+B(1,1)
205 REM ***DISPERSION DE ALEVINES EN LOS ESTANQUES*****
210 REM *****MULTIPLICACION DE MATRICES*****
220 FOR I=1 TO 7
230 FOR J=1 TO 7
240 C(I,1)=A(I,J)*B(J,1)+C(I,1)
250 NEXT J
260 NEXT I
270 REM ***ACUMULACION DE VENDIDOS Y VACIADO DE ESTANQUES*****
280 U=U+C(6,1)+C(7,1)
290 C(6,1)=0
300 C(7,1)=0
310 B=C
320 NEXT T
330 NEXT K
340 PRINT U
345 REM ***PRINCIPIA EL CALCULO DE PRECIO DE EQUILIBRIO*****
350 PRINT "DAME EL COSTO ANUAL DE CULTIVO"
351 INPUT C2
352 PRINT "DAME EL VALOR PRESENTE DEL COSTO CANONICO"
353 INPUT U3
354 REM
355 B1=0
362 REM *****PROGRAMA PRINCIPAL*****
370 FOR P=10 TO 0 STEP -0.2
380 U1=(B1+P*U)*((1+0.28)^12-1)/(0.28*(1+0.28)^12)
400 U2=C2*((1+0.28)^12-1)/(0.28*(1+0.28)^12)
402 R1=R
404 R=U1-U2-U3
406 IF SIGN(R)=-1 THEN 500
410 NEXT P
420 DATA 1000,1000,500,500,250,250
500 REM *****CALCULO DE PRECIO DE EQUILIBRIO POR INTERPO*
502 X=(-P*(P+0.2)+R1)*P/(R1-R)
510 PRINT "EL VALOR DEL PRECIO DE EQUILIBRIO ES : "
520 PRINT X

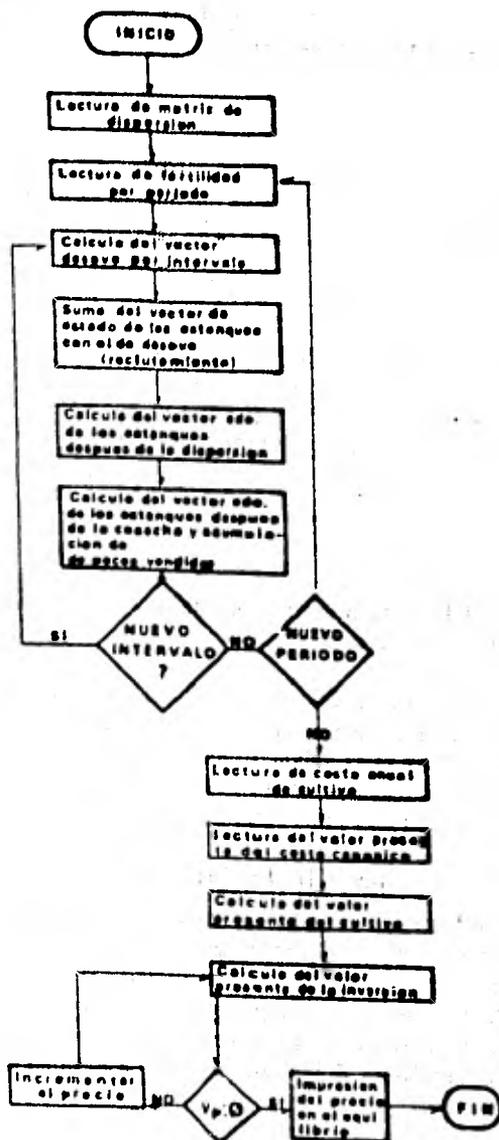
```

```

RUN
DAME EL COSTO ANUAL DE CULTIVO
1968032
DAME EL VALOR PRESENTE DEL COSTO CANONICO
19982089
EL VALOR DEL PRECIO DE EQUILIBRIO ES :
1.45255903198

```

FIG11 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA



## R E S U L T A D O S

- 1.- En base a una función probabilística de densidades que describe el desove de las hembras que implica el que la temperatura es el factor disparador del desove:

$$p(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (1)$$

se obtuvo un modelo de reproducción que predice el número de huevos producidos por intervalo de tiempo dentro de cada período de desove. Los parámetros de la función son además de  $\lambda$ , el número de huevos que desova una hembra en el tiempo ( $D_t$ ) y el número de hembras reproductoras ( $N$ ):

$$d_t = \int_t^{t+9} N D \lambda e^{-\lambda t} dt \quad (2)$$

La Fig. 12 muestra los valores obtenidos de la simulación de  $d_t$  para un año de cultivo.

- 2.- Se generó un modelo de distribución de tallas, función del tiempo, que enfrenta el problema de la separación de crías por tallas. La entrada a este modelo es la salida  $d_t$  del anterior. La utilidad principal del modelo es el poder calcular el número total de crías vendibles en un año de cultivo. El modelo es una ecuación matricial en diferencias. (Fig. 6)

$$[m \cdot D] \times [(E)_t + (d_t)] - (c) = (E)_{t+9}$$

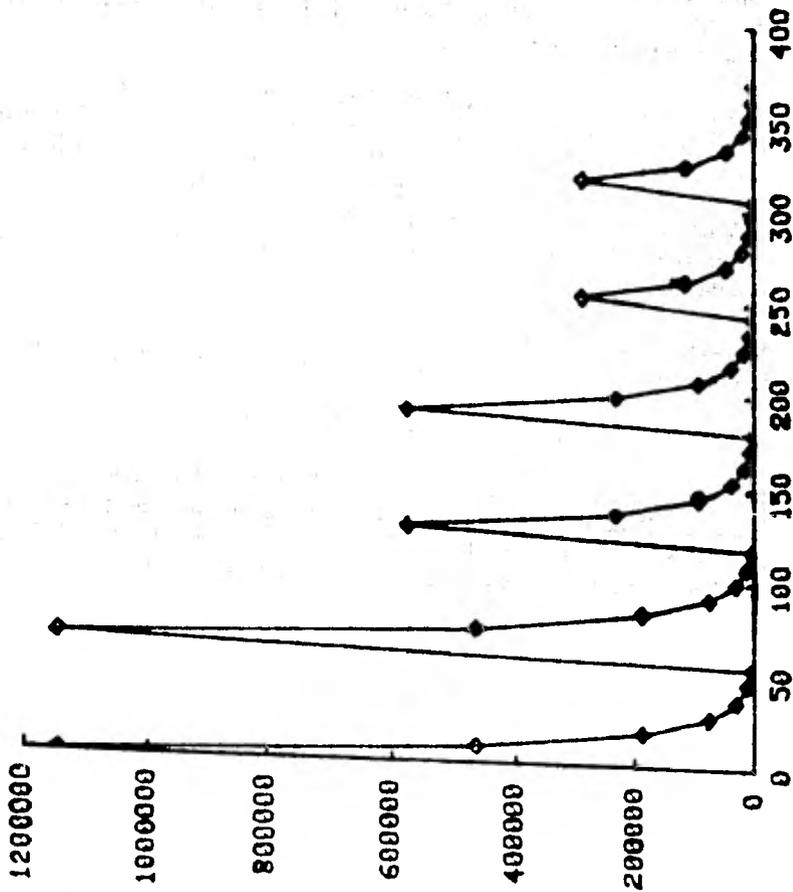
en donde  $m$  es un escalar de mortalidad que multiplica a la matriz de dispersión "D";  $(E)_t$  representa el estado de los estanques en todo momento a la que se adiciona la matriz columna  $d_t$  que representa la entrada de nuevas crías. El producto escalar entre la matriz  $m \cdot D$  y la suma de matrices  $(E)_t + (d_t)$  menos la matriz columna "c" genera una matriz implícita del estado de los estanques una vez efectuada la cosecha.

