

# DESARROLLO DE TECNOLOGIAS DE ACUACULTURA SEMI-INTENSIVA EN HONDURAS

RESUMEN DE LAS  
INVESTIGACIONES  
EN ACUACULTURA  
DE AGUA DULCE  
REALIZADAS POR  
EL PROGRAMA  
COLABORATIVO DE  
APOYO A LA  
INVESTIGACIÓN EN  
ACUACULTURA/  
DINÁMICA DE  
ESTANQUES  
(PD/A CRSP)  
DE 1983 A 1992

Centro Internacional para la Acuicultura y Medio Ambientes Acuáticos  
Series para la Investigación y Desarrollo Número 45  
Universidad de Auburn, Alabama 36849-5419 USA

Edición en Español  
Febrero 2000

# CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO _____	2
INTRODUCCION _____	3
Historia _____	3
Instalaciones de la Estación de Investigación _____	3
ACTIVIDADES DE INVESTIGACION _____	4
Producción de Alevines _____	4
Estudios de Fertilización _____	9
Estudios de Fertilización y Alimentación Combinadas _____	19
Estudios sobre Otras Especies _____	23
Estudios Diversos _____	25
Pruebas de Finca de los Sistemas de Producción de Peces del PD/A CRSP _____	29
ECONOMIA DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DE ESTANQUES DEL PD/A	
CRSP EN HONDURAS _____	36
Categorías de Tratamientos _____	36
Análisis de Presupuesto de Producción _____	36
Análisis de Sensibilidad _____	42
CONCLUSIONES _____	46
Publicaciones y Presentaciones del Proyecto _____	47
Apéndice _____	48

*La información contenida en éste folleto está disponible a cualquier persona sin importar raza, color, sexo o nacionalidad.*

El contenido de este documento no necesariamente representa una posición oficial o política de la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos de Norteamérica (USAID). La mención de los nombres de negocios o productos comerciales en este reporte no constituye el apoyo o recomendación para su uso por parte de la USAID o del Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Acuicultura/Dinámica de Estanques (PD/A CRSP).

# RESUMEN EJECUTIVO

LA INVESTIGACIÓN EN ACUACULTURA EN HONDURAS se ha desarrollado desde 1983 en una manera colaborativa por medio del Centro Internacional de Acuicultura y Medio Ambientes Acuáticos, Universidad de Auburn y la Dirección General de Pesca y Acuicultura, Secretaría de Agricultura y Ganadería, República de Honduras. Estas investigaciones se llevaron a cabo en el Centro Nacional de Investigación Piscícola El Carao, Comayagua, Honduras, bajo el auspicio del Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Acuicultura/Dinámica de Estanques (PD/A CRSP), el cual está financiado por USAID. La meta principal del PD/A CRSP es incrementar la producción de tilapia por medio de la optimización de los recursos utilizados en sistemas basados principalmente en la productividad natural de los estanques.

Los estanques fueron sembrados con machos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Los nutrientes agregados al estanque fueron fertilizantes orgánicos y químicos y alimento suplementario ya sea solo o en alguna combinación. La tasa de siembra fue de 10,000 tilapia/ha durante los primeros cinco años de investigación. Asimismo, durante este periodo las investigaciones fueron repetidas durante las estaciones lluviosa y seca bajo la asunción de que las diferencias entre estaciones afectarían significativamente la productividad de los estanques. Sin embargo, se probó que la temperatura fue el factor que más afectó al crecimiento de los peces y el periodo más frío del año se traslapó con las estaciones lluviosa y seca. Por lo tanto, comenzando con el sexto año los experimentos se realizaron considerando las estaciones cálida y fría en lugar de lluviosa y seca. Las diferencias en la producción de peces entre las estaciones cálidas y frías pueden ser mayores a 25%.

Una densidad de siembra mayor a 10,000 tilapia/ha en estanques fertilizados orgánicamente dio como resultado peces más pequeños y no se alcanzó una mayor producción. Al incrementar la densidad a 20,000 peces/ha dio como resultado una mayor producción cuando el fertilizante orgánico (gallinaza) fue suplementado con nitrógeno en forma de urea. En búsqueda de la mejor combinación de fertilización orgánica y alimento suplementario, el uso de alimento fue más eficiente cuando se combinó en pequeñas cantidades (1.5 % biomasa/d) con el fertilizante o cuando fue usado al comienzo del tercero o cuarto mes del cultivo. No fue posible realizar mayores ganancias económicas usando alimento en lugar de gallinaza sola a densidades de siembra menores de 20,000 peces/ha. No hubo diferencias en retornos económicos entre los sistemas fertilizante orgánico combinado con alimento y fertilizante orgánico suplementado con nitrógeno en forma de urea. Producciones de tilapia alcanzaron 3,500 kg/ha en 150 días en estanques fertilizados pero sin adición de alimento. Producciones se incrementaron a 5,300 kg/ha en 150 días al utilizar alimentos suplementarios sin embargo, el alto costo del alimento suplementario redujo los retornos netos por debajo de los realizados con solo fertilizante.

Asumiendo que el precio de venta es independiente del tamaño de los peces, fertilizante orgánico suplementado con urea fue el sistema de manejo más rentable. Dieciséis estrategias de manejo de estanques dieron como resultado retornos económicos positivos. En todos los tratamientos con retornos económicos positivos se sembraron por lo menos 20,000 tilapias/ha. Es necesario utilizar alimentos formulados para la producción de tilapias grandes (>400 g); sin embargo, se requiere un mayor precio de venta para las tilapias grandes, para poder lograr que las utilidades de este sistema de manejo sean mayores que los sistemas basados en la fertilización orgánica suplementada con urea. Las tilapias grandes generalmente se producen para los mercados de exportación y requieren prácticas intensivas de producción. Las tilapias cosechadas de estanques con un manejo semi-intensivo pueden abastecer a los mercados domésticos de América Central. El uso combinado de fertilizantes orgánicos y químicos como aporte de nutrientes a los estanques de tilapia, requiere menos capital que el uso de alimento comercial y por lo tanto es apropiado para los productores a pequeña y mediana escala que son los proveedores de los mercados domésticos.

# DESARROLLO DE TECNOLOGIAS DE ACUACULTURA SEMI-INTENSIVA EN HONDURAS

RESUMEN DE LAS INVESTIGACIONES EN ACUACULTURA DE AGUA DULCE REALIZADAS POR EL PROGRAMA COLABORATIVO DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN EN ACUACULTURA/DINÁMICA DE ESTANQUES (PD/A CRSP) DE 1983 A 1992

Bartholomew W. Green, David R. Teichert-Coddington<sup>1</sup> y Terrill R. Hanson<sup>2</sup>

Traducido al Español por Gabriela Montaña  
Edición en Español Editada por Bartholomew W. Green

## INTRODUCCIÓN

DURANTE EL PERIODO 1983-1993 se han implementado tres proyectos de acuicultura consecutivos; en este reporte se resumen los resultados de las investigaciones así como el análisis económico de los sistemas de producción.

### Historia

Desde 1983, en Honduras se ha realizado investigación en acuicultura como un esfuerzo de colaboración entre el Centro Internacional de Acuicultura y Medio Ambientes Acuáticos (ICAAE), Universidad de Auburn, Alabama, EUA y la Dirección General de Pesca y Acuicultura, Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), República de Honduras. Las investigaciones se han concentrado en el desarrollo de sistemas de producción de alevines y peces de engorde en agua dulce, y en los sistemas de producción semi-intensivos de camarón marino.

A principios de 1983 la implementación del Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Acuicultura/Dinámica de Estanques (PD/A CRSP), financiado bajo el Título XII de la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos de Norteamérica, se inició en Honduras, Indonesia, Panamá, Filipinas, Ruanda y Tailandia. Las investigaciones del PD/A CRSP fueron designadas para cuantificar los procesos biológicos, químicos y físicos de los sistemas de manejo para los estanques de cultivo de peces. El PD/A CRSP se implementó en el Centro Nacional de Investigación Piscícola El Carao, Dirección General de Pesca y Acuicultura, Secretaría de

Agricultura y Ganadería, Comayagua, Honduras. Debido a la reducción del presupuesto en 1987, las actividades del PD/A CRSP en Honduras, Indonesia y Filipinas terminaron en Agosto de 1987. Panamá fue seleccionado como el sitio para representar a América Latina en el esfuerzo mundial del PD/A CRSP.

Después de que el proyecto PD/A CRSP había terminado en Honduras y en respuesta a la solicitud de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, USAID/Honduras contrató los servicios de ICAAE para proporcionar asistencia técnica en acuicultura durante 15 meses. El objetivo de este proyecto fue continuar con la investigación aplicada en sistemas de producción de alevines y de engorde de tilapia apropiados para Honduras y proporcionar asistencia técnica en acuicultura al Proyecto de Manejo de Recursos Naturales de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, y USAID/Honduras.

Dificultades políticas obligaron la suspensión del PD/A CRSP en Panamá en diciembre de 1987. Debido a los esfuerzos del ICAAE, el PD/A CRSP se restableció en la estación El Carao en primavera de 1988. Los experimentos se iniciaron en Agosto de 1988.

### Facilidades de la Estación de Investigación

Las investigaciones en acuicultura de agua dulce se realizaron en el Centro Nacional de Investigación Piscícola El Carao, Comayagua. La estación está localizada a 8 km de la ciudad de Comayagua y es la mas grande de la serie de

<sup>1</sup>Green and Teichert-Coddington son Investigadores del Departamento de Pesquerías y Acuaculturas Asociadas, <sup>2</sup>Hanson es Investigador Asociado del Departamento de Economía Agrícola y Sociología Rural.

estaciones experimentales en acuicultura manejada por la Dirección General de Pesca y Acuicultura, Secretaría de Agricultura y Ganadería (Fig. 1-2). La estación El Carao es utilizada principalmente para la producción de tilapia, carpa herbívora, carpa plateada, tambaquí y alevines de guapote tigre para los acuicultores. Otras actividades realizadas por el personal técnico de la estación incluyen extensión e investigación.

La infraestructura de la estación incluye oficinas, un laboratorio de limnología químico-biológico, una biblioteca técnica modesta y áreas de almacenamiento de equipo y materiales

(Fig. 3). De los 36 estanques, 12 miden 0.5 ha cada uno, 12 miden 0.1 ha cada uno y 12 miden 0.2 ha cada uno. Cada estanque está equipado con una pila de concreto para realizar la cosecha. El agua llega a los estanques por gravedad desde un reservorio de 0.4 ha, el cual se llena por medio de canales de irrigación con agua que se origina en el río Selguapa. Las entradas de agua de los estanques están equipadas con filtros de malla "saran". El laboratorio húmedo contiene diez tanques de concreto de 20 m<sup>2</sup>, cuatro de 3 m de diámetro y ocho de 2 m<sup>2</sup>; los cuales se abastecen con agua de pozo. Una descripción detallada del sitio se encuentra en Egna et al. (1987).

## ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

### PRODUCCIÓN DE ALEVINES

EL CULTIVO DE HÍBRIDOS monosexo de tilapia se ha practicado en Honduras desde por lo menos 1980. Las prácticas de producción de alevines en la estación El Carao, cuando la implementación del proyecto se inició, se basaban en la cosecha parcial de alevines de los estanques de reproducción a intervalos de 4 a 6 semanas. Los alevines cosechados eran colocados en

estanques de pre-engorde para permitir crecimiento adicional antes de ser distribuidos a los acuicultores. Los estanques de reproducción se sembraron con hembras de *Oreochromis niloticus* y machos de *O. urolepis hornorum*. En cuanto aumentaba la demanda de alevines por los acuicultores, era necesario intensificar las prácticas de producción con la finalidad de satisfacer la demanda. La demanda de los alevines de tilapia siguió incrementando durante los 80s, pero el rezago en la producción de alevines híbridos dio como resultado retrasos en la entrega de alevines.

Las investigaciones del PD/A CRSP requirieron el uso de machos de *O. niloticus*. Debido a esto, en 1983 se estableció en El Carao la capacidad de producir alevines de esta especie. Para incrementar el abastecimiento de alevines, a principios de 1988 se implementó la inversión hormonal de sexo con la finalidad de producir poblaciones solo machos de tilapia.

Se llevaron a cabo investigaciones en la producción de alevines de *O. niloticus* por inversión de sexo usando larvas producidas en estanques de tierra. Antes de inundar los estanques se colocó sobre la pila de cosecha un pedazo de malla de luz de malla cuadrada de 1.27 cm; la

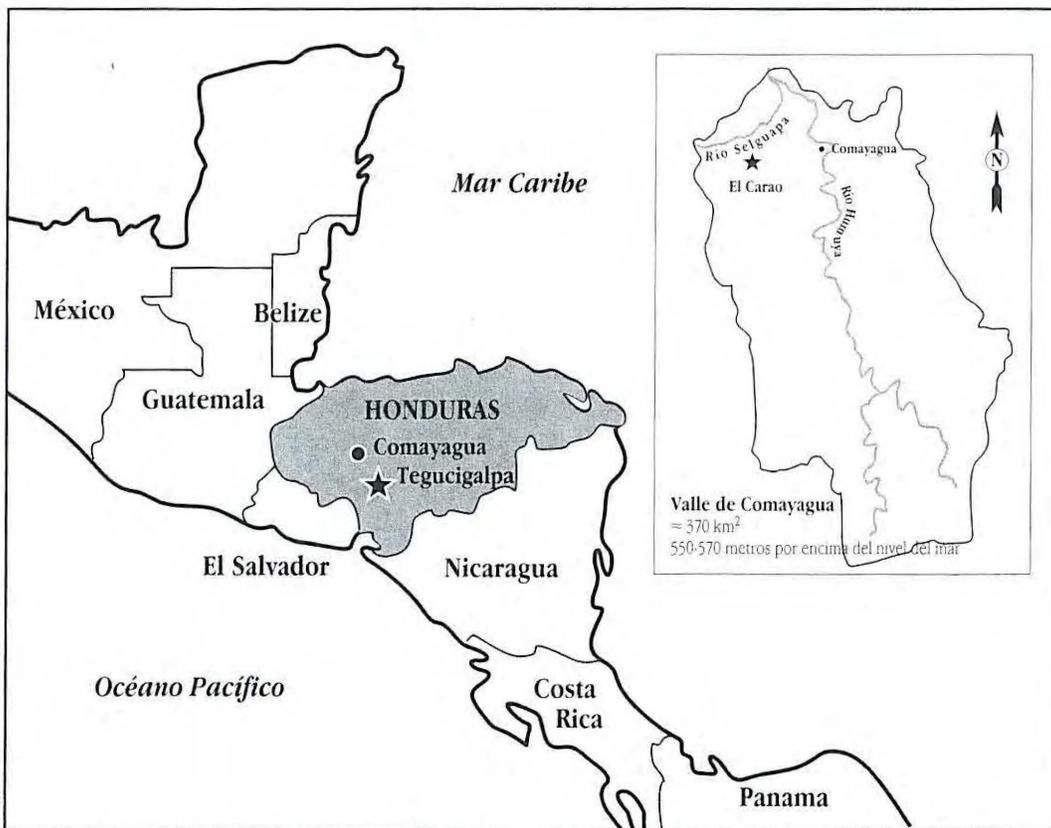


Figura 1. Mapa de América Central que muestra la localización de Honduras y las ciudades de Tegucigalpa y Comayagua. Figura 2. Insertada: Mapa del Valle de Comayagua, Honduras que muestra la localización del Centro Nacional de Investigación Piscícola El Carao, localizado a los 14°26' latitud N y 87°41' longitud O y a una elevación de 583 m por encima del nivel del mar. La figura no está a escala.

mallá se sujetó con rocas. Para reducir la pérdida de crías debido a la succión al vaciar el estanque, se colocó en el desagüe una mallá cilíndrica de aproximadamente un metro de largo cubierta con mallá mosquitero de aluminio. El nivel del agua del estanque fue bajado hasta alcanzar el mismo nivel que la pila de cosecha. Los reproductores se cosecharon usando la mallá previamente colocada sobre la pila de cosecha y fueron transferidos a tanques de concreto hasta ser sembrados de nuevo en el próximo ciclo. Las larvas fueron cosechadas de la pila de cosecha con redes de mano equipadas con una red de nylon de luz de mallá 1.6 mm.

### Estudio A1. Efecto de la Frecuencia de Cosecha en la Producción de Alevines Híbridos de Tilapia.

El objetivo de este estudio fue determinar si el incremento en la frecuencia de cosecha de los estanques de reproducción puede incrementar la producción de alevines híbridos de tilapia.

Se llevaron a cabo dos estudios consecutivos en los cuales hembras de *Oreochromis niloticus* y machos de *O. urolepis hornorum* fueron colocados en tres estanques de tierra de 0.05 ha cada uno, a una densidad de 5,000 peces/ha; se colocaron cuatro hembras por un macho. El peso promedio de los reproductores fue aproximadamente 400 g.

Los estanques se fertilizaron semanalmente con gallinaza (140 kg/ha), durante el primer estudio y con estiércol fresco de vaca lechera (244 kg/ha), durante el segundo estudio. En ambos estudios, se utilizó gluten de maíz como alimento (3 por ciento de la biomasa de los peces) de Lunes a Viernes.

Durante el primer estudio (del 15 de Enero al 10 de Mayo de 1985) los alevines se cosecharon comenzando el día 34 y subsecuentemente a intervalos de 25 días realizando tres arrastres con un chinchorro de 6.35 mm de luz de mallá. Los estanques fueron drenados y cosechados 114 días después de la siembra. En el segundo estudio (del 17 de Mayo al 20 de Agosto de 1985) la cosecha parcial de alevines se inició 25 días después de la siembra y siguió a intervalos de siete días. Después de 95 días, los estanques se vaciaron y cosecharon. Durante cada cosecha parcial el peso promedio de los alevines se determinó al pesar dos muestras al azar de 1000 alevines por estanque. El número total de alevines cosechados se calculó al dividir el peso total de los alevines entre su peso promedio. La temperatura promedio en los estanques fue de 24.8 °C y 27.6 °C durante el primero y segundo estudios, respectivamente.

El número total de alevines cosechados aumentó al aumentar la frecuencia de cosecha (Table 1; Figura 4). El número de alevines obtenidos por estanque en cada cosecha parcial subsecuente disminuyó al cosechar a intervalos de 25 días (Figura 5).

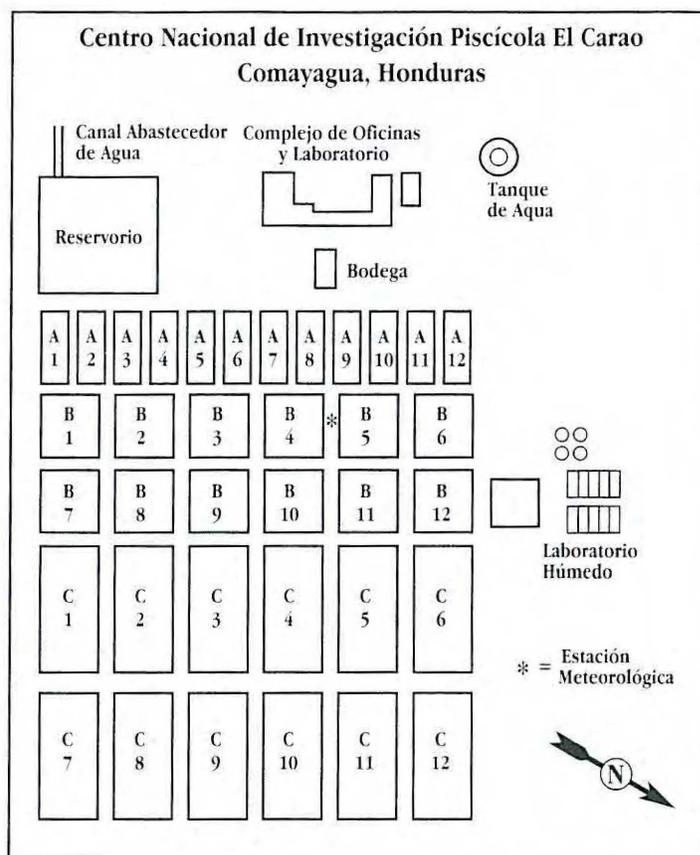


Figura 3. Esquema de los estanques y edificios de apoyo en el Centro Nacional de Investigación Piscícola El Carao. La figura no está a escala.

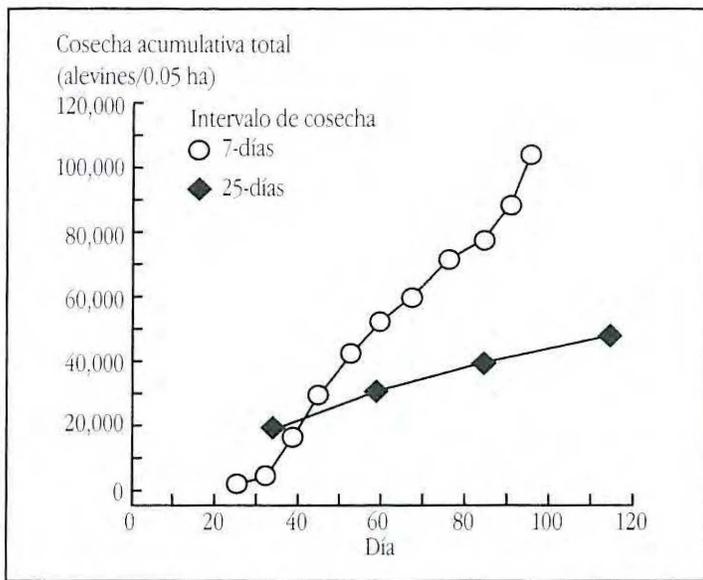
El canibalismo de los alevines más grandes sobre las crías recién eclosionadas redujo significativamente la producción de alevines de tilapia en los estanques. Cuando la cosecha parcial se llevó a cabo a intervalos de 25 días, la disminución observada en la producción promedio de alevines en cada cosecha subsecuente, probablemente fue debida al canibalismo. Cosechas más frecuentes (intervalos de siete días) dieron como resultado mayores valores acumulativos, posiblemente en respuesta a una reducción en el canibalismo.

### Estudio A2. Efecto de la Temperatura del Agua en la Producción de Larvas de *Oreochromis niloticus* para la Inversión de Sexo.

Las larvas de tilapia recién eclosionadas de 9 a 11 mm de longitud total (LT) son preferidas para la inversión hormonal de

TABLA 1. RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN DE ALEVINES DE TILAPIA (PROMEDIO ± D.E.) EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.05-HA CON UNA DENSIDAD DE SIEMBRA DE 5,000 PECES/HA Y SUJETOS A UNA COSECHA PARCIAL MENSUAL O SEMANAL

Frecuencia de cosecha	Producción acumulada total	Producción diaria	Peso individual	Duración
Días	No./0.05 ha	No./m <sup>2</sup> /día	g/alevin	días
25	49,000 ± 9,037	0.86	1.5 ± 0.2	114
7	104,100 ± 17,644	2.19	0.9 ± 0.1	95

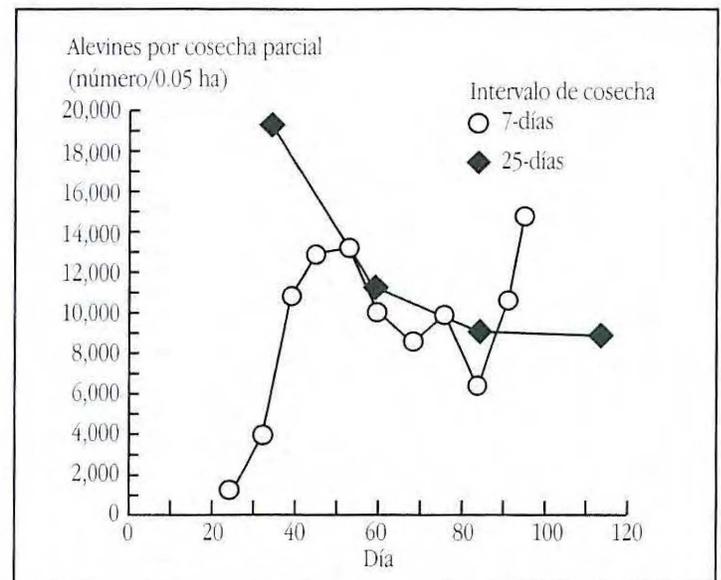


**Figura 4. Número acumulativo promedio de alevines de tilapia cosechados de estanques de tierra de 0.5 ha para reproducción sometidos a cosechas parciales semanales ó mensuales.**

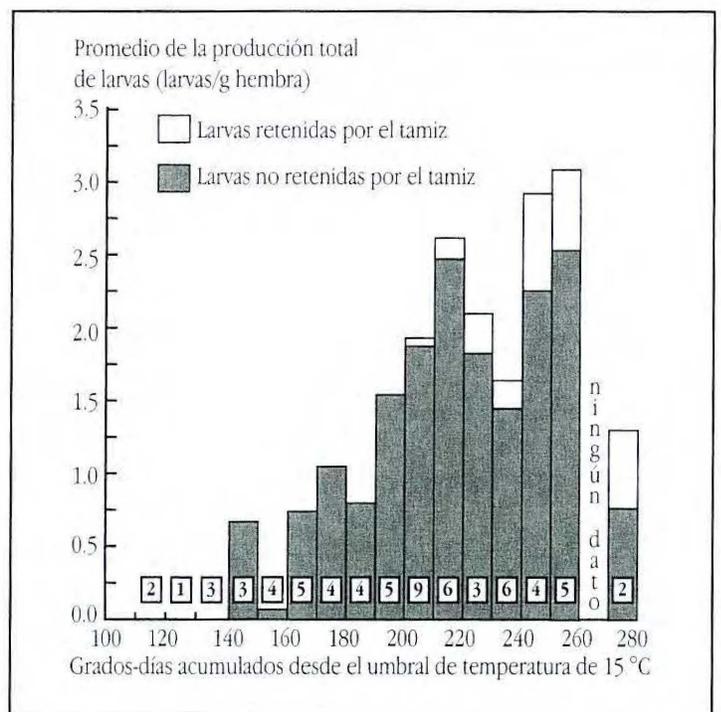
sexo (masculinización) debido a que se presume que son sexualmente indiferenciadas. La aplicación oral de andrógenos a estos peces durante tres a cuatro semanas da como resultado poblaciones con 97 a 100 por ciento machos. Observaciones realizadas durante ensayos preliminares de producción de larvas indicaron que la duración del ciclo reproductivo en los estanques necesaria para producir larvas de 9-11 mm LT varía con la temperatura del agua. El objetivo de esta investigación fue cuantificar el efecto de la temperatura del agua, en términos de grados-día, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* en estanques de tierra para la inversión de sexos.

Se utilizaron dos estanques de tierra de 0.05 ha en cada prueba. Se realizaron 33 pruebas del 25 de Septiembre de 1988 al 15 de Marzo de 1990. Reproductores de *Oreochromis niloticus* fueron colocados en cada estanque en forma al azar. Se colocaron en promedio 220 hembras y 101 machos en cada estanque. El peso promedio individual ( $\pm$  D.E.) fue de  $233 \pm 53$  g (hembras) y  $319 \pm 39$  g (machos). El peso promedio de los peces por sexo se determinó antes de cada prueba y permaneció relativamente constante en todas las pruebas. Los peces se alimentaron cinco días a la semana al 3 por ciento de la biomasa de los peces por día con una ración peletizado (pelets) con 23 por ciento de proteínas

En cada prueba, generalmente un estanque era drenado 17 días después de la siembra (rango 16 a 18 días) y el segundo 20 días después de la siembra (rango 19 a 21 días). La cosecha de larvas se suspendió cuando menos de varios cientos de crías eran capturados al realizar 2 ó 3 pasadas consecutivas con la red de mano. No se cuantificó la pequeña cantidad de larvas que quedaron en la pila de cosecha, larvas atrapadas en charcos en el fondo del estanque o en las mallas del drenaje.

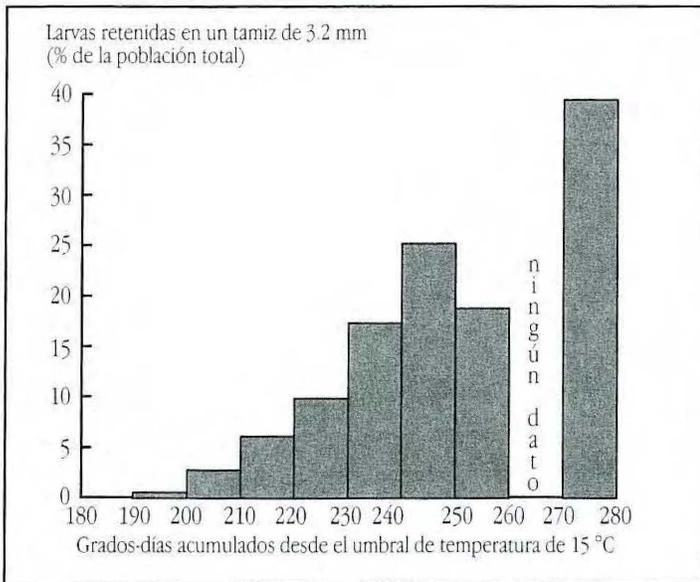


**Figura 5. Número promedio de alevines de tilapia cosechados de estanques de tierra de 0.5 ha sometidos a cosechas parciales semanales o mensuales.**



**Figura 6. Promedio de la producción total de larvas de tilapia nilotica de estanques de tierra de 0.05 ha en relación a los grados-día acumulados, presentados en intervalos de 10-grados-día. El número de observaciones por cada intervalo de 10-grados-día se muestra dentro de los cuadrados.**

Para separar las larvas cosechadas se utilizó una malla vexar de 0.32 cm en la cual quedaban atrapadas larvas mayores a 13 mm LT. El número total de larvas por estanque, que no fue retenido por la malla, se determinó comparando visualmente una muestra de 2,000 larvas. Se midió individualmente, con una precisión de 1 mm, la longitud total de una muestra al azar de en promedio 434 larvas /estanque.

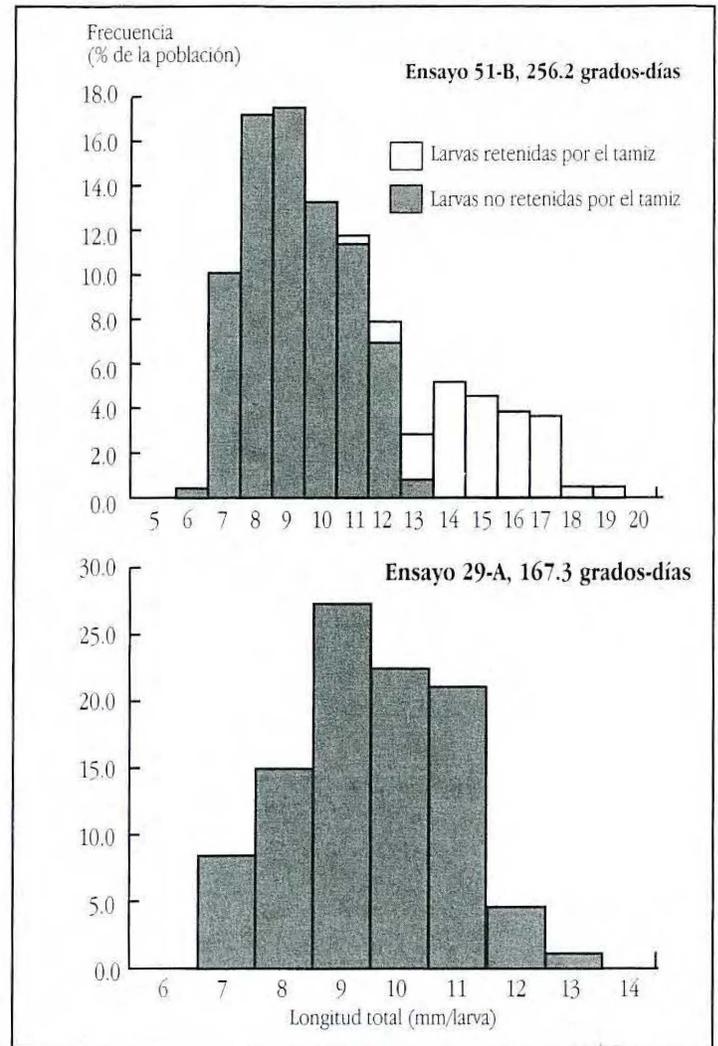


**Figura 7. Porcentaje promedio de la población total de larvas de *O. niloticus* que fueron retenidas en una malla vexar de 3.2 mm en relación a los intervalos de 10-grados-día acumulados. La producción promedio total de larvas (no retenidas mas retenidas) fue 86,000 larvas /0.05 ha por cosecha.**

La profundidad promedio del estanque fue de 90 cm. En cada estanque se instaló un termómetro máximo y mínimo a 50 cm de profundidad. La temperatura del agua se midió entre las 0700 y 0800 horas, seis días a la semana. Los valores de datos faltantes se estimaron al promediar la temperatura del agua del día anterior y un día después. La temperatura promedio diaria se estimó de las temperaturas máximas y mínimas del día. El cálculo de los grados-día se basó en la diferencia entre la temperatura promedio diaria y un umbral de temperatura de 15 °C; a la temperatura promedio del día se le restó el umbral de temperatura y se sumaron los resultados de todo el periodo de la prueba.

La temperatura diaria del agua a lo largo de todas las pruebas osciló de 16.5 a 30.8 °C. Los grados-día acumulativos por prueba oscilaron entre 119.6 y 276.0 con un promedio de 198.2 grados-día. No se cosechó ninguna larva a menos de 140 grados-día; sin embargo, se observaron huevos a los valores mas bajos de grados-día. La cosecha promedio de larvas por gramo de hembra (y) incrementó significativamente cuando los grados-día acumulativos fueron mayores a 140 ( $y = 0.021x - 2.605$ ,  $r^2 = 0.535$ ,  $p = 0.0001$ ). La Figura 6 muestra la producción promedio total de larvas a intervalos de 10 grados-día. La producción total promedio de larvas por cosecha fue de 86,000 crías por 0.05 ha. La producción acumulativa de larvas durante las 33 pruebas fue de 4,897,000 larvas, de los cuales 89 por ciento alcanzaron tallas mas adecuadas para la inversión hormonal de sexo.

Ninguna larva producida entre 140 y 195 grados-día fue retenida en la malla de separación. Por encima de 195 grados-día, el número de larvas que es retenido en la malla (y) aumentó significativamente al incrementar los grados-día acumulativos (x) ( $y = 0.492x - 98.73$ ,  $r^2 = 0.569$ ,  $p = 0.001$ ; Figura 7).



**Figura 8. Distribución de tallas de la población de larvas de *O. niloticus* de dos ensayos para demostrar el efecto de los grados-día acumulativos altos (arriba) y bajos(abajo). El número de larvas que no fue retenido por la malla fue de 98,000 y 109,000 larvas /0.5 ha en los ensayos 51-B y 29-A, respectivamente. Un total de 28,000 larvas /0.5 ha fue retenido por la malla en el ensayo 51-B; ninguna larva fue retenida en el otro ensayo.**

Entre 140 y 280 grados-día el número de larvas no retenido en la malla no dependió linealmente de los grados-día acumulativos. Sin embargo, la producción total promedio de larvas por gramo de hembra fue mayor a 200 y 260 grados-día que a 140 y 200 grados-día. Se encontró una baja producción en dos pruebas en las que se utilizó un intervalo de 270 a 280 grados-día, posiblemente debido a altas temperaturas. Las larvas que no fueron retenidas por la malla midieron en promedio ( $\pm$  D.E.)  $9.5 \pm 0.1$  mm longitud total (LT) y las larvas que fueron retenidas por la malla midieron  $14.2 \pm 0.16$  mm TL (Figura 8).

La producción total de larvas y las cantidades no retenidas por la malla fueron consistentemente mayores entre 195 y 260 grados-día. El porcentaje de larvas retenidas por la malla (larvas de mayor tamaño) casi se duplica entre el intervalo de 210 a 220 y el de 220 a 230 grados-día. Por lo tanto, los grados-día acumulativos óptimos para la producción de larvas, que no son retenidos en una

mallas de 3.2 mm (los adecuados para la inversión hormonal de sexo) y para un uso eficiente del estanque, estarían entre 195 y 220 grados-día.

### Estudio A3. Efectos de la Tasa de Siembra y la Duración del Tratamiento Hormonal en la Producción de *Oreochromis niloticus* con Sexo Invertido.

La inversión de sexo de larvas de *O. niloticus* en El Carao se ha practicado en japas con malla de nylon de 1.6 mm luz de malla suspendidas en estanques y tanques de cemento al aire libre. Las larvas se alimentaron con una ración finamente molidas en la cual se incorporó la hormona (23 por ciento proteína; 60 mg 17  $\alpha$ -metiltestosterona (MT)/kg de alimento). La densidad de siembra de las larvas fue en promedio de 4,300 larvas/m<sup>2</sup> de área superficial de agua (rango: 2,000-5,200 larvas/m<sup>2</sup>). El tratamiento hormonal generalmente duró 28 días y dio como resultado  $\geq 98$  por ciento machos fenotípicos.

En Honduras las condiciones climáticas permiten operar durante todo el año; sin embargo, diferencias estacionales de temperatura pueden afectar la eficiencia del tratamiento hormonal. El objetivo del siguiente experimento fue determinar el efecto de la densidad de siembra y la duración del tratamiento hormonal en la inversión de sexo de *Oreochromis niloticus* en japas suspendidas en estanques expuestos a los cambios estacionales de temperatura.

Se utilizó un diseño factorial de 2 x 3 completamente al azar. Los tratamientos probados consistieron en tasa de densidad de siembra (2,000; 4,000 ó 6,000 larvas/m<sup>2</sup>) y duración del tratamiento hormonal (21 y 28 días). Cada tratamiento se replicó dos veces. En las japas (1 m x 1 m x 1 m y malla de nylon de 1.6 mm luz de malla) se colocaron larvas de edad uniforme con longitud total de 9 a 11 mm. El número de larvas se determinó por medio de una comparación visual al contar una muestra de 1,000 larvas. La hormona MT (60 mg/kg) se incorporó en un alimento comercial con 23 por ciento de proteínas que había sido molido y pasado por un tamiz de malla de 560  $\mu$ m. Las tasas de alimentación fueron de 20 por ciento de la biomasa por día durante la primera semana, 15 por ciento de la biomasa por día durante la segunda semana, 12 por ciento de la biomasa por día durante la tercera semana y 10 por ciento de la biomasa por día durante la

cuarta semana. La ración diaria fue dividida en cuatro comidas iguales que fueron ofrecidas a intervalos de dos horas empezando a las 0800 horas. Las larvas de las japas réplica, de cada tratamiento de densidad de siembra, fueron alimentadas diariamente con la misma ración. Al completarse el periodo de tratamiento las japas fueron cosechadas completamente. Una muestra al azar de 500 a 1,000 crías tratadas se regresaron a las japas para permitir su crecimiento hasta alcanzar aproximadamente cinco cm; al alcanzar esta talla las gónadas de 200 peces fueron examinadas microscópicamente para determinar la razón de sexos utilizando el método de aplaste con aceto-carmin (Guerrero y Shelton, 1974). La temperatura máxima y mínima del agua se determinó a 0.5m de profundidad seis veces a la semana. Las pruebas se repitieron siete veces.

La inversión de sexo no fue afectada significativamente por la duración del tratamiento hormonal ni tampoco por la densidad de siembra y en promedio se obtuvieron 100 por ciento machos en todos los tratamientos (Tabla 2). La sobrevivencia fue variable pero no fue significativamente diferente entre los tratamientos con diferente duración o entre las densidades de siembra.

No se encontró una relación significativa entre el crecimiento de larvas (gramos por día) y su sobrevivencia en ningún experimento. El peso y talla final de las larvas estuvo inversamente relacionada con la densidad de siembra ( $r^2 = 0.615$  y  $r^2 = 0.581$ , respectivamente). La temperatura media del agua osciló entre 23.5 y 28.5 °C durante las siete pruebas. La eficacia de los tratamientos hormonales no estuvo afectada significativamente a este rango de temperatura.

### Estudio A4. La Reproducción de Guapote Tigre (*Cichlasoma managuense*): Efectos de la Relación Macho:Hembra en la Siembra y de la Temperatura.

La producción de poblaciones de tilapia con  $\geq 98$  por ciento machos se ha logrado consistentemente utilizando la técnica de inversión de sexo. Sin embargo, la producción de larvas por hembras no deseadas puede ser significativa durante el crecimiento y puede tener un impacto negativo en la producción de tilapia para el mercado. Desde los finales de 1980, el personal del El Carao ha recomendado utilizar guapote tigre (*Cichlasoma managuense*; 500/ha), un ciclido piscívoro nativo de Honduras, para controlar la reproducción de tilapia.

El guapote tigre es un reproductor de nido que puede empezar a reproducirse en estanques cuando tiene pocos meses de edad. El número de crías que produce la hembra aparentemente es alto; sin embargo, la producción es generalmente baja en los estanques de reproducción debido probablemente a la depredación de las larvas por los padres o alevines más viejos. La reproducción puede también estar afectada por las den-

**TABLA 2. EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y DE LA DURACIÓN DEL TRATAMIENTO HORMONAL EN EL CRECIMIENTO Y LA EFICACIA DEL TRATAMIENTO CON METILTESTOSTERONA (MT) EN LA INVERSIÓN DE SEXO**

Duración del tratamiento con MT	Densidad de siembra	Peso final	Talla final	Eficacia
Días	Larvas/m <sup>2</sup>	g/alevin	mm/alevin	Porcentaje de machos
21	2,000	0.13	19.2	99.9
28	2,000	0.21	22.6	100.0
21	4,000	0.10	17.9	100.0
28	4,000	0.13	19.6	100.0
21	6,000	0.08	16.6	100.0
28	6,000	0.11	17.9	100.0

sidades de siembra, relación de reproductores machos a hembras y por variables ambientales como la temperatura. El objetivo de este estudio fue documentar los efectos de la relación de reproductores machos a hembras al momento de la siembra y de la temperatura en el número de crías que son cosechados en los estanques de reproducción.

Se llevaron a cabo doce pruebas entre el 28 de Septiembre de 1990 y el 26 de Agosto de 1991. En cada prueba se utilizaron dos estanques de tierra de 0.05 ha y dos tratamientos (1 H:1 M y 3 H:1M) que fueron asignados al azar a los estanques en cada prueba. El guapote tigre fue sembrado en cada estanque el mismo día. La temperatura máxima y mínima del agua fue medida a 0.5 m de profundidad cinco días a la semana. Los peces se alimentaron con una ración comercial de peces o camarones cinco días a la semana y fue de uno por ciento de la biomasa total de los adultos. Después de 25 días, los estanques se vaciaron completamente y se cosecharon. La cosecha total de crías fue pesada con una balanza electrónica con una precisión de un gramo. Para determinar el peso promedio se pesó una muestra de 500 crías. El número total de crías cosechado fue calculado como el cociente del peso cosechado entre el peso promedio de las larvas.

Las primeras cinco pruebas se llevaron a cabo principalmente durante la época fría. A excepción de algunos cientos de crías cosechados durante el segundo mes, no se observó reproducción hasta que la temperatura promedio mensual del agua fue mayor

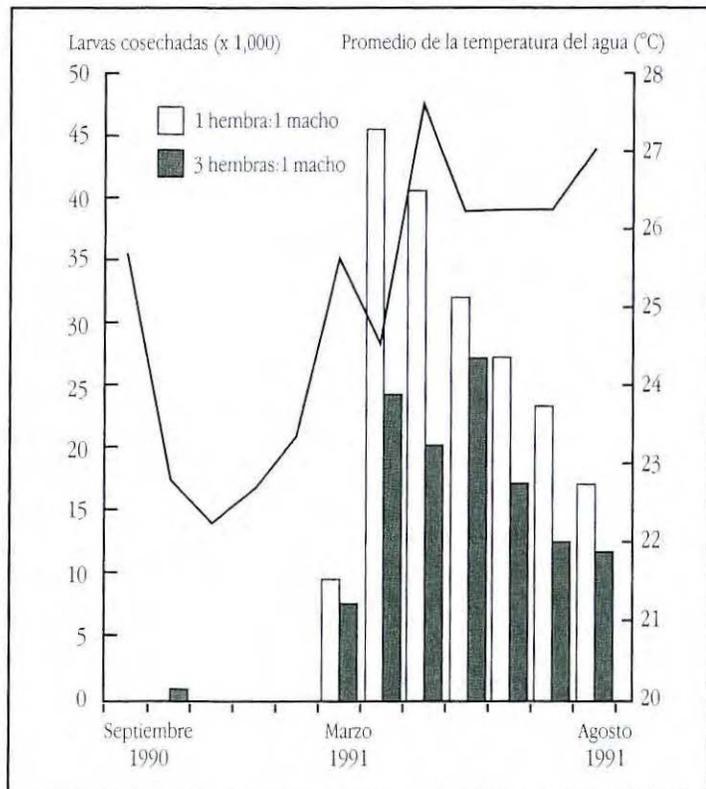


Figura 9. Número de larvas cosechadas (barras verticales) y temperatura promedio del agua (línea continua) durante la reproducción de guapote tigre a dos relaciones hembra:macho de Septiembre 1990 a Agosto 1991.

TABLA 3. SIEMBRA Y COSECHA DE GUAPOTE TIGRE A DOS RELACIONES HEMBRA:MACHO DURANTE SIETE EXPERIMENTOS DE REPRODUCCIÓN EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.05-HA DE MARZO 1991 A AGOSTO 1991

Variable	Tratamiento	
	1H:1M	3H:1M
Número de hembras	102	225
Peso de las hembras, g	121	115
Número de machos	102	75
Peso de machos, g	171	164
No. de alevines	27,887	17,077
Alevines/m <sup>2</sup>	55.8	34.2
Alevines/hembra	298	80
Alevines/gramo de hembra	2.5	0.7

a 24.5 °C (Figura 9). El número de crías, crías por hembra y crías por gramo de hembra cosechado de la relación 1 H:1 M fue significativamente mayor que los cosechados de la relación 3 H:1 M (Tabla 3). Los valores bajos observados para la relación 3 H:1 M estuvieron probablemente relacionados con una mayor presión por depredación de los padres hacia las crías. Después de que la reproducción comenzó en Marzo de 1991, las cosechas decrecieron y la biomasa de hembras aumentó ( $P < 0.05$ ).

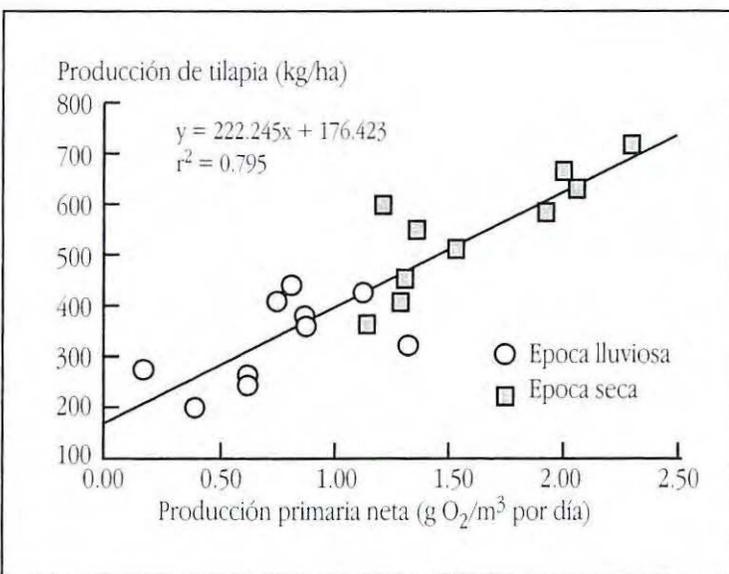
## ESTUDIOS DE FERTILIZACION

Todas las investigaciones en producción en estanques se llevaron a cabo en estanques de tierra de 0.1 ha con una profundidad promedio del agua de 75 cm. Durante todos los experimentos se utilizaron alevines machos (manualmente seleccionados o con sexo invertido) de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) para sembrar los estanques. El crecimiento de los peces fue monitoreado mensualmente muestreando con un chinchorro por lo menos el diez por ciento de los peces sembrados. Cualquier cría de tilapia en la muestra fue pesada y removida. La producción neta reportada incluyó el peso de los alevines que fueron removidos durante el periodo de muestreo de 1983 a 1988.

En El Carao la época de lluvias se extiende de Mayo a Noviembre y el máximo se observa de Junio a Septiembre. Se pensó que estas diferencias estacionales afectarían la dinámica de los estanques y la producción de peces, por lo tanto los experimentos de los primeros cuatro años del proyecto se repitieron durante cada época. El inicio y el final de cada época fue diferente cada año por lo que fue difícil realizar las pruebas completamente dentro de una época particular. Generalmente un mes de cada experimento se traslapó con la siguiente época. Mas adelante se observó que aparentemente la temperatura tenía un mayor efecto que las épocas del año en la producción de peces en El Carao. La época fría se extiende de Septiembre a Febrero y se caracteriza con temperaturas del agua entre 21 y 25 °C de Septiembre a Octubre y entre 16 y 21 °C de Noviembre a Febrero. Durante la época cálida la temperatura del agua osciló de 25 a 31 °C. En base a lo anterior, a principios de 1990 se comenzaron los experimentos durante las épocas fría y cálida.

En los estanques se utilizaron como nutrientes triple superfosfato (46 por ciento  $P_2O_5$ ), urea (46 por ciento N), fosfato biamoniacal (18 por ciento N, 46 por ciento  $P_2O_5$ ), estiércol fresco de vaca lechera o gallinaza. Los fertilizantes químicos fueron obtenidos localmente. El estiércol fresco de vaca lechera se obtuvo de la lechería, Centro Nacional de Ganadería, Secretaría de Agricultura y Ganadería, Comayagua. Estiércol fresco recogido de la sala de ordeño fue acumulado desde el Sábado hasta el Lunes por la mañana cuando se aplicó a los estanques en forma de líquido espeso. La gallinaza que se obtenía de una granja local, se compró en grandes cantidades para cada experimento y fue almacenado bajo techo en sacos de plástico tejido, hasta que fue esparcido sobre la superficie de los estanques. La gallinaza está formada por aserrín de pino, estiércol, plumas y desechos de alimento. Las tasas de aplicación de la gallinaza se realizaron en forma de materia seca (MS) y fueron determinadas antes de cada fertilización.

Los análisis de la calidad del agua se llevaron a cabo de acuerdo a la metodología descrita en "Standard Methods" (APHA, 1989) o Boyd (1979). Las muestras de agua se recolectaron con un muestreador de columna (Boyd, 1979); una muestra de agua representativa de cada estanque para análisis fue obtenido combinando muestras recolectadas de varios puntos dentro del estanque. La productividad primaria en los estanques se determinó utilizando el método de la curva diurna de agua libre. El oxígeno disuelto se midió con un oxigenómetro polarográfico a intervalos de cuatro horas y a intervalos de 0.25 m de profundidad. Los valores medidos se corrigieron para considerar la difusión de oxígeno a través de la interface aire-agua utilizando una relación empírica que relaciona el coeficiente de transferencia de oxígeno con la velocidad del viento (Boyd y Teichert-Coddington, 1992).



**Figura 10. Relación entre la producción promedio de tilapia, después de 150 días y la productividad primaria neta en estanques fertilizados con fósforo únicamente durante los experimentos de las épocas seca y lluviosa.**

La evaluación económica de los sistemas de manejo probados se presenta en la sección de análisis económico de este reporte.

### Estudio B1. Producción de Tilapia en Estanques Fertilizados Únicamente con Fósforo.

Este fue el primer experimento realizado en Honduras por el PD/A CRSP. Fue diseñado para establecer una base de datos de los estanques de tilapia correspondiente a las épocas seca y lluviosa que reciben mínima entrada de nutrientes.

Se utilizaron diez y doce estanques para la época seca y lluviosa, respectivamente. Los estanques se sembraron con densidades de 10,000 tilapias/ha. El peso promedio individual de los alevines fue de 13.1 g a 10.4 g durante la época seca y lluviosa, respectivamente. Los estanques se fertilizaron con triple superfosfato (TSF; 46 por ciento  $P_2O_5$ ; 8.7 kg TSF/ha) cada dos semanas. Ambos estudios duraron 150 días.

La producción promedio bruta y neta fue significativamente mayor durante la época seca que durante la época de lluvias (Tabla 4). El peso promedio individual de los peces al sembrarse fue diferente en cada época; sin embargo, el análisis de covarianza indicó que no había un efecto significativo del peso de los peces al ser sembrados en la producción neta. No se observó una diferencia estacional en la sobrevivencia de los peces. El promedio de la temperatura del agua temprano en la mañana fue de 24.7 °C y 25.7 °C en las épocas seca y lluviosa, respectivamente.

La productividad primaria promedio neta y bruta fue significativamente mayor durante la época seca que durante la época lluviosa. Las concentraciones de nitrógeno inorgánico y fósforo (Tabla 5) fueron adecuadas para la alta productividad primaria; sin embargo, la fotosíntesis aparentemente estuvo limitada por la alta turbiedad de arcilla. La producción combinada de tilapia (ambas épocas) estuvo significativamente correlacionada con la productividad primaria neta ( $r^2 = 0.795$ ) (Figura 10), indicando que se hubiera podido obtener mayor producción de tilapia con mayores tasas de productividad primaria.

En base a los reportes de la literatura relacionados con estanques de peces fertilizados con fósforo, se esperaba que la producción de peces fuera en promedio de 1,000 kg/ha. El principal factor que limitó la producción de peces en el presente experimento probablemente fue la baja producción primaria como resultado de la limitación de luz provocada por la turbiedad de la arcilla. A pesar de que el agua que llega a los estanques generalmente tiene un ligero color lechoso, ésta parece estar mas turbia durante la época de lluvias como resultado de las aguas de escorrentía. Sin embargo, la mayoría de la turbiedad fue causada probablemente por la suspensión de partículas fina de arcilla del fondo por la circulación del agua generada por el viento.

**TABLA 4. RESULTADOS (PROMEDIO, ERROR ESTANDAR) DE LA PRODUCCIÓN DE LOS ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA SEMBRADOS CON MACHOS DE OREOCHROMIS NILOTICUS (10,000/HA) Y FERTILIZADOS CON TRIPLE SUPERFOSFATO. DIEZ ESTANQUES FUERON SEMBRADOS DURANTE LA ÉPOCA SECA Y 12 DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA**

Variable	Época Seca		Época Lluviosa		valor de t
	Promedio	E. E.	Promedio	E. E.	
Producción bruta, kg/ha/150 días	547	35.9	334	25.2	-4.84*
Producción neta del población inicial, kg/ha/150 días	416	34.6	289	32.9	-2.68*
Reproducción de Tilapia, kg/ha/150 días	4	3.0	94	26.5	3.08*
Porcentaje de Supervivencia	91.1	1.1	90.2	2.0	-0.41
Peso individual final, g/tilapia	60	3.8	37	2.8	-4.84*

\* Los promedios estacionales fueron significativamente diferentes (P< 0.05).

**TABLA 5. RESUMEN (PROMEDIO, ERROR ESTANDAR) DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y DE LOS VALORES PROMEDIO POR ÉPOCA, DE LAS VARIABLES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA SEMBRADOS CON OREOCHROMIS NILOTICUS (10,000/HA) Y FERTILIZADOS CON TRIPLE SUPERFOSFATO. DIEZ ESTANQUES FUERON SEMBRADOS DURANTE LA ÉPOCA SECA Y 12 DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA**

Variable	Época Seca		Época Lluviosa		valor de t
	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.	
Productividad primaria bruta, g O <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /día	1.7	0.17	2.6	0.17	na
Productividad primaria neta, g O <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /día	1.0	0.13	0.8	0.11	na
pH, temprano por la mañana	8.32	9.47	8.14	9.31	4.11*
Alcalinidad total, mg/L CaCO <sub>3</sub>	106.7	5.0	85.5	4.3	-3.21*
Dureza total, mg/L CaCO <sub>3</sub>	79.0	2.0	62.6	2.8	-4.76*
Dureza de Ca <sup>2+</sup> , mg/L CaCO <sub>3</sub>	63.0	1.2	51.0	2.5	-4.34*
Amonia, mg/L NH <sub>3</sub> -N	0.23	0.03	0.38	0.02	3.84
Nitrato, mg/L NO <sub>3</sub> -N	1.27	0.06	1.49	0.04	2.99*
Ortofosfato soluble, mg/L PO <sub>4</sub> -P	1.02	0.06	0.87	0.04	-2.14*

na Prueba estadística no apropiada

\* Los promedios estacionales fueron significativamente diferentes (P< 0.05).

## Estudio B2. Producción de Tilapia en Estanques Fertilizados con Cantidades Similares de Nitrógeno y Fósforo como Fertilizante Orgánico o Químico.

La fertilización con fósforo dio como resultado una baja producción de tilapia (Estudio B1). Los altos niveles de turbiedad por arcilla en los estanques aparentemente limitó la productividad primaria y la producción de peces. Los fertilizantes orgánicos estimulan la productividad primaria y secundaria en los estanques y también pueden causar la precipitación de la arcilla y disminuir la turbiedad. Mayores cantidades de N y P inorgánicos pueden estimular también la producción primaria y la producción de peces. El objetivo de este estudio fue probar la hipótesis de que la fertilización orgánica y química, basada en cantidades similares de N y P, pueden dar como resultado la misma producción de peces.

Este estudio se repitió durante las épocas seca y lluviosa. Los tratamientos de la época lluviosa (cuatro réplicas por tratamiento) consistieron en gallinaza, estiércol fresco de vaca lechera, y urea mas superfosfato triple. Los tratamientos de la época lluviosa (seis réplicas por tratamiento) consistieron en gallinaza y urea mas triple superfosfato. En cada tratamiento se aplicaron cantidades similares de nitrógeno y fósforo a excepción del estiércol fresco de vaca lechera que contiene una relación N:P mas alta (Tabla 6). No se utilizó una mezcla de fertilizantes químicos y orgánicos para igualar las diferencias entre N y P.

La densidad de siembra de alevines de tilapia en los estanques fue de 10,000/ha. El peso promedio de los alevines fue de 33 g y 17 g durante la época seca y lluviosa, respectivamente. Los experimentos correspondientes a la época seca se iniciaron el 16 de enero de 1985 y los correspondientes a la época lluviosa el 26 de julio de 1985. La duración de cada experimento fue de 150 días.

**TABLA 6. RESUMEN DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO (PORCENTAJE DE MATERIA SECA [MS]) DE LAS FUENTES DE NUTRIENTES Y TASAS DE APLICACIÓN DE NUTRIENTES DE LOS EXPERIMENTOS DE FERTILIZACIÓN REALIZADOS DURANTE LAS ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA EN ESTANQUES SEMBRADOS CON TILAPIA NILOTICA (10,000/HA)**

Fuente de nutrientes	N - P - K <sup>1</sup> Porcentaje	Tasas de aplicación kg MS/ha/semana	Aplicación total, kg/ha	
			Nitrógeno	Fósforo
<b>Época Seca</b>				
Gallinaza, 83.3% MS	2.75 - 2.46 - 2.33	500	302	270
Estiércol de Vaca Lechera, 21.3% MS	1.46 - 0.55 - 0.70	1,020	328	123
Urea	46.00 - 0.00 - 0.00	30.6	295	-
Triple superfosfato <sup>2</sup>	0.00 - 20.10 - 0.00	62.6	-	264
<b>Época Lluviosa</b>				
Gallinaza, 84.5% MS	2.48 - 1.70 - 2.53	500	260	179
Urea	46.00 - 0.00 - 0.00	31.3	302	-
Triple superfosfato	0.00 - 20.10 - 0.00	49.3	-	238

<sup>1</sup>N-P-K: Contenido de Nitrógeno - Fósforo - Potasio, materia seca

<sup>2</sup>46.00 por ciento de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

La producción bruta promedio de tilapia durante la época seca fue significativamente mayor en el tratamiento con gallinaza que en los otros tratamientos; sin embargo, la producción de los tratamientos con estiércol fresco de vaca lechera y fertilizantes químicos no fueron significativamente diferentes (Tabla 7). Durante la época de lluvias, la producción de tilapia fue significativamente mayor en el tratamiento con gallinaza que en el

tratamiento con fertilizantes químicos (Tabla 7). Cuando se juntaron los datos de las épocas seca y lluviosa, las aplicaciones de gallinaza también dieron como resultado una producción de tilapia significativamente mayor que las aplicaciones de fertilizantes químicos (Tabla 8). La producción neta de tilapia no fue significativamente diferente entre épocas (Tabla 8). La temperatura promedio del agua muy temprano por la mañana fue de

24.5 °C y 25.7 °C durante las épocas seca y lluviosa, respectivamente.

La producción de tilapia estuvo correlacionada positivamente con la productividad primaria. Las aplicaciones de gallinaza y fertilizantes químicos dieron como resultado una productividad primaria mayor que las aplicaciones de estiércol fresco de vaca lechera (Tabla 9). Sin embargo, con la gallinaza se obtuvo una mayor productividad primaria comparado con los fertilizantes químicos (Tabla 10). Con los fertilizantes orgánicos hubo una mayor demanda biológica de oxígeno, que se observó por medio de la respiración de la comunidad (Tablas 9 y 10). La materia orgánica ayudó a disminuir la turbiedad por arcilla que aparentemente estaba limitando la fotosíntesis, de tal manera que la productividad primaria bruta y la visibilidad del disco de Secchi aumentaron al mismo tiempo.

El tipo de fertilizante dio como resultado diferencias significativas en la calidad del agua. En el tratamiento con gallinaza la alcalinidad total promedio fue significativamente mayor y el pH promedio, nitrógeno amoniacal total (NAT) y fósforo fueron significativamente menores comparado con el tratamiento con fertilizantes químicos (Tabla 11). La alcalinidad total se incrementó al disolverse el carbonato de calcio, presente en la gallinaza y el suelo del estanque, con el bióxido de carbono generado por la descomposición bacteriana de la gallinaza. El amoníaco es una base que puede incrementar el pH; la proporción de amoníaco no-

**TABLA 7. DATOS DE PRODUCCIÓN (PROMEDIO ± E. E.) DE ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA SEMBRADOS CON MACHOS DE *ORECHROMIS NILOTICUS* (10,000/HA) QUE RECIBIERON FERTILIZANTES ORGÁNICOS O QUÍMICOS DURANTE LAS ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA**

Tratamiento	Peso final	Sobrevivencia	Producción	Producción neta	Producción
	g/tilapia	Porcentaje	bruta	de la población inicial	neta total
			kg/ha/150 días		
Época Seca					
Gallinaza	204 ± 8.1a	96.9a	2,075 ± 89a	1,663 ± 65a	1,759 ± 88a
Estiércol de vaca lechera	172 ± 3.8b	95.7a	1626 ± 39b	1,272 ± 50b	1,295 ± 45b
Fertilizante químico	150 ± 9.0b	93.6a	1,513 ± 106b	1,071 ± 96b	1,194 ± 110b
Época Lluviosa					
Gallinaza	183 ± 12.0c	93.0c	1,594 ± 72c	1,426 ± 71c	1,530 ± 84c
Fertilizante químico	132 ± 10.0d	92.9c	1,153 ± 95d	987 ± 96d	1,301 ± 114d

ab y cd Los valores promedio de cada columna, dentro de épocas, que tienen la misma letra no fueron significativamente diferentes (P>0.05).

**TABLA 8. COMPARACIÓN DE LAS ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA Y PRODUCCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE TILAPIA NILOTICA (*ORECHROMIS NILOTICUS*; 10,000/HA) EN ESTANQUES DE 0.1-HA FERTILIZADOS CON GALLINAZA O FERTILIZANTES QUÍMICOS**

Variable	Peso promedio		Sobrevivencia	Producción	Producción neta	Producción
	Inicial	Final				
	g/tilapia		Porcentaje	kg/ha/150 días		
Gallinaza						
Época seca	34	204	96.9	2,075	1,663	1,759
Época lluviosa	17	160	93.0	1,594	1,426	1,531
Fertilizante químico						
Época seca	33	150	93.7	1,513	1,071	1,194
Época lluviosa	17	119	92.9	1,153	987	1,032
Promedios por Tratamiento						
Gallinaza	23	178*	94.5	1,786*	1,521*	1,622*
Fertilizante químico	23	132	93.2	1,297	1,021	1,097
Promedios por época						
Época seca	33*	177*	95.3	1,794*	1,367	1,477
Época lluviosa	17	140	92.9	1,373	1,207	1,281

\* Los promedios fueron significativamente diferentes (P<0.05).

**TABLA 9. PRODUCTIVIDAD PRIMARIA PROMEDIO (G O<sub>2</sub>/M<sup>3</sup> POR DÍA) Y RESPIRACIÓN DE LA COMUNIDAD (G O<sub>2</sub>/M<sup>3</sup> POR DÍA) EN ESTANQUES FERTILIZADOS CON GALLINAZA O FERTILIZANTES QUÍMICOS DURANTE LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS EN LAS ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA**

Época	Productividad primaria		Respiración de la
	Neta	Bruta	
			Comunidad
Época seca			
Gallinaza	1.92 ± 0.39 a	4.53 ± 0.79 a	5.36 ± 0.88 a
Estiércol de vaca lechera	0.77 ± 0.21 b	2.93 ± 0.44 b	4.20 ± 1.19 ab
Fertilizante químico	1.84 ± 0.67 a	3.76 ± 1.08 ab	3.83 ± 2.05 b
Época Lluviosa			
Gallinaza	2.52 ± 0.20 c	7.44 ± 0.44 c	9.84 ± 0.48 c
Fertilizante químico	1.61 ± 0.23d	4.72 ± 0.64 d	6.21 ± 0.84 d

ab y cd Los valores promedio de cada columna, dentro de estaciones que tienen la misma letra no fueron significativamente diferentes (P>0.05).

**TABLA 10. COMPARACIÓN ESTACIONAL DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA (G O<sub>2</sub>/M<sup>3</sup> POR DÍA) Y RESPIRACIÓN DE LA COMUNIDAD (G O<sub>2</sub>/M<sup>3</sup> POR DÍA) EN ESTANQUES FERTILIZADOS CON GALLINAZA O FERTILIZANTES QUÍMICOS**

Variable	Productividad primaria		Respiración de la Comunidad
	Neta	Bruta	
<b>Gallinaza</b>			
Época seca	1.92	4.53	5.36
Época lluviosa	2.52	7.44	9.84
<b>Fertilizante químico</b>			
Época seca	1.84	3.76	3.83
Época lluviosa	1.61	4.72	6.21
<b>Promedios por Tratamiento</b>			
Gallinaza	2.28*	6.28*	8.05*
Fertilizante químico	1.71	4.33	5.25
<b>Promedios por época</b>			
Época seca	1.88	4.15*	4.60*
Época lluviosa	2.07	6.08	8.03

\* Los promedios fueron significativamente diferentes (P<0.05).

**TABLA 11. COMPARACIÓN DE LOS PROMEDIOS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN ESTANQUES FERTILIZADOS CON FERTILIZANTES QUÍMICOS O GALLINAZA**

Tratamiento	pH	Alcalinidad	Amoníaco	Fósforo total	Ortofosfato soluble
		total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )			
<b>Gallinaza</b>					
Época seca	7.8	131.3	0.25	5.5	4.0
Época lluviosa	7.8	137.7	0.58	5.1	3.8
<b>Fertilizante químico</b>					
Época seca	8.5	66.3	0.56	9.5	6.5
Época lluviosa	7.9	64.4	0.67	13.8	10.1
<b>Promedios por Tratamiento</b>					
Gallinaza	7.9*	135.2*	0.45*	5.3*	3.9*
Fertilizante químico	8.0	65.1	0.62	12.1	8.7
<b>Promedios por época</b>					
Época seca	8.0	98.8	0.40*	7.5	5.2
Época lluviosa	7.9	101.0	0.62	9.5	6.9

\* Los valores promedio dentro de encabezados son significativamente diferentes (P < 0.05).

ionizada, la cual es tóxica para los peces, se incrementa al aumentar el pH. La aplicación excesiva de fertilizantes basados en amoníaco pueden generar concentraciones de amoníaco no ionizada que amenazaría la sobrevivencia de los peces.

El estiércol fresco de vaca lechera y el fertilizante químico fueron una fuente de nutrientes igualmente efectiva en los estanques de crecimiento de tilapia, mientras que la gallinaza fue la más productiva. La producción de tilapia en los tratamientos con fertilizante químico fue mayor que la producción observada con los fertilizantes únicamente con fósforo (Estudio B1); sin embargo, en este estudio se agregaron a los estanques mayores cantidades de fósforo en adición al nitrógeno. No se utilizó ningún control de la turbiedad cuando el fósforo fue el único nutriente que se agregó a los estanques.