En la Fig. 13 se muestra, a manera de ejemplo, la dispersión realizada por la matriz para un año.

En la Fig. 14 se muestra una familia de curvas en donde se puede apreciar claramente el efecto de la dispersión que realiza la matriz en un período completo de desove de T0 a T6. La Fig. 15 muestra los valores utilizados en la matriz de dispersión.

- 3.- Con la matriz elaborada y con los resultados de dispersión que proporcionó la misma, se efectuó el diseño de ingeniería del centro, que permitió la realización de los cálculos de los costos de operación, ó costos de cultivo. Se elaboró un Diagrama de Gantt que describe las actividades de la operación contemporizadas. Fig. 9
- 4.- Se obtuvo la Resolución de Flujo Anual de Beneficios y Costos que implicó el cálculo de los Beneficios y de los Costos Anuales del cultivo. En los Cuadros del I al VI se muestran los resultados de los cálculos efectuados. En la resolución del Flujo Anual de Beneficios y Costos se obtuvo el Valor Presente de los Beneficios y Costos de doce años de cultivo que asociado al valor presente de otros costos permitió el cálculo del Precio de Equilibrio.
- 5.- Se elaboró un Programa de computación, en lenguaje BASIC, que realiza la simulación del modelo biológico y los cálculos para obtener el PE.
- 6.- Se obtuvo un Precio de Equilibrio de \$1.45/cría.
- 7.- Dado el escalado escogido, 3200 reproductores, el modelo biológico y el Flujo de Beneficios y Costos generados, se obtuvo un Beneficio Anual de  $5'416,675 \text{ crías} \times \$1.45 = \$7'854,178.7$ ; un Costo Anual de Cultivo de \$1'968,032. y un Costo de Inversión Canónica de \$19'982,089.5.

Fig. 12 Gráfica resultado de la simulación de producción de huevos en un año.



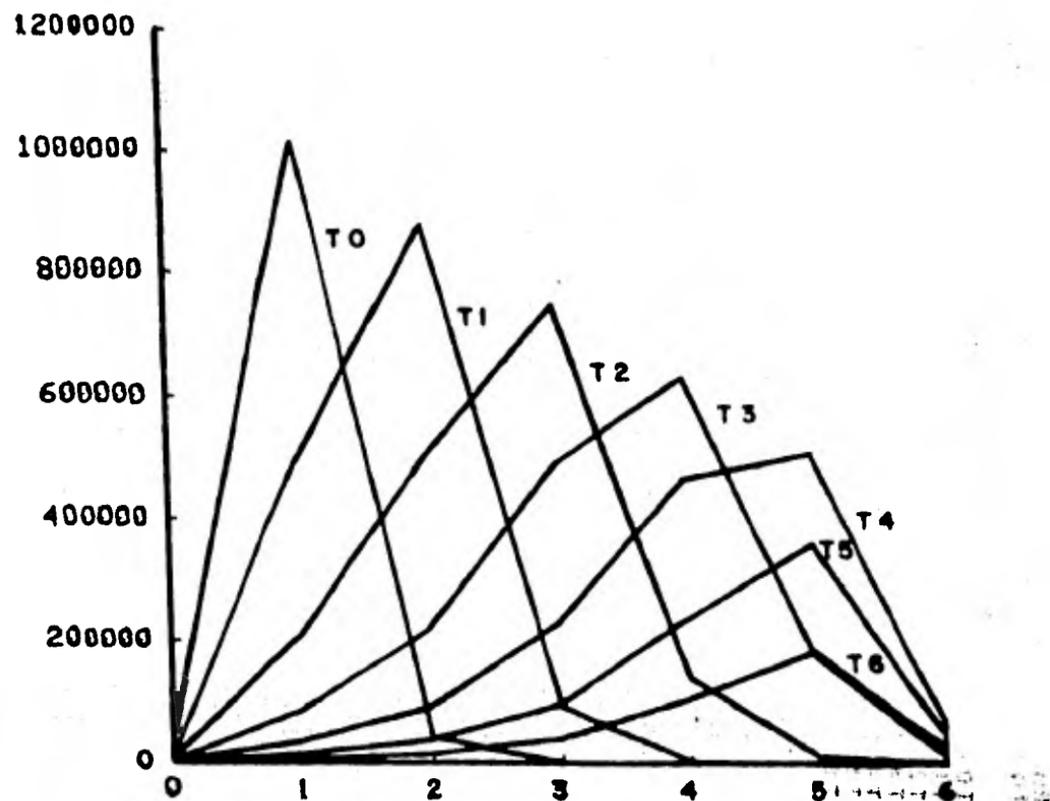
Resultado de la simulación de dispersión realizada por la matriz de distribución.  
Fig. 13

	EO	E1	E2	E3	E4	E5	E6
TO	44024	1013004	44024	0	0	0	0
T1	19427	505378	879899	93063	3321	0	0
T2	7892	210707	502455	747127	140084	11470	389
T3	3182	85358	219942	489216	628737	173013	16128
T4	1282	34419	90302	229228	455179	505280	72431
T5	517	13869	36539	96935	235639	361540	53533
T6	208	5588	14735	39371	184465	182019	27261
	44024	1013509	49886	16007	42559	80068	12034
	19428	505414	879776	100157	21149	32337	5019
	7892	210709	502594	748442	146954	25052	2436
	3182	85358	219851	489422	636556	179112	16929
	1282	34419	90303	229255	465547	587227	72640
	517	13869	36539	96828	236703	361812	53671
	200	5588	14735	39572	184475	182066	27268
	22020	507803	27874	15007	43570	86955	12836
	9714	252725	440227	53226	19458	33378	5019
	3946	105356	251341	374970	76952	19312	2242
	1591	42679	109930	244914	316197	92156	8865
	641	17109	45152	114641	232458	254237	36425
	258	6934	18270	48421	118383	181641	26337
	104	2794	7367	19786	52243	91656	13638
	22016	505755	24943	8004	21786	40031	6019
	9714	252707	439288	50079	10575	16670	2519
	3946	105356	251292	374221	73477	12520	1218
	1591	42679	109926	244711	315278	89556	8465
	641	17209	45151	114627	232774	253513	36230
	258	6934	18270	48419	118351	189906	26816
	104	2794	7367	19786	52238	91033	13634
	11010	253504	13337	8004	21785	40028	6018
	4257	126762	220163	26613	9729	16669	2510
	1973	52678	125071	187479	39476	9656	1121
	796	21340	54965	122407	158093	45078	4422
	321	8605	22076	57321	116479	127142	18212
	129	3467	9135	24210	59192	90521	13418
	52	1397	3684	9093	26121	45528	6819
	11003	253777	12471	4003	10883	20016	3099
	4897	126353	219944	25039	5207	8735	1255
	1973	52677	128646	187110	35729	6262	609
	796	21340	54963	122258	157629	44778	4232
	321	8605	22076	57314	116387	126897	18169
	129	3467	9135	24210	59176	99452	13469
	52	1397	3684	9093	26119	45516	6817

EO - E6 = ESTANQUE I ETC.

TO - T6 = I PERIODO DE DESOVE

Fig. 14 Familia de curvas. Dispersión que realiza la matriz durante un periodo de desove.



0.03840.	00000.	00000.	00000.	00000.	00000.	00000.	00000.
0.08360.	05760.	00000.	00000.	00000.	00000.	00000.	00000.
0.03840.	04510.	07680.	00000.	00000.	00000.	00000.	00000.
0.00000.	05760.	00670.	09600.	00000.	00000.	00000.	00000.
0.00000.	00000.	07680.	76800.	11520.	00000.	00000.	00000.
0.00000.	00000.	00000.	09600.	72990.	13440.	00000.	00000.
0.00000.	00000.	00000.	00000.	11520.	02581.	00000.	00000.

MATRIZ DE DISPERSION DE CRIAS POR TALLAS

FIG. 15

## D I S C U S I O N

El modelo desarrollado se refiere al comportamiento reproductivo y al crecimiento y dispersión del crecimiento (polimorfismo) de Tilapia. Es necesario mencionar que, para las condiciones de México, no existe bibliografía que trate con precisión y profundidad el problema, los datos fueron proporcionados por algunos piscicultores y biólogos que han trabajado con estas especies, así como los de la literatura consultada que más se refiere a las condiciones particulares de otros países. Por estas razones me siento obligada a advertir que el modelo debe tomarse con las reservas pertinentes hasta que como todo modelo sea perfeccionado con datos adecuados surgidos de mediciones "en operación". Por esto, el modelo constituye, solo una primera aproximación a un diseño racional y desde luego, se puede decir que es el primer modelo desarrollado en México para el cultivo de estas especies.

El modelo no solamente debe considerarse útil sino que propone investigaciones (por ejemplo) sobre las posturas/hembra/peso en número, frecuencia y cantidad de huevos. Como ya se ha mencionado reiteradamente, tanto el diseño tecnológico como los cálculos económicos dependen del escalado y de la dinámica biológica. Por esta razón es necesario realizar un plan adecuado de mediciones durante la operación del Centro para generar datos de buena calidad que el Modelo demanda.

Los mismo se aplica para los porcentajes de la matriz de dispersión. La falta de información sobre la distribución y dispersión de tallas en el tiempo originó que se utilizaran porcentajes de distribución de tallas subjetivas. Esto no altera el funcionamiento del submodelo de la matriz. Sólo hay que proporcionarle datos de mejor calidad. Pero hay que tener en cuenta que los cálculos de los costos de Obra (en lo que se refiere a tamaño y número de estanques) y los cálculos de costos de cultivo se hicieron manejando los números de crías que el modelo generó. Es necesario realizar investigaciones sobre el crecimiento tanto de las especies progenitoras *T. homorum* ♂ y ♀, *T. mossambica* ♂ y ♀, *T. nilotica* ♂ y ♀, y el crecimiento y distribución de ta-

llas de los híbridos resultantes de las cruzas *T. homorum* ♂ x *T. mossambica* ♀ y *T. homorum* ♂ x *T. nilotica* ♀.

Una nota aclaratoria más acerca de la matriz de dispersión: la función de crecimiento que está implícita en ella, como una función lineal, sólo abarca hasta los 5 cm., talla que se alcanza en el estanque 4, de tal forma que las tallas para los estanques 5 y 6 se consideraron mayores de 5 cm.

Es importante recordar que de llevarse a la práctica el trabajo desarrollado en esta tesis, se debe advertir que el trabajo considera la realización de una inversión inicial por concepto de compra y producción de reproductores (lo que implica al menos 9 meses de trabajo previo) y que los cálculos realizados para obtener el costo/reproductor consideran incluso la infraestructura que se necesitaría eventualmente.

Se consideró necesario tener un lote de reproductores en mantenimiento, el cual sirve, como reserva para reponer al lote de reproducción de aquellos individuos que mueran. Debido a que el interés principal de la tesis se centra en la producción de crías, se consideró necesario suponer que cualquier reproductor en-mantenimiento-para-reposición, es idéntico a cualquier reproductor (en reproducción) que muera. De esta manera se conserva constante el escalado.

Si bien la información proporcionada habla de número de huevos producidos por una hembra de 1 kg., es posible, según la opinión de Flores, (1980) que el mismo número de huevos y aún más, lo produzcan hembras de menor peso, dependiendo de las condiciones climáticas particulares. Por esta razón, en los cálculos se consideraron reproductores de 250 gr. En todo caso la medición y la circunstancia especial del lugar donde se pruebe el modelo permitirá tomar mejores decisiones.

Con respecto a los cálculos del Valor Presente de Beneficios y Costos, éstos se hicieron anuales considerando que tanto Beneficios como Costos se realizan al final de año para todo el horizonte de 12 años, y no con la periodicidad que implica la tecnología (diaria; c/9 días, c/15 días, etc.). El hacer las actualizaciones para cada evento que genera costos ó beneficios, sólo haría más laboriosa la tarea, ya que, de cualquier manera, las consideraciones usuales del valor del dinero en el tiempo son anuales. Lo único que hay que tener en cuenta es que, ya en la práctica, los costos y beneficios se presentan a todo lo largo del año, y para esto sí es necesario tener claramente programadas las actividades y sus periodicidades. Y no sólo eso, sino que también es de vital importancia contar con una administración eficiente y puntual. Se debe llevar una contabilidad muy cuidadosa, de otra manera el

modelo no podría ser probado ni podría demostrar toda su utilidad. Es por esto importante proponer que se lleven libros de contabilidad en los centros. Como se habrá notado, el trabajo realizado para el cálculo de los costos es bastante extenso. La existencia de libros facilitaría esta engorrosa tarea.

El modelo no contiene con imponderables como los retrasos de presupuesto o de entrega de obra, por ejemplo. En ningún caso se consideró la inflación.

Como ya se mencionó con anterioridad, los reproductores (en reproducción) se sustituyen cada 2 años. Los cálculos implicados en la obtención del Precio de Equilibrio consideran para el año cero la inversión requerida para la producción de reproductores en instalaciones expresas para el caso, para el horizonte de 12 años. Por esta razón su costo está implícito en el Precio de Equilibrio obtenido.

Con objeto de evitar que este "centro de producción de reproductores de línea pura" permanezca improductivo durante todos los años (6) en que el centro de producción de crías no sustituye reproductores, se plantea un módulo constituido por 2 centros de producción de crías y un "centro de producción de reproductores".

El segundo centro debe empezar su operación en el año 1, es decir, 1 año después del inicio del primer centro de producción de crías y del centro de producción de reproductores. El costo/reproductor a partir del año 1 y hasta el año 12 sería muy bajo comparado con el costo/reproductor obtenido para el año cero, ya que no consideraría la inversión inicial ya realizada e implicada en el Precio de Equilibrio de nuestro primer Centro. El costo/reproductor a partir del año 1 consideraría solamente los costos de cultivo, mantenimiento y sueldos.

Por otro lado se ha contemplado la eventual venta de reproductores de línea pura en el extranjero, cumpliendo en precio con el mercado, por ejemplo, de E.U.

Con objeto de renovar genéticamente el lote de reproductores de línea pura originales, se propone el intercambio de lotes con otros centros en el extranjero.

La utilidad del modelo es que simula los acontecimientos y obliga a un análisis minucioso de las actividades que se deben desarrollar. Proporciona los elementos para el diseño tecnológico y económico. Los cálculos se realizan muy rápidamente. Se pueden probar todos los escalados deseados, de

manera que se podría decir que se pueden simular varias alternativas, por lo que proporciona la información necesaria para tomar la decisión que más convenga. Esto ahorra mucho dinero y esfuerzos.

Desgraciadamente, en nuestro país, la elaboración de modelos para la proyección de granjas o en sentido más general, de actividades acuaculturales, es una tarea hasta ahora, sólo desarrollada por un pequeño grupo del IIBM bajo la dirección del Dr. José Negrete, (sin pretender con esto demeritarlo, sino por el contrario, llamar la atención sobre el desarrollo de su trabajo que es de vanguardia en el mundo) y por sólo una oficina en la Dirección General de Acuicultura del Departamento de Pesca a cargo del Biol. Alfredo Chozas.