### Estudio B3. Producción de Tilapia en Respuesta a la Fertilización con Gallinaza.

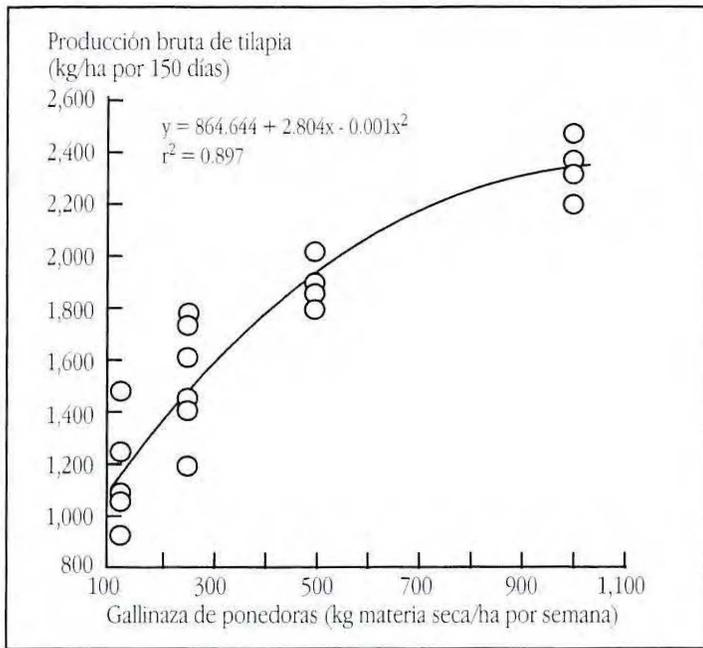
El estudio B2 demostró que la fertilización de los estanques con gallinaza dio como resultado una producción alta de peces. No existían estudios conocidos que relacionaran sistemáticamente la producción de tilapia con la gallinaza como fertilizante. Estos datos serán inmediatamente aplicables al país anfitrión y proveerán las bases para un análisis económico. El objetivo de este estudio fue cuantificar la producción de tilapia en estanques fertilizados con gallinaza.

Gallinaza de ponedoras (G) fue aplicada a los estanques semanalmente a razón de 125 kg, 250 kg, 500 kg ó 1,000 kg materia seca (MS)/ha. El estudio se repitió durante la época lluviosa y seca. Durante cada época se le asignaron al azar tres estanques de tierra de 0.1 ha a cada tratamiento. La densidad de tilapia nilotica sembrada fue de 10,000/ha. El peso promedio (g/tilapia) de los alevines fue de 26.1 y 36.6 durante las épocas lluviosa y seca, respectivamente. Los experimentos de la época lluviosa comenzaron el 5 de Junio de 1986 y los de la época seca el 7 de Febrero de 1987 y duraron 150 y 152 días, respectivamente.

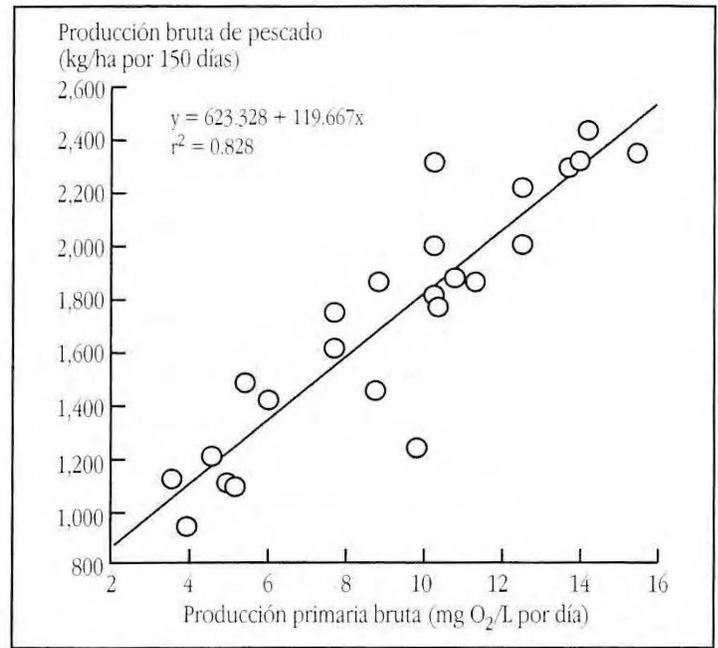
Durante la época de lluvias, la producción de tilapia aumento de 934 a 2,451 kg/ha y durante la época seca de 1,085 a 2,363 kg/ha, al mismo tiempo que la aplicación de G aumentó de 125 a 1,000 kg MS/ha. La producción bruta de tilapia (y) incrementó curvilíneamente al aumentar la tasa de aplicación de abono (x). ( $y = 864.6 + 2.80x - 0.001x^2$ ,  $r^2 = 0.897$ ) (Figura 11). No

se observaron diferencias estacionales en la producción bruta y neta de tilapia (Tabla 12). Se observó una mayor cantidad de crías de tilapia durante la época lluviosa, indicando que en cuanto más grandes sean los alevines al sexarlos, más eficiente es la separación de sexos. La producción de tilapia estuvo positivamente correlacionada con la producción primaria neta ( $r^2 = 0.828$ ), la producción primaria bruta (Figura 12) y la concentración de clorofila a ( $r^2 = 0.836$ ).

La producción primaria neta fue de 1.15 a 6.45 y de 1.49 a 7.90 g O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> por día durante las épocas lluviosa y seca, respectivamente. La producción primaria neta y bruta y la respiración de la comunidad incrementaron significativamente al incrementar las tasas de fertilización. La producción primaria neta de los tratamientos de 500 y 1,000 kg/ha por semana durante la época seca fue mayor que la producción de la época lluviosa (Tabla 13).



**Figura 11. Función de la producción de tilapia nilotica en relación a la aplicación de gallinaza en estanques de tierra de 0.1 ha en Honduras. Se combinaron los datos de las épocas lluviosa y seca.**



**Figura 12. Relación entre la producción bruta de tilapia y la productividad primaria bruta en estanques de tierra de 0.1 ha, fertilizados semanalmente con gallinaza. Datos de las épocas lluviosa y seca.**

Las concentraciones de las variables de la calidad del agua generalmente se incrementaron al aumentar la tasa de aplicación de gallinaza (Tabla 14). Las variables de la calidad del agua no fueron afectadas por las épocas lluviosa o seca. La concentración promedio de nitrógeno inorgánico disuelto fue baja, indicando que la productividad primaria pudo estar limitada por el

nitrógeno. Ciertamente, los estudios B5 y B6 demostraron que la producción primaria y la producción de peces pueden incrementarse con una fertilización suplementaria de nitrógeno.

El estudio B2 demostró que la gallinaza, aplicado a 500 kg/ha por semana, dio como resultado una mayor producción de peces

que el abono estiércol fresco de vaca lechera o que dosis altas de fertilizante químico por sí solo. Este estudio demostró que la producción de tilapia aumentó aun más al incrementar las aplicaciones de gallinaza. Las tasas más altas de gallinaza aplicadas a los estanques fueron de 1,000 kg MS/ha por semana (equivalente a 143 kg MS/ha por día).

#### **Estudio B4. Producción de Tilapia en Estanques Sembrados con 20,000 peces/ha y Fertilizados Semanalmente con Gallinaza (1,000 kg MS/ha)**

Pruebas previas de fertilización fueron realizados con una densidad de siembra de 10,000 peces/ha. Sin embargo, varios acuicultores hondureños siembran rutinariamente 20,000 peces/ha en los estanques fertilizados. Los resultados del estudio B3 demostraron que la producción más alta de tilapia se obtuvo en estanques fertilizados semanalmente con gallinaza a 1,000 kg MS/ha. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de duplicar la densidad de siembra en la producción de peces y el

**TABLA 12. COMPARACIÓN ESTACIONAL DE LOS DATOS DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA NILÓTICA (PROMEDIO ± E. E.) EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA FERTILIZADOS SEMANALMENTE CON GALLINAZA (G) COMO MATERIA SECA**

Variable	Época Lluviosa	Época seca	Valor de t
<b>125 kg G/ha por semana</b>			
Producción bruta, kg/ha	1,179 ± 162	1,145 ± 52	0.198
Reproducción, kg/ha	61 ± 12	43 ± 25	0.639
Producción neta, kg/ha	915 ± 164	781 ± 53	0.774
Porcentaje de sobrevivencia	94.1 ± 0.6	92.9 ± 0.9	1.110
Peso individual, g/tilapia	115 ± 15.4	117 ± 6.4	- 0.130
<b>250 kg G/ha por semana</b>			
Producción bruta, kg/ha	1,649 ± 112	1,426 ± 122	1.348
Reproducción, kg/ha	158 ± 10	35 ± 18	5.963**
Producción neta, kg/ha	1,381 ± 117	1,050 ± 111	2.052
Porcentaje de sobrevivencia	92.7 ± 2.8	96.7 ± 3.3	- 0.912
Peso individual, g/tilapia	155 ± 10.0	143 ± 9.7	0.858
<b>500 kg G/ha por semana</b>			
Producción bruta, kg/ha	1,890 ± 60	1,915 ± 45	- 0.338
Reproducción, kg/ha	185 ± 21	41 ± 21	4.887**
Producción neta, kg/ha	1,643 ± 76	1,543 ± 43	1.157
Porcentaje de sobrevivencia	93.0 ± 1.0	91.1 ± 0.8	1.408
Peso individual, g/tilapia	177 ± 3.4	203 ± 4.8	- 4.352**
<b>1,000 kg G/ha por semana</b>			
Producción bruta, kg/ha	2,324 ± 70	2,333 ± 15	- 0.124
Reproducción, kg/ha	221 ± 68	51 ± 43	2.127
Producción neta, kg/ha	2,046 ± 76	1,964 ± 17	1.063
Porcentaje de sobrevivencia	96.6 ± 0.8	84.8 ± 0.6	11.620**
Peso individual, g/tilapia	209 ± 7.6	268 ± 7.1	- 5.690**

\*\* Los promedios estacionales fueron significativamente diferentes (P<0.01).

**TABLA 13. COMPARACIÓN ESTACIONAL DE LOS PROMEDIOS DE TRATAMIENTOS DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y RESPIRACIÓN DE LA COMUNIDAD (PROMEDIO G O<sub>2</sub>/M<sup>3</sup> POR DÍA; ± D.E.) EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA SEMBRADOS CON *OREOCHROMIS NILOTICUS* Y FERTILIZADOS CON GALLINAZA (G)**

Variable	Época Lluviosa	Época seca	Valor de t
125 kg G/ha por semana			
Respiración de la comunidad	5.68 ± 0.79	6.66 ± 0.67	- 0.96
Productividad primaria neta	1.46 ± 0.21	2.29 ± 0.27	- 2.44
Productividad primaria bruta	4.31 ± 0.55	5.62 ± 0.61	- 1.60
250 kg G/ha por semana			
Respiración de la comunidad	9.49 ± 1.39	8.29 ± 1.16	0.66
Productividad primaria neta	3.31 ± 0.66	2.97 ± 0.74	0.34
Productividad primaria bruta	8.04 ± 1.28	7.11 ± 1.29	0.52
500 kg G/ha por semana			
Respiración de la comunidad	11.60 ± 0.31	12.11 ± 0.41	- 1.01
Productividad primaria neta	4.03 ± 0.32	5.51 ± 0.31	- 3.32 *
Productividad primaria bruta	9.83 ± 0.47	11.57 ± 0.51	- 2.52
1,000 kg G/ha por semana			
Respiración de la comunidad	13.92 ± 1.06	13.93 ± 0.65	- 0.01
Productividad primaria neta	5.37 ± 0.61	7.44 ± 0.24	- 3.19 *
Productividad primaria bruta	12.33 ± 1.12	14.40 ± 0.57	- 1.66

\* Los promedios estacionales fueron significativamente diferentes (P<0.01).

peso promedio individual en estanques fertilizados semanalmente con gallinaza a 1,000 kg MS/ha.

El 17 de Julio de 1988, se sembraron tres estanques con alevines de tilapia (16.5 g/pez) con una densidad de 20,000/ha. Los estanques se fertilizaron semanalmente con gallinaza a 1,000 kg MS/ha. Los estanques se cosecharon después de 150 días.

Al cosechar la producción bruta promedio fue de 2,203 kg/ha, mientras que la producción neta promedio fue de 1,873 kg/ha. La sobrevivencia promedio de los peces fue del 92 por ciento. La producción bruta promedio fue similar a la obtenida durante el estudio B3 (2,262 kg/ha). Se observó claramente el efecto de la densidad de siembra en la talla final de los peces: el peso promedio individual a una densidad de 20,000 peces/ha fue 120 g/pez, la mitad del obtenido a una densidad de 10,000 peces/ha. Los peces cosechados en este experimento raramente alcanzaron la talla comercial. Un ciclo de producción mas largo probablemente hubiera demostrado una depresión aun mayor en el crecimiento a mayores densidades. En estanques con fertilización orgánica, una densidad de siembra menor parece ser la mejor opción para la producción comercial.

#### Estudio B5. Fertilización Suplementaria con Nitrógeno en Estanques Fertilizados Orgánicamente

El estudio B3 sugirió que la productividad primaria y la producción de peces en estanques fertilizados orgánicamente en El Carao estuvieron limitados por la concentración de nitrógeno inorgánico disuelto. El objetivo de este estudio fue determinar si la fertilización suplementaria con nitrógeno puede incrementar la productividad primaria y la producción de tilapia en estanques recibiendo fertilización orgánica.

El 13 de Febrero de 1990 seis estanques fueron sembrados con tilapia nilotica a una densidad de 10,000/ha y con guapote tigre (*Cichlasoma managuense*) a 250/ha como depredador de cualquier cría de tilapia producida. Todos los estanques se fertilizaron semanalmente con 750 kg MS/ha de gallinaza y tres estanques recibieron también 10 kg N/ha como fertilizante de urea (46-0-0) semanalmente. Los estanques fueron cosechados 126 días después de haber sido sembrados. Se determinó de manera regular la clorofila *a*, nitrógeno amoniacal total (NAT), fósforo total y ortofosfato filtrable.

La producción bruta de peces y su talla promedio al cosechar no fue significativamente mayor en los estanques fertilizados con urea (Tabla 15). Las concentraciones de clorofila *a* promedio y NAT fueron significativamente mayores en los estanques tratados con urea,

mientras que las concentraciones de fósforo total y ortofosfato filtrable total fueron significativamente menores (Tabla 15). La suplementación con nitrógeno incrementó las concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto y la biomasa de plancton. Las bajas concentraciones de ortofosfato filtrable fueron debidas a un mayor consumo de fósforo por el fitoplancton.

#### Estudio B6. Variación en la Relación C:N en los Insumos de Nutrientes al Suplementar con Nitrógeno los Estanques Fertilizados Orgánicamente

En Honduras los estanques fertilizados orgánicamente consistentemente tienen bajas concentraciones (< 0.1 mg/L) de amoniaco total y nitrógeno-nitrato. Las bajas concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto pueden indicar limitaciones de nitrógeno en la productividad primaria. Los resultados del Estudio B5 sugirieron la posibilidad de incrementar la productividad primaria y la producción de tilapia al utilizar fertilizantes orgánicos con nitrógeno como suplementos. El objetivo de esta investigación fue cuantificar el efecto de diferentes tasas de nitrógeno como suplemento en la productividad primaria y la producción de tilapia en estanques fertilizados orgánicamente.

Doce estanques fueron asignados al azar a cuatro tratamientos. Todos los estanques fueron fertilizados semanalmente con 750 kg MS/ha de gallinaza. Adicionalmente se aplicó urea para alcanzar relaciones de C:N de 11:1 (correspondiente a gallinaza sin N suplementario), 8:1, 6:1 ó 4:1. Las tasas de aplicación de urea fueron calculadas basándose en determinaciones frecuentes del nitrógeno en la gallinaza y en el carbón orgánico. Los estanques fueron sembrados el 26 de Febrero de 1991 con alevines de tilapia a una densidad de 20,000/ha. Se agregaron 500 alevines/ha de *Cichlasoma managuense* como depredadores de

**TABLA 14. PROMEDIOS DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS SEMANALMENTE DE ESTANQUES SEMBRADOS CON *Oreochromis niloticus* (10,000/HA) Y FERTILIZADOS CON DIFERENTES TASAS DE GALLINAZA**

Variable	Aplicaciones semanales de Gallinaza							
	125 kg/ha		250 kg/ha		500 kg/ha		1,000 kg/ha	
	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca
Ortofosfato soluble, mg/L PO <sub>4</sub> -P	1.73	1.94	3.59	2.99	4.17	4.33	3.79	5.80
Fósforo total, mg/L PO <sub>4</sub> -P	2.32	2.44	4.53	3.45	5.40	5.33	5.23	7.38
Nitrógeno orgánico, mg/L	1.26	1.33	1.68	1.47	2.07	2.28	2.48	2.74
Amoniaco-nitrógeno, mg/L NH <sub>3</sub> -N	0.06	0.05	0.07	0.04	0.07	0.05	0.07	0.09
Nitrato-nitrógeno, mg/L NO <sub>3</sub> -N	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Nitrito-nitrógeno, mg/L NO <sub>2</sub> -N	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Alcalinidad total, mg/L CaCO <sub>3</sub>	101.89	127.58	134.26	126.77	140.25	161.99	160.62	199.70
Clorofila a, mg/m <sup>3</sup>	30.58	50.66	69.96	60.82	115.89	112.98	160.27	175.62
Visibilidad del disco de Secchi, cm	11.3	16.0	15.9	19.6	16.3	17.3	20.8	23.7
Oxígeno disuelto, 0600 h, mg/L	2.62	2.96	1.42	2.39	0.62	1.00	0.30	0.66
Temperatura del agua, 0600 h, °C	25.4	24.7	25.5	24.9	25.8	24.9	26.0	25.1

**TABLA 15. PRODUCCIÓN DE TILAPIA Y DATOS DE CALIDAD DE AGUA (PROMEDIO ± E. E.) DE ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA SEMBRADOS CON MACHOS DE *Oreochromis niloticus* Y FERTILIZADOS CON GALLINAZA (750 KG MATERIA SECA/HA POR SEMANA) O GALLINAZA SUPLEMENTADA CON UREA (10 KG N/HA POR SEMANA)**

Variable	Tratamiento	
	Gallinaza solo	Gallinaza con urea
Producción bruta, kg/ha por 126 días	1,401 ± 22	1,527 ± 132
Peso individual promedio, g/tilapia	166 ± 2.4	177 ± 5.0
Porcentaje de sobrevivencia	84 ± 1.1	86 ± 5.9
Clorofila a, mg/m <sup>3</sup>	344 ± 32.9	471 ± 13.0 *
Amonia-nitrógeno total, mg/L NH <sub>3</sub> -N	0.09 ± 0.011	0.16 ± 0.016 *
Ortofosfato filtrable, mg/L PO <sub>4</sub> -P	2.66 ± 0.118	1.93 ± 0.168 *
Fósforo total, mg/L PO <sub>4</sub> -P	4.40 ± 0.274	3.48 ± 0.198 *

\* El promedio de los tratamientos fue significativamente diferente (P<0.05); únicamente comparaciones horizontales.

las crías de tilapia producidas. Todos los estanques se cosecharon a los 154 días.

La composición promedio de nitrógeno total y carbón orgánico de la gallinaza fue de 2.3 y 25.0 por ciento, respectivamente. Las adiciones semanales totales de nitrógeno, incluyendo urea suplementaria, oscilaron entre 17.1 kg/ha en los estanques control y 46.9 kg/ha en los estanques con el tratamiento C4:N1 (Tabla 16). Se observó una respuesta discontinua en la producción de peces al incrementar los niveles de nitrógeno suplementario (Tabla 16) y una gran variación en algunos tratamientos. Únicamente la relación C6:N1 dio como resultado un incremen-

to significativo en la producción de peces comparado con el control. Esta producción fue substancialmente mayor que cualquier producción observada anteriormente en El Carao en los estanques fertilizados. Los análisis se complicaron por la mortalidad total de peces en uno de los estanques réplica de cada tratamiento a excepción del control. La primera mortandad ocurrió durante el segundo mes en el estanque del tratamiento C6:N1, 12 horas después de que los estanques fueron fertilizados con urea. Se sospechó de una alta concentración de amoniaco no-ionizada; sin embargo, temprano por la mañana las concentraciones totales de amoniaco (< 0.1 mg/L) y pH (8.2) estuvieron bajas apenas

dos días antes de la mortandad. Subsecuentemente, las dosis semanales de urea en todos los tratamientos fueron divididas en dos aplicaciones por semana. Durante el último mes del estudio ocurrió una mortalidad de peces del 95% en el estanque B9 (tratamiento C8:N1); el crecimiento de los peces había sido bueno hasta este momento. Durante el último mes la mortalidad fue total en el estanque B10 (tratamiento C4:N1), después de varios meses de crecimiento bajo (Figura 13) aparentemente debido a una fuerte florescencia de algas verdes-azules. La producción promedio de peces mostró una tendencia a incrementar al aumentar la clorofila a y la productividad primaria, pero las correlaciones no fueron significativas.

**TABLA 16. APLICACIONES SEMANALES DE CARBONO Y NITRÓGENO COMO GALLINAZA Y NITRÓGENO EN FORMA DE UREA PARA MANTENER RELACIONES DE C:N EN 8:1, 6:1 O 4:1 COMPARADAS CON 11:1 DE LA GALLINAZA (CONTROL). PROMEDIO (± E. E.) DE LA PRODUCCIÓN BRUTA Y PESO INDIVIDUAL DE *Oreochromis niloticus* SEMBRADO EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA A UNA DENSIDAD DE 20,000 MACHOS/HA DURANTE UN PERIODO DE 154 DÍAS DE CRECIMIENTO**

Tratamiento	Gallinaza		N suplementario	N total	Producción bruta de tilapia	Peso promedio
	C	N				
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	g/tilapia
C11:N1 (Control)	187.8	17.1	0.0	17.1	2,825 ± 97.1	154 ± 10.1
C8:N1	187.8	17.1	6.3	23.3	2,764 ± 192.9	150 ± 10.1
C6:N1	187.8	17.1	14.1	31.1	3,685 ± 94.1	222 ± 1.49
C4:N1	187.8	17.1	29.9	46.9	2,709 ± 508.8	166 ± 19.5

En el estanque B10 las algas verdes-azules (*Anacystis sp.*) llegaron a ser dominantes después de seis semanas de la siembra. Se formó una capa gruesa de verdín que eventualmente cubrió la mitad del estanque. El crecimiento de los peces cesó después de 2 a 3 meses; sin embargo, la productividad primaria fue alta y las concentraciones de oxígeno disuelto registradas temprano por la mañana, no fueron menores que en otros estanques. Se presume que los factores que causaron la mortalidad de peces fueron el estrés creado por la combinación de la toxicidad de algas verdes-azules y las concentraciones relativamente altas de amoníaco total registradas temprano por la mañana (1.02 mg/L) y pH (8.9). El estanque B7 (tratamiento C4:1N) también desarrolló una capa gruesa verdes-azules de verdín y la producción de peces en este estanque fue relativamente baja (2,191 kg/ha) comparada con 3,186 kg/ha en el otro estanque réplica, en el cual las algas verdes-azules no fueron aparentes. En el estanque B5 (tratamiento C6:N1) se desarrolló una capa de verdín verdes-azules de mucho menor magnitud, pero no fue encontrada en otros estanques con el mismo tratamiento. Estos fueron los primeros florecimientos de algas verdes-azules registradas en El Carao por el PD/A CRSP. Las altas entradas de nitrógeno aparentemente promovieron el crecimiento de algas verdes-azules.

### Estudio B7. Substitución de Nitrógeno Inorgánico y Fósforo por Gallinaza en la Producción de Tilapia

La suplementación de nitrógeno en los estanques de peces fertilizados orgánicamente puede incrementar la productividad primaria y la producción de peces. Los resultados del Estudio B6, en donde se manipuló la relación de C:N del fertilizante orgánico, sugirió que las adiciones totales de N cercanas a 25 kg/ha pueden incrementar la producción de peces sin desperdiciar nitrógeno. El objetivo de este estudio fue conocer si las adiciones orgánicas pueden disminuirse a través de una substitución con N y P inorgánicos.

El estudio se repitió durante las épocas del año fría y caliente. La metodología fue la misma durante las dos estaciones a excep-

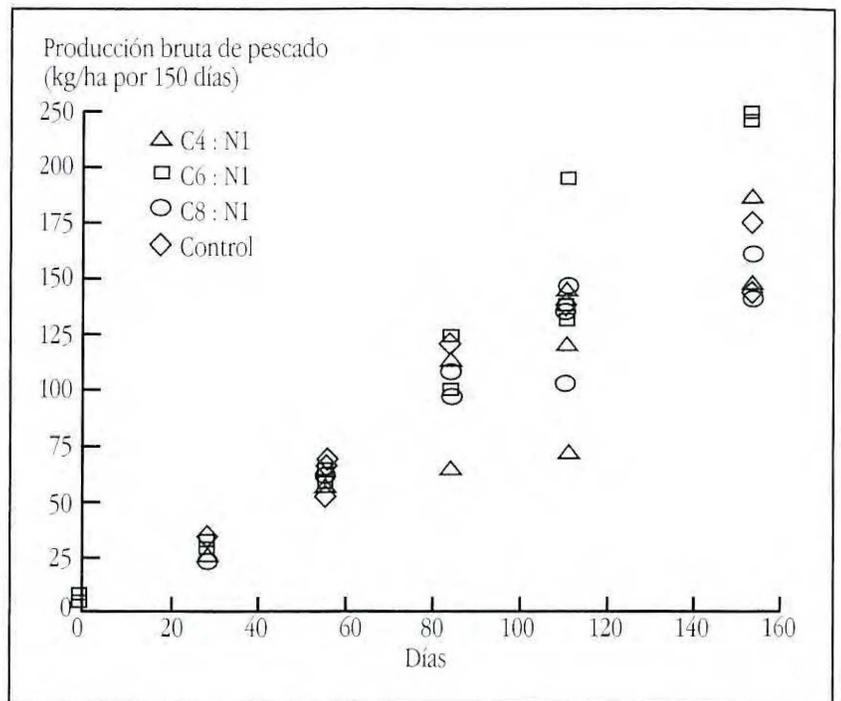


Figura 13. Crecimiento de tilapia en estanques fertilizados con gallinaza únicamente (C11:N1, control) o gallinaza suplementada con urea para mantener la relación C:N de 8:1, 6:1 o 4:1.

ción de donde se indica. Los estanques fueron asignados al azar a los tratamientos los cuales tuvieron tres réplicas cada uno. La gallinaza se agregó semanalmente a los estanques en las cantidades: 750 (G750), 500 (G500), 250 (G250) ó 0 (G0) kg MS/ha durante la época fría y 500, 250 ó 0 kg MS/ha durante la época cálida. Se aplicó urea para mantener las adiciones semanales de N total en aproximadamente 25 kg/ha. Cuando era necesario se agregó fosfato biamoniacal (FBA) para mantener la relación N:P al menos en 4:1. El abono orgánico fue analizado frecuentemente para determinar las concentraciones de N y P. Se asumió que el 55 y 100 por ciento de N y P, respectivamente en la gallinaza era disponible para ser usado por el plancton durante la época fría. Durante la época cálida se asumió que el 50 por ciento de N y P en el abono era disponible para ser usado por el fitoplancton. En la Tabla 17 se presenta un resumen de las adiciones semanales promedio de fertilizante inorgánico durante las épocas fría y cálida. Durante la época fría el nitrógeno y fósforo constituyeron el 2.4 y 1.7 por ciento, respectivamente de la materia seca de la gallinaza y el 2.4 y 1.3 por ciento, respectivamente, durante la época cálida.

Los estanques fueron sembrados con alevines de tilapia a una densidad de 20,000/ha. Durante la época cálida todos los peces fueron tilapia nilotica de color normal; sin embargo, durante la época fría la mitad de las tilapias *O. niloticus* tuvieron color normal y la otra mitad fueron tilapia roja que repetidamente había sido cruzada con *O. niloticus* (Estudio D4). Se sembraron alevines de guapote tigre (*Cichlasoma managuense*) a una densidad de 500/ha como depredadores de las crías de tilapia. Los estu-

TABLA 17. APLICACIONES SEMANALES PROMEDIO DE UREA Y FOSFATO BIAMONIAICAL (FB) PARA DIFERENTES TASAS DE APLICACIÓN DE GALLINAZA (KG MATERIA SECA/HA POR SEMANA)

Tratamiento	Época fría		Época cálida	
	Urea kg/ha	FB kg/ha	Urea kg/ha	FB kg/ha
750	29.7	0	-	-
500	37.5	0	33.5	9.5
250	41.3	9.9	37.6	15.4
0	40.6	31.0	39.5	26.8

dios de la época fría comenzaron el 5 de Septiembre de 1991 y los de la época cálida el 12 de Marzo de 1992; cada estudio duró 152 días.

### Época Fría

(Septiembre de 1991 a Febrero de 1992)

La producción bruta promedio y el peso individual no fueron significativamente diferentes entre tratamientos (Tabla 18). Los pesos promedio individuales de la tilapia de color normal y de la tilapia roja fueron similares; sin embargo, la producción bruta promedio de la tilapia de color normal (1,353 kg/ha) fue 75 por ciento mayor que la producción de tilapia roja (772 kg/ha). Las diferencias en la producción entre los dos tipos de tilapia estuvieron relacionadas con la sobrevivencia. La sobrevivencia promedio de las tilapias de color normal (90.9 por ciento) fue 79 por ciento mayor que la sobrevivencia de la tilapia roja (50.8 por ciento). Las observaciones de los trabajadores en el campo indicaron que hubo una mayor depredación debida a los gavilanes en la tilapia roja. Nuestra experiencia indica también que la tilapia roja no sobrevive al manejo y el estrés ambiental tanto como la tilapia de color normal (ver Estudio D4).

El análisis de covarianza del crecimiento de los peces indicó una diferencia significativa entre tratamientos. El crecimiento fue curvilíneo en ambos tipos de tilapia y en todos los tratamientos, a excepción del G250 en el cual el crecimiento fue lineal. En el tratamiento G0 el crecimiento se detuvo después del cuarto mes.

La producción primaria neta, clorofila *a*, P-total, N-orgánico, alcalinidad total y dureza total decrecieron significativamente al decrecer las adiciones de gallinaza; el amoníaco total y la visibilidad del disco de Secchi aumentaron significativamente al disminuir las adiciones de gallinaza (Tabla 19). No hubieron diferencias significativas entre tratamientos en el pH o el ortofosfato filtrable (Tabla 19).

### Época Cálida

(Marzo a Agosto de 1992)

El peso individual promedio de tilapia en el tratamiento G500 fue significativamente mayor que el peso de los peces en el tratamiento G250 y G0 (Tabla 18). La producción bruta en el nivel mas alto de fertilización orgánica fue 53 y 72 por ciento mayor que a los niveles intermedio y bajo, respectivamente. Sin

**TABLA 18. RESUMEN DE LOS DATOS DE PRODUCCIÓN DE PECES EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA EN HONDURAS. LOS ESTANQUES SE FERTILIZARON SEMANALMENTE CON GALLINAZA A 0, 250, 500 Ó 750 KG/HA. SE APLICÓ SEMANALMENTE UREA Y FOSFATO BIAMONICAL PARA MANTENER APLICACIONES TOTALES DE N DE 25 KG/HA Y UNA RELACIÓN DE N:P DE 4:1. LA DURACIÓN DE CADA EXPERIMENTO FUE DE 152 DÍAS.**

Tratamiento	Tilapia Nilotica			Tilapia roja			Guapote tigre*			Reproducción de tilapia	Producción bruta de peces
	Producción	Peso	Sobrevivencia	Producción	Peso	Sobrevivencia	Producción	Peso	Sobrevivencia		
	kg/ha	g/tilapia	Porcentaje	kg/ha	g/tilapia	Porcentaje	kg/ha	g/pez	Porcentaje	kg/ha	kg/ha
<b>Experimento de la época fría</b>											
G 0	1,057 a	118 a	87 a	783 a	127 a	63 a	5	31	29	19	1,865 a
G 250	1,507 a	172 a	88 a	838 a	172 a	50 a	5	34	29	1	2,350 a
G 500	1,564 a	166 a	94 a	859 a	174 a	49 a	8	30	40	2	2,435 a
G 750	1,312 a	140 a	94 a	609 a	148 a	41 a	5	35	28	25	1,950 a
<b>Experimento de la época cálida</b>											
G 0	2,045 a	118 b	85 a				5	21	49	29	2,079 a
G 250	2,317 a	162 ab	71 a				6	32	36	16	2,339 a
G 500	3,560 a	231 b	77 a				4	58	17	20	3,584 a

\**Cichlasoma managuense*

ab Los promedios de las columnas dentro de experimentos seguidos por las misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05).

**TABLA 19. PROMEDIOS DE LAS VARIABLES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA EN HONDURAS. LOS ESTANQUES SE FERTILIZARON SEMANALMENTE CON GALLINAZA A 0, 250, 500 Ó 750 KG DE MATERIA SECA/HA. SE APLICÓ SEMANALMENTE UREA Y FOSFATO BIAMONICAL PARA MANTENER APLICACIONES TOTALES DE N DE 25 KG/HA Y UNA RELACIÓN DE N:P DE 4:1. LA DURACIÓN DE CADA EXPERIMENTO FUE DE 152 DÍAS**

Tratamiento	pH	Alcalinidad	Nitrógeno	Amoníaco	Fósforo	Ortofosfato	Visibilidad del disco de Secchi	Clorofila <i>a</i>	Producción primaria neta
		total	orgánico	total	total	filtrable			
		mg/L CaCO <sub>3</sub>	mg/L	mg NH <sub>3</sub> -N/L	mg/L	mg PO <sub>4</sub> -P/L	cm	mg/m <sup>3</sup>	mg O <sub>2</sub> /L por día
<b>Experimento de la época fría</b>									
G 0	9.58 a	67.5 c	3.44 c	0.403 b	2.64 b	1.69 a	13.6 a	495 a	9.6 b
G 250	9.64 a	89.5 b	3.95 b	0.311 b	2.67 b	1.38 a	12.2 a	703 a	11.3 a
G 500	9.50 a	99.2 b	4.12 b	0.199 a	2.85 b	1.45 a	11.4 a	812 a	12.9 a
G 750	9.45 a	126.1 a	4.42 a	0.153 a	3.70 a	1.80 a	10.6 a	888 a	12.6 a
<b>Experimento de la época cálida</b>									
G 0	9.85 a	80.7 a	3.14 c	0.323 a	1.99 a	1.16 a	19.5 b	333 b	8.1 b
G 250	9.45 a	92.0 a	3.59 b	0.280 a	2.69 a	1.37 a	13.5 a	613 a	11.4 a
G 500	9.61 a	103.6 a	3.90 a	0.169 a	2.77 a	1.30 a	12.2 a	705 a	12.3 a

ab Los promedios de las columnas dentro de experimentos seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05)

embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas, con coeficientes de variación de 42 por ciento en los niveles de fertilización orgánica intermedios y 48 por ciento en los niveles más bajos. La producción promedio en el tratamiento G250 disminuyó debido a una mortalidad del 55 por ciento en una de las réplicas.