Finalmente quiero decir que la decisión de realizar este trabajo considerando al centro productor de crías como un empresa, fue debida a la necesidad de tener una referencia, bajo las circunstancias de un país capitalista como el nuestro, para poder evaluar las actividades subsidiadas de obtención de crías de los Centros Acuícolas, y del tipo de engorda que se realiza en México, lo que significa analizar la actividad de Extensionismo y cuestionarla. Es casi una certeza que los costos y esfuerzos que implicaría una evaluación en los aspectos ecológicos, económicos y sociales de la engorda "vía el ecosistema" sean mucho mayores que lo que implica una evaluación de la engorda vía cultivo intensivo. Y es mucho más probable que el beneficio resultante de ésta última no sólo se pueda evaluar, sino que sea más productivo y provechoso para los pescadores convertidos en acuacultores que lo que actualmente obtienen a través del Extensionismo.

## CONCLUSIONES

- 1) Se obtuvo un modelo de reproducción para Tilapia que representa el primer intento para formular un diseño racional para el cultivo de estas especies.

Se propone que dado un escalado y un disparador del desove (temperatura) hay una "función de densidad de desove" que permite el cálculo de la probabilidad de desove.

Un modelo de reproducción de Tilapia puede expresarse en términos de una función de densidad del desove; el número de huevos producidos/hembra función de la temperatura, y un intervalo de tiempo.

- 2) Es posible diseñar racionalmente la tecnología de un cultivo fundamentada en un modelo biológico.
- 3) El problema de planear, organizar y controlar el manejo y separación de lotes de crías de diferentes tallas se puede resolver mediante la generación de un modelo matricial de dispersión de tallas.
- 4) El separar tallas auxiliándose de un modelo de dispersión, permite la obtención de crías de cierta calidad (tallas uniformes), necesaria para la engorda en cultivo intensivo.
- 5) El diseño tecnológico de un cultivo, basado en un modelo biológico, permite la evaluación de los costos asociados (costos de cultivo) y no asociados a él (costos de inversión canónica).
- 6) Un modelo biológico y un diseño tecnológico emanado de éste, permite el análisis de la operación del cultivo y su programación.
- 7) El modelo desarrollado es útil no sólo para crías híbridas de Tilapia, sino que, con escasas modificaciones, puede ser aplicado a todos los Centros Acuícolas de producción de crías para rediseñarlos en su caso o bien para mejorar o racionalizar su operación.

- 8) Dado un modelo biológico y un diseño tecnológico del cultivo se puede diseñar un Flujo de Beneficios y Costos tal, que: dado un escalado; un horizonte económico; una tasa de interés no lucrativa y valores de precio/cría permite obtener el Precio de Equilibrio del cultivo.
- 9) Un modelo biológico y un diseño tecnológico del cultivo y el Flujo de Beneficios y Costos del mismo, permiten visualizar al Centro de Producción de crías como parte de un módulo de producción constituido por 2 centros de producción de crías y un "centro de producción de reproductores".
- 10) Se propone que el Precio de Equilibrio constituya un indicador económico para poder evaluar la actividad gubernamental "de subsidio". Este indicador es un costo de insumo para el engordador.
- 11) La dinámica del desove y el crecimiento de Tilapia son fenómenos que merecen más atención por parte de los investigadores y de las instituciones que tienen a su cargo programas de acuicultura ya que es este tipo de información, fundamental por un diseño de cultivo.

**C U A D R O I**  
**C O S T O S D E O B R A**

	Unidad	Cantidad	P.U.	TOTAL
<b>1.- Construcción Estanquería</b>				
Limpieza y Trazo	m <sup>2</sup>	52,750	3.10	163,525.
Excavación a máquina Material B-Seco (Zona A)	m <sup>3</sup>	11,872	42.63	506,103.36
Construcción, bordos y taludes 1:2	m <sup>3</sup>	11,872	75.72	898,947.84
Plantilla apisonada a una capa de 20 cm. 85 0/o proctor (sup. estanquería: 28,606 m <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	8,581.8	75.72	649,813.89
<b>2.- Línea de Conducción y Red de Suministro</b>				

63

**Excavación a máquina  
para zanjas. Material B-seco  
(de 0-8m. de profundidad)**

m 662 42.63 28,221.06

**Suministro Tubería de Asbesto  
Cemento de 12" clase A-5**

m 662 520.15 344,339.3

**Instalación, junteo y prueba de  
Tubería de Asbesto Cemento de  
12" clase A-5**

m 662 61.26 40,554.12

**Relleno zanjas para tubería  
apisonado y compactado cada  
20 cm. con agua**

m 662 98.98 65,524.76

**Codos y T. Piezas especiales**

unidades 17 400. 6,800.

### 3.- Drenaje

**Excavación con máquina para  
zanjas. Material B-Seco (0-8m  
profundidad)**

m 718 42.63 30,608.34

**Suministro Tubería de Asbesto****Cemento de 12" clase A-5**

m

718

61.26

43,984.68

**Relleno de zanjas para tubería  
apisonado y compactado c/20 cm.  
con agua**

m

718

98.98

71,067.64

**Codos y T. Piezas especiales**

25

400.

10,000.

**Monjes para control de agua**

17

7000.

119,000.

**Colectores de concreto armado  
de 100m<sup>2</sup> c/u (12.5 x 8m)**m<sup>2</sup>

898.4

1200.

1'078,080.

**4.- Edificios****Caseta de vigilancia (5 x 6m) de  
lámina preconstruída**m<sup>2</sup>

60

75000.

150,000.

**Oficina y Laboratorio (11.5 x 7m)**m<sup>2</sup>

80.5

6000

483,000.

**Taller y Almacén (6 x 8)**m<sup>2</sup>

48

6000

288,000.

69

**Bodega (10 x 8)**m<sup>2</sup>

80

6000

480,000.

65	Casa Habitación	m <sup>2</sup>	100	6000	600,000.
	Tanque de distribución (4 x 4)	m <sup>2</sup>	16	6000	96,000.
	5.- Cerca de tela ciclónica	m	996	500	498,000.
	6.- Terreno	ha.	5.275	100,000	<u>527,500.</u>
				TOTAL	<u><u>7'552,537.6</u></u>

**C U A D R O II**  
**C O S T O S D E E Q U I P O**

	P.U.	TOTAL
<b>REDES</b>		
10 bolsas de red nylon, malla 3-4 mm. de 0.50m x 1.50 x 0.75	2,000	20,000
6 bolsas de red nylon, malla varios tamaños: 1.50 x 1 x .75	2,500	15,000
2 chinchorros red nylon, malla 5-6 mm. 60 m.	30,000	60,000
2 chinchorros red nylon, malla 8 mm. 50 m.	25,000	60,000
2 chinchorros red nylon, malla 11-12 mm. 50 m.	25,000	60,000
2 chinchorros red nylon, malla 15-16 mm. 60 m.	30,000	60,000
2 chinchorros red nylon, malla 20 mm. 50 m.	25,000	60,000
1 chinchorro red nylon, malla 22 mm. 30 m.	25,000	30,000
11 juegos de plomos, cabos y flotadores	3,000	33,000
4 redes cuchara	200	800

## TRANSPORTADORES

15 cubetas de 15 l.	70	1,050
15 tinas plástico 30 l.	300	4,500
8 carretillas	900	7,200

## BALANZAS Y AP. PRECISION

1 balanza granatoria 1 kg.	1,500	1,500
1 balanza granatoria 250 kg.	9,000	9,000
1 microscopio estereoscópico	60,000	60,000
1 microscopio óptico	55,000	55,000
1 molino p/carne eléctrico	25,000	25,000

## LABORATORIO

2 mecheros	1,000	2,000
2 estuches disección	2,000	4,000
crystalería	lote	10,000
2 pinzas bureta	560	1,120
reactivos	lote	10,000
4 ictiómetros	100	400
5 charolas disección	300	1,500
3 termómetros inmersión	750	2,250

## OTROS

2 lámparas de mano	300	600
--------------------	-----	-----

1 lámpara gas butano	2,000	2,000
1 lote medicamentos	lote	5,000

### TRANSPORTES

1 camioneta pick-up 1 1/2 ton.	300,000	300,000
1 motocultor Dong-Feng	90,000	90,000
1 remolque	36,000	36,000

### VESTUARIO

juegos de botas y pantalón	600	14,400
juegos de ropa p/lluvia	600	14,400
5 palas	300	1,500
5 picos	300	1,500

### ENERGIA

Teléfono, luz	2,000 por mes	24,000 por año
---------------	------------------	-------------------

### REFACCIONES

10,000	10,000/año
--------	------------

### REPARACIONES

10,000	10,000/año
--------	------------

### 1 JUEGO HERRAMIENTAS

6,000	6,000
-------	-------

### COMBUSTIBLE

\$150/día	54,000/año
-----------	------------

### LUBRICANTES Y MANTENIMIENTO

5,000/año
-----------

## MISCELANEOS

### Papelería

		50,000/año
4	cubetas plástico 10 l.	50      200
4	escobas	30      120 por 6 meses

## EQUIPO DE OFICINA

5	escritorios	10,000	50,000
5	sillas	3,000	15,000
1	archivero	7,000	7,000
1	librero papelería	10,000	10,000
1	máquina de escribir	30,000	30,000
5	charolas escritorio	1,000	5,000
1	computadora	105,000	105,000
			<u>1'519,640</u>
		+ 10 <sup>o</sup> /o	<u>151,964</u>
			<u>1'671,604</u>
		+ Valor Presente de Equipo	<u>736,976.8</u>
			<u><u>2'408,580.8</u></u>

### C U A D R O III

#### C O S T O S D E S U E L D O S\*

	Mes	Anual
1 Jefe de centro	35,000	455,000
1 Subjefe de centro	20,000	260,000
1 Administrador	25,000	325,000
1 Contador	20,000	260,000
1 Secretaria	10,000	130,000
1 Chofer	10,000	130,000
2 Veladores	7,000	<u>182,000</u>
		1'742,000
	+ Valor Presente de Sueldos**	<u>5'899,856.5</u>
		<u><u>7'641,856.8</u></u>

\* El cálculo de sueldos de piscicultores no se incluye aquí porque fue calculado ya en los costos de cultivo, dentro del rubro correspondiente a "esfuerzo de cultivo".

\*\* Ver cuadro VI.

C U A D R O IV

COSTOS ANUALES DE CULTIVO

REPRODUCTORES	Cant. Anual	P.U.	COSTO ANUAL
Costo llenado estanques abrir válvulas y cerrar estanques	4 hr	\$41.60	166.38
Costo Fertilizaciones (1/15 días; 4 estanques)	32 hr	41.60	1,331.20
Costo Fertilizante (para 4 estan- ques)	1282.3 kg	41.60	2,564.64
Costo Traslado de reproducto- res de E.M. a E.R.	16 hr	41.60	332.80*
Costo Alimentación (360 días)	600 hr	41.60	24,960.
Costo de Traslado de reproducto- res de E.R. (a) a E.R.(b)	60 hr	41.60	2,496.
Costo de Limpieza E.R.	192 hr	41.60	7,987.20
Costo de Mantenimiento E.R.	192 hr	41.60	7,987.20
Costo de Alimento	8654.4 kg	8.	69,235.20
<b>REPRODUCTORES EN MANTENIMIENTO</b>			
Costo de Alimento	1720.2 kg	8.	13,841.28
Costo de Alimentación E.M.	720 hr	41.60	29,952.

Costo de Mantenimiento E.M.	96 hr	41.60		<u>3,993.60</u>
			Subtotal	<u>164,847.5</u>

### CRIAS\*\*

Costos de Fertilizante (E-0 no se fertiliza)	E-1	1,229.7 kg	\$ 2. /kg	2,459.42
	E-2	1,085.04kg	2. "	2,170.08
	E-3	1,102.3 kg	2. "	2,204.6
	E-4	1,251.8 kg	2. "	2,503.75
	E-5	1,595.7 kg	2. "	3,191.55
	E-6	314.6 kg	2. "	629.20
Costos de Fertilizaciones	E-1	38.13hr	41.6 /hr	1,585.6
	E-2	35.64hr	41.6 "	1,488.73
	E-3	36.27hr	41.6 "	1,509.25
	E-4	41.73hr	41.6 "	1,735.70
	E-5	55.74hr	41.6 "	2,318.9
	E-6	12.14hr	41.6 "	504.
	Subtotal			<u>22,300.78</u>

### COSTOS DE ALIMENTO

ER	158.73kg	8. /kg	1,269.86
E-0	158.73kg	8. "	1,269.86
E-1	5,885.15kg	8. "	47,081.68
E-2	8,162.32kg	8. "	65,297.82
E-3	10,151.83kg	8. "	81,214.87
E-4	11,186.38kg	8. "	89,491.08
E-5	13,360.71kg	8. "	106,885.24
E-6	1,154.13kg	8. "	9,233.07
	Subtotal		<u>401,743.48</u>

## COSTOS DE ALIMENTACION

ER	21.7 hr	41.6 /hr	902.97
E-0	21.7 hr	41.6 "	902.97
E-1	181.3 hr	41.6 "	7,543.13
E-2	248.5 hr	41.6 "	10,336.14
E-3	298.8 hr	41.6 "	12,430.63
E-4	1,087.25hr	41.6 "	45,237.22
E-5	395.8 hr	41.6 "	16,490.32
E-6	44.99hr	41.6 "	1,871.63
Subtotal			<u>95,715.01</u>

## COSTOS DE COLECTA, CRIBADO Y TRANSPORTE\*\*\*

de crías en todas las entradas  $d_t$  en el tiempo  $t$   
(De ER a E0 y de E0 a E1 y E2)

	142.8 hr	41.60	5,940.48
T1	13.6 hr	41.60	550.27
T2	32.06hr	41.60	1,333.71
T3	24.65hr	41.60	1,017.08
T4	24.5 hr	41.60	1,017.08
T5	14.83hr	41.60	616.782
T6	8.8 hr	41.60	365.70
			<u>4,908.93</u>
			x 2
			9,918.86
6 períodos	+		4,908.93
			<u>2,454.47</u>
Subtotal			<u>17,181.25</u>

## COSTOS DE MANTENIMIENTO

Estanques, crías (7/estanques) 336 hr 41.60 13,977.60

COSECHA 103.62hr 41.60 4,310.74

## COMERCIALIZACION

3,105 kg 400/kgr 1'242,015.2  
\$ 1'968.032.

- Esta actividad de traslado se realiza 1 vez cada 2 años a un costo de \$665.6, como estamos considerando costos anuales  $\$665.6/2 = 332.8$ .
- Los cálculos de Costos de Alimento y Alimentación se realizaron totalmente para el primer período (T0 - T6) procediendo a calcular los de los siguientes 5 períodos restantes (que completan un año) de la siguiente manera: el segundo período es igual al primero por lo que se consideró el mismo costo, dado que las producciones de crías del desove son iguales; los siguientes períodos (3 - 4 y 5 - 6) representan el 50o/o y el 25o/o respectivamente, del primer período calculado.
- T1 implica la colecta, cribado y transporte de E2 a E3 y E4; de E1 a E2 y E3; de E0 a E1 y E2.  
T2 implica la colecta, cribado y transporte de E4 a E5 y E6; de E3 a E4 y E5; de E2 a E3 y E4; de E1 a E2 y E3; de E0 a E1 y E2.  