El análisis de covarianza indicó que las pendientes de las curvas de crecimiento promedio de los peces fueron significativamente diferentes entre los tres tratamientos ( $P < 0.0001$ ). El crecimiento de los peces en los estanques que no recibieron gallinaza prácticamente se paró después de tres meses. El crecimiento de los peces en los dos tratamientos de gallinaza fue lineal; sin embargo, el crecimiento en el tratamiento G 250 aparentemente disminuyó durante las últimas seis semanas.

La producción primaria neta, clorofila *a*, P-total, N-orgánico, alcalinidad total y dureza total disminuyeron significativamente al disminuir las adiciones de gallinaza; el amoníaco total y la visibilidad del disco de Secchi aumentaron significativamente al disminuir las adiciones de gallinaza (Tabla 19). No hubo diferencias significativas entre tratamientos en el pH o el ortofosfato filtrable.

A excepción del G0, la producción de peces generalmente fue menor durante la época fría en relación a la época cálida. La producción pobre durante la época fría puede atribuirse a una menor sobrevivencia y crecimiento. La producción de peces en los tratamientos sin abono fueron similares en ambas épocas; la suspensión del crecimiento antes de la cosecha indicó que se había alcanzado la capacidad de carga del sistema. La capacidad de carga durante la época caliente se alcanzó en tres meses; sin embargo, las bajas temperaturas durante la época fría dieron como resultado un retraso y la capacidad de carga se alcanzó hasta el cuarto mes.

La productividad primaria fue similar durante ambas épocas en cada nivel de adición de G. Durante cada época, la productividad primaria disminuyó al reducirse las adiciones de G; sin embargo, la disminución de la productividad primaria no estuvo relacionada con una deficiencia de N y P. De hecho, el nitrógeno amoniacal total aumentó al reducirse las adiciones de G debido a una falta de absorción del fitoplancton. El ortofosfato filtrable no fue diferente entre tratamientos; más aún, los niveles de ortofosfato fueron altos en todos los estanques y presumiblemente no fueron un limitante para la productividad. Es posible que la gallinaza haya aportado un micronutriente que fue limitante para el crecimiento del fitoplancton. Una explicación más probable es que la descomposición de la gallinaza generó más  $\text{CO}_2$  disponible para ser usado por el fitoplacton. Esta sospecha fue confirmada por la correlación entre la alcalinidad y los niveles de dureza al aumentar las adiciones de G. El bióxido de carbono aumenta la disolución de calcita y dolomita formando bicarbon-

ato (alcalinidad) y  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  (dureza). Las adiciones más altas de G dan como resultado una mayor formación de  $\text{CO}_2$ , el cual aumenta la alcalinidad total y la dureza total. El fitoplancton tendría una mayor concentración de  $\text{CO}_2$  disponible directa o indirectamente a través del sistema bicarbonato-carbonato. Sin embargo, la disponibilidad de  $\text{CO}_2$  a través del sistema alcalino disminuyó drásticamente a los valores altos de pH registrados durante estos ensayos los cuales acentuaron el problema de bajas concentraciones de  $\text{CO}_2$  en los estanques fertilizados no orgánicamente.

La productividad primaria fue claramente beneficiada por la fertilización orgánica en ambas épocas. El estudio de la época fría indica que las adiciones semanales de G por arriba de 500 kg/ha no estuvieron correlacionadas con mayores incrementos en la productividad primaria. La producción de peces no se vio beneficiada por la alta productividad primaria durante la época fría debido a que las bajas temperaturas y las bajas densidades de peces no permitieron que la biomasa tomara ventaja de la alta disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, los peces claramente se beneficiaron de la alta productividad natural durante la época caliente.

La sustitución de N inorgánico por adiciones orgánicas, ha permitido una reducción en las tasas semanales de fertilización con gallinaza de 750 a 500 kg/ha, sin una disminución en la producción de peces. Una menor adición orgánica implica una menor demanda de oxígeno biológico, el cual en consecuencia puede causar una disminución en las tasas de respiración de la comunidad que han creado hipoxia nocturna. Los resultados del Estudio E2 demostraron que una hipoxia crónica puede disminuir la producción de tilapia.

## ESTUDIOS DE FERTILIZACIÓN COMBINADA Y ALIMENTACIÓN

Muchos acuicultores utilizan alimento formulado comercial para obtener un crecimiento más rápido y una mayor producción de peces. El alimento para peces es caro y no necesariamente puede incrementar las ganancias en el cultivo de peces, aun cuando se obtengan producciones mayores y peces más grandes. Los datos publicados indican que la eficiencia de los alimentos nutricionalmente incompletos, puede incrementarse substancialmente cuando se suplementa con organismos de alimento natural que pueden ser estimulados al fertilizar los estanques. Implementamos una serie de estudios para cuantificar la mejor manera de combinar el alimento con los fertilizantes en estanques de monocultivos semi-intensivos de tilapia. El alimento formulado que se usó en este estudio fue conseguido localmente y consistió de pelets de camarón marino. La evaluación económica de los sistemas de manejo probados se presenta en la sección de análisis económico de este reporte.

## Estudio C1. Efectos de la Densidad de Siembra en la Producción de Tilapia Alimentada con una Dieta Formulada

Las densidades de siembra de los cultivos monosexos de tilapia tradicionalmente oscilan entre 10,000 a 20,000 peces/ha en estanques que no contienen intercambio de agua ni aireación mecánica. Bajo estas circunstancias se han cosechado peces de 150 a 400 g después de cinco a seis meses de cultivo. En áreas rurales y pequeñas ciudades de Honduras, los peces que pesan 150 a 200 g se venden fácilmente, mientras que los peces más grandes (400 g) se venden con mayor facilidad en áreas metropolitanas. Es bien sabido que la densidad afecta el tamaño promedio de los peces al ser cosechados; sin embargo, esta relación es afectada por la calidad y cantidad de los nutrientes que sean agregados al sistema. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la densidad de siembra en la producción monosexo de tilapia a la que se alimentó con una dieta formulada.

Se utilizaron nueve estanques, un diseño completamente al azar y se probaron densidades de siembra de 10,000, 20,000 y 30,000 tilapias/ha. Alevines de tilapia de 17 g peso promedio fueron sembrados en los estanques el 17 de julio de 1987. Los estanques se fertilizaron en una ocasión con gallinaza (1,000 kg MS/ha) al iniciarse el experimento. Los peces fueron alimentados seis días a la semana con una ración pelletizada con 23 por ciento de proteínas. Las tasas de alimentación, basadas en la biomasa de tilapia en cada estanque, fueron del 7 por ciento durante el primer mes, 5 por ciento durante el segundo mes y 3 por ciento durante el tercer y quinto meses. La tasa de alimentación se ajustó mensualmente y estuvo basada en las muestras colectadas con una red de arrastre y asumiendo una sobrevivencia del 100 por ciento. Todos los estanques se cosecharon 150 días después de la siembra. La tasa de la conversión alimenticia (TCA) se calculó de la cantidad total de alimento ofrecido a los peces dividido entre la producción neta de peces.

La producción bruta promedio de peces aumentó significativamente al aumentar la densidad de siembra (Figura 14) y osciló entre 2,410 y 4,817 kg/ha (Tabla 20). La sobrevivencia de tilapia fue en promedio del 95 por ciento y fue similar entre tratamientos. El tamaño promedio individual osciló entre 166 y 249 g al ser cosechados y decreció linealmente al aumentar la densidad de siembra (Figura 15). La producción de peces fue proporcional a la densidad de siembra debido a que la biomasa de las tilapias no alcanzó la producción crítica en ningún tratamiento. La TCA promedió varió de 1.96 a 2.74. Los altos valores de TCA observados en el tratamiento de 20,000 tilapias/ha pudieron estar influenciados por la menor sobrevivencia observada de peces.

Debido a que hasta la fecha no se ha establecido un precio preferencial para peces grandes, no fue justificable la producción a una densidad de 10,000 tilapias/ha. La talla promedio a las den-

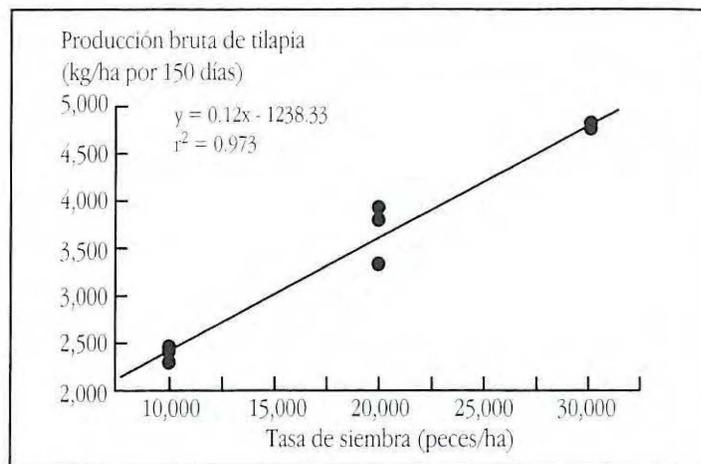


Figura 14. Relación entre la producción bruta de tilapia y la tasa de siembra en estanques de tierra de 0.1 ha. El experimento duró 150 días y los peces se alimentaron con una dieta formulada de 23 por ciento de proteínas.

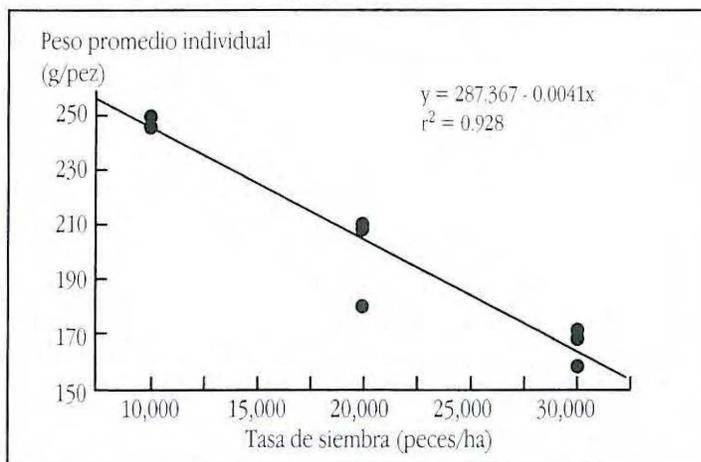


Figura 15. Relación entre el peso promedio individual de los peces a la cosecha y la tasa de siembra. Las tilapias nilotica se cultivaron durante 150 días en estanques de tierra de 0.1 ha y fueron alimentados con alimento formulada de 23 por ciento de proteínas.

sidades más altas estuvo cerca de la talla mínima aparente aceptada por los consumidores y la comercialización podría ser más difícil si se obtienen peces más pequeños al cultivar durante las épocas más frías del año. A una densidad de 20,000 tilapias/ha se obtuvo una alta producción de peces de talla comercial.

## Estudio C2. Producción de Tilapia Utilizando Combinaciones de Gallinaza y Alimento

Estudios previos indicaron que el crecimiento de tilapia en estanques fertilizados orgánicamente disminuyó en el tiempo debido a que el alimento natural disponible no pudo sostener el rápido crecimiento. La eficiencia de la utilización del alimento puede mejorarse al utilizar un fertilizante que estimule la productividad natural del estanque durante la parte inicial del periodo de cultivo, seguido por un alimento formulado más caro cuando el periodo de cultivo se encuentre en una etapa más avanzada. El objetivo de este estudio fue probar el efecto de varias combinaciones de gallinaza y alimento en la producción de tilapia.

**TABLA 20. RESUMEN DE LOS DATOS DE COSECHA (PROMEDIO ± E. E.) Y TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA (TCA) PARA LA PRODUCCIÓN DE MACHOS DE *OREOCHROMIS NILOTICUS* SEMBRADOS EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA A TRES TASAS. LOS PECES SE ALIMENTARON CON UNA RACIÓN PELETIZADA DE 23 POR CIENTO DE PROTEÍNA**

Tasa de Siembra	Talla final	Sobrevivencia	Producción bruta	Producción neta	TCA
<i>Tilapias/ha</i>	<i>g/tilapia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>kg/ha por 150 días</i>		
10,000	249 ± 0.7 a	97.1 ± 1.8 a	2,410 ± 47 a	2,245 ± 46 a	2.0 ± 0.11 a
20,000	200 ± 9.9 b	92.5 ± 0.8 a	3,708 ± 188 b	3,379 ± 186 b	2.7 ± 0.01 c
30,000	166 ± 3.9 c	96.4 ± 1.9 a	4,817 ± 10 c	4,323 ± 16 c	2.4 ± 0.05 b

abc Los promedios de las columnas seguidas por la misma letra no fueron significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ).

Se utilizaron nueve estanques, un diseño completamente al azar y el sistema de producción probado fue: alimento solo (FO); gallinaza sola (1,000 kg MS/ha por semana) durante los primeros 60 días, seguido por alimento solo (3 por ciento de la biomasa de tilapia) (G/F); gallinaza (500 kg MS/ha por semana) y alimento (1.5 por ciento de la biomasa de tilapia) durante todo el experimento (G + F). El 20 de Enero de 1988 se sembraron en los estanques 20,000 alevines/ha de tilapia (peso promedio de 19 g). La fertilización se inició una vez que los estanques estaban llenos. Los peces se alimentaron con una ración peletizada (23 por ciento proteína) seis días a la semana. La tasa de alimentación fue ajustada mensualmente basándose en muestras del estanque obtenidas con una red de arrastre y asumiendo una sobrevivencia del 100 por ciento. En el tratamiento con alimento solo, la tasa de alimentación, como el porcentaje de la biomasa de tilapia en cada estanque, fue de 7 por ciento durante las primeras dos semanas, 5 por ciento durante las siguientes dos semanas y 3 por ciento en el resto del experimento. Los estanques se cosecharon 151 días después de la siembra.

Durante la cosecha fue aparente la pérdida de peces en dos estanques justo antes de la cosecha ya que el peso total y el número de peces cosechados fue mucho menor que el de las réplicas existentes; sin embargo, el peso promedio de los peces fue similar indicando que no hubo una relación entre la baja sobrevivencia y la densidad de siembra. Los datos de estos estanques no se incluyeron en el análisis estadístico ni en la subsecuente discusión.

La producción bruta promedio fue similar en todos los tratamientos, oscilando de 4,351 a 5,305 kg/ha (Tabla 21). La producción neta no fue significativamente diferente entre tratamientos; sin embargo, la producción neta promedio en el tratamiento FO fue 24 por ciento mayor que en el tratamiento G + F y 12 por ciento mayor que en el tratamiento G/F (Tabla 21).

**TABLA 21. PROMEDIO (± E. E.) DE TALLA FINAL, SOBREVIVENCIA, PRODUCCIÓN Y TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA (TCA) PARA LA PRODUCCIÓN DE MACHOS DE *OREOCHROMIS NILOTICUS* (20,000/HA) SEMBRADOS EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA QUE RECIBIERON COMBINACIONES DIFERENTES DE GALLINAZA Y ALIMENTO**

Tratamiento <sup>1</sup>	Talla Final	Sobrevivencia	Producción bruta	Producción neta	TCA
	<i>g/tilapia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>kg/ha por 150 días</i>		
FO	262 ± 19.1 a	86.9 ± 2.6 a	5,305 ± 351 a	4,946 ± 350 a	1.8 ± 0.14 a
G + F	251 ± 2.3 a	82.3 ± 2.3 a	4,351 ± 220 a	3,984 ± 218 a	1.0 ± 0.01 b
G/F	284 ± 2.8 a	81.4 ± 4.3 a	4,794 ± 311 a	4,430 ± 310 a	1.5 ± 0.10 ab

<sup>1</sup> FO: solo alimento; G + F: Gallinaza (500 kg DM/ha por semana) y alimento, ambos aplicados durante todo el experimento; G/F: Gallinaza solo (1,000 kg DM/ha por semana) durante los primeros 60 días, seguido por alimento solo.

ab Los promedios dentro de columnas seguidas por la misma letra no fueron significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ).

Después de 30 días la productividad primaria en el tratamiento G/F fue significativamente mayor que en los tratamientos existentes (Tabla 22). El crecimiento de los peces durante el primer mes no fue diferente entre tratamientos. Por lo tanto, el crecimiento de tilapia en el tratamiento G/F se debió a la producción primaria, mientras que la producción primaria y el alimento contribuyeron al crecimiento de los peces en los otros dos tratamientos. Después de 60 días, el peso individual promedio en el tratamiento FO (94 g/tilapia) fue significativamente mayor que el peso individual promedio en el tratamiento G/F (74 g/tilapia), lo cual indica que la alimento natural disponible con el tratamiento G/F fue insuficiente para mantener un crecimiento rápido. A pesar de que la productividad primaria bruta fue significativamente mayor en el tratamiento G/F durante los primeros 60 días (Tabla 22), para mantener un crecimiento rápido fue necesario agregar alimento suplementario en las etapas consecutivas. La biomasa promedio de tilapia el día 61 en el tratamiento G/F fue de 1,496 kg/ha. Al aplicar el alimento suplementario en el tratamiento G/F, el crecimiento promedio de tilapia aumentó significativamente de 1.0 g por día el día 61 a 2.0 g por día el día 91. Al cosechar no se observó una diferencia significativa entre tratamientos en la talla promedio de los peces y la talla promedio final de todos los tratamientos fue de 265 g/tilapia.

La conversión alimenticia (TCA) varió significativamente entre tratamientos (Tabla 21). La TCA en los tratamientos con alimento solo fue de 1.8 y fue mayor que la TCA de 1.0 en el tratamiento de gallinaza y alimento. La TCA de 1.0 en este último tratamiento se atribuyó a la contribución de alimento natural estimulado por la fertilización orgánica. En el tratamiento con gallinaza seguido de alimento se observó un valor intermedio de TCA, indicando que el alimento no fue necesario durante los dos primeros meses de crecimiento. Substituir el alimento por fertilización orgánica intensiva durante los dos primeros meses de crecimiento dio como resultado una reducción del 27 por ciento en los requerimientos totales de alimentación comparado con el

**TABLA 22. PRODUCTIVIDAD PRIMARIA PROMEDIO ( $\pm$  E. E.) Y RESPIRACIÓN DE LA COMUNIDAD ( $\text{g O}_2/\text{M}^3$  POR DÍA) PARA INTERVALOS DE TIEMPO ESPECÍFICOS EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA SEMBRADOS CON MACHOS DE *Oreochromis niloticus* (20,000/HA) QUE RECIBIERON ÚNICAMENTE ALIMENTO Y UNA COMBINACIÓN DE GALLINAZA Y ALIMENTO**

Tratamiento <sup>1</sup>	Productividad primaria		Respiración de la Comunidad
	Bruta	Neta	
<b>Días 1 al 30</b>			
FO	7.74 $\pm$ 0.34 b	3.19 $\pm$ 0.37 b	7.74 $\pm$ 0.34 b
G + F	9.47 $\pm$ 0.42 b	4.37 $\pm$ 0.45 ab	9.47 $\pm$ 0.42 ab
G/F	13.39 $\pm$ 0.42 a	6.46 $\pm$ 0.45 a	13.39 $\pm$ 0.42 a
<b>Días 1 al 60</b>			
FO	6.98 $\pm$ 0.47 c	2.94 $\pm$ 0.25 c	8.07 $\pm$ 0.82 c
G + F	9.91 $\pm$ 0.58 b	4.39 $\pm$ 0.31 b	11.04 $\pm$ 1.00 b
G/F	13.72 $\pm$ 0.58 a	6.61 $\pm$ 0.31 a	14.21 $\pm$ 1.00 a
<b>Días 61 al 151</b>			
FO	11.69 $\pm$ 1.06 b	6.33 $\pm$ 0.74 b	10.72 $\pm$ 1.25 b
G + F	13.77 $\pm$ 1.30 b	7.47 $\pm$ 0.91 a	12.61 $\pm$ 1.53 ab
G/F	16.80 $\pm$ 1.30 a	9.45 $\pm$ 0.91 a	14.76 $\pm$ 1.53 a
<b>Periodo de Crecimiento 151 días</b>			
FO	10.12 $\pm$ 1.42 b	5.20 $\pm$ 1.07 b	9.84 $\pm$ 1.20 c
G + F	12.49 $\pm$ 1.74 b	6.44 $\pm$ 1.31 b	12.09 $\pm$ 1.47 b
G/F	15.77 $\pm$ 1.74 a	8.50 $\pm$ 1.31 a	14.57 $\pm$ 1.47 a

<sup>1</sup> FO: solo alimento; G + F: Gallinaza (500 kg DM/ha por semana) y alimento, ambos aplicados durante todo el experimento; G/F: Gallinaza sola (1,000 kg DM/ha por semana) durante los primeros 60 días, seguido de alimento solo.

abc Los promedios seguidos por la misma letra no fueron significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ). Únicamente las comparaciones verticales dentro de periodos de tiempo.

tratamiento con alimento solo. Se lograron mas ahorros con el tratamiento de gallinaza y alimento, en el cual la utilización promedio de alimento total fue de 3,764 kg/ha ó 42 por ciento de la del tratamiento con alimento solo. Los resultados del análisis económico (sección de análisis económico) indicaron que las ganancias netas fueron mayores cuando la gallinaza fue substituida por alimento. Es importante notar que el TCA para el tratamiento de alimento solo fue menor que el TCA reportado para la misma densidad de siembra en el Estudio C1; esto implica que las tasas iniciales de alimentación de 7 por ciento y 5 por ciento fueron altas.

### Estudio C3. Alimentación Suplementaria de Tilapia a Diferentes Tasas

El estudio C2 demostró que una combinación de fertilización orgánica y alimentación suplementaria dieron como resultado una producción similar de peces y una mejor conversión alimenticia que cuando se utilizó alimento solo. El objetivo de este estudio fue determinar una tasa práctica de alimentación suplementaria con la finalidad de aumentar las ganancias.

Se sembraron en estanques 10,000 alevines/ha de *Oreochromis niloticus* con 18 g de peso promedio. Doce estanques fueron asignados al azar a cuatro tratamientos. Los tratamientos fueron: gallinaza sola o gallinaza con alimento (23 por ciento proteína) al 0.5, 1 ó 2 por ciento de la biomasa de los peces. La gallinaza se aplicó

a los estanques semanalmente a 500 kg MS/ha. El alimento se ofreció a los peces seis días a la semana y las cantidades se ajustaron semanalmente basándose en el crecimiento proyectado entre muestras mensuales del peso de los peces. El experimento se inició el 11 de Agosto de 1988 y terminó 132 días después.

Los pesos individuales promedio al cosechar fueron 132, 136, 162 y 170 g/tilapia correspondientes a los tratamientos alimenticios de 0, 0.5, 1 y 2 por ciento, respectivamente. La producción bruta promedio fue 1,234, 1,261, 1,473 y 1,604 kg/ha durante 132 días, respectivamente. El peso individual promedio y la producción bruta en los tratamientos con 1 y 2 por ciento de alimento fueron significativamente mayores que en los otros dos tratamientos. La producción de peces en este ensayo fue baja comparada con otros años en El Carao, considerando que a los peces se les ofreció una ración comercial además de la fertilización. Este estudio se llevó a cabo durante la época fría cuando las temperaturas del agua frecuentemente cayeron por abajo del nivel óptimo de crecimiento. Se registraron temperaturas por debajo de los 17.4 °C. El crecimiento durante la época cálida pudo haber brindado una mejor información en relación a los beneficios potenciales del alimento complementario.

### Estudio C4. Retrasos en la Inicialización de la Alimentación Suplementaria

En el Estudio C2, la iniciación de la alimentación suplementaria a los 60 días después de la siembra dio una producción de peces 12 por ciento menor, pero requirió 27 por ciento menos alimento que en el tratamiento en el cual el alimento se administró desde el principio del experimento. Estos resultados sugirieron que la alimentación suplementaria puede iniciarse aun mas tarde, especialmente cuando las densidades son bajas, sin reducirse la producción de peces. El objetivo de este experimento fue determinar el efecto de substituir la gallinaza por alimento por periodos progresivamente mas prolongados en la producción de tilapia.

Se asignaron cuatro tratamientos a 12 estanques. Los tratamientos probados fueron: (1) aplicaciones semanales de gallinaza a 1,000 kg MS/ha; (2) gallinaza (1,000 kg MS/ha por semana) durante el primer mes, seguido de alimento; (3) gallinaza (1,000 kg MS/ha por semana) durante dos meses, seguido de alimento y (4) gallinaza (1,000 kg MS/ha por semana) durante tres meses, seguido de alimento. El alimento, con 25 por ciento proteínas, fue ofrecido seis días a la semana al 3 por ciento de la biomasa de los peces por día. El 27 de Julio de 1989 se sembraron en los estanques 10,000 tilapias/ha con un peso promedio de 28 g y guapote tigre (*Cichlasoma managuense*) a una densidad de 450 peces/ha para controlar la producción de tilapia. Los estanques se cosecharon 147 días después.

La producción bruta de tilapia y el peso promedio individual fueron significativamente menores en los estanques fertilizados

**TABLA 23. PROMEDIOS ( $\pm$  E. E.) DE PRODUCCIÓN BRUTA, PESO INDIVIDUAL FINAL Y SOBREVIVENCIA DE TILAPIA SEMBRADA EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA A UNA DENSIDAD DE 10,000/HA Y QUE RECIBIERON UNA COMBINACIÓN DE GALLINAZA Y APLICACIONES DE ALIMENTO**

Tratamiento	Producción bruta	Peso Individual	Sobrevivencia
	kg/ha por 147 días	g/tilapia	Porcentaje
Gallinaza sola	1,779 $\pm$ 80 a	206 $\pm$ 9.1 a	86 $\pm$ 0.1 a
Gallinaza 1 mes, después alimento	2,349 $\pm$ 142 b	276 $\pm$ 16.2 b	85 $\pm$ 3.0 a
Gallinaza 2 meses, después alimento	2,196 $\pm$ 101 b	256 $\pm$ 8.6 b	85 $\pm$ 1.2 a
Gallinaza 3 meses, después alimento	2,223 $\pm$ 170 b	258 $\pm$ 16.7 b	86 $\pm$ 2.0 a

ab Los promedios dentro de columnas seguidos por la misma letra no fueron significativamente diferentes ( $P > 0.10$ )

únicamente con gallinaza (Tabla 23). No se obtuvo una ventaja significativa al iniciar la alimentación un mes después comparado con iniciar la alimentación después de tres meses. Estos resultados confirman los resultados de estudios previos en El Carao, los cuales demostraron que la producción de tilapia puede incrementarse con alimentación; sin embargo la eficiencia alimenticia puede incrementarse significativamente al substituir la fertilización orgánica por alimento durante la etapa temprana del ciclo de crecimiento. La producción de tilapia en este estudio fue menor que la producción obtenida en investigaciones anteriores en las cuales la gallinaza fue substituida por alimento debido a que se usó una densidad de siembra menor. La densidad inicial de tilapia debe ser al menos de dos peces/m<sup>2</sup> cuando se utiliza alimento (sección de análisis económico).

## ESTUDIOS CON OTRAS ESPECIES

El monocultivo de tilapia se ha practicado en Honduras desde principios de los 80s. Mientras que el objetivo de la producción monosexo ha sido eliminar la producción de crías de tilapia durante el ciclo de crecimiento, algunas hembras fueron colocadas inadvertidamente y dieron como resultado su reproducción. Se seleccionó una especie nativa como depredador de las crías de tilapia. El sembrar mas de dos especies con hábitos alimenticios que no se traslapan dio como resultado una producción mayor de peces. Se llevaron a cabo una serie de estudios para investigar sistemas de policultivo de interés en Honduras que se basaron en especies nativas y exóticas.

### Estudio D1. La Relación entre la Densidad de Siembra de Guapote Tigre y la Reproducción de Tilapia

La inversión de sexo y la separación manual de machos de poblaciones mixtas usualmente no son 100 por ciento efectivas al excluir hembras de los estanques de crecimiento. Después de 1987, Guapote tigre (*Cichlasoma managuense*), un piscívoro cíclido nativo, fue incluido regularmente en los estanques de crecimiento para controlar la reproducción de tilapia. El guapote tigre fue inicialmente sembrado en los estanques a una razón de uno por 10 a 20 tilapias, dependiendo de la disponibilidad de guapote. El objetivo de este estudio fue determinar si la densidad de siem-

bra óptima del depredador está en función de la densidad de siembra de tilapia.

Se asignaron al azar doce estanques a tres tratamientos. Los tratamientos probados fueron densidades iniciales de tilapia de 2,500, 10,000 y 20,000/ha. El 3 de Febrero de 1989 se sembraron alevines de tilapia de 29 g en estanques. Se colocaron machos con sexo invertido en dos estanques réplica por tratamiento y los dos estanques restantes fueron sembrados con

machos que fueron seleccionados manualmente de una población mixta. Alevines de guapote tigre de 22 g fueron colocados en todos los estanques a razón de un pez por 20 tilapias. Los estanques se fertilizaron semanalmente con gallinaza a 750 kg MS/ha y fueron cosechados después de 150 días. Los datos de la producción de tilapia se reportan en el Estudio E3.

Guapote controló la reproducción de tilapia mas efectivamente a densidades de tilapia moderadas y altas que a densidades bajas (Tabla 24). No hubo diferencia en la sobrevivencia entre tratamientos. El peso individual promedio de guapote aumentó al disminuir la densidad de siembra de tilapia, mientras que la producción de guapote aumentó al aumentar la densidad de siembra de tilapia. Concluimos que a bajas densidades de tilapia, las densidades de guapote fueron insuficientes para controlar la reproducción, mientras que a altas densidades de tilapia las densidades de guapote fueron mas que necesarias.

Es importante encontrar las densidades adecuadas de guapote, necesarias para controlar la reproducción de tilapia independientemente de la densidad de siembra de tilapia. Un número insuficiente de guapote dará como resultado un control pobre de la reproducción, mientras que un número excesivo de guapote puede dar como resultado tallas de guapote pequeñas al cosechar. Es difícil producir en estanques un gran número de alevines de guapote de talla similar (Estudio A4) debido a que son depredadores. Por lo tanto, es conveniente encontrar el número mínimo de guapotes necesario para controlar la reproducción de tilapia. La densidad de 500 guapote/ha dio como resultado un buen control en la reproducción de tilapia. Pruebas subsecuentes a esta misma densidad de guapote han dado continuamente buenos resultados, aun cuando las tallas individuales de los alevines de guapote sembrados fueron reducidas a 1-5 g.

### Estudio D2. Influencia de la Alimentación y la Fertilización Orgánica en el Policultivo de Tambaquí y Tilapia

En Honduras surgió el interés de determinar la respuesta de crecimiento de tambaquí (*Colossoma macropomum*) al cultivarse con tilapia en estanques fertilizados orgánicamente. Existía la evi-

**TABLA 24. RESUMEN DE LA REPRODUCCIÓN DE TILAPIA Y RESULTADOS DE LA PRODUCCIÓN DE GUAPOTE TIGRE AL SEMBRARSE GUAPOTE A UN PORCENTAJE DEL CINCO PORCIENTO DE LA DENSIDAD DE TILAPIA. GUAPOTE FUE UTILIZADO COMO DEPREDADOR DE LAS CRÍAS DE TILAPIA PRODUCIDAS**

Tasa de siembra de Tilapia	Tasa de siembra de Guapote	Reproducción de Tilapia	Guapote		
			Peso promedio	Producción bruta	Sobrevivencia
no./ha	no./ha	kg/ha	g/guapote	kg/ha por 150 días	Porcentaje
2,500	125	232 a	172 a	16.7 a	65.0 a
10,000	500	11 b	117 b	36.1 b	61.5 a
20,000	1,000	2 b	87 b	53.2 c	61.3 a

abc Los promedios dentro de columnas seguidos por una letra diferente fueron significativamente diferentes ( $P < 0.10$ ).

dencia de que tambaquí no tenía un buen crecimiento en la ausencia de alimento complementario. El objetivo de este experimento fue cuantificar el crecimiento de tambaquí en policultivo con tilapia en estanques a los que únicamente se les agregó fertilizante orgánico o una combinación de fertilizante orgánico y alimento complementario.

El 13 de Febrero de 1990 se sembraron en seis estanques 10,000 tilapias/ha (13 g peso promedio), 1,500 tambaquí/ha (*Colossoma macropomum*; 40 g peso promedio) y 250 guapote tigre/ha (*Cichlasoma managuense*) para controlar la reproducción de tilapia. Semanalmente se fertilizaron tres estanques con gallinaza a 1,000 kg MS/ha durante las seis primeras semanas y después a 750 kg TS/ha durante el resto del estudio. Los tres estanques restantes se fertilizaron semanalmente con gallinaza a 500 kg MS/ha y se agregó una ración peletizada (25 por ciento proteína) a 1.5 por ciento de la biomasa de tilapia por día, seis días a la semana. Los estanques se cosecharon el 19 de Junio de 1990, 126 días después de la siembra.

El peso promedio de las tilapias y del tambaquí y la producción bruta promedio fueron significativamente mayores en los estanques con alimento (Tabla 25). Tambaquí fue 422 por ciento mas grande cuando se utilizó alimento suplementario que cuando

**TABLA 25. RESUMEN DE LOS DATOS DE COSECHA (PROMEDIO  $\pm$  E. E.) EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA SEMBRADOS CON TILAPIA NILOTICA Y TAMBAQUI (*COLOSSOMA MACROPOMUM*) QUE RECIBIERON APLICACIONES SEMANALES DE FERTILIZANTE ORGÁNICO Y QUE FUERON ALIMENTADOS O NO ALIMENTADOS CON ALIMENTO SUPLEMENTARIO**

Variable	Tratamiento	
	Fertilización orgánica únicamente	Fertilización orgánica mas alimento complementario
Tilapia		
Producción bruta, kg/ha por 126 días	1,355 $\pm$ 102	1,921 $\pm$ 40 *
Peso individual, g/tilapia	167 $\pm$ 10	232 $\pm$ 16 *
Sobrevivencia, porcentaje	81 $\pm$ 2.3	83 $\pm$ 4.4
Tambaquí		
Producción bruta, kg/ha por 126 días	76 $\pm$ 22	350 $\pm$ 70 *
Peso individual, g/tambaquí	86 $\pm$ 27	447 $\pm$ 71 *
Sobrevivencia, porcentaje	60 $\pm$ 2.6	52 $\pm$ 2.3

\* Los promedios de los tratamientos fueron significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ). Comparaciones horizontales únicamente.

se utilizó únicamente fertilización orgánica, mientras que las tilapias fueron únicamente 39 por ciento mas grandes en los tratamientos con alimento suplementario. Tambaquí creció poco y no alcanzó una talla comercial en los estanques que recibieron únicamente fertilización orgánica. La densidad de siembra óptima es desconocida. La implicación práctica de este estudio es que los acuicultores

no deben agregar tambaquí a un cultivo a menos que se utilice una ración formulada .

### Estudio D3. Crecimiento de *Cichlasoma maculicauda* al Cultivarse con Tilapia y Guapote Tigre

*Cichlasoma maculicauda* es un cíclido nativo que se encuentra con un peso mayor a 300 g en lagos y ríos de Honduras. Alevines de *Cichlasoma maculicauda* (5-25 g) fueron obtenidos de un productor de alevines en Olancho (Este de Honduras). Este pez tiene una boca pequeña con dientes filiformes y ha sido reportado que pastorea en el fondo del estanque, por lo que aparentemente puede ser una especie adecuada para cultivo en estanques. Los alevines fueron colocados en un estanque fertilizado y recibieron una ración diaria de alimento formulado. Después de 9 a 12 meses en el estanque se observó la reproducción. Los alevines producidos en el estanque fueron utilizados en una prueba de crecimiento subsecuente.

Alevines de *Cichlasoma maculicauda* (12 g peso promedio) fueron sembrados a una densidad de 290/ha con tilapia y guapote tigre en un estudio para determinar el efecto de la concentración mínima de oxígeno disuelto (Estudio E4). Los estanques se fertilizaron orgánicamente con gallinaza (1,000 kg MS/ha por semana) durante los dos primeros meses. Después se detuvo la fertilización y se ofreció a los peces alimento peletizado con 20 por ciento proteínas. Los estanques se cosecharon después de 148 días.

El crecimiento de *Cichlasoma maculicauda* fue lento en todos los tratamientos a pesar de la aireación y la combinación de alimento natural y dieta balanceada (Tabla 26). Al cosechar, el peso promedio individual no excedió 83 g a pesar de la baja densidad inicial. Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto aparentemente inhibieron el crecimiento y sobrevivencia de *Cichlasoma maculicauda*. El desempeño pobre de *Cichlasoma*

*maculicauda* en este estudio indicó que su crecimiento es demasiado lento para ser cultivado comercialmente.

#### Estudio D4. Crecimiento Comparativo del Cultivo Comunitario de Tilapia Roja y Tilapia de Coloración Normal

La tilapia roja se está haciendo popular rápidamente como pez de cultivo en Honduras. El Carao ha tenido dos líneas diferentes de tilapia roja con grandes diferencias en apariencia y características de cultivo. La primera línea, introducida de México, se cree que fue originada por un productor comercial de tilapia roja en Florida. Esta tilapia era de color rosa y capaz de reproducirse, pero debido a su baja fecundidad, crecimiento pobre y poca resistencia al manejo, no se fomentó su uso. En 1989, una granja comercial en Honduras importó una tilapia roja de Geneva, Alabama; la cual aparentemente se originó por L.L. Behrends, National Fertilizer Development Center en Muscle Shoals, Alabama, el cual cruzó varias generaciones de crías de tilapia roja con padres de *Oreochromis niloticus*. El color rojo se originó de la tilapia roja de Florida. La tilapia roja de Alabama no produce 100 por ciento crías rojas, pero su crecimiento y resistencia al manejo fueron superiores a la línea mexicana. El objetivo de este estudio fue comparar las características de la raza de tilapia roja de Alabama con la tilapia *O. niloticus* de coloración normal. El 8 de Agosto de 1990 tres estanques fueron sembrados comunalmente con 500 machos de tilapia roja (8 g peso promedio) y 500 de tilapia silvestre (7 g peso promedio). Los estanques se fertilizaron con gallinaza (1,000 kg MS/ha por semana) durante los primeros dos meses. De allí en adelante, la fertilización se detuvo y los peces se alimentaron con una ración comercial de camarón (20 por ciento proteína) 6 días a la semana a 3 por ciento de la biomasa de los peces. Todos los estanques recibieron las mismas cantidades de insumos. Los estanques se vaciaron completamente y fueron cosechados 148 días después de la siembra.

La producción bruta promedio de la tilapia de coloración normal (1,133 kg/ha) fue significativamente mayor que la producción de tilapia roja (456 kg/ha). Sin embargo, el peso individual promedio de la tilapia de coloración normal (252 g) no fue diferente del peso de la tilapia roja (253 g). La producción de tilapia roja fue afectada significativamente por una menor sobrevivencia, que en promedio fue de 37 por ciento en la tilapia roja y 83 por ciento en la de coloración normal. La sobrevivencia de la tilapia roja fue baja en parte debido a la depredación por gavilanes que diariamente visitaban los estanques. Los estanques que se encontraban mas lejos de la actividad humana tuvieron la menor sobrevivencia. También se sospecha que la falta de resistencia al manejo, especialmente en la etapa de alevines, redujo la sobrevivencia. Los resultados de otros estudios con tilapia roja demostraron que estos peces tienen una sobrevivencia baja en estanques de crecimiento, aun en la ausencia de depredadores (Ver Estudio B7). Estos resultados indican que el potencial de crecimiento de la

**TABLA 26. PROMEDIO (± D.E.) DE LA PRODUCCIÓN Y SOBREVIVENCIA DE CICHLASOMA MACULICUADA EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA QUE NO RECIBIERON AIREACIÓN MECÁNICA O QUE RECIBIERON AIREACIÓN CUANDO LAS CONCENTRACIONES DE OXÍGENO DISUELTAS FUERON DEL 10 Ó 30 POR CIENTO DE SATURACIÓN**

Tratamiento	Peso promedio (g/pescado)	Porcentaje de sobrevivencia	Producción (kg/ha por 148 días)
Control	53 ± 12.9	47 ± 38	8 ± 7
10% de saturación	80 ± 5.6	64 ± 5.3	15 ± 0.3
30% de saturación	87 ± 4.2	79 ± 15.0	20 ± 3
<b>Contraste</b>			
Control vs. aireación	AS*	NS	S
10% vs. 30%	NS	NS	NS

\* NS - no significativo (P>0.05); S - significativo (P<0.05); AS - altamente significativo (P<0.01).

tilapia roja fue similar al potencial de la tilapia de coloración normal; sin embargo, la consistente baja sobrevivencia hace a la tilapia roja menos adecuada para cultivarse en estanques. Las bajas temperaturas ambientales durante los dos últimos meses del ciclo probablemente disminuyeron el crecimiento y contribuyeron a la reducción en la producción total.

## ESTUDIOS DIVERSOS

La evaluación económica de los sistemas de manejo probados se describe en la sección de análisis económico de este reporte.

### Estudio E1. Producción de Tilapia Nilótica y Tilapia Híbrida en Estanques de Tierra

A principios de los 80s el cultivo monosexo de tilapia en Honduras estaba basado en la selección manual de tilapia Nilótica o tilapia híbrida (*O. niloticus* x *O. hornorum*). Existieron conflictos en los reportes en relación a las características de producción de los dos grupos, los cuales eran teóricamente todos machos. El objetivo de esta investigación fue comparar el crecimiento y la producción de machos de tilapia Nilótica con machos de tilapia híbrida.

Cada tratamiento fue asignado al azar a tres estanques. El 31 de Agosto de 1983 los estanques fueron sembrados con 10,000 peces/ha y se cosecharon 90 días después. Los alevines de tilapia Nilótica e híbrida pesaron en promedio 7 y 11 g, respectivamente. Los estanques fueron fertilizados en seis ocasiones con 46 kg/ha de 20-20-0 (N-P-K). Los peces se alimentaron con una ración suplementaria (23 por ciento proteína; 3 por ciento de la biomasa de los peces) cinco días a la semana.

La producción neta fue de 1,197 y 1,141 kg/ha para la tilapia nilótica e híbrida, respectivamente y no fue significativamente diferente entre tratamientos. Del mismo modo, el peso promedio individual al cosechar fue de 134 y 131 g, respectivamente y no fue significativamente diferente. A pesar de que el peso inicial promedio de la tilapia híbrida fue significativamente mayor, el

análisis de covarianza indicó que no hubo un efecto significativo en el peso individual final. La sobrevivencia promedio fue de 94.9 por ciento en la tilapia nilotica y de 95.6 por ciento en la tilapia híbrida. Mientras que no se observaron diferencias en las características de producción entre los dos peces, el mantenimiento de líneas puras de las dos especies, requerida para la producción de híbridos, es mas difícil que cuando no se produce ningún híbrido. Mas aún, la producción de alevines de línea pura es mas prolífica.

### **Estudio E2. Efecto del Tamaño del Estanque en la Producción de Tilapia**

La investigación en acuicultura frecuentemente se realiza en pequeños estanques experimentales ( 0.1 ha). Sin embargo, los estanques de investigación generalmente son mas pequeños que los estanques que se utilizan a nivel comercial. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del tamaño del estanque en la producción de peces.

En tres estanques de 0.05 ha y tres de 0.2 ha se sembraron alevines híbridos de tilapia (*O. niloticus* x *O. urolepis hornorum*; peso promedio = 9 g/pez) a una densidad de 20,000 peces/ha. Los estanques tuvieron historias de manejo similares. Todos los estanques se construyeron con suelo importado y se asumió que el suelo en los estanques fue similar. Los estanques fueron fertilizados semanalmente con gallinaza (381 kg MS/ha). Los peces se alimentaron de Lunes a Viernes con gluten de maíz (12 por ciento proteína, 4 por ciento grasa, 16 por ciento carbohidratos, 5 por ciento cenizas y 12 por ciento humedad) a razón de 7 por ciento de la biomasa de los peces. Los estanques se sembraron el 9 de Septiembre y se cosecharon 126 días después.

La producción bruta promedio fue de 2,502 y 2,736 kg/ha en los estanques de 500 y 2,000 m<sup>2</sup>, respectivamente. Los valores promedio no fueron significativamente diferentes entre tratamientos. El peso promedio individual al cosechar fue de 150 y 159 g, respectivamente. Las crías de tilapia producidas durante el ciclo de engorda representaron 9 por ciento de la producción bruta de cada tratamiento. La sobrevivencia promedio fue 76 por ciento y 79 por ciento en los estanques de 0.05 y 0.2 ha, respectivamente y no fueron significativamente diferentes. Concluimos que el tamaño del estanque, dentro del rango de tamaños probados, no afectó la producción de peces en los dos tratamientos.

### **Estudio E3. Determinación de una Respuesta de Crecimiento Anabólico de Tilapias Tratadas con Andrógenos Durante las Etapas de tratamiento y Pre-engorde y Engorde**

La tecnología actual predominante en América Central para la producción de alevines monosexos es la inversión hormonal de sexo, en la cual un andrógino, generalmente 17  $\alpha$ -metiltestosterona (MT), es incorporado al alimento comercial disponible. El

tratamiento con MT para la inversión de sexo en tilapia puede también inducir una respuesta de crecimiento anabólico. El objetivo de este estudio fue comparar el crecimiento de tilapias control y tilapias tratadas con MT durante etapas consecutivas tratamiento de andrógino, pre-engorde y engorde en estanques de tierra bajo condiciones que probablemente serán usadas en granjas comerciales para cultivos semi-intensivos de tilapia en América Central.

*Oreochromis niloticus* recién eclosionadas fueron sembradas (4,500 larvas/m<sup>2</sup>) en japas suspendidas en estanques de tierra de 0.2 ha. Los tratamientos control y MT fueron asignados al azar a cuatro japas grandes (2 x 2.5 x 1m) y dos pequeñas (1 x 2 x 1m) con malla de nylon de 1.6 mm. La profundidad del agua en las japas fue en promedio de 0.6m. El tamaño promedio total ( $\pm$  D.E.) de 500 larvas fue 9.8  $\pm$  2.3 mm y el peso total fue 4.65 g. La temperatura del agua durante el periodo del tratamiento hormonal fue en promedio 26.1 °C.

En ambos tratamientos las crías fueron alimentadas con una dieta comercial de camarón (21.4 por ciento proteína cruda) molida y tamizada (malla de 560 mm). El MT fue incorporado en la dieta a una tasa de 60 mg/kg; disolviéndolo en 0.5 L/kg de etanol desnaturalizado y completamente mezclado con el alimento. El alimento control fue mezclado con 0.5 L/kg de etanol desnaturalizado libre de andrógenos. Ambos alimentos fueron secados en un horno y refrigerados hasta ser utilizados. Las crías fueron alimentadas siete días a la semana con una tasa diaria de 20 por ciento de la biomasa de tilapias durante la primera semana, decreciendo progresivamente a 10 por ciento de la biomasa durante la cuarta semana. La siembra se realizó el 28 de octubre de 1988 y las japas se cosecharon 28 días después.

El 28 de octubre de 1988 se sembraron 125,000 larvas/ha en dos estanques de tierra de 0.2 ha cada uno en el grupo control y el tratado con MT. El peso promedio de las larvas en ambos tratamientos fue de 0.1 g. Antes de ser sembrados, los estanques se fertilizaron en una ocasión con gallinaza a 2,000 kg MS/ha. La gallinaza se aplicó semanalmente a 1,000 kg MS/ha durante el primer mes y después a 500 kg MS/ha. Los alevines fueron alimentados con una dieta peletizada (23 por ciento proteína cruda) seis días a la semana. La tasa de alimentación diaria fue de 10 por ciento de la biomasa promedio de peces por tratamiento durante el primer mes y decreció progresivamente hasta alcanzar una tasa de alimentación máxima de 55 kg/ha. La temperatura promedio en los estanques fue de 24.5 °C. Todos los estanques fueron vaciados y cosechados 94 días después de la siembra.

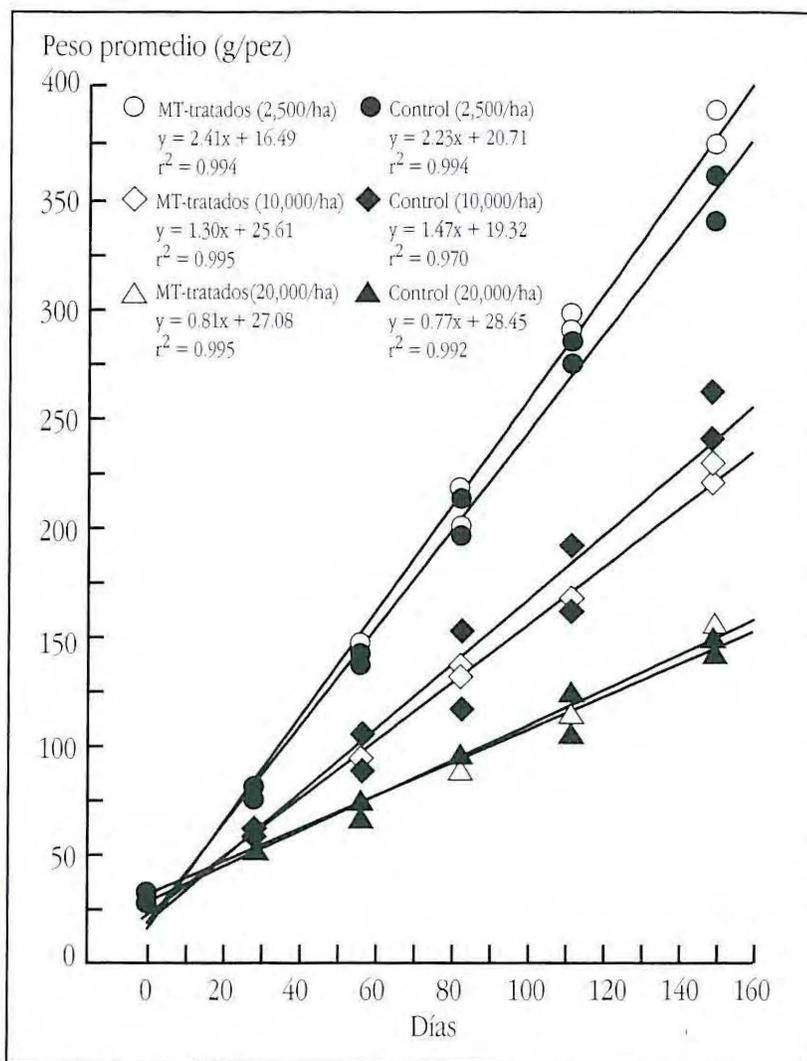
Se investigó el crecimiento y la producción de los machos control y los tratados con MT a tres diferentes densidades de siembra y se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 2 x 3. El 3 de Febrero de 1989 se sembraron doce estanques con 2,500, 10,000 ó 20,000 tilapias/ha. El peso

inicial promedio por individuo fue de 29 g en ambos tratamientos. La gallinaza fue esparcida sobre la superficie de todos los estanques semanalmente a una tasa de 750 kg MS/ha. Para controlar la reproducción de tilapia, el 7 de Febrero de 1989 se colocó guapote tigre *Cichlasoma managuense* (22 g/pez) a una tasa equivalente a 5 por ciento de la tilapia sembrada. Los estanques fueron drenados y cosechados 150 días después de la siembra. La temperatura promedio del agua en los estanques fue de 26.6 °C.

Los datos de crecimiento durante las etapas de tratamiento con andrógino y de pre-engorde fueron transformados logarítmicamente para realizar un análisis de regresión lineal. A los datos de sobrevivencia se les aplicó una transformación arcoseno para ser analizados. Los datos se analizaron con una prueba-t (etapas de tratamiento y de pre-engorde), análisis de Chi-cuadrada (razón de sexos durante la etapa de pre-engorde), ANOVA de dos vías usando los tratamientos y la densidad de siembra como factores (etapa de engorde), contrastes (etapa de engorde), regresión lineal (todas las etapas) y análisis de covarianza para la heterogeneidad de las pendientes (todas las etapas).

No hubo una diferencia significativa entre las pendientes de las curvas de crecimiento del grupo control y el grupo tratado con MT durante la etapa de tratamiento con andrógino. Después de la etapa de tratamiento de 28 días, tanto el grupo control como el grupo tratado con MT tuvieron en promedio 0.1g/larva. La talla total final fue de 18.3 mm y 18.9 mm, respectivamente y no se encontró una diferencia significativa entre tratamientos.

No se detectó una diferencia significativa entre las pendientes de las curvas de crecimiento de los alevines control y los tratados con MT durante la etapa de pre-engorde. No hubo una diferencia significativa en los datos de cosecha entre tratamientos. Al cosechar, el peso individual promedio de los alevines fue de 22.5 g y 26.2 g para las poblaciones control y tratadas con MT, respectivamente. Sin embargo, el peso promedio respectivo de los machos fue de 29.5 g/pez y de 29.7 g/pez. Las hembras presentes ambas poblaciones fueron significativamente más pequeñas que los machos. El peso promedio de las hembras en el grupo control fue de 21.5 g/pez y el del grupo tratado con MT de 23.7 g/pez. El promedio de machos en el grupo control fue de 51.3 por ciento, no significativamente diferente de la razón hembra:macho esperada de 1:1. El promedio de machos en el grupo tratado con MT fue de 96.8 por ciento. Después de 94 días, la producción bruta promedio de tilapia fue de 1,548 kg/ha y 1,613 kg/ha en el grupo control y grupo tratado con MT, respectivamente.



**Figura 16. Crecimiento de los machos de *Oreochromis niloticus* del grupo control y tratados con MT sembrados en estanques de tierra de 0.1 ha a tres densidades durante la fase de engorde de 150 días. Los estanques se fertilizaron semanalmente con gallinaza (750 kg MS/ha).**

Durante la etapa de engorde, las pendientes de las curvas de crecimiento de los machos control y de los machos tratados con MT, no fueron significativamente diferentes a excepción de los grupos con la densidad más baja, en la cual los peces tratados con MT crecieron más rápido (Figura 16). Sin embargo, al cosechar el peso promedio de los peces control, dentro de cada densidad inicial, no fueron significativamente diferentes de los peces tratados con MT. No se encontró una diferencia significativa en la producción entre los tratamientos con la misma densidad (Tabla 27). La interacción tratamiento por densidades de siembra no fue significativo.

El crecimiento de las tilapias nilotica en el grupo control fue similar al crecimiento del grupo tratado con MT. No se detectó una respuesta anabólica en el tratamiento con MT durante la etapa del tratamiento hormonal o durante ninguna etapa de producción durante los 244 días después del tratamiento. El uso de MT para la masculinización de larvas de tilapia fue eficaz y dio

**TABLA 27. DATOS DE PRODUCCIÓN DE MACHOS DE *OREOCHROMIS NILOTICUS* SELECCIONADOS MANUALMENTE Y POR MEDIO DE INVERSIÓN DE SEXO DESPUÉS DE 150 DÍAS DE CRECIMIENTO EN ESTANQUES DE TIERRA DE 0.1-HA FERTILIZADOS SEMANALMENTE CON GALLINAZA A 750 KG MATERIA SECA/HA**

Tratamiento	Tasa de Siembra	Peso Final	Sobrevivencia	Producción bruta total	Producción neta total	Reproducción
	<i>Tilapias/ha</i>	<i>g/tilapia</i>	<i>Porcentaje</i>		<i>kg/ha por 150 días</i>	
Control <sup>1</sup>	2,500	352 a	85.0 a	968 c	898 c	221 a
Tratados con MT*	2,500	383 a	88.9 a	1091 c	1016 c	243 a
Control	10,000	251 b	69.8 a	1730 b	1438 b	10 b
Tratados con MT	10,000	228 b	92.1 a	2105 b	1805 b	12 b
Control	20,000	145 c	83.6 a	2428 a	1812 a	0 b
Tratados con MT	20,000	151 c	85.6 a	2570 a	1963 a	4 b

<sup>1</sup>Machos seleccionados manualmente

\* Tratamiento con  $\alpha$ -metiltestosterona

abc Los promedios dentro de columnas seguidos de letras diferentes son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

como resultado una población de 97 por ciento machos. Por lo tanto, los granjeros que usan técnicas de cultivo semi-intensivo no deben esperar una respuesta anabólica subsecuente a la inversión de sexo.

#### Estudio E4. Mejoras en la Producción de Tilapia al Mantener Concentraciones Críticas de Oxígeno en los Estanques

Las tilapias soportan bajas concentraciones de oxígeno en los estanques debido a que al subir a la superficie del estanque pasan agua rica en oxígeno a través de las branquias. En El Carao se ha encontrado que las tilapias soportan concentraciones de oxígeno disuelto (OD) cercanas a 0 mg/L durante casi seis horas. Se sospechó que el estrés debido a la hipoxia crónica reducía el crecimiento de tilapia, aun en la ausencia de mortalidad. La aireación suplementaria puede mantener los niveles de OD por encima de los niveles críticos para el crecimiento de tilapia. Sin embargo, no fue posible detectar las concentraciones críticas de oxígeno a las cuales se debe iniciar la aireación. El uso indiscriminado de los aireadores aumenta los costos de operación. Los objetivos de este estudio fueron determinar los niveles críticos de OD a los cuales

se debe de iniciar la aireación con la finalidad de minimizar el tiempo de operación y determinar si la aireación afecta la productividad primaria y otras variables de la calidad del agua.

Se asignaron al azar nueve estanques de 0.1 ha a tres tratamientos. Cuando el OD alcanzó niveles de saturación del 30 ó 10 por ciento, se activaron aireadores de bomba vertical (0.5 HP Air-o-lator) en seis estanques. Los tres tanques restantes no tuvieron aireación. Los aireadores individuales se activaron automáticamente por medio de un sistema computarizado de monitoreo de datos. Los aireadores funcionaron a intervalos de una hora hasta que el nivel de OD excediera el nivel crítico.

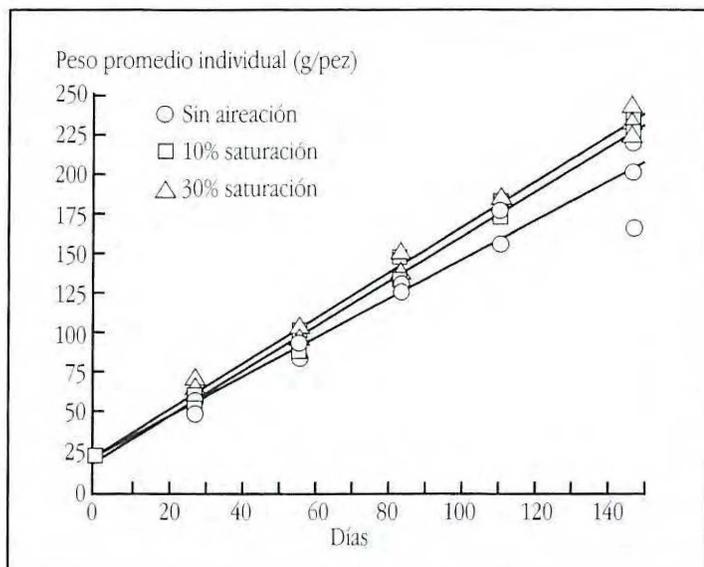
Los estanques fueron sembrados el 8 de Agosto de 1990 con tilapias de 24 g a una densidad de 20,000/ha, guapote tigre (*Cichlasoma managuense*) de 1 g (500/ha) y *Cichlasoma maculicauda* de 12 g (290/ha). Maculicauda es un ciclido nativo que fue probado como una especie potencial para ser cultivada en el Estudio D3. Los estanques fueron fertilizados con gallinaza únicamente a 1,000 kg MS/ha por semana durante los primeros dos meses de crecimiento. Durante el resto del experimento los peces se alimentaron con una ración comercial de alimento para

**TABLA 28. PROMEDIOS ( $\pm$  E. E.) DE LA PRODUCCIÓN DE *OREOCHROMIS NILOTICUS*, *CICHLASOMA MANAGUENSE* (GUAPOTE) Y *CICHLASOMA MACULICAUDA* DESPUÉS DE 148 DÍAS EN ESTANQUES SIN REGULACIÓN DE OXÍGENO (CONTROL) O CON CONCENTRACIONES DE OXÍGENO DISUELTO MÍNIMAS MANTENIDAS AL 10 Ó 30 POR CIENTO DE SATURACIÓN POR MEDIO DE AIREACIÓN**

Tratamiento	Producción de tilapia	Producción de maculicauda	Producción de guapote	Reproducción de tilapia	Producción bruta de pescado	Peso promedio de tilapia	Sobrevivencia de tilapia
			<i>kg/ha</i>			<i>g/tilapia</i>	<i>porcentaje</i>
Control	3,404 $\pm$ 383	8 $\pm$ 4	20 $\pm$ 6	41 $\pm$ 16	3,473 $\pm$ 404	194 $\pm$ 15.5	87.1 $\pm$ 3.1
10%	4,133 $\pm$ 130	15 $\pm$ 0	18 $\pm$ 1	34 $\pm$ 11	4,201 $\pm$ 139	229 $\pm$ 2.7	90.2 $\pm$ 2.1
30%	4,269 $\pm$ 176	20 $\pm$ 2	19 $\pm$ 4	32 $\pm$ 1	4,340 $\pm$ 182	235 $\pm$ 3.9	91.0 $\pm$ 2.3

**TABLA 29. PROMEDIOS ( $\pm$  E. E.) DE LAS VARIABLES DE CALIDAD DE AGUA SELECCIONADAS EN ESTANQUES SIN REGULACIÓN DE OXÍGENO (CONTROL) O CON CONCENTRACIONES DE OXÍGENO DISUELTO MÍNIMAS MANTENIDAS AL 10 Ó 30 POR CIENTO DE SATURACIÓN POR MEDIO DE AIREACIÓN**

Tratamiento	Clorofila <i>a</i>	Visibilidad del Disco Secchi	Nitrógeno orgánico	Amoníaco total	Sólidos suspendidos	Sólidos volátiles
	<i><math>\mu</math>g/L</i>	<i>cm</i>	<i>mg NH<sub>3</sub>-N/L</i>			<i>mg/L</i>
Control	274 $\pm$ 7.3	16.4 $\pm$ 0.11	3.43 $\pm$ 0.03	0.074 $\pm$ 0.013	433 $\pm$ 15	167 $\pm$ 10
10%	322 $\pm$ 17.9	13.3 $\pm$ 0.20	3.49 $\pm$ 0.02	0.117 $\pm$ 0.015	492 $\pm$ 9	180 $\pm$ 12
30%	342 $\pm$ 53.8	12.5 $\pm$ 0.94	3.41 $\pm$ 0.15	0.122 $\pm$ 0.012	538 $\pm$ 33	174 $\pm$ 8



**Figura 17. Peso promedio de la tilapia nilotica durante 140 días de cultivo en estanques de tierra de 0.1 ha sin aireación o aplicando aireación comenzando en los niveles de saturación de oxígeno disuelto del 10 ó 30 por ciento.**

comarón (20 por ciento proteína cruda) seis días a la semana al 3 por ciento de la biomasa de tilapia en los tratamientos de crecimiento más rápido. Todos los estanques recibieron cantidades iguales de insumos. El experimento duró 148 días.

La producción bruta de peces y el tamaño fue significativamente mayor en los estanques con aireación que en los estanques sin aireación, pero no hubo diferencias en la producción de peces entre los diferentes niveles de aireación (Tabla 28). Los beneficios de la aireación fueron más evidentes durante las últimas seis semanas (Figura 17). Estos datos indican que la aireación no fue necesaria hasta el final del experimento, cuando aplicaciones altas de insumos dieron como resultado periodos prolongados de concentraciones bajas de OD. Los aireadores de ambos tratamientos de aireación empezaron a funcionar durante el primer mes de crecimiento. La producción entre los estanques sin aireación fue mucho más variable que la producción entre los estanques con aireación; esto indica que el estrés por bajas concentraciones de oxígeno puede contribuir con la alta variación entre tratamientos en la producción de tilapia. Un uso mínimo de aireadores puede ser útil para incrementar la producción de tilapia bajo condiciones bajas de OD; sin embargo, su uso debe ser justificado económicamente.

La aireación dio como resultado incrementos pequeños pero significativos en los sólidos totales suspendidos (turbiedad por arcilla) y nitrógeno amoniacal total, pero no se encontraron diferencias significativas en el nitrógeno orgánico, clorofila a o sólidos volátiles totales (Tabla 29).

## PRUEBAS EN GRANJA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE PECES DEL PD/A CRSP

El objetivo de la investigación en acuicultura en el PD/A CRSP ha sido el incremento en la producción de peces y las ganancias para los productores comerciales a pequeña y mediana escala, por medio del uso de tecnología que realiza la productividad natural de los estanques con el uso de nutrientes disponibles localmente. Los resultados de las investigaciones del PD/A CRSP se han dado a conocer en reuniones científicas a nivel local, regional e internacional, en conferencias regulares en escuelas vocacionales locales de agricultura, durante los días de transferencia de tecnología en El Carao, a través de formular planes de manejo de estanques para productores que compran alevines a El Carao y en publicaciones científicas. El siguiente paso fue transferir las tecnologías de producción a los acuicultores. El probar los sistemas de producción a nivel de granja sirve para validar los resultados de las investigaciones y como herramienta de enseñanza para los extensionistas.

A principios de 1991, el equipo del PD/A CRSP en Honduras desarrolló e implementó un programa que unía a los productores de las regiones Norte y Central de Honduras con las tecnologías del PD/A CRSP. Los productores comerciales de pequeña y mediana escala participantes estaban interesados en maximizar las ganancias por medio del refinamiento de la tecnología de producción. Este grupo de acuicultores participaron en las pruebas de campo de los sistemas de producción del PD/A CRSP desarrollados en Honduras y Tailandia.

Personal de otro programa de transferencia de tecnología, el proyecto del USAID/Honduras y SAG Land Use and Productivity Enhancement (LUPE) colaboraron con el PD/A CRSP promoviendo el desarrollo en la acuicultura. El programa LUPE trabajó con los acuicultores de la ladera para promover la conservación de la cuenca y la agricultura sostenible en las regiones del Sur y Central de Honduras. Varios de los acuicultores que participaron en el proyecto LUPE contaban con pocos recursos tales como fertilizantes disponibles y podría probar el uso de compostas como nutrientes para los estanques de peces que fue desarrollado en el PD/A CRSP de Ruanda.

El Cuerpo de Paz de Honduras tenía un proyecto de cultivo de peces en marcha que colocó a sus voluntarios (PCVs) con el SAG. El objetivo de este proyecto fue mejorar las condiciones económicas y nutricionales de la población rural con recursos limitados de Honduras, a través de la producción sostenible de peces. De este modo, los PCVs pudieron probar los sistemas de producción del PD/A CRSP en granjas privadas cuando los acuicultores estuvieron interesados y tuvieron acceso a insumos de producción.

## DISEÑO DEL PROYECTO E IMPLEMENATACIÓN

Los dos componentes de esta actividad fueron pruebas en granja y cursos cortos de acuicultura para extensionistas y productores participantes. Un curso corto inicial precedió las pruebas en granja. Se ofreció un segundo seminario al completarse las pruebas para resumir y discutir los resultados obtenidos. El personal del PD/A CRSP fue responsable de la identificación y selección de acuicultores comerciales a pequeña y mediana escala que participarían en las pruebas en granja. Cada participante destinó dos estanques para ser usados en las pruebas; esto permitió tener dos sistemas de producción que pudieron ser comparados. Cada participante y el representante del PD/A CRSP firmaron un contrato en el cual se estipulan las responsabilidades de cada parte. El personal de extensión dde la SAG asociado con el PD/A CRSP realizó visitas mensuales a los acuicultores participantes para recolectar datos, muestras de agua y para proveer asistencia técnica.