T3, T4, T5 y T6 implican los mismos movimiento que T2. La diferencia para cada tiempo T consiste en el número de crías que se colectan, criban y transportan. Como se puede observar ya no hay dispersión a partir del estanque 5 en adelante, ya que éste como el E6 son de cosecha.

EM = Estanques de Mantenimiento

ER = Estanques de Reproducción

E1-E6 = Estanque 1, etc.

**C U A D R O V**  
**RESUMEN COSTOS TOTALES**

**VALOR PRESENTE DE LA INVERSION CANONICA\***

Costo de Compra y Multiplicación (o producción) de reproductores (sólo en el año "0")**	\$ 2'379,114.3
Costo Construcción de Estanquería y edificaciones (sólo en el año "0" )	7'552,537.6
Costo de Equipo (Actualizado al horizonte de 12 años)	2'408,580.8
Costo de Sueldos (Actualizado al horizonte de 12 años)	<u>7'641,856.8</u>
	19'982,089.5

**COSTOS DE CULTIVO Y COMERCIALIZACION\*\*\***  
 (Actualizado al horizonte de 12 años)      \$ 1'968,032.

- \* Las actualizaciones de la Inversión Canónica se realizaron por fuera del programa. (ver cuadro VI)
- \*\* Ver cuadros del Apéndice.
- \*\*\*Las actualizaciones de Costos de Cultivo las realiza el programa.

C U A D R O VI

MATRIZ DE COSTOS PARA EL CALCULO DEL VALOR PRESENTE DE SUELDOS Y EQUIPO

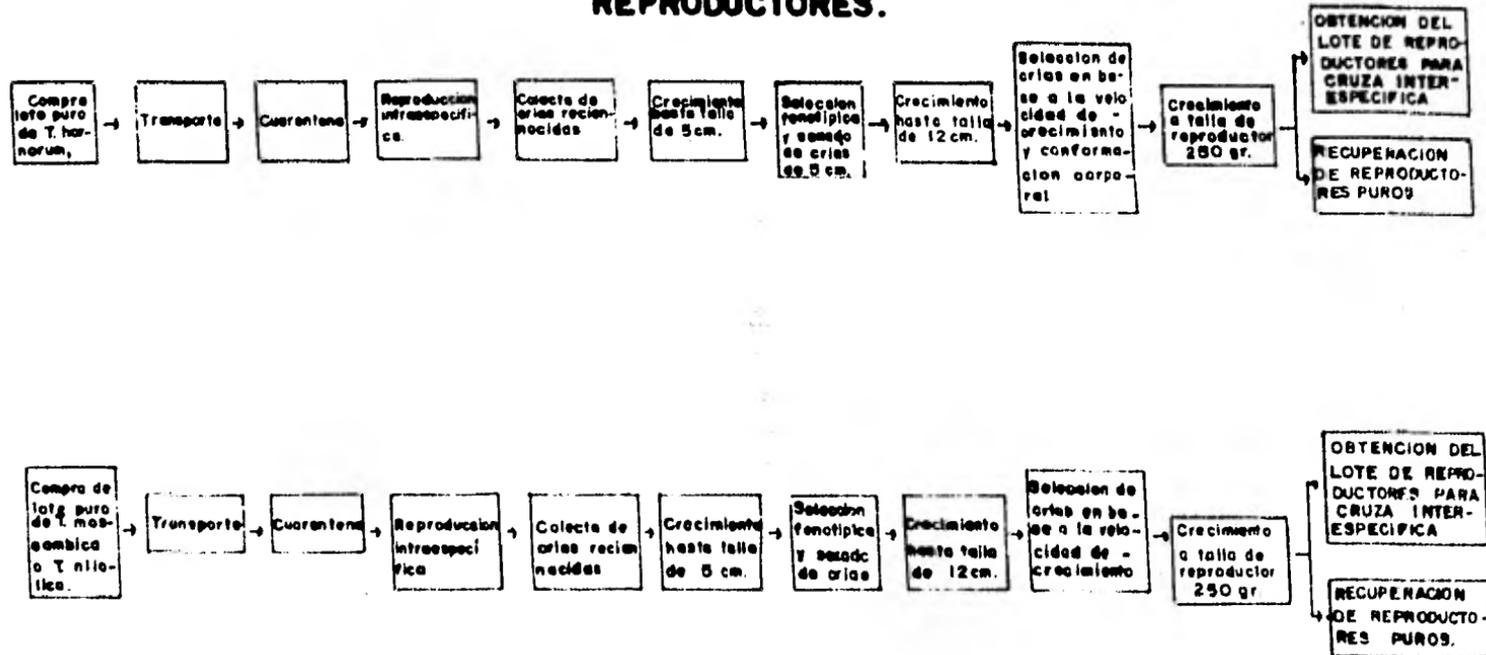
Concepto/año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sueldos	1'742,000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Camioneta	300,000					x					x		
Vestuario	18,800		x		x		x		x		x		
Energía	24,000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Refacciones	20,000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Reparaciones	10,000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Combustible	54,000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lubricantes	5,000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Papelería y misceláneos	50,000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tractor	126,000						x						
Reactivos	10,000		x		x		x		x		x		
Cristalería	10,000						x						

Las marcas indican los años para cada uno de los cuales se realizan las actualizaciones. La fórmula utilizada

fue  $P = F \left( \frac{1}{(1+i)^n} \right)$

**A P E N D I C E**

**FIGURA I. DIAGRAMA DE BLOQUES DE PRODUCCION DE REPRODUCTORES.**



**CUADRO APENDICE 1**  
**ESTIMACION DE COSTOS DE PRODUCCION DE**  
**REPRODUCTORES Y DE COSTO/REPRODUCTOR\***

Concepto	Cantidad	P.Ú.	TOTAL
1.- Compra del lote original en el extranjero. ( <i>T. hornorum</i> : 6♀: 4♂) ( <i>T. mossambica</i> : 6♀: 4♂)	20	11,500	230,000
2.- Costo de Flete	200	16.33kg	2,366
3.- Costo de Impuestos (cupón de trámite; 5/1000; 2º/o impuesto del total; 3º/o adicional; intercambio compensado; impuesto aduanal)	20 reproductores	2,139.4	42,788
4.- Costo Alimento Reproductores durante 6 meses (se consideró un 3º/o de la biomasa total con reproductores de 250 gr).	150 g/día	8. /kg	216
5.- Costo de Alimentación de Reproductores durante 6 meses**	1/2 hr/día	41.6/hr	3,556.8
6.- Costo de Alimento a crías ♂ y ♀ de 0-2 cm. (durante 15 días)	15.38 kg	8. /kg	123.04
7.- Costo de Alimento a crías ♂ y ♀ de 2-5 cm. (durante 45 días)	21.9 kg	8. /kg	175.34

- 8.- Costo alimento crías de 5-12 cm. (durante 45 días) **110:1 gr 880.61**
- 9.- Costo alimento juveniles de 12-25 cm. (durante 65 días) **1384.6 kg 8. 11,076.93**
- 10.- Costo de Selección Fenotípica de crías de 5 cm.\*\* **45.2 hr 41.6/hr 1,884.42**
- 11.- Costo de Selección de Características relevantes a juveniles de 12 cm. **28.68hr 41.6/hr 1,193.47**
- 12.- Costos de Alimentación a crías de 0.2 cm. (durante 15 días)\*\* **22.5 hr 41.6/hr 936.**
- 13.- Costo de Alimentación a crías de 2-5 cm. (durante 45 días)\*\* **67.5 hr 41.6/hr 2,808.4**
- 14.- Costo de Alimentación a crías de 5-12 cm. (durante 45 días)\*\* **90 hr 41.6/hr 3,744.**
- 15.- Costo de Alimentación a juveniles de 12-25 cm. (durante 65 días)\*\* **195 hr 41.6/hr 8,112.**
- 16.- Costo de Fertilizante a estanque crías de 0.2cm. **0.1423kg 2./kg 0.2846**
- 17.- Costo de Fertilizante a estanque crías de 2-5 cm. (1 cada 15 días, durante 45 días) **1.31kg 2. /kg 2.61**
- 18.- Costos de Fertilizante a estanques crías de 5-12cm. (1 cada 15 días, durante 45 días) **4.47kg 2. /kg 8.94**

19.- Costo de Fertilizante a estanques de juveniles de 12-25 cm. (1 cada 15 días, durante 65 días)	304.2 kg	2. /kg	608.43
20.- Costo de Fertilización a estanques crías 0-2 cm. (1 fertilización)**	1.5 hr	41.6/hr	62.4
21.- Costo de Fertilización a estanques de crías 2-5 cm. (3 fertilizaciones)**	4.5 hr	41.6/hr	187.20
22.- Costo de Fertilización a estanques de crías 5-12 cm. (3 fertilizaciones)**	6 hr	41.6/hr	249.6
23.- Costo de Fertilización a estanques de juveniles de 12-25 cm. (4.3 fertilizaciones)**	21.5 hr	41.6/hr	89.44
24.- Costo de colecta de crías 2 cm.**	57.2 min	41.6/hr	41.60
25.- Costo de colecta de crías 5 cm.**	54.22min	41.6/hr	37.59
26.- Costo de colecta de crías 12 cm.**	6.88hr	41.6/hr	286.43
27.- Costo de colecta de reproductores 25 cm.**	12.77hr	41.6/hr	531.49
28.- Costo de sueldo Biólogo por 9 meses	9 meses	35,000/mes	315,000.