El personal de extensión del programa LUPE identificó a los acuicultores que ya están trabajando en LUPE para participar en las pruebas en granja. Únicamente un estanque por granja fue utilizado para probar la tecnología del PD/A CRSP. El personal de extensión de LUPE fue el responsable de supervisar la recolec-

ción de datos y proveer regularmente asistencia técnica. Un especialista en acuicultura del PD/A CRSP-Honduras acompañó al agente de extensión de LUPE durante las visitas a la granja por lo menos una vez al mes. Durante cada visita el especialista en acuicultura del PD/A CRSP recolectó datos, muestras de agua y brindó asistencia técnica.

El Cuerpo de Paz/Honduras estuvo involucrado colateralmente para probar el sistema de producción del PD/A CRSP en granjas. Los voluntarios (PCVs) fueron los responsables de recolectar datos de producción en cada uno de sus sitios; sin embargo, no tenían la obligación de probar los sistemas de producción de peces del PD/A CRSP. En la práctica, situaciones muy diferentes hicieron difícil estandarizar los insumos y el manejo de los sistemas.

En julio de 1991 se presentó un curso corto de acuicultura de una semana a 17 acuicultores y extensionistas con la finalidad de proveerlos con un entendimiento mas completo en acuicultura y de los ensayos en granja en los cuales participarían próximamente. Aunado a esto, un productor de La Villa, Comayagua y cuatro empleados de DIGEPESCA, Comayagua asistieron a la sesión del Jueves relacionada con los sistemas de producción, economía y pruebas de campo. A los participantes del curso se les otorgó material de referencia y un disco de Secchi.

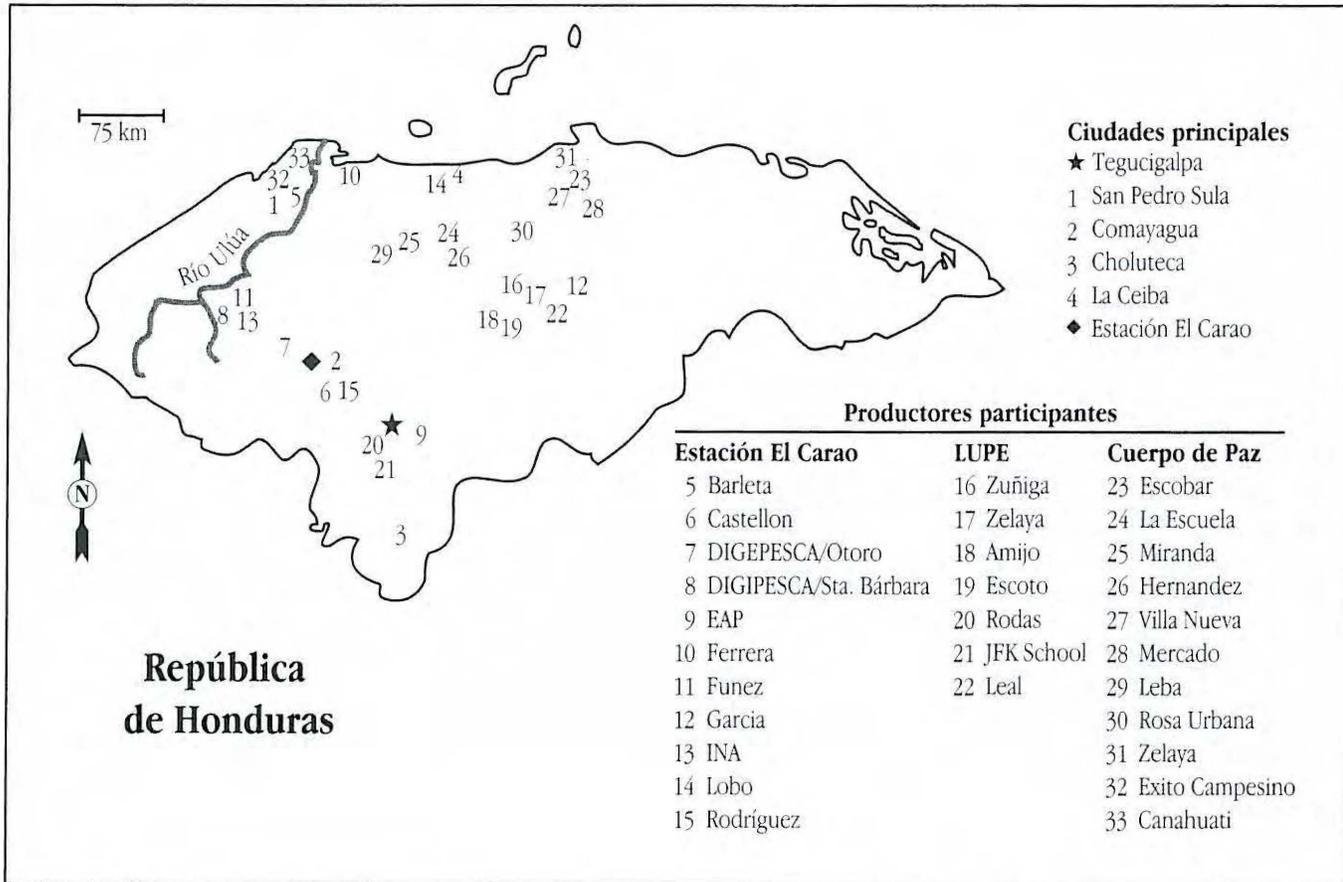


Figura 18. Mapa de Honduras que muestra aproximadamente la localización de las principales ciudades y granjas que participaron en las pruebas de finca del PD/A CRSP.

## LOS TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PROBADOS EN GRANJA FUERON:

### FERTILIZACIÓN QUÍMICA

Los únicos insumos de nutrientes a los estanques en forma de fertilizantes químicos fueron nitrógeno y fósforo. Se aplicó semanalmente nitrógeno y fósforo a una concentración de 30 kg/ha y 8 kg/ha, respectivamente. Fosfato biamoniacal (18-46-0) y urea (46-0-0) fueron los fertilizantes químicos comúnmente disponibles, por lo que las tasas semanales de fertilización fueron de 40 kg/ha y 49.5 kg/ha, respectivamente. La dosis de fertilización semanal se dividió a la mitad con un intervalo de tres días entre la aplicación de cada dosis. El fertilizante se disolvió en un balde con agua del estanque para ser esparcido posteriormente sobre la superficie del estanque.

En los estanques se sembraron 20,000 alevines machos/ha de *Oreochromis niloticus* y 500 alevines/ha de *Cichlasoma managuense* para controlar la reproducción de tilapia.

### FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

El estiércol animal fue el único insumo de nutrientes a los estanques. El estiércol fresco de vaca o puerco fue mezclado con agua del estanque y la mezcla se aplicó a los estanques. La gallinaza, cuando fue utilizada, se dispersó en la superficie del estanque. La tasa de aplicación del abono fue de 500 kg/ha en forma materia seca.

En los estanques se sembraron 10,000 alevines machos/ha de *Oreochromis niloticus* y 500 alevines/ha de *Cichlasoma managuense* para controlar la reproducción de tilapia.

El PD/A CRSP a través del Centro Nacional de Investigación Piscícola El Carao en Comayagua, brindó sin ningún costo los alevines de tilapia y guapote necesarios para sembrar los estanques. Los costos de producción restantes fueron cubiertos por los granjeros. Los datos de campo fueron recolectados y analizados por el personal del PD/A CRSP en El Carao. Las pruebas de producción duraron 150 días. Antes de sembrar los estanques, se analizó la alcalinidad total del agua con el fin de determinar la necesidad de agregar cal; se consideró que no era necesario agregar cal si la alcalinidad total excedía 20 mg/L en forma de  $\text{CaCO}_3$ .

Se seleccionaron un total de 13 acuicultores comerciales a pequeña y mediana escala para participar en las pruebas en granja a través de una relación directa con El Carao (Figura 18). La mayoría de los productores probaron dos sistemas de producción en sus granjas: *fertilización química* y *fertilización seguida de alimentación*. Diez granjeros completaron las pruebas pero únicamente siete siguieron al sistema de manejo. Dos granjeros iniciaron una segunda serie de pruebas, repitiendo la prueba de *fertil-*

Un régimen alternativo de fertilización aumentó las aplicaciones semanales de estiércol a 750 kg/ha e incluyó aplicaciones de urea (25 kg/ha por semana). La dosis de urea se dividió a la mitad con un intervalo de tres días entre aplicaciones. La densidad de siembra de tilapia fue de 20,000/ha.

### FERTILIZACIÓN SEGUIDA DE ALIMENTACIÓN

A los estanques se les aplicó gallinaza a una tasa de 750 kg MS/ha por semana. También se aplicaron 25 kg/ha de urea semanalmente; la dosis semanal se dividió a la mitad, con un intervalo de tres días entre aplicaciones. Ambos fertilizantes se aplicaron durante las primeras doce semanas de crecimiento, después de las cuales la fertilización se suspendió y se inició la alimentación. Los peces fueron alimentados diariamente con alimento peletizado comercial (25 por ciento proteína) a una tasa del tres por ciento de su biomasa. La tasa de alimentación diaria se ajustó mensualmente basándose en el peso promedio de los peces, el cual se determinó con muestras en los estanques utilizando redes de arrastre y asumiendo una sobrevivencia del 100 por ciento. La ración diaria de alimento no excedió 100 kg/ha.

En los estanques se colocaron 20,000 alevines machos/ha de *Oreochromis niloticus* y 500 alevines/ha de *Cichlasoma managuense* para controlar la reproducción de tilapia.

*ización seguida de alimentación* con densidades de siembra de 20,000 a 30,000/ha.

En Septiembre de 1991, el personal de extensión de LUPE seleccionó siete granjeros para participar en las pruebas en granja (Figura 18). Los acuicultores recolectaron estiércoles de diferentes animales para ser usados como fertilizantes en los estanques. Únicamente un acuicultor completó la prueba; la inspección y la recolección de datos en todas las granjas sufrió de problemas administrativos severos en el proyecto LUPE.

Los voluntarios del Cuerpo de Paz trabajaron con 13 acuicultores clientes (Figura 18). Los acuicultores no probaron el sistema de producción del PD/A CRSP, por el contrario usaron una variedad de prácticas en el cultivo de peces tales como el uso de nidos de termitas como nutrientes, estiércoles, afrecho de trigo, semolina de arroz y desperdicios o pedazos de maíz. Los estanques se sembraron a menudo con otras especies de peces, especialmente tambaquí (*Colossoma macropomum*). *Cichlasoma managuense* fue utilizada por menos del 20 por ciento de los acuicultores para controlar la reproducción de tilapia.

## RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EN GRANJA

### Acuicultores de Pequeña y Mediana Escala

La producción promedio de peces después de 157 días fue de 2,413 kg/ha en el sistema de *fertilización seguida de alimento* y de 1,785 kg/ha en el sistema de *fertilización química* (Tabla 30). Los valores promedio incluyen datos de todos los productores aunque se sospecha que existieron desviaciones del plan de trabajo ya que las mediciones de la calidad del agua, por ejemplo, amoníaco y visibilidad del disco de Secchi, estuvieron por debajo de los valores esperados para el sistema de manejo que se estaba probando. Las discrepancias se debieron principalmente a que el dueño de la granja no estaba involucrado directamente en el manejo diario de los estanques, por el contrario descargó la responsabilidad en el administrador de la granja el cual no compartía el mismo compromiso hacia las pruebas que el dueño.

Cuando los datos de los granjeros que no cumplieron con los sistemas de manejo fueron excluidos del análisis (Tabla 30), la producción promedio aumentó a 2,890 y 2,180 kg/ha en 162 días en los sistemas con *fertilización seguida de alimentación* y *fertilización química*, respectivamente. La talla promedio final de las tilapias también aumentó ligeramente (Tabla 30); estas tilapias fueron de tamaño comercial en Honduras. Los consumidores hondureños aceptaron peces de 100 a 125 g como talla mínima. Los peces menores a estas tallas fueron difíciles de comerciar en áreas urbanas; sin embargo, los reportes de áreas rurales indicaron que era posible vender peces tan pequeños como de 50 g.

En cada tratamiento, para obtener un indicador general de crecimiento en las granjas, se realizó una regresión entre el peso promedio de tilapia en cada muestreo y el tiempo (Figura 19). La ecuación de regresión obtenida fue:

$$Y = 0.803 X + 5.859, R^2 = 0.661, \text{ para el sistema de fertilización seguida de alimentación}$$

y

$$Y = 0.639 X + 9.949, R^2 = 0.626, \text{ para el sistema de fertilización química}$$

en donde Y es igual al peso promedio individual (g/pez) y X es igual al número de día. El crecimiento de los peces observado fue aproximadamente 25 por ciento mayor en el sistema de *fertilización seguida de alimentación*. La variabilidad observada en los datos puede atribuirse a no haber cumplido con el plan de trabajo, diferencias en las densidades de siembra y diferencias entre los sitios.

La Tabla 31 muestra los resultados de los análisis de la calidad del agua. Las concentraciones promedio de amoníaco total y pH fueron similares en ambos tratamientos. La alcalinidad total promedio fue mayor en el sistema de *fertilización seguida de alimentación*.

El rango de producción obtenido por los granjeros (Tabla 30) fue comparable a el rango de producción obtenido en la Estación Experimental. La Tabla 32 muestra la cantidad total de insumos utilizados por cada acuicultor durante las pruebas. Nuestras

**TABLA 30. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PRODUCCIÓN EN GRANJA PARA LOS PRODUCTORES DE TILAPIA A PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA**

Productor	Tratamiento <sup>1</sup>	Area del estanque	Fecha de siembra	Tasa de siembra	Duración	Peso promedio	Producción bruta	Sobrevivencia
		m <sup>2</sup>		tilapia/ha	días	g/tilapia	kg/ha	Porcentaje
Barleta	Fert. + Ali.	2,400	16 Abr 91	30,000	163	154	2,373	51
Castellón	Fert. + Ali.	2,400	23 Ago 91	20,000	152	153	2,429	79
EAP	Fert. + Ali.	900	4 Oct 91	18,000	180	215	3,173	82
Ferrera	Fert. + Ali.	230	21 May 91	30,000	176	108	3,149	98
Funez <sup>2</sup>	Fert. + Ali.	234	15 May 91	20,000	146	75	1,457	97
García	Fert. + Ali.	650	4 Jun 91	20,000	148	204	3,838	94
INA <sup>2</sup>	Fert. + Ali.	875	15 May 91	20,000	146	108	2,163	85
Lobo <sup>2</sup>	Fert. + Ali.	200	18 Jun 91	20,000	153	64	756	59
Rodríguez	Fert. + Ali.	800	7 Jun 91	20,000	161	192	2,381	62
<b>Promedio</b>	<b>todos los productores</b>	<b>965</b>		<b>22,000</b>	<b>158</b>	<b>141</b>	<b>2,413</b>	<b>79</b>
	<b>productores cumplidos</b>	<b>1,230</b>		<b>23,000</b>	<b>163</b>	<b>171</b>	<b>2,890</b>	<b>78</b>
Barleta	Químico	2,400	16 Abr 91	30,000	163	58	1,591	91
Castellón	Químico	2,400	23 Ago 91	20,000	152	117	2,153	92
EAP	Químico	900	4 Oct 91	18,000	180	182	3,054	93
Funez <sup>2</sup>	Químico	234	15 May 91	20,000	146	97	1,531	79
García	Químico	1,250	4 Jun 91	20,000	148	154	1,511	49
INA <sup>2</sup>	Químico	875	15 May 91	20,000	146	59	1,060	86
Lobo <sup>2</sup>	Químico	200	18 Jun 91	20,000	153	63	790	63
Rodríguez	Químico	4,837	7 May 91	17,000	161	170	2,588	80
<b>Promedio</b>	<b>todos los productores</b>	<b>1,650</b>		<b>20,265</b>	<b>156</b>	<b>113</b>	<b>1,785</b>	<b>79</b>
	<b>productores cumplidos</b>	<b>2,377</b>		<b>21,000</b>	<b>161</b>	<b>136</b>	<b>2,180</b>	<b>81</b>

<sup>1</sup> Fert. + Ali.: Fertilizante orgánico y después alimento; Químico: únicamente fertilización química; ver texto para mayores detalles.

<sup>2</sup> Se tuvo conocimiento de que los productores se desviaron del plan de trabajo.

observaciones indican que los acuicultores que siguieron estrictamente el plan de trabajo fueron los que obtuvieron la mejor producción, sin contar la mortalidad inesperada de peces.

Un presupuesto parcial de producción fue desarrollado para cada sistema de producción basándose en los datos promedio de los acuicultores que siguieron el plan de trabajo (Tabla 33). El ingreso promedio por encima de los costos de producción fue de \$930 y \$407/ha en el sistema de *fertilización seguida de alimentación* y *fertilización química*, respectivamente, durante un ciclo de crecimiento de 162 días (\$1 US dólar = 5.40 Lempiras, Julio 1992). El acuicultor que decida utilizar el sistema de *fertilización seguida de alimentación*, necesita tener un mayor capital disponible y bajo un mayor riesgo.

Los resultados de la segunda prueba mostraron que al incrementar la densidad de siembra de 2 a 3/m<sup>2</sup> la producción total de peces no aumentó en ninguna de las dos granjas. La producción bruta de tilapia en la granja del productor Ferrera fue de 2,866 kg/ha en 122 días. Después de 167 días la producción de tilapia en la granja del productor García fue de 3,779 kg/ha en los estanques con 2 peces/m<sup>2</sup> y de 3,259 kg/ha en los estanques con 3 peces/m<sup>2</sup>. La eficiencia en la conversión alimenticia en una de las granjas indicó que al aumentar la densidad no hay un incremento proporcional en la utilización del alimento. La eficiencia fue de 1.03 kg de alimento/kg ganado en la densidad mas alta y de 1.50 en la densidad mas baja en la granja del productor García. El rechazo a incrementar las tasas de alimentación necesarias para obtener un buen crecimiento a altas densidades, dieron como resultado peces

pequeños con talla comercial marginal. Los ingresos por encima de los costos variables fueron menores a altas densidades.

### Acuicultores de LUPE

El acuicultor de LUPE que completó la prueba en granja cosechó 1,048 kg/ha de tilapia después de 207 días. Realizó aplicaciones semanales de estiércol fresco de vaca en cantidades de únicamente 100 kg MS/ha; las fertilizaciones semanales de urea de 20 kg/ha fueron suspendidas durante las seis últimas semanas.

### Acuicultores del Cuerpo de Paz

La producción promedio de tilapia fue de 1,343 kg/ha después de un periodo de crecimiento promedio de 211 días; la producción promedio de otros peces fue de 117 kg/ha con una producción bruta de 1,484 kg/ha (Tabla 34). La producción de peces varió de 315 a 3,163 kg/ha. En discusiones con los PCVs se hizo evidente que la producción varió en relación a la cantidad de insumos utilizados, o sea, a la adherencia al plan de manejo por parte del productor. Los acuicultores que consistentemente agregaron nutrientes al estanque obtuvieron una producción que se aproxima a la producción alcanzada por los acuicultores comerciales de pequeña y mediana escala. La talla de las tilapias al cosechar fue en promedio de 122 g, similar a las tallas obtenidas por los acuicultores de pequeña y mediana escala. La falta de datos no permitió caracterizar el crecimiento de tilapia, pero la experiencia sugiere que el periodo de crecimiento fue muy largo, que el crecimiento significativo ya había terminado antes de que los peces fueran cosecha-

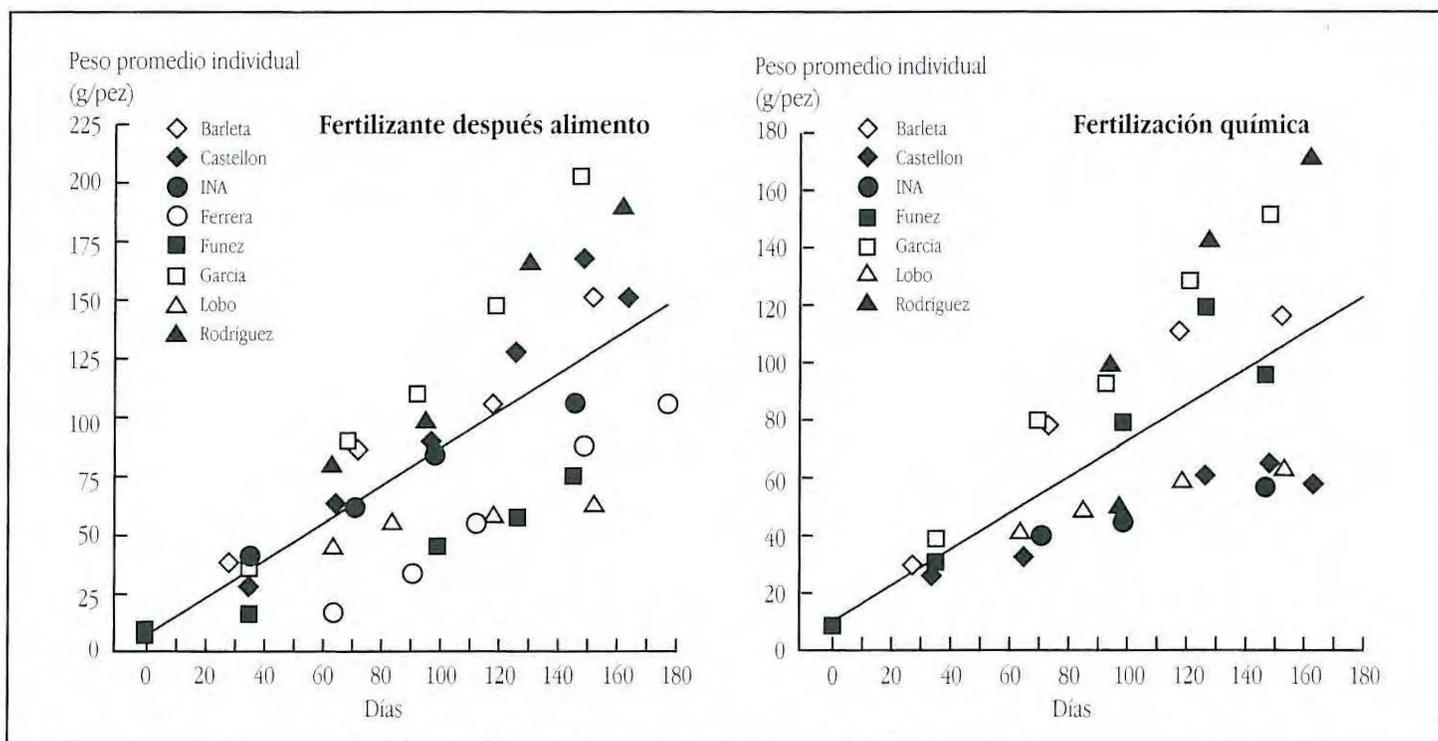


Figura 19. Crecimiento de tilapia durante las pruebas de finca realizadas en colaboración con acuicultores comerciales de tilapia de pequeña y mediana escala en Honduras. Los sistemas de manejo que se utilizaron fueron: fertilización seguida de alimento (izquierda) y fertilización química (derecha).

**TABLA 31. PROMEDIO DE LAS VARIABLES DE CALIDAD DEL AGUA EN ESTANQUES DE TILAPIA DURANTE ENSAYOS EN GRANJA POR PRODUCTORES A PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA**

Productor	Alcalinidad total		pH		Amoníaco total	
	Alimento y Fertilización	Químico	Alimento y Fertilización	Químico	Alimento y Fertilización	Químico
	mg/L CaCO <sub>3</sub>				mg/L NH <sub>3</sub> -N	
Barleta	68	145	10.0	9.0	0.20	0.38
Castellón	56	82	9.5	10.0	0.42	0.12
Ferrera	-	56	-	8.3	-	0.07
Funez	86	120	8.5	8.0	0.02	0.16
García	103	120	8.7	8.0	0.67	0.44
INA	95	112	10.0	8.0	0.16	0.07
Lobo	39	47	7.0	6.8	0.07	0.05
Rodríguez	86	137	9.0	8.5	0.47	0.43
Promedio	76	102	7.8	7.6	0.29	0.21

**TABLA 32. CANTIDADES DE NUTRIENTES USADAS DURANTE PRUEBAS EN GRANJA POR PRODUCTORES A PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA**

Productor	Tratamiento	Fertilizante Químico		Gallinaza	Alimento
		Urea	18-46-0		
		kg	kg	kg	kg
Barleta	Fertilización + alimento	60	0	2,422	196
Castellón	Fertilización + alimento	60	0	1,995	635
EAP	Fertilización + alimento	23	0	1,640	574
Ferrera	Fertilización + alimento	9	0	234	72
Funez <sup>†</sup>	Fertilización + alimento				
García	Fertilización + alimento	16	0	1,097	218
INA <sup>†</sup>	Fertilización + alimento				
Lobo <sup>†</sup>	Fertilización + alimento			592	0
Rodríguez	Fertilización + alimento	24	0	738	340
<b>Promedio</b>	<b>Todos los productores</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>1,180</b>	<b>243</b>
	<b>Productores cumplidos</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>1,297</b>	<b>292</b>
Barleta	Químico	337	250	0	0
Castellón	Químico	290	218	0	0
EAP	Químico	156	206*	0	0
Funez <sup>†</sup>	Químico				
García	Químico	145	109	0	0
INA <sup>†</sup>	Químico				
Lobo <sup>†</sup>	Químico	27	0	0	0
Rodríguez	Químico	610	448	0	0
<b>Promedio</b>	<b>Todos los productores</b>	<b>282</b>	<b>205</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Productores cumplidos</b>	<b>345</b>	<b>256</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

<sup>†</sup> Se tuvo conocimiento de que los productores se desviaron del plan de trabajo

\* Fertilizante 0-20-0

dos. Por lo tanto, los factores de producción (estanques, fertilizantes, la labor de los acuicultores, etc.) fueron subutilizados.

Existieron pocos datos económicos disponibles de este grupo de acuicultores. Pocos fertilizantes fueron comprados por lo que no fue posible asignar un valor económico preciso a los fertilizantes recolectados en el campo, por ejemplo, el abono, los nidos de termitas, etc. Por lo tanto, fue imposible realizar una evaluación económica de los sistemas de producción tradicionales.

### Comparación de los Sistemas de Producción

Las prácticas de manejo de estanques en Honduras se caracterizan por adiciones esporádicas y variables de nutrientes y los

ciclos de cultivo que son considerablemente mayores a 150 días, pueden considerarse colectivamente como "sistemas tradicionales de producción". Esto incluye acuicultores comerciales de pequeña y mediana escala y acuicultores de subsistencia. Estos productores proveen una base para comparar el impacto de los sistemas de producción del PD/A CRSP. Los acuicultores que utilizaron los sistemas de producción del PD/A CRSP duplicaron la producción de tilapia comparado con la producción con el sistema tradicional (Tabla 35). Otras diferencias importantes entre los sistemas tradicional y PD/A CRSP fueron que con el sistema tradicional la densidad de siembra fue aproximadamente 16 por ciento menor y la duración de la etapa de engorde fue aproximadamente 15 por ciento mas larga (Tabla 35).

### Resumen

Los resultados de las pruebas en granja con los acuicultores de tilapia a pequeña y mediana escala demostraron que la tecnología del PD/A CRSP fue mas productiva que los sistemas de producción tradicionales utilizados en Honduras. El análisis limitado del presupuesto de producción indicó que ambos sistemas del PD/A CRSP dieron como resultado ingresos significativos por encima de los costos variables que es un indicador de la viabilidad económica de los sistemas. Debe notarse que los sistemas de producción del PD/A CRSP probados en este ensayo no fueron desarrollados para acuicultores de subsistencia, si no por el contrario para acuicultores comerciales de pequeña y mediana escala con la capacidad de comprar los insumos necesarios. Creemos que este grupo de acuicultores es el que tendrá mayor impacto en la acuicultura de agua dulce en Honduras.

**TABLA 33. PRESUPUESTO PARCIAL DE PRODUCCIÓN PARA ESTANQUES DE 1 HA Y DOS ESTRATEGIAS DIFERENTES DE MANEJO DE ESTANQUES UTILIZADOS POR PRODUCTORES COMERCIALES DE PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA DURANTE ENSAYOS EN GRANJA. VALORES EN LEMPIRAS HONDUREÑAS (L.5.40 = \$1 U.S.)**

Descripción	Costo unitario	Unidad	Fertilización + alimento	Efectivo	Fertilización química	Efectivo
			Cantidad		Cantidad	
Ingresos						
tilapia adulta	7.17	kg	2,890	20,721	2,180	15,631
<b>Ingresos Totales</b>				<b>20,721</b>		<b>15,631</b>
Costos variables						
alevines						
tilapia	0.10	cada uno	23,000	2,300	21,000	2,100
guapote	0.15	cada uno	500	75	500	75
bolsas de plástico	6.00	cada uno	47	282	43	258
alimento (20% proteína)	76.70	saco de 45 kg	53	4,065	0	0
fertilizante						
gallinaza	2.28	saco de 27 kg	400	912	0	0
urea	69.00	saco de 45 kg	7	483	33	2,277
18-46-0	82.00	saco de 45 kg	0	0	24	1,968
transporte						
alevines	200.00	viaje de 60 km	1	200	1	200
alimento	200.00	viaje de 60 km	1	200	0	0
gallinaza	200.00	viaje de 60 km	2	400	0	0
fertilizante	200.00	viaje de 60 km	0	0	1	200
mano de obra						
día	14.00	día	87	1,218	72.5	1,015
noche	24.50	noche	162	3,969	162	3,962
agua de irrigación	25.00	ha-m	2	50	2	50
intereses sobre capital variables	0.23	año	0.5	1,544	0.5	1,321
<b>Total Costos Variables</b>				<b>15,698</b>		<b>13,433</b>
<b>Ingresos Por Encima de Costos Variables</b>				<b>5,024</b>		<b>2,198</b>

**TABLA 34. RESULTADOS DE PRODUCCIÓN DE ESTANQUES DE PECES BAJO EL SISTEMA DE MANEJO TRADICIONAL APOYADOS POR LOS VOLUNTARIOS DEL CUERPO DE PAZ**

Productor	Area del estanque	Fecha de Siembra	Tasa de Siembra	Duración	Peso promedio	Producción de tilapia	Producción de otros peces	Producción bruta	Sobrevivencia de tilapia
					de tilapia			porcentaje	
Canahuati	m <sup>2</sup> 600	27 Ago 91	pez/ha 22,500	días *	g/pez *	kg/ha *	kg/ha *	kg/ha *	porcentaje *
Canahuati	600	27 Ago 91	22,500	*	*	*	*	*	*
Escobar	235	20 Nov 91	4,468	145	90	314	0	314	78
Éxito Campesino	1,500	23 Oct 91	23,300	*	*	*	*	*	86
Hernández	150	*	*	*	55	1,093	0	1,093	*
La Escuela	330	*	*	145	104	523	41	564	*
Leba	395	11 May 91	8,481	339	168	1,382	0	1,382	97
Miranda	325	5 Nov 91	12,308	162	80	862	0	862	87
Mercado	350	*	*	*	109	785	441	1,226	34
Rosa Urbana	480	22 Ago 91	20,167	234	183	2,249	229	2,479	61
Villa Nueva	80	*	*	*	93	1,116	0	1,116	*
Zelaya	1,000	22 Ago 91	25,000	235	146	2,321	319	2,640	64
Zelaya	350	Mar 91	20,000	237	195	2,785	377	3,163	71
Promedios	492		17,636	214	122	1,343	117	1,484	72

**TABLA 35. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN SELECCIONADOS ENTRE EL SISTEMA TRADICIONAL Y LOS SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN SEGUIDA DE ALIMENTO Y FERTILIZACIÓN QUÍMICA, UTILIZADOS POR LOS ACUACULTORES DURANTE LOS ENSAYOS EN GRANJA EN HONDURAS**

Sistemas de producción	Tasa de siembra	Diferencia relativa a los sistemas tradicionales	Duración del periodo de crecimiento	Diferencia relativa a los sistemas tradicionales	Producción anual de tilapia	Diferencia relativa a los sistemas tradicionales
	Peces/m <sup>2</sup>	Porcentaje	Días	Porcentaje	kg/ha/año	Porcentaje
Sistemas tradicionales	1.9	—	189	—	2,579	—
Fertilización seguida por alimento						
productores cumplidos	2.3	+21	163	-14	6,496	+152
Fertilización química						
productores cumplidos	2.1	+11	161	-15	4,904	+90

# ECONOMIA DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DE ESTANQUES DEL PD/A CRSP EN HONDURAS

LAS UTILIDADES DE 41 SISTEMAS de producción en Honduras entre 1983 y 1992 con diferentes regímenes de adición de nutrientes fueron evaluadas por medio de un análisis de presupuesto de producción. Se discuten los detalles del presupuesto de producción en varios tratamientos y se calculan las ganancias netas utilizando los precios y las condiciones financieras de Honduras durante 1992.

Las ganancias netas positivas en dólares americanos (5.4 Lempiras = \$1 US) y los retornos sobre inversiones (porcentajes) demostraron la variedad de sistemas de manejo disponibles a los acuicultores hondureños bajo diferentes condiciones económicas. La producción de peces dependió del tipo de insumo y la cantidad. Varios insumos fueron transformadas a través de rendimientos de producción y las necesidades infraestructurales asociadas en ingresos en efectivo, costos de insumos y costos fijos. El cálculo de los ingresos por encima de los costos variables fue significativo debido a que representó una viabilidad de la operación a corto plazo. Los ingresos positivos por encima de los costos variables es una medida a corto plazo que indica que las operaciones deben continuar aun con pérdidas globales (retornos netos), ya que el cierre de las operaciones se incrementarían las pérdidas globales. Sin embargo, la viabilidad de la operación a largo plazo necesita tener retornos netos positivos. Un acuicultor conocedor puede reconocer que el cambiar los sistemas de producción puede afectar positivamente las ganancias. Un análisis de ganancias a los 41 sistemas diferentes de producción puede ayudar a los acuicultores a tomar decisiones económicas.