		Subtotal	628,671.58

29.- Costos de Obra (ver cuadro apéndice de costos de obra)

Costos de Obra 1,281,442.8

30.- Costo de Equipo (ver cuadro apéndice de costos de equipo)

Costo de Equipo 469,000.

**TOTAL 2,379,114.3**

**COSTO/REPRODUCTOR = \$ 2'379,114.3/3,200 = \$ 743.47\*\*\***

- \* Todos los cálculos se hicieron considerando un tiempo de 2 meses para la reproducción; 4 meses para mantenimiento de reproductores y un tiempo de crecimiento de crías de 6 meses.
- \*\* Indica el "esfuerzo de cultivo" (Negrete, op. cit.) o mano de obra realizada por los piscicultores.
- \*\*\* Nótese el costo/reproductor obtenido (\$ 743.47) y el costo/reproductor comprado (\$11,500) (5,000 US \$ c \$23 M.N. x 2 = \$230,000 M.N./20 = \$11,500 M.N.).

CUADRO APENDICE 2.  
**COSTOS DE OBRA PARA PRODUCCION DE REPRODUCTORES**

**Estanques de Reproductores.**

Se compraron 10 reproductores de cada especie y se decidió separando en lotes de 5 para evitar contagio en caso de enfermedad. Se diseñaron 4 estanques de 2 x 3 m. considerando un territorio de 3 m<sup>2</sup>/macho.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	TOTAL
Limpieza y trazo	m <sup>2</sup>	24	3.10	74.4
Excavación a mano material B-seco	m <sup>3</sup>	24	102.70	2,464.8
Construcción de Bordos y Taludes (2:1)	m <sup>3</sup>	62	75.72	4,694.64
Plantilla apisonada 85°/o Proctor, 20 cm. espesor	m <sup>3</sup>	24	75.72	<u>1,817.28</u>
			Subtotal	<u>9,051.12</u>

**Estanques de Crecimiento.**

Se consideró que el período de reproducción mínimo requerido para obtener el número de crías necesarias, dados los 20 reproductores, es de 2 meses. Al cabo de los cuales, los reproductores se transfieren a estanques de mantenimiento y las crías permanecen en los estanques de reproducción hasta que alcanzan la talla de 2 cm.

**Estanques de Crecimiento de 2 a 5 cm.**

Se diseñaron 2 estanques de 8 x 4 = 32m<sup>2</sup>, uno para cada especie, el tamaño se decidió en base al número de crías esperadas. Se consideró una mortalidad constante/día.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	TOTAL
Limpieza y Trazo	m <sup>2</sup>	64	3.10	198.40
Excavación a mano Material B-seco	m <sup>3</sup>	64	102.70	6,572.80
Construcción de Bordos y Taludes (2:1)	m <sup>3</sup>	102	75.72	7,723.44
Plantilla apisonada 85°/o proctor, 20 cm. espesor	m <sup>3</sup>	64	75.72	4,846.08
			Subtotal	19,340.72

#### Estanques de Crecimiento de 5-12 cm.

Se diseñaron 2 estanques de  $7 \times 8 = 56 \text{ m}^2$ , uno para cada especie

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	TOTAL
Limpieza y Trazo	m <sup>2</sup>	112	3.10	347.20
Excavación a mano material B-seco	m <sup>3</sup>	112	102.70	11,502.4
Construcción de Bordos y Taludes (2:1)	m <sup>3</sup>	129	75.72	9,767.88
Plantilla apisonada 85°/o Proctor, 20 cm. espesor	m <sup>3</sup>	112	75.72	8,480.64
			Subtotal	30,098.12

#### Estanques de Crecimiento de 12-25 cm.

Se diseñaron 2 estanques de  $35 \times 75 = 2,625 \text{ m}^2$ , uno para cada especie.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	TOTAL
Limpieza y Trazo	m <sup>2</sup>	5250	3.10	16,275.
Excavación a máquina material B-seco	m <sup>3</sup>	5250	42.63	23,807.5
Construcción de Bordos y Taludes (2:1)	m <sup>3</sup>	1900	75.72	43,868.
Plantilla apisonada, 85% Proctor, 20 cm. espesor	m <sup>3</sup>	5250	75.72	97,530.
			Subtotal	81,480.5

### Línea de Conducción y Red.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	TOTAL
Suministro Tubo Asbesto Cemento 8", Clase A-5	m	80	298.25	23,860.
Suministro piezas especiales		11	400.	4,400.
Excavación a mano para zanjás tubería	m	80	85.80	6,864.
Instalación, junteo y prueba tubería de Asbesto-Cemento 8", Clase A-5	m	80	35.59	2,847.20
Relleno de zanjás para tubería, apisonado y compactado cada 20 cm. con agua	m	80	98.98	7,918.40
Tubo de suministro de PVC, 6"	m	82	133.33	10,933.33
Suministro piezas especiales		11	400.	4,400.
			Subtotal	63,781.33

## OTROS

1 caseta de vigilancia y  
pequeña bodega 4 x 4 m.  
= 16 m<sup>2</sup> de lámina pre-  
construida

40,000.

Cerca de tela ciclónica m 382 500. 91,000.

Terreno de 108 x 83 m<sup>2</sup> 8,964 100,000/ha 89,640.

1 tanque de regularización  
de gasto de 4 x 4 x 2.5 cm. m<sup>2</sup> 16 3,000. 48,000.

Subtotal 368,640.