## CATEGORÍAS DE TRATAMIENTO

En Honduras se investigaron cinco categorías de regímenes de insumos : (1) *Fertilización Química*; (2) *Fertilización Orgánica*; (3) *Fertilización Orgánica mas Química*; (4) *Fertilización Orgánica mas Alimentación Suplementaria* y (5) *Únicamente Alimento* (Tabla 36). Las densidades de siembra oscilaron entre 2,500 y 30,000 machos de *Oreochromis niloticus*/ha de área superficial del estanque. Los insumos de producción se centraron alrededor de la selección de fertilizantes químicos, fertilizantes orgánicos, dietas formuladas, combinaciones de los mismos, utilización de aireación y época del año. Los precios de estos insumos de producción pueden variar en el tiempo y las condiciones locales. Los precios de los fertilizantes químicos pueden variar dependiendo de su disponibilidad local y del grado en el que otros agricultores compitan por los fertilizantes. Los estiércoles de animales generalmente son menos caros que los fertilizantes químicos o las dietas suplementarias. El valor del estiér-

col se basa usualmente en la labor de su recolección mas el transporte y el margen de ganancia. En estas pruebas de producción, la gallinaza fue empaquetada y entregada a la estación experimental por una compañía local. El alimento suplementario fue relativamente mas caro comparado con los fertilizantes químicos y orgánicos.

## ANÁLISIS PRESUPUESTAL DE PRODUCCION

### Preparación del Presupuesto

Presupuestos de producción de costos totales incluyeron los precios del valor de mercado del pescado, costos variables y costos totales en Honduras durante 1992. Se asumió el uso de todos los insumos variables y fijos, incluyendo créditos. En la Tabla 37 se describen los presupuestos de producción representativos para las cinco categorías de insumos. Se obtuvieron ingresos en efectivo de la venta de adultos de tilapia, adultos de *C. managuense* y alevines de tilapia. Insumos variables incluyeron: alevines, alimento, fertilizantes, transporte de materiales, electricidad para la aireación e intereses sobre los costos de operación. Las cantidades de algunos insumos variables fueron similares en todos los tratamientos e incluyeron: agua de irrigación, mano de obra durante el día y durante la noche y transporte de los alevines (un viaje por todos los tratamientos con una densidad de siembra menor a 30,000 peces/ha; de lo contrario se requirieron dos viajes). Los costos de aireación se calcularon multiplicando el uso de kilovatios (kw) del aireador por el número de horas de operación multiplicado por el costo de electricidad en kw/h. Los ciclos de producción de peces duraron aproximadamente cinco meses en todos los tratamientos. Con propósitos de comparación los presupuestos de producción fueron preparados en base anual y calculados por hectárea.

En Honduras la tasa de interés de los préstamos agrícolas en 1992 fue de 23 por ciento. Debido a que todas las pruebas se llevaron a cabo en la estación experimental, no fue necesario el préstamo de dinero; sin embargo, los acuicultores pueden o no necesitar acceso a crédito. La tasa de interés del 23 por ciento representa un costo de oportunidad en la determinación de las ganancias económicas o la utilización eficiente de los recursos.

Los costos fijos incluyeron depreciación de e intereses sobre los edificios y el equipo y un costo anual por el mantenimiento de los estanques (Tabla 38). Los cálculos incluyeron una bodega para los tratamientos que utilizaron alimento o fertilizantes y dos bodegas

para los tratamientos en los que se usó alimento o fertilizantes químicos en combinación con estiércol para poder almacenar por separado el alimento y los fertilizantes químicos. Los costos de un camión fueron cargados a la actividad acuícola 10 por ciento del tiempo y se incluyó un oxígeno metro para medir oxígeno disuelto (al costo de US mas los impuestos de importación). Los edificios y el equipo fueron cargados a la tasa de interés prevaleciente del 23 por ciento utilizando el método de depreciación de la línea recta y se aplicó la misma tasa al promedio de todos los objetos de inversión. Se asumió que el terreno era propio y debido a que ya existían los estanques no se incluyó ningún costo relacionado con estos artículos. Los estanques no se depreciaron. Los costos variables y fijos se restaron de los ingresos en efectivo para dar como resultado un retorno neto al terreno, a los estanques existentes y al manejo y mano de obra del operador. En la discusión nos referimos a esto como “retornos netos” si es que no se estipula lo contrario.

Los costos de equilibrio corresponden a la relación entre los costos variables o totales y la producción total de peces. El resultado es el precio de mercado del pescado que se requiere para cubrir los costos variables o totales. La desviación positiva o negativa entre el costo de equilibrio y el precio real de venta del pescado (\$1.43 US/kg) corresponde al margen de ganancias o pérdidas. Cualquier costo de equilibrio de la producción que cubra los costos variables y que es menor al precio de venta de tilapia, va a representar una ganancia a corto plazo. Del mismo modo, cuando los costos de equilibrio de la producción, que cubren los costos variables y fijos, son menores que el precio de venta, se puede decir que la rentabilidad a largo plazo se ha alcanzado.

## Resultados del Análisis Presupuestal de la Empresa

Ninguno de los cuatro tratamientos con *Fertilizantes Químicos* tuvieron retornos netos positivos, aunque los tratamientos con N + P/C y N + P/W tuvieron ingresos positivos por encima de los costos variables (Tabla 39). Los ingresos positivos por encima de los costos variables indican una operación viable a corto plazo. Cambios en el clima financiero, por ejemplo, tasas de interés mas bajas en el capital operante, precios mas bajos en los insumos o precios de venta de pescado mas altos, pueden transformar unos ingresos netos negativos en ganancias positivas. De este modo, las estrategias de manejo con resultados positivos a corto plazo y resultados netos negativos a largo plazo no deben excluirse completamente para ser considerados posteriormente. Los dos tratamientos de tilapia con una densidad de siembra de 10,000/ha tuvieron mayores pérdidas que los dos tratamientos en los que la densidad fue de 20,000/ha.

Los costos de equilibrio para cubrir los costos variables y totales (costos variables mas costos fijos) para cada tratamiento se muestran en la Tabla 39. Usando el tratamiento N + P/C como ejemplo, el precio de equilibrio de \$1.13 para cubrir los costos variables es menor que el precio de venta de la tilapia en el mer-

cado Hondureño en 1992 (\$1.43), lo cual indica que hubo un margen de ganancia positivo a corto plazo de \$0.30/kg de peces producidos. El precio de equilibrio de venta de tilapia para cubrir los costos variables en el tratamiento con *Fertilización Química/Ciclo II* fue \$1.51 mayor al precio de tilapia prevaleciente en el mercado (\$1.43) y un ejemplo del margen de ingresos negativos a corto plazo.

Únicamente tres de los 13 tratamientos con *Fertilización Orgánica* tuvieron retornos netos positivos: 20,000/ha + G, C:N control y G 1,000 (Tabla 39). El tratamiento con una densidad de siembra de 2,500 tilapias/ha tuvo los mayores retornos netos negativos así como ingresos negativos por encima de los costos variables. La fertilización orgánica como la única fuente de nutrientes en la producción de tilapia, no fue económicamente factible bajo las condiciones económicas de Honduras en 1992. Sin embargo, se debe notar que ocho de los nueve tratamientos con retornos netos negativos tuvieron ingresos positivos por encima de los costos variables.

Setenta y ocho por ciento de los tratamientos en la categoría de *Fertilización Orgánica mas Química* tuvieron retornos netos positivos (Tabla 39). Un tratamiento con retorno neto negativo, G 750/urea, fue sembrado con 10,000 tilapias/ha, mientras que todos los demás tratamientos, a excepción de uno, tuvieron retornos netos positivos al sembrarse con 20,000 tilapias/ha. Ambos tratamientos que presentaron retornos netos negativos tuvieron ingresos positivos por encima de los costos variables. Fueron evidentes los efectos de la temperatura entre épocas del año en la producción cuando los tratamientos fueron realizados en ambas épocas.

El análisis de los primeros siete tratamientos de *Fertilización Orgánica mas Alimentación Complementaria* dieron como resultado retornos netos negativos (Tabla 39). Una densidad de siembra de 10,000 tilapias/ha fue común entre estos siete tratamientos. Los tratamientos con densidades de siembra de 20,000 tilapias/ha resultaron en retornos netos positivos a excepción del tratamiento de *No Aireación/sub.* que tuvo un ingreso positivo por encima de los costos variables pero retornos netos negativos. No se determinó la economía de la aireación nocturna o de emergencia durante estos experimentos, pero debe ser investigada en estudios posteriores.

Cuatro tratamientos formaron la categoría de *Únicamente Alimento* (Tabla 39). Los tratamientos en los que la densidad de tilapia fue de 10,000/ha tuvieron retornos netos negativos, lo cual nuevamente sugiere una densidad de siembra mínima de 20,000/ha para obtener cultivos lucrativos especialmente cuando se usan raciones alimenticias formuladas. Los efectos estacionales seguramente fueron los responsables de las diferencias entre los retornos netos observados en los dos tratamientos con densidad de siembra de 20,000 tilapias/ha. El tratamiento de la época cálida (20,000/ha + alimento/W) tuvo retornos netos positivos mientras que el tratamiento de la época fría (20,000/ha +

**TABLA 36. CATEGORÍAS DE LAS APLICACIONES DE NUTRIENTES, NOMBRES DE LOS TRATAMIENTOS, TASAS DE SIEMBRA, APLICACIONES DE NUTRIENTES Y NÚMERO DEL ESTUDIO DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS EN HONDURAS POR EL PD/A CRSP DE 1983 A 1992**

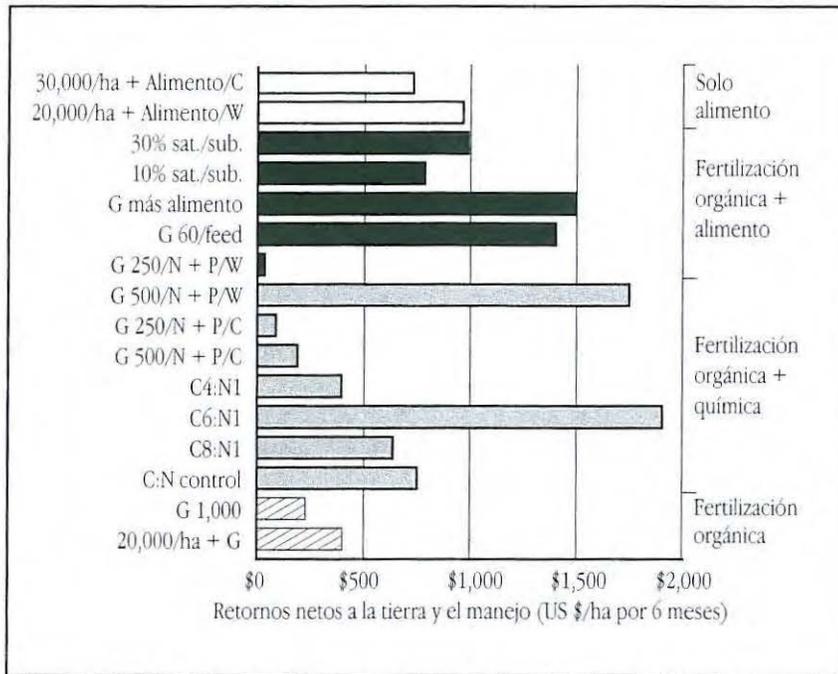
Categoría/Tratamiento	Tasa de Siembra <sup>1</sup>	Entrada de Nutrientes
<b>Fertilización química</b>		
Fert. química/ciclo I	10,000/ha	8.7 kg SFT <sup>2</sup> /ha cada 2 semanas; Estudio B1
Fert. química/ciclo II	10,000/ha	Semanal: 30.6 kg Urea/ha + 62.6 kg SFT/ha; Estudio B2
N + P/C	20,000/ha	Semanal: 40.6 kg Urea/ha + 31.0 kg FBA <sup>3</sup> /ha; control época fría; Estudio B7
N + P/W	20,000/ha	Semanal: 39.5 kg Urea/ha + 26.8 kg FBA/ha; control época cálida; Estudio B7
<b>Fertilización orgánica</b>		
Estiércol de vaca lechera	10,000/ha	Semanal: 1,020 kg estiércol de vaca/ha, materia seca; Estudio B7
2,500/ha + G	2,500/ha	Semanal: 750 kg G <sup>4</sup> /ha; Estudio E3
10,000/ha + G	10,000/ha	Semanal: 750 kg G/ha; Estudio E3
20,000/ha + G	20,000/ha	Semanal: 750 kg G/ha; Estudio E3
G 125	10,000/ha	Semanal: 125 kg G/ha; Estudio B3
G 250	10,000/ha	Semanal: 250 kg G/ha; Estudio B3
G 500	10,000/ha	Semanal: 500 kg G/ha; Estudio B3
G 1,000	10,000/ha	Semanal: 1,000 kg G/ha; Estudio B3
G 1,000 @ 2	20,000/ha	Semanal: 1,000 kg G/ha; Estudio B4
G 750/sin urea	10,000/ha	Semanal: 750 kg G/ha; control de G 750/urea; Estudio B5
G 750/sin sub	10,000/ha	Semanal: 750 kg G/ha; control de G 750/x sub; Estudio C4
C:N control	20,000/ha	Semanal: 750 kg G/ha; control de Cx:Ny; Estudio B6
G 500/ sin alimento	10,000/ha	Semanal: 500 kg G/ha; control de G 500/x % alimento; Estudio C3
<b>Fertilización orgánica + química</b>		
G 750/Urea	10,000/ha	Semanal: 750 kg G/ha + 10 kg N/ha como urea; Estudio B5
C8:N1	20,000/ha	Semanal: 750 kg G/ha + 6.3 kg N/ha como urea; Estudio B6
C6:N1	20,000/ha	Semanal: 750 kg G/ha + 14.1 kg N/ha como urea; Estudio B6
C4:N1	20,000/ha	Semanal: 750 kg G/ha + 29.9 kg N/ha como urea; Estudio B6
G 750/N + P/C	20,000/ha	Semanal: 750 kg G/ha + 29.7 kg Urea/ha; época fría; Estudio B7
G 500/N + P/C	20,000/ha	Semanal: 500 kg G/ha + 37.5 kg Urea/ha; época fría; Estudio B7
G 250/N + P/C	20,000/ha	Semanal: 250 kg G/ha + 41.3 kg Urea/ha + 9.9 kg FBA/ha; época fría; Estudio B7
G 500/N + P/W	20,000/ha	Semanal: 500 kg G/ha + 33.5 kg Urea/ha + 9.5 kg FBA/ha; época cálida; Estudio B7
G 250/N + P/W	20,000/ha	Semanal: 250 kg G/ha + 37.6 kg Urea/ha + 15.4 kg FBA/ha; época cálida; Estudio B7
<b>Fertilización orgánica + alimento complementario</b>		
G 500/0.5% alimento	10,000/ha	Semanal: 500 kg G/ha. Diario:alimento (0.5% biomasa de peces); Estudio C3
G 500/1.0% alimento	10,000/ha	Semanal: 500 kg G/ha. Diario:alimento (1.0% biomasa de peces); Estudio C3
G 500/2.0% alimento	10,000/ha	Semanal: 500 kg G/ha. Diario:alimento (2.0% biomasa de peces); Estudio C3
G 750/1 mes sub.	10,000/ha	Semanal (primeros 30 d): 750 kg G/ha. Diario (comenzando día 31): alimento (3.0% biomasa de peces); Estudio C4
G 750/2 meses sub.	10,000/ha	Semanal (primeros 60 d): 750 kg G/ha. Diario (comenzando día 61): alimento (3.0% biomasa de peces); Estudio C4
G 750/3 meses sub.	10,000/ha	Semanal (primeros 90 d): 750 kg G/ha. Diario (comenzando día 91): alimento (3.0% biomasa de peces); Estudio C4
G 60/alimento	20,000/ha	Semanal (primeros 60 d): 1,000 kg G/ha. Diario (comenzando día 61): alimento (3.0% biomasa de peces); Estudio C2
G mas alimento	20,000/ha	Semanal: 500 kg G/ha. Diario:alimento (1.5% biomasa de peces); Estudio C2
Sin aereación/sub.	20,000/ha	Semanal (primeros 60 d): 1,000 kg G/ha. Diario (comenzando día 61): alimento (3.0% biomasa de peces); Estudio E4
10% sat./sub.	20,000/ha	Semanal (primeros 60 d): 1,000 kg G/ha. Diario (comenzando día 61): alimento (3.0% biomasa de peces); Estudio E4
30% sat./sub.	20,000/ha	Semanal (primeros 60 d): 1,000 kg G/ha. Diario (comenzando día 61): alimento (3.0% biomasa de peces); Estudio E4
<b>Únicamente alimento</b>		
10,000/ha + alimento/C	10,000/ha	Diario: alimento (3.0% biomasa de peces); época fría; Estudio C1
20,000/ha + alimento/W	20,000/ha	Diario: alimento (3.0% biomasa de peces); época cálida; Estudio C2
20,000/ha + alimento/C	20,000/ha	Diario: alimento (3.0% biomasa de peces); época fría; Estudio C1
30,000/ha + alimento/C	30,000/ha	Diario: alimento (3.0% biomasa de peces); época fría; Estudio C1

<sup>1</sup> Machos de *Oreochromis niloticus*.

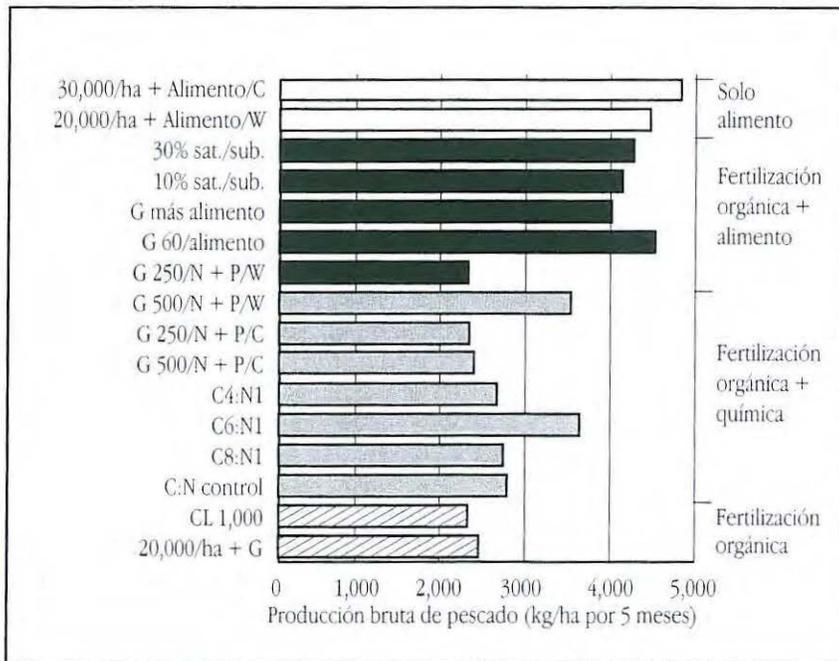
<sup>2</sup> Fertilizante superfosfato triple (0-46-0).

<sup>3</sup> Fertilizante fosfato biomónico (18-46-0).

<sup>4</sup> Gallinaza aplicado como materia seca.



**Figura 20. Estrategias de manejo de estanques de tilapia en Honduras que presentaron retornos netos positivos a la tierra y a el manejo.**



**Figura 21. Comparación de la producción bruta de peces en relación a diferentes estrategias de manejo de estanques en Honduras.**

alimento/C) tuvo retornos netos negativos. También se obtuvieron retornos netos positivos en los tratamientos con una densidad de 30,000 tilapias/ha, la densidad máxima de siembra probada. Mas investigaciones deben realizarse en relación al efecto de la variación estacional en la producción y en el uso de densidades mayores de siembra (> 20,000 tilapias/ha), en particular cuando se usan raciones alimenticias comerciales.

## Resumen del Análisis de Presupuesto de la Empresa

En la Figura 20 se resumen gráficamente los tratamientos individuales dentro de las categorías de insumos con ganancias netas positivas. La categoría de Únicamente Fertilización Química no se representa debido a que ningún tratamiento tuvo retornos netos positivos.

En el contexto de Honduras el uso de fertilizantes químicos únicamente con fines de producción de tilapia no es rentable, por lo menos a las cantidades de fertilizantes probadas en este estudio y a las tasas de interés utilizadas en éste análisis de presupuesto. En la Figura 20 se representan algunos tratamientos de cada una de las otras cuatro categorías de insumos. En todos los tratamientos con retornos netos positivos se utilizaron densidades de siembra de por lo menos 20,000 tilapias/ha. Este resultado fuertemente indica que al utilizar densidades de 10,000 tilapias/ha no se utilizan totalmente los recursos de alimento disponibles en el estanque y que a densidades mas altas es posible obtener una producción adicional de peces utilizando la misma cantidad de insumos.

Los tratamientos en los que se utilizaron fertilizantes orgánicos o químicos como fuente de nutrientes tuvieron menores costos de producción que los tratamientos que utilizaron alimento formulado exclusivamente durante el ciclo de cinco meses, debido a que los fertilizantes tienen un costo unitario mas bajo. Los alimentos formulados son caros principalmente debido al costo de la proteína que se incluye en la dieta. Algunas de las causas que contribuyen con los costos relativamente altos del alimento formulado son: la competencia por fuentes de alimento protéico con las actividades ganaderas, los gastos operativos y de construcción de las fabricas de alimento, el transporte de los ingredientes para el alimento a la fabrica y del producto al mercado, empaque y el valor agregado en las etapas intermedias. Los fertilizantes químicos tienen etapas con costos similares pero no existen problemas de desperdicio como los que se presentan con el alimento formulado. Por otro lado, los precios de los fertilizantes químicos en algunas ocasiones son subsidiados por el gobierno como un estímulo para la producción agrícola. El estiércol como fuente de nutrientes en los estanques probablemente tiene los menores gastos adicionales incluidos en el precio final o costo (que sea real o de oportunidad). Los principales factores que determinaron el precio de la gallinaza y el estiércol de vaca utilizados en

**TABLA 37. PRESUPUESTOS DE PRODUCCIÓN REPRESENTATIVOS PARA LAS CINCO CATEGORÍAS DE APLICACIONES DE NUTRIENTES EVALUADAS PARA LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA EN ESTANQUES EN HONDURAS. CANTIDADES EN DÓLARES AMERICANOS POR HECTÁREA DURANTE UN CICLO DE PRODUCCIÓN DE SEIS MESES.**

Descripción	Unidad costo/ precio	Fertilización química sola (N + P/W)		Gallinaza solo (20,000/ha + G)		Gallinaza mas fertilización química (C6:N1)		Gallinaza mas alimento suplementario (G mas alimento)		Alimento solo	
		Cantidad	Efectivo	Cantidad	Efectivo	Cantidad	Efectivo	Cantidad	Efectivo	Cantidad	Efectivo
Ingresos en efectivo											
adultos de tilapia	1.43	2,045	2,924	2,497	3,570	3,640	5,204	4,021	5,749	4,470	6,390
adultos de guapote	1.43	5	7	53	76	12	17				
reprod. de tilapia	0.10	29	3	2	0	12	1	302	31	780	79
<b>Total ingresos en efectivo</b>		<b>2,934</b>		<b>3,646</b>		<b>5,222</b>		<b>5,779</b>		<b>6,470</b>	
Costos variables											
alevines											
tilapia	0.02	20,000	370	20,000	370	20,000	370	20,000	370	20,000	370
tilapia roja	0.03										
guapote	0.03	500	14	1,000	28	500	14				
bolsas de plástico	1.11	41	46	42	47	41	46	40	44	40	44
alimento	12.04							84	1,011	200	2,407
fertilizante											
gallinaza	0.37			692	256	694	257	352	130		
estiércol de vaca	0.00										
urea	12.59	19	239			7	88				
18-46-0	15.19	13	197								
0-46-0	17.04										
transporte											
alevines	37.04	1	37	1	37	1	37	1	37	1	37
alimento	37.04							1	37	1	37
gallinaza	37.04			4	148	4	148	2	74		
estiércol de vaca											
fertilizante	37.04	1	37								
aireación											
mano de obra											
día	2.59	75	194	75	194	75	194	75	194	75	194
noche	4.54	150	681	150	681	150	681	150	681	150	681
agua de riego	4.63	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5
intereses sobre capital variable	0.23		209		203		212		297		434
<b>Total Costos Variables</b>			<b>2,030</b>		<b>1,969</b>		<b>2,051</b>		<b>2,881</b>		<b>4,210</b>
Ingresos por encima de los costos variables			904		1,677		3,171		2,898		2,260
Costos Fijos											
Intereses del edificio y equipo											
Depreciación del edificio y equipo	0.23	4,939	1,136	4,939	1,136	4,939	1,136	5,310	1,221	4,939	1,136
Otro	0.23	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2
<b>Total Costos Fijos</b>			<b>1,277</b>		<b>1,277</b>		<b>1,277</b>		<b>1,387</b>		<b>1,277</b>
<b>Total Costos</b>			<b>3,307</b>		<b>3,246</b>		<b>3,329</b>		<b>4,268</b>		<b>5,488</b>
Retornos Netos a la tierra y al manejo											
<b>Dólares</b>			<b>-373</b>		<b>399</b>		<b>1,893</b>		<b>1,511</b>		<b>982</b>
<b>Dólares/año</b>			<b>-746</b>		<b>799</b>		<b>3,787</b>		<b>3,022</b>		<b>1,965</b>
Retornos a la inversión promedio					16		77		57		40

estos experimentos fueron la mano de obra para recolectar y empaquetar y el transporte.

El uso de alimento formulado, densidades de siembra de 20,000 y 30,000 peces/ha de área superficial del estanque y la aireación aumentaron la producción de peces (Figura 21). Sin embargo, es probable que la producción crítica o la capacidad de carga de los estanques no se haya logrado con éstas practicas de manejo debido a las bajas densidades de siembra utilizadas. Es necesario investigar densidades de siembra en el rango de 30,000 a 60,000 peces/ha de área superficial del estanque.

El sistema de producción que presenta la mayor producción no siempre es la actividad mas rentable. Si comparamos el resumen de los retornos netos positivos en la Figura 20 con el resumen de las producciones en la Figura 21, podemos ver que la producción del tratamiento C6:N1 fue menor que la producción de otros seis tratamientos (G60/alimento, G mas alimento, 10 por ciento sat./sub., 30 por ciento sat./sub., 20,000/ha + alimento/W y 30,000/ha + alimento); sin embargo, los retornos netos para el tratamiento C6:N1 fueron mayores que en los otros seis tratamientos. Por el contrario, el tratamiento de 30,000 peces/ha + alimento/C tuvo la mayor producción (Figura 21); sin embargo,

**TABLA 39. RESUMEN DE LOS RETORNOS ECONÓMICAS POR HECTÁREA DURANTE UN CICLO DE PRODUCCIÓN DE SEIS MESES Y DESEMPEÑO DEL ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO DE PRODUCCIÓN DE LOS REGÍMENES DE APLICACIONES DE NUTRIENTES EN LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA EN HONDURAS ENTRE 1983 Y 1992. EL PRECIO DE TILAPIA EN EL MERCADO EN 1992 FUE DE \$1.43 U.S. POR KILOGRAMO. LA TASA DE CAMBIO DURANTE ESTE ANÁLISIS FUE DE \$1 U.S. = 5.40 LEMPIRAS**

Tratamiento	Costos de equilibrio por kilogramo de pescado para cubrir:				
	Ingresos por encima de los costos variables	Retornos netos a la tierra y el manejo	Retornos a la inversión promedio	Costos variables	Costos variables y fijos
	U.S. \$	U.S. \$	Porcentaje	U.S. \$	U.S. \$
<b>Fertilización química</b>					
Fert. química/ciclo I	-679.86	-1,957.00	-79	2.97	5.87
Fert. química/ciclo II	-102.06	-1,379.00	-56	1.51	2.50
N + P/C	562.19*	-715.00	-29	1.13	1.82
N + P/W	904.19*	-373.00	-15	0.99	1.62
<b>Fertilización orgánica</b>					
Estiércol de vaca lech.	1,071.24*	-206.00	-8	0.77	1.56
2,500/ha + G	-306.85	-1,584.00	-64	1.87	3.48
10,000/ha + G	1,057.87	-220.00	-9	0.90	1.57
20,000/ha + G	1,676.75	399.00	16	0.79	1.30
G 125	324.81*	-953.00	-39	1.16	2.25
G 250	818.43	-459.00	-19	0.90	1.74
G 500	1,167.07	-110.00	-4	0.82	1.49
G 1,000	1,507.84	230.00	9	0.79	1.34
G 1,000 @ 2	1,082.59*	-195.00	-8	0.94	1.52
G 750/sin urea	704.21*	-573.00	-23	1.01	1.79
G 750/sin sub	876.29*	-401.00	-16	0.97	1.69
C:N control	2,040.56	763.00	31	0.70	1.16
G 500/ sin alimento	169.62*	-1,108.00	-45	1.29	2.37
<b>Fertilización orgánica + química</b>					
G 750/Urea	798.88*	-478.00	-19	1.00	1.71
C8:N1	1,917.17	641.00	26	0.73	1.20
C6:N1	3,170.84	1,893.00	77	0.56	0.91
C4:N1	1,676.88	400.00	16	0.81	1.28
G 750/N + P/C	611.70	-666.00	-27	1.12	1.78
G 500/N + P/C	1,465.28	188.00	8	0.83	1.36
G 250/N + P/C	1,362.44	85.00	3	0.85	1.40
G 500/N + P/W	3,026.02	1,749.00	71	0.58	0.94
G 250/N + P/W	1,302.65	25.00	1	0.87	1.42
<b>Fertilización orgánica + alimento complementario</b>					
G 500/0.5% alimento	337.58*	-1,050.00	-40	1.19	2.18
G 500/1.0% alimento	493.81	-893.00	-34	1.13	1.97
G 500/2.0% alimento	289.75*	-1,097.00	-41	1.27	2.04
G 750/1 mes sub.	402.71*	-984.00	-37	1.29	1.88
G 750/2 meses sub.	307.02*	-1,080.00	-41	1.31	1.95
G 750/3 meses sub.	693.80	-693.00	-26	1.14	1.77
G 60/alimento	2,798.85	1,412.00	53	0.82	1.12
G mas alimento	2,898.06	1,511.00	57	0.72	1.06
Sin aireación/sub.	1,145.96*	-241.00	-9	1.10	1.51
10% sat./sub.	2,134.19	660.00	24	0.92	1.28
30% sat./sub.	2,286.11	812.00	29	0.90	1.25
<b>Únicamente alimento</b>					
10,000/ha + alimento/C	835.48*	-442.00	-18	1.08	1.61
20,000/ha + alimento/W	2,259.72	982.00	40	0.94	1.23
20,000/ha + alimento/C	1,023.80*	-254.00	-10	1.15	1.50
30,000/ha + alimento/C	2,014.59	737.00	30	1.01	1.28

\* Los ingresos por encima de los costos variables fueron positivas cuando los retornos a la tierra y manejo fueron negativos. Los ingresos positivos por encima de los costos variables es una medida a corto plazo que indica que las operaciones deben continuar aun cuando hay pérdidas totales, ya que cesar las operaciones incrementaría las pérdidas totales. La viabilidad de la operación a largo plazo requiere de retornos netos positivos.

los retornos netos fueron intermedias comparadas con los otros tratamientos (Figura 20). Los costos de los insumos requeridos para la intensificación, tales como alevines adicionales en las densidades de siembra mayores, cantidad y calidad mayores de los nutrientes requeridos, equipo de aireación y sus gastos asociados, etc., redujeron los ingresos mayores percibidos por venta, dando como resultado retornos netos intermedios. De este modo, los costos variables y el equipo nuevo requerido determinará si una mayor producción de peces dará como resultado mayores ganancias para la empresa.

La época del año afectó la producción de peces, la cual del mismo modo causó cambios en las ganancias. En la categoría de *Únicamente Alimento* dos experimentos similares (20,000/ha + alimento) realizados en dos épocas diferentes, cálida/lluviosa y fría/seca, dieron como resultado retornos netos positivos y negativos, respectivamente. Los tres mayores retornos netos registrados, para los tratamientos C6:N1, *G Mas Alimento* y *G60/Alimento*, ocurrieron durante la época cálida/lluviosa. Sin embargo, los efectos estacionales no siempre fueron el único factor que influenció las ganancias; la interacción de la época y el tratamiento aparentemente también afectaron las ganancias. Por ejemplo, la época fría/seca con el tratamiento N + P/C resultaron en grandes pérdidas, mientras que el tratamiento G500/N + P/C dio como resultado retornos netos positivos. Sin embargo, el tratamiento G500/N + P/W (época cálida/lluviosa) produjo retornos netos casi diez veces mayores que el tratamiento G500/N + P/C. El tratamiento G250/N + P/C (época fría/seca) tuvo mayores retornos netos que el tratamiento G250/N + P/W (época cálida/lluviosa). El efecto de la variación estacional en la producción de peces en Honduras también debe ser investigado mas profundamente.

**TABLA 38. DEPRECIACIÓN DEL EDIFICIO Y EQUIPO Y CARGOS DE LOS INTERESES DE LA INVERSIÓN  
PROMEDIO PARA CINCO CATEGORÍAS DE APLICACIÓN DE NUTRIENTES EN HONDURAS DE 1983 A 1992.  
CANTIDADES EN DÓLARES AMERICANOS (\$1 U.S. = 5.40 LEMPIRAS EN JULIO DE 1992)**

Artículo	Valor	Cargos Proporcionales	Valor residual	Vida útil	Cargos de Depreciación (U.S. \$) <sup>1</sup>				
					Fertilización química	Fertilización orgánica	Fertilización química + orgánica	Fert. orgánica + alimento suplementario <sup>2</sup>	Alimento solo
	U.S. \$	Porcentaje	Porcentaje	Años					
Almacén <sup>3</sup>	740	100	0	15	49.38	49.38	98.76	98.76	49.38
Camioneta <sup>4</sup>	7,407	10	10	10	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67
Oxigenómetro <sup>5</sup>	900	100	10	5	162.00	162.00	162.00	162.00	162.00
Aireador eléctrico	400	100	10	5	—	—	—	[72.00]	—
Estanque/pila de cosecha	11,111	0	100	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Depreciación anual	—	—	—	—	278.05	278.05	327.43	[399.43]	278.05
Depreciación por 6 meses del ciclo productivo	—	—	—	—	139.03	139.03	163.72	163.72	139.03
Intereses sobre edificio y equipo <sup>6</sup>	—	—	—	—	1,136.07	1,136.07	1,221.26	1,221.26	1,221.26
					[1,271.86]				

<sup>1</sup> Se utilizó una depreciación en línea recta y fue calculada como: (Precio-Valor residual)/(Vida útil).