TOTAL 1'272,391.7

4 estanques para manteni-  
miento de reproductores, de  
las mismas dimensiones que  
los de reproducción

9,051.12

TOTAL OBRA 1'281,442.8

**CUADRO APENDICE 3**

**COSTO DE EQUIPO PARA PRODUCCION DE REPRODUCTORES**

6	cajas para colecta de 0.50 x .25 m	500	3,000
2	cajas para colecta de 1 x 1 x .30 m	750	1,500
2	cajas de 2 x 2 x .30 m	1,500	3,000
1	moto bomba Diesel de 6" PERKINS	150,000	150,000
1	balanza granataria 1 kg	1,000	1,000
1	balanza analítica	30,000	30,000
1	molino para carne	10,000	10,000
1	hidrolab	55,000	55,000
5	tinas plástico 50 l	300	1,500
4	cubetas 20 l	50	200
4	cepillos y escobas	50	200
1	chinchorro malla de 4 cm.	25,000	25,000
1	chinchorro malla de 2 cm.	30,000	30,000
4	redes cuchara	200	800

2	juegos de plomos, cabos y flotadores	3,000	6,000
3	juegos ropa p/lluvia	600	1,800
1	lote de medicamentos	5,000	5,000
	<b>Refacciones y Reparaciones</b>		<b>25,000</b>
	<b>Energía</b>	<b>10,000</b>	<b>120,000</b>
		<b>TOTAL EQUIPO</b>	<b><u>469,000.</u></b>

## REFERENCIAS

- 1.- Allison, R., et al. Effects of High Density Culture on Reproduction and Yield of *Tilapia aurea*.  
1976  
FAO Technical conference on Aquaculture, Kyoto, Japón.  
FIR: AQ/Conf./76/E.47.
- 2.- Arredondo, J. Algunos Aspectos sobre la Taxonomía de la Tilapia  
1975  
Rev. Piscis. Año 1, No. 2, Nov-Dic. 1975.
- 3.- Avtalion, R. e I. Hammerman. Sex Determination in *Sarotherodon*  
1978  
(Tilapia).  
I. Introduction to the Theory of Autosomal Influence.  
Bamidgeh, 30 (4): 110-115, 1978.
- 4.- Bardach, J., J. Ryther, y W. Melarney. Aquaculture. The Farming and  
1972  
Husbandry of Freshwater and marine Organisms.  
Wiley Interscience. 868p.
- 5.- Chervinsky, J. *Tilapia nilotica* (LINNE) from Lake Rudolf, Kenya,  
1967  
and its hybrids resulting from a cross with *T. aurea*  
(STEINDACHER). (Pisces, CICHLIDAE).  
Bamidgeh, 19 (4): 81-96, Dic. 1967.
- 6.- CIFSA Consultores. Proyecto de un Centro Acuícola para Especies  
1978  
Tropicales. Proyecto elaborado para la Dirección  
General de Acuicultura. DEPES. México.
- 7.- Cortés, M., y F. Pagan, Enhancement of Warmwater Pisciculture in Puerto  
1978  
Rico Through use of Polyculture Systems hibridi-  
zation and of local foodstuff sin formulation and  
manufacture of fish feed diets.  
Puerto Rico Department of Agriculture. Reproduced  
by National Technical Information Service. U.S. Dept.  
Commerce. Springfield, Va. 221161 PB-287940.

- 8.- Dadzie, S. 1970b Laboratory experiment of the fecundity and frequency of spawning in *T. aurea*. Bamidgah, 22(1): 14-18.
- 9.- Fishelson, L. 1966 Cichlidae of the genus *Tilapia* in Israel. Bamidgah, 18 (3-4): 67-80. Dic. 1966.
- 10.- Flores, J. 1980 Comunicación personal.
- 11.- González, B. 1974 Experiencias del Cultivo Intensivo de *Tilapia* en base a trabajos de hibridación en la unidad Acuicola de El Rosario, Sin., Méx. Memorias del Simposio Sobre Acuicultura en América Latina. Montevideo, Uruguay. 26 Nov. a 2 Dic. 1974.
- 12.- Hickling, C. 1963 The Cultivation of *Tilapia*. Scientific American. May 1963. Vol. 208 No. 5 p. 143-152.
- 13.- Huner, J. 1980 *Tilapia*: Friend or Foe. Rev. Farm. Pond Harvest/Fall 1980. Año 14, No. 4 p. 8-13.
- 14.- Kelly, H. Preliminary Studies on *Tilapia mossambica* Peters Relative to Experimental Pond Culture. Proceeding of the Tenth Annual Conference Southeastern Association of Game and Fish Commissioners, 1956.
- 15.- Lovshin, et al. 1974 The Intensive Culture of the All-Male Hybrid of *Tilapia hornorum* (male) x *Tilapia nilotica* (female) in Northeast Brazil. FAO/CARPAS Symposium on Aquaculture in Latin America, Montevideo, Uruguay, 26 Nov. 2 Dic. 1974. CARPAS/6/74/SE22.
- 16.- Méndez, C. 1980 Comunicación Personal.
- 17.- Moav, R. 1975 Genetic Improvement in Aquaculture Industry. FAO: Technical Conference on Aquaculture, Kyoto, Japón. FIR: AQ/Conf./76/R.g.

- 18.- Morales, A., 1970. Las Tilapias del Sureste de México. III Congreso Nacional de Medicina. Veterinaria y Zootecnia, Ver. Ver. 1970.
- 19.- Morales, A. 1974. El Cultivo de la Tilapia en México. Datos Biológicos. Instituto Nacional de Pesca. INP/SI:124.
- 20.- Morales, A. y S. Delgadillo. Hibridación con Tilapia: *T. nilotica* (Linn) x *T. mossambica* (Peters) (perciformes): Ciclidae, en la Estación de Acuicultura Tropical de Temascal, Oax., con fines de cultivos monosexuales intensivos. Memorias del Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales 3-5 Nov. 1976, Tuxtla, Gtz., Chis. Méx.
- 21.- Nanne H. 1979. Sección de Noticias. Rev. Lat. Ac. No. 2 Dic. 1975.
- 22.- Negrete, J. 1979. Análisis y Diseño del Sistema de Cultivos Precomerciales de Moluscos. Estudio realizado para la Dirección General de Acuicultura. DEPES, 1979.
- 23.- Pacheco, C. y colaboradores. Comunicación personal. 1980
- 24.- Pagan, G. 1969. Cage Culture of Tilapia. FAO Fishculture Bulletin, 1969, 2 (1): 6.
- 25.- Pagan, F. 1975. Cage Culture as a Mechanical Method for Controlling Reproduction of *Tilapia aurea*. Aquaculture, 6 (1975): 243-247.
- 26.- Perezgómez, S. 1979. La formación Profesional y el enfoque empírico en el Desarrollo de la Acuicultura. 1er. Simposio Internacional. Educación y Organización Pesqueras. Vol. I Educación Pesquera. Dic. 1979.
- 27.- Pretto, R. 1979. Pasos a seguir en la producción de Híbridos de Tilapia *T. nilotica* hembra x *T. hornorum* macho. Rev. Lat. Acuí. No. 1, Sept. 1979, p. 29-32.
- 28.- Pruginin, Y. 1978. Comunicación personal.

- 29.- Rojas, P. 1980. Conocimiento Tradicional y Acuicultura. II Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Tomo I. Departamento de Pesca. México, 1980.
- 30.- Rothbard, S. y Y. Pruginin. 1975. Induced Spawning and Artificial Incubation of Tilapia. *Aquaculture*, 5 (1975): 315-321.
- 31.- Sahop. 1980. Catálogo de Precios Unitarios 1980. Dirección General de Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado.
- 32.- Sasso, L. 1980. Comunicación Personal.
- 33.- Shell, E. 1968. Monosex Culture of male *Tilapia nilotica* Linneaus in ponds stocked at three rates. *FAO Fisheries Report* 44, Vol. 4: V/E-5, p. 353-356, 1968.
- 34.- Sipe, M. 1980. Comunicación personal.
- 35.- Tarquin, A. y L. Blank. 1978. Ingeniería Económica. McGraw Hill, México, 412 p.
- 36.- Velasco, R. 1979. Comunicación personal.
- 37.- Vollmaun, F. 1978. Transporte de Peces Vivos. Ed. Acribia, España, 1978, 89 p.