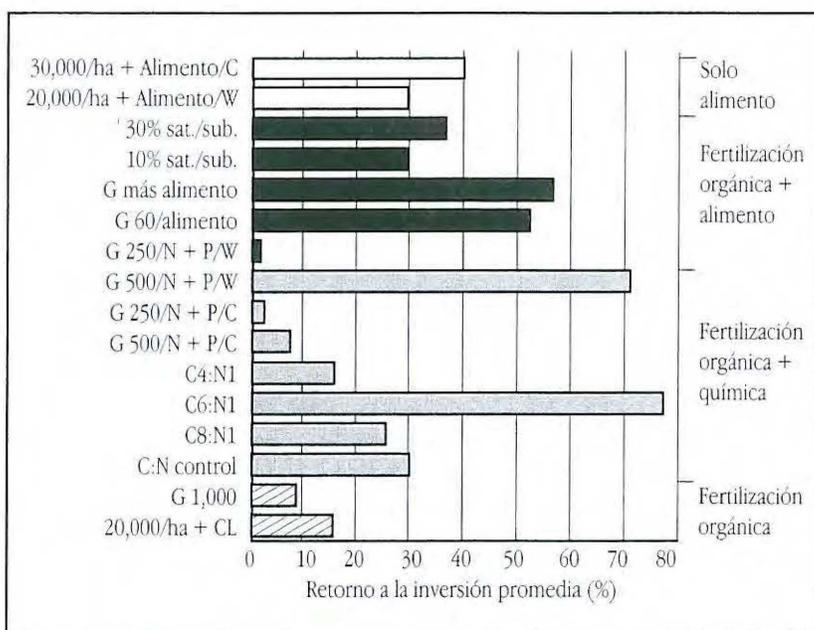
<sup>2</sup> En esta categoría se utilizaron dos tratamientos de aireación que requirieron un aireador; los valores entre corchetes incluyen una depreciación adicional e intereses por el aireador.

<sup>3</sup> Un edificio como almacén para los tratamientos que utilizaron alimento o fertilizante; se requirieron dos edificios como almacén para los tratamientos en los que se combinó alimento o fertilizante con gallinaza.

<sup>4</sup> Durante 10% del tiempo se cargó el costo de una camioneta pick-up a la empresa de cultivo de peces.

<sup>5</sup> Se incluyó un oxigenómetro (a los costos de U.S. mas costos de importación).

<sup>6</sup> El interés sobre el edificio y equipo fue calculado como: ((costo + valor recuperado)/2) x 23%.



**Figura 22. Comparación de las retornos a la inversión promedio en relación a diferentes estrategias de manejo de estanques en Honduras.**

El porcentaje del retorno sobre la inversión para los tratamientos que tuvieron retornos netos positivos osciló entre uno por ciento y 77 por ciento (Figura 22). Estos porcentajes son importantes debido a que los inversionistas potenciales utilizan estos valores para compararlos con oportunidades alternativas de inversión.

## ANÁLISIS DE SENSITIVIDAD

Se realizó un análisis de sensibilidad a los insumos de producción más importantes, a los precios de venta de los adultos de tilapia y a las tasas de interés del capital variable. En lugar de utilizar patrones históricos de precios, los cuales no estaban disponibles, para indicar los límites máximos y mínimos en el análisis de sensibilidad, los rangos de precios se estimaron por medio de entrevistas a oficiales de acuicultura Hondureños y expatriados. Luego, los rangos se incrementaron ligeramente para hacerlos más acoplados. Se utilizó el análisis de sensibilidad para determinar que tan específicamente el cambio de precios afecta las ganancias a corto y largo plazo en 41 estrategias de manejo (Tabla 36).

Los insumos de producción de tilapia que fueron evaluadas con el análisis de sensibilidad fueron: el alimento comercial de peces (20 a 25 por ciento proteína), urea, fosfato biamoniacal (FBA), precio de venta de los adultos de tilapia y la tasa de interés del capital variable.

Cambios en el precio del alimento comercial de +/- 20 por ciento no invirtió el signo para los ingresos por encima de los costos variables en ninguna de las estrategias que utilizaron alimento (Tabla 40). La reducción del precio del alimento del 20 por ciento dio como resultado la transición de retornos netos negativos a retornos positivos en dos estrategias (Tabla 40). Los tratamientos con densidades de siembra de 10,000 tilapias/ha fueron más sensibles a los cambios en el precio del alimento. A

**TABLA 40. EFECTO DE VARIAR EL COSTO DEL SACO DE 45.4 KG DE ALIMENTO COMERCIAL PARA PECES EN LA RENTABILIDAD A CORTO PLAZO (INGRESOS POR ENCIMA DE LOS COSTOS VARIABLES) Y A LARGO PLAZO (RETORNOS NETOS A LA TIERRA Y DEL MANEJO) EN LAS ESTRATEGIAS DE ACUACULTURA DE HONDURAS. CANTIDADES EN DÓLARES AMERICANOS DURANTE UN CICLO DE PRODUCCIÓN DE SEIS MESES**

Tratamiento	Precio comercial del alimento para peces (por 45.4 kg)					
	Ingresos por encima de los costos variables			Retornos Netos a la tierra y el manejo		
	-20 por ciento (\$9.63)	Precio en 1992 (\$12.04)	+20 por ciento (\$14.44)	-20 por ciento (\$9.63)	Precio en 1992 (\$12.04)	+20 por ciento (\$14.44)
G 60/alimento	3,190	2,799	2,407	1,804	1,412	1,020
20,000/ha + alimento/W	2,797	2,260	1,723	1,519	982	446
G mas alimento	3,124	2,898	2,673	1,736	1,511	1,285
G 500/0.5% alimento	370	338	305	-1,017	-1,050	-1,082
G 500/1.0% alimento	564	494	424	-824	-893	-963
G 500/2.0% alimento	443	290	137	-944	-1,097	-1,250
G 750/1 mes sub.	722	403	83	-665	-984	-1,304
G 750/2 meses sub.	575	307	39	-812	-1,080	-1,349
G 750/3 meses sub.	884	694	503	-503	-693	-884
10,000/ha + alimento/C	1,099	836	572	-179	-442	-705
20,000/ha + alimento/C	1,574	1,024	474	297	-254	-804
30,000/ha + alimento/C	2,629	2,015	1,400	1,352	737	123
Sin aireación/sub.	1,543	1,146	749	156	-241	-638
10% sat./sub.	2,531	2,134	1,737	1,058	660	263
30% sat./sub.	2,683	2,286	1,889	1,210	812	415

**TABLA 41. EFECTO DE VARIAR EL COSTO DEL SACO DE 50 KG DE UREA COMO FERTILIZANTE EN LA RENTABILIDAD A CORTO PLAZO (INGRESOS POR ENCIMA DE LOS COSTOS VARIABLES) Y A LARGO PLAZO (RETORNOS NETOS A LA TIERRA Y DEL MANEJO) EN LAS ESTRATEGIAS DE ACUACULTURA DE HONDURAS. CANTIDADES EN DÓLARES AMERICANOS DURANTE UN CICLO DE PRODUCCIÓN DE SEIS MESES**

Tratamiento	Precio de la urea como fertilizante ( por 50 kg)					
	Ingresos por encima de los costos variables			Retornos Netos a la tierra y el manejo		
	-20 por ciento (\$10.07)	Precio en 1992 (\$12.60)	+20 por ciento (\$15.11)	-20 por ciento (\$10.07)	Precio en 1992 (\$12.60)	+20 por ciento (\$15.11)
Fert. química/ciclo II	-60	-102	-144	-1,337	-1,379	-1,422
G 750/Urea	827	799	771	-450	-478	-507
C8:N1	1,927	1,918	1,910	649	641	632
C6:N1	3,191	3,171	3,151	1,913	1,893	1,874
C4:N1	1,719	1,677	1,635	442	400	357
G 750/N + P/C	654	612	570	-624	-666	-708
G 500/N + P/C	1,516	1,465	1,415	238	188	137
G 250/N + P/C	1,419	1,362	1,306	141	85	29
N + P/C	618	562	506	-659	-715	-771
G 500/N + P/W	3,071	3,026	2,981	1,794	1,749	1,704
G 250/N + P/W	1,353	1,303	1,252	76	25	-25
N + P/W	958	904	851	-320	-373	-427

densidades de 20,000/ha las estrategias fueron menos sensibles al precio del alimento. Los tratamientos con densidades de 30,000 tilapias/ha tuvieron ganancias en todos los precios de alimento evaluados. Un cambio en  $\pm 20$  por ciento en el precio del alimento dio como resultado un cambio, en promedio, del 33 por ciento en las ganancias a corto plazo y un cambio del 56 por ciento en las ganancias a largo plazo.

Todas las estrategias que utilizaron urea, a excepción de una, fueron rentables a corto plazo en respuesta a un cambio del  $\pm 20$  por ciento en el precio de la urea (Tabla 41). La variación de los precios de urea probados dieron como resultado un cambio, en promedio, del 7 por ciento en las ganancias a corto plazo y un cambio del 29 por ciento en las ganancias a largo plazo. Un cambio de  $\pm 10$  por ciento en el precio del fosfato biamoniacal resultó en un cambio, en promedio, del 9 por ciento en las ganancias de las estrategias a corto plazo. Las ganancias a largo plazo cam-

biaron, en promedio, un 12 por ciento en respuesta a la variación en los precios. Mas aún, las ganancias a largo plazo fueron negativas cuando se utilizó FBA con urea, pero fueron positivas cuando se combinó FBA con gallinaza.

Las variaciones en los precios de venta de tilapia en 1992 de  $\pm 25$  por ciento resultaron en ganancias negativas a corto plazo (Tabla 42). Veinticinco tratamientos tuvieron ingresos positivos por encima de los costos variables en todos los precios de venta de tilapia. Doce tratamientos tuvieron ingresos negativos por encima de los costos variables a los precios mas bajos de venta de tilapia. Una reducción del 25 por ciento en los precios de venta dio como resultado ganancias negativas a largo plazo en la mayoría de los tratamientos (Tabla 42). Los cambios en las ganancias a corto y largo plazo fueron, en promedio, de 96 y 200 por ciento, respectivamente, en respuesta a un cambio de  $\pm 25$  por ciento en el precio de venta de tilapia.

**TABLA 42. EFECTO DE VARIAR EL PRECIO DE VENTA DE LA TILAPIA COMERCIAL EN LA RENTABILIDAD A CORTO PLAZO (INGRESOS POR ENCIMA DE LOS COSTOS VARIABLES) Y A LARGO PLAZO (RETORNOS NETOS A LA TIERRA Y DEL MANEJO) EN LAS ESTRATEGIAS DE ACUACULTURA DE HONDURAS. CANTIDADES EN DÓLARES AMERICANOS DURANTE UN CICLO DE PRODUCCIÓN DE SEIS MESES**

Tratamiento	Precio de venta de la Tilapia comercial (por kg)					
	Ingresos por encima de los costos variables			Retornos Netos a la tierra y el manejo		
	-20 por ciento (\$1.07)	Precio en 1992 (\$1.43)	+20 por ciento (\$1.80)	-20 por ciento (\$1.07)	Precio en 1992 (\$1.43)	+20 por ciento (\$1.80)
Fert. química/ciclo I	-837	-680	-523	-2,114	-1,957	-1,800
Fert. química/ciclo II	-563	-102	359	-1,841	-1,379	-918
Estiercol de vaca lech.	493	1,071	1,649	-784	-206	372
G 125	-88	325	738	-1,366	-953	-539
G 250	272	819	1,365	-1,005	-459	88
G 500	490	1,168	1,844	-787	-110	-566
G 1,000	680	1,508	2,336	-598	230	1,059
G 1,000 @ 2	299	1,083	1,866	-978	-195	589
2,500/ha + G	-590	-307	-24	-1,868	-1,584	-1,301
10,000/ha + G	380	1,058	1,736	-898	-220	459
20,000/ha + G	789	1,677	2,565	-488	399	1,287
G 750/sin urea	124	704	1,284	-1,153	-573	7
G 750/urea	162	799	1,436	-1,115	-478	158
G 60/alimento	1,194	2,799	4,407	-196	1,412	3,020
20,000/ha + alimento/W	670	2,260	3,849	-607	982	2,572
G mas alimento	1,468	2,898	4,328	81	1,511	2,941
G 500/sin alimento	-250	169	589	-1,527	-1,108	-688
G 500/0.5% alimento	-163	338	839	-1,551	-1,050	-549
G 500/1.0% alimento	-93	494	1,080	-1,480	-893	-307
G 500/2.0% alimento	-350	290	929	-1,737	-1,097	-458
G 750/sin sub.	244	876	1,508	-1,033	-401	231
G 750/1 mes sub.	-431	403	1,236	-1,818	-984	-151
G 750/2 meses sub.	-469	307	1,084	-1,857	-1,080	-304
G 750/3 meses sub.	-95	694	1,483	-1,482	-693	96
10,000/ha + alimento/C	-21	836	1,692	-1,299	-442	415
20,000/ha + alimento/C	-295	1,024	2,342	-1,572	-254	1,065
30,000/ha + alimento/C	302	2,015	3,727	-975	737	2,450
Sin aireación/sub.	-64	1,146	2,356	-1,452	-241	969
10% sat./sub.	665	2,134	3,604	-809	660	2,130
30% sat./sub.	768	2,286	3,804	-705	812	2,330
C:N control	1,051	2,041	3,030	-227	763	1,753
C8:N1	946	1,918	2,890	-331	641	1,613
C6:N1	1,876	3,171	4,465	599	1,893	3,188
C4:N1	723	1,677	2,631	-554	400	1,353
G 750/N + P/C	-71	612	1,295	-1,349	-666	17
G 500/N + P/C	603	1,465	2,328	-675	188	1,050
G 250/N + P/C	529	1,362	2,196	-749	85	919
N + P/C	-92	562	1,216	-1,369	-715	-61
G 500/N + P/W	1,760	3,026	4,292	483	1,749	3,014
G 250/N + P/W	479	1,303	2,126	-799	25	849
N + P/W	177	904	1,631	-1,100	-373	354

Las tasas de interés del capital variable en Honduras han sido volátiles en los últimos años y han variado tanto como en un 50 por ciento. Por medio del análisis de sensibilidad se probó el efecto del incremento o decremento del 50 por ciento en las tasas de interés (Tabla 43). Todos los tratamientos a excepción de tres mostraron ganancias positivas a corto plazo en las tres tasas de interés probadas. Las ganancias a largo plazo fueron negativas en 25 tratamientos, lo cual indica que las ganancias a corto plazo fueron marginales. Catorce tratamientos tuvieron ganancias positivas a largo plazo en todas las tasas de interés probadas. La variación del  $\pm 50$  por ciento en las tasas de interés del capital variable produjo cambios en las ganancias a corto y largo plazo, en promedio, del 17 por ciento y 37 por ciento, respectivamente.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todo el personal profesional y de apoyo actual y pasado del Centro Nacional de Investigación Piscícola El Carao por su apoyo incansable a este proyecto desde 1983. También agradecemos a las autoridades de la Dirección General de Pesca y Acuicultura y el Departamento de Administración, Secretaría de Agricultura y Ganadería, por su apoyo a lo largo de este proyecto. Se agradece a los alumnos y profesores del Departamento de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras por su colaboración durante este proyecto. Esta investigación fue patrocinada por la Agencia

**TABLA 43. EFECTO DE VARIAR LA TASA DE INTERÉS ANUAL (TIA) DEL CAPITAL VARIABLE EN LA RENTABILIDAD A CORTO PLAZO (INGRESOS POR ENCIMA DE LOS COSTOS VARIABLES) Y A LARGO PLAZO (RETORNOS NETOS A LA TIERRA Y DEL MANEJO) EN LAS ESTRATEGIAS DE ACUACULTURA DE HONDURAS. CANTIDADES EN DÓLARES AMERICANOS DURANTE UN CICLO DE PRODUCCIÓN DE SEIS MESES**

Tratamiento	Tasa de Interés Anual del Capital Variable					
	Ingresos por encima de los costos variables			Retornos Netos a la tierra y el manejo		
	-50 por ciento (11.5 porc.)	Tasa en 1992 (23 porc.)	+50 por ciento (34.5 porc.)	-50 por ciento (11.5 porc.)	Tasa en 1992 (23 porc.)	+50 por ciento (34.5 porc.)
Fert. química/ciclo I	-612	-680	-747	-1,890	-1,957	-2,025
Fert. química/ciclo II	-1	-102	-203	-1,278	-1,379	-1,481
Estiercol de vaca lech.	1,136	1,071	1,007	-141	-206	-271
G 125	394	325	256	-883	-953	-1,022
G 250	890	819	747	-387	-459	-531
G 500	1,248	1,168	1,086	-30	-110	-191
G 1,000	1,603	1,508	1,413	325	230	136
G 1,000 @ 2	1,189	1,083	976	-88	-195	-301
2,500/ha + G	-230	-307	-384	-1,507	-1,584	-1,661
10,000/ha + G	1,147	1,058	969	-131	-220	-308
20,000/ha + G	1,778	1,677	1,575	501	399	298
G 750/sin urea	789	704	619	-488	-573	-658
G 750/urea	891	799	707	-386	-478	-571
G 60/alimento	2,989	2,799	2,609	1,602	1,412	1,221
20,000/ha + alimento/W	2,477	2,260	2,043	1,199	982	765
G mas alimento	3,047	2,898	2,749	1,659	1,511	1,362
G 500/sin alimento	248	169	91	-1,030	-1,108	-1,186
G 500/0.5% alimento	424	338	251	-963	-1,050	-1,136
G 500/1.0% alimento	590	494	398	-797	-893	-990
G 500/2.0% alimento	408	290	172	-980	-1,097	-1,215
G 750/sin sub.	966	876	787	-312	-401	-490
G 750/1 mes sub.	558	403	247	-829	-984	-1,140
G 750/2 meses sub.	455	307	159	-932	-1,080	-1,228
G 750/3 meses sub.	825	694	563	-562	-693	-824
10,000/ha + alimento/C	970	836	701	-307	-442	-576
20,000/ha + alimento/C	1,244	1,024	803	-33	-254	-474
30,000/ha + alimento/C	2,266	2,015	1,763	988	737	486
Sin aereación/sub.	1,339	1,146	953	-48	-241	-534
10% sat./sub.	2,330	2,134	1,938	856	660	465
30% sat./sub.	2,484	2,286	2,088	1,011	812	614
C:N control	2,141	2,041	1,940	864	763	662
C8:N1	2,021	1,918	1,815	744	641	538
C6:N1	3,277	3,171	3,065	1,999	1,893	1,788
C4:N1	1,789	1,677	1,565	511	400	288
G 750/N + P/C	722	612	501	-555	-666	-766
G 500/N + P/C	1,569	1,465	1,361	292	188	84
G 250/N + P/C	1,465	1,362	1,259	188	85	-18
N + P/C	669	562	455	-608	-715	-822
G 500/N + P/W	3,133	3,026	2,919	1,855	1,749	1,642
G 250/N + P/W	1,407	1,303	1,199	129	25	-79
N + P/W	1,009	904	799	-269	-373	-478

Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos de Norteamérica (USAID) como parte del Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Acuicultura/Dinámica de Estanques PD/A CRSP (proyectos: DAN-4023-G-SS-2074-00, DAN-4023-G-SS-7066-00 y DAN-4023-G-00-0031-00), USAID/Honduras como parte del contrato 522-0168-C-00-8010-00, la Universidad de Auburn y la Secretaría de Agricultura y Ganadería, República de Honduras.

La traducción al español y la impresión de esta publicación se hicieron posibles gracias al Componente de Manejo y Redes de Información, PD/A CRSP bajo el patrocinio de USAID (proyecto: LAG-G-00-96-90015-00).

Agradecemos a Teresa Rodríguez de la Estación Experimental Agrícola de Alabama (AAES) por diseñar esta publicación y la portada.

## LITERATURA CITADA

- APHA. 1989. Standard methods for the examination of water and waste water, 17th Edition. American Public Health Association, Washington, D.C.
- Boyd, C. E. 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL 36849 U.S.A.
- Boyd, C. E., and D. R. Teichert-Coddington. 1992. Relationship between wind speed and reaeration in small aquaculture ponds. *Aquacultural Engineering* 11: 121-131.
- Egna, H. S., N. Brown, and M. Leslie (editors). 1987. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program Data report: Volume one: General Reference: Site descriptions, materials and methods for the global experiment. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Guerrero, R. D., and W. L. Shelton. 1974. An aceto-carmine squash method for sexing juvenile fish. *The Progressive Fish-Culturist* 36:56.

## CONCLUSIONES

- ❑ Las conclusiones económicas del análisis del presupuesto de producción de 41 regímenes de insumos han permitido verificar un concepto económico importante en la agricultura y a comprender conceptos específicos en relación a Honduras. Un principio bien conocido para los economistas agrícolas, el concepto de retornos marginales, se demuestra claramente con los datos de Honduras. Explicado de una manera sencilla, el sistema de producción en acuicultura con la mayor producción no siempre es la empresa que produce las máximas ganancias.
- ❑ La tasa de interés del 23 por ciento que prevalece en Honduras para los préstamos en agricultura puede ser la causa de convertir regímenes de insumos lucrativos en no lucrativos.
- ❑ Las condiciones financieras temporales tienen un impacto importante sobre el escoger de los sistemas de producción de peces; mientras más alta la tasa de interés menor será el número de operadores de granjas de peces que pedirán préstamos para capital de operación o para inversión fija. Los granjeros rurales con recursos limitados quizá nunca pidan préstamos y por el contrario seguirán confiando en las prácticas tradicionales de agricultura para proveer los nutrientes, por ejemplo estiércoles y para trabajar la granja, por ejemplo mano de obra.
- ❑ En Honduras se requieren densidades de siembra de por lo menos 20,000 peces/ha de área superficial del estanque para lograr estrategias de acuicultura rentables.
- ❑ Únicamente una estrategia en donde se sembró tilapia a densidades de 10,000/ha, tuvo retornos netos positivos a la tierra, mano de obra y manejo; sin embargo, varios tratamientos a ésta densidad mostraron ingreso positivos por encima de los costos variables.
- ❑ Los factores climáticos también afectaron las ganancias de los sistemas de manejo de estanques; las retornos netos generalmente fueron mayores durante la época cálida/lluviosa.
- ❑ Los investigadores del PD/A CRSP en Honduras han presentado varias opciones de producción a los acuicultores hondureños y un diverso grupo de regímenes de insumos han dado como resultado operaciones rentables en acuicultura, aún con las tasas de interés de los préstamos a la agricultura del 23 por ciento prevalecientes en Honduras en 1992. Doce tratamientos de cuatro categorías de insumos dieron como resultado retornos netos positivos. Estos 12 sistemas de manejo de nutrientes brindan un rango de opciones rentables para los acuicultores en Honduras.
- ❑ El análisis de sensibilidad indicó que las ganancias de la empresa fueron más afectadas por los cambios en los precios de venta de tilapia. El precio del alimento fue el segundo en importancia en su impacto en las ganancias de la empresa a corto y largo plazo, seguido por la tasa de interés del capital variable. Se observó que los cambios en las tasas de interés no afectaron las ganancias de los tratamientos tanto como se esperaba inicialmente. Los cambios en los precios de los fertilizantes químicos tuvieron un menor efecto en las ganancias de la empresa.
- ❑ En el extremo menor del rango de tecnología, el uso de gallinaza dio como resultado una producción rentable de tilapia. En el extremo mayor del rango de tecnología, el uso de alimento formulado y aireación resultó en una producción de tilapia lucrativa. En la mitad del rango de tecnología, la combinación de gallinaza y fertilización química o gallinaza y alimento formulado dieron como resultado sistemas de producción lucrativos. Este rango de sistemas rentables de producción de tilapia permite varias opciones apropiadas de fuente de nutrientes en áreas con pocos recursos económicos, así como en condiciones en donde es favorable la intensificación del capital. Una amplia opción de diferentes intensidades de producción lucrativa y de sistemas alternativos ofrece una utilización eficiente de los recursos y permite una base sólida para una acuicultura sostenible.

## PUBLICACIONES Y PRESENTACIONES DEL PROYECTO

- Green, B. W., and D.R. Teichert-Coddington. 1994. Growth of control and androgen-treated Nile tilapia during treatment, nursery and grow-out phases in tropical fish ponds. *Aquaculture and Fisheries Management* 25: In press.
- Green, B. W., and C. E. Boyd. 1994. Chemical budgets in organically fertilized fish ponds in the dry tropics. *World Aquaculture '94 conference*, New Orleans, LA, 12 to 18 January 1994.
- Green, B. W., and C. E. Boyd. 1994. Water budgets for fish ponds in the dry tropics. *World Aquaculture '94 conference*, New Orleans, LA, 12 to 18 January 1994.
- Ayub, M., C. E. Boyd and D. R. Teichert-Coddington. 1993. Effects of urea application, aeration and drying on total carbon concentrations in pond bottom soils. *The Progressive Fish-Culturist* 55: 210-213.
- Green, B. W., and D.R. Teichert-Coddington. 1993. Production of *Oreochromis niloticus* fry for hormonal sex reversal in relation to temperature. *Journal of Applied Ichthyology* 9:230-236.
- Teichert-Coddington, D. R. 1993. Development of production technologies for semi-intensive fish farming during the past decade in Central America. Symposium on Aquacultural Research in Central America, San Jose, Costa Rica, 25 to 29 October 1993.
- Teichert-Coddington, D. R., and B.W. Green. 1993. Usefulness of inorganic nitrogen in organically fertilized tilapia production ponds. *World Aquaculture '93 conference*, Torremolinos, Spain, 26 to 28 May 1993.
- Teichert-Coddington, D. R., and B. W. Green. 1993. Tilapia yield improvement through maintenance of minimal dissolved oxygen concentrations in experimental grow-out ponds in Honduras. *Aquaculture* 118: 63-71.
- Teichert-Coddington, D. R., and B. W. Green. 1993. Comparison of two techniques for determining community respiration in tropical fish ponds. *Aquaculture* 114: 41-50.
- Teichert-Coddington, D.R., and B. W. Green. 1993. Influence of daylight and incubation interval on dark-bottle respiration in tropical fish ponds. *Hydrobiologia* 250: 159-165.
- Teichert-Coddington, D. R., B. W. Green, C. Boyd, R. Gomez and N. Claros. 1993. Substitution of inorganic nitrogen and phosphorus for chicken litter in production of tilapia. In H. S. Egna, M. McNamara, J. Bowman and N. Astin (editors). Tenth annual administrative report. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Teichert-Coddington, D. R., B. W. Green, M. I. Rodriguez, R. Gomez and L. A. Lopez. 1993. On-farm testing of PD/A CRSP fish production systems in Honduras. In H. S. Egna, M. McNamara, J. Bowman and N. Astin (editors). Tenth annual administrative report. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Green, B. W. 1992. Substitution of organic manure for pelleted feed in tilapia production. *Aquaculture*, 101: 213-222.
- Green, B. W., D. R. Teichert-Coddington, and L. A. Lopez. 1992. Production of *Oreochromis niloticus* fry in earthen ponds for hormonal sex inversion. Twenty-third Annual World Aquaculture Conference, May 21 to 25, 1992, Orlando, Florida.
- Teichert-Coddington, D. R., R. Gomez, M. Ponce and H. Ramos. 1992. Reproduction of guapote tigre in earthen ponds: female to male stocking ratios. In H. S. Egna, M. McNamara and N. Widner (editors). Ninth annual administrative report, Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program, 1991. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Teichert-Coddington, D. R., and B. W. Green. 1992. Yield improvement through maintenance of minimal oxygen concentrations in tilapia grow-out ponds in Honduras. Twenty-third Annual World Aquaculture Conference, May 21 to 25, 1992, Orlando, Florida.
- Teichert-Coddington, D.R., B. W. Green and R.P. Phelps. 1992. Influence of water quality, season and site on tilapia production in Panama and Honduras. *Aquaculture*, 105: 297-314.
- Teichert-Coddington, D. R., B. W. Green, C. E. Boyd and M. I. Rodriguez. 1992. Supplemental nitrogen fertilization of organically fertilized ponds: Variation of the C:N ratio. In H. S. Egna, M. McNamara and N. Weidner (editors). Ninth annual administrative report. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Boyd, C. E., D. R. Teichert-Coddington and B. W. Green. 1991. Change of fish pond soils during culture and drying periods. In H. S. Egna, J. Bowman and M. McNamara (editors). Eighth annual administrative report. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Green, B. W., and D.R. Teichert-Coddington. 1991. Growth of normal and sex reversed *Oreochromis niloticus* during hormone treatment, nursery and grow-out phases in earthen ponds. Twenty-second Annual World Aquaculture Conference, June 16 to 20, 1991, San Juan, Puerto Rico.
- Green, B. W., and D.R. Teichert-Coddington. 1991. A comparison of two samplers used with an automated data acquisition system in whole-pond community metabolism studies. *The Progressive Fish-Culturist*, 53(4): 236-242.
- Green, B. W., and D. R. Teichert-Coddington. 1991. Effect of fry stocking rate, hormone treatment duration and temperature on the production of sex-reversed *Oreochromis niloticus*. In H. S. Egna, J. Bowman and M. McNamara (editors). Eighth annual administrative report. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Green, B. W., and D. R. Teichert-Coddington. 1991. Production of *Oreochromis niloticus* fry in earthen ponds for hormonal sex reversal. In H. S. Egna, J. Bowman and M. McNamara (editors). Eighth annual administrative report. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Teichert-Coddington, D.R., and B. W. Green. 1991. Determination of nighttime oxygen respiration in fish culture ponds in Honduras: Effect of measurement methodology. Twenty-second Annual World Aquaculture Conference, June 16 to 20, 1991, San Juan, Puerto Rico.
- Teichert-Coddington, D. R., B. W. Green and C. E. Boyd. 1991. Benthic respiration in newly renovated ponds. In H. S. Egna, J. Bowman and M. McNamara (editors). Eighth annual administrative report. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Teichert-Coddington, D. R., B. W. Green and M. I. Rodriguez. 1991. Relative influence of feed and organic fertilization on polyculture of tambaqui and tilapia. In H. S. Egna, J. Bowman and M. McNamara (editors). Eighth annual administrative report. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Teichert-Coddington, D. R., B. W. Green, C. E. Boyd and M. I. Rodriguez. 1991. Supplemental nitrogen fertilization of organically fertilized ponds. In H. S. Egna, J. Bowman and M. McNamara (editors). Eighth annual administrative report. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Teichert-Coddington, D. R., B. W. Green, N. Claros and M. I. Rodriguez. 1991. Optimization of feeding in combination with organic fertilization. In H. S. Egna, J. Bowman and M. McNamara (editors). Eighth annual administrative report. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Green, B. W. 1990. Substitution of organic manure for pelleted feed in tilapia production. EIFAC/FAO Symposium on Production Enhancement in Still Water Pond Culture. Prague, Czechoslovakia.

- Green, B.W., H.R. Alvarenga, R.P. Phelps and J. Espinoza. 1990. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Data Reports: Honduras Project, Cycle I of the global experiment. Vol. 6, No. 1. Oregon State University, Corvallis, OR. 94 pp.
- Green, B.W., H.R. Alvarenga, R.P. Phelps and J. Espinoza. 1990. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Data Reports: Honduras Project, Cycle II of the global experiment. Vol. 6, No. 2. Oregon State University, Corvallis, OR. 94 pp.
- Green, B. W., and L. A. López. 1990. Factibilidad de la producción masiva de alevines machos de *Tilapia nilotica* a través de la inversión hormonal de sexo en Honduras. *Agronomía Mesoamericana*, 1:21-25.
- Green, B. W., and D.R. Teichert-Coddington. 1990. Comparison of two sampler designs for use with automated data acquisition systems in whole-pond community metabolism studies. EIFAC/FAO Symposium on Production Enhancement in Still Water Pond Culture. Prague, Czechoslovakia.
- Green, B. W., D.R. Teichert-Coddington and R.P. Phelps. 1990. Response of tilapia production and economics to varying rates of organic fertilization in two tropical American countries. *Aquaculture*, 90: 279-290.
- Popma, T. J. and B. W. Green. 1990. Aquaculture production manual: Sex reversal of tilapia in earthen ponds. Res. and Dev. Series 35, International Center for Aquaculture, Auburn Univ., AL.
- Teichert-Coddington, D.R., and B. W. Green. 1990. Influence of primary productivity, season and site on tilapia production in organically fertilized ponds in two Central American countries. EIFAC/FAO Symposium on Production Enhancement in Still Water Pond Culture. Prague, Czechoslovakia.
- Alvarenga, H.R. and B.W. Green. 1989. Producción y aspectos económicos del cultivo de tilapia en estanques fertilizados con gallinaza. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*, 40:35-39.
- Green, B.W. and H.R. Alvarenga. 1989. Efecto de diferentes tasas de gallinaza en la producción de tilapia. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*, 40:31-34.
- Green, B.W. and H.R. Alvarenga. 1989. Tilapia production systems based on organic fertilization and feed. Thirty-fifth Annual Meeting, Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, San Pedro Sula, Honduras. (in Spanish)
- Green, B.W., H.R. Alvarenga, R.P. Phelps and J. Espinoza. 1989. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Data Reports: Honduras Project, Cycle III of the global experiment. Vol. 6, No. 3. Oregon State University, Corvallis, OR. 114 pp.
- Green, B.W. and L.A. Lopez. 1989. Feasibility of mass producing hormonally sex-reversed *Tilapia nilotica* fingerlings in Honduras. Thirty-fifth Annual Meeting, Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, San Pedro Sula, Honduras. (in Spanish)
- Green, B.W., R.P. Phelps and H.R. Alvarenga. 1989. The effect of manures and chemical fertilizers on the production of *Oreochromis niloticus* in earthen ponds. *Aquaculture*, 76:37-42.
- Teichert-Coddington, D., B. Green, and M. I. Rodríguez. 1989. Effect of feeding rate on tilapia production in ponds fertilized with chicken litter. Thirty-fifth Annual Meeting, Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, San Pedro Sula, Honduras. (in Spanish)
- Alvarenga, H.R., B.W. Green and R.P. Phelps. 1988. Production and economic aspects of tilapia culture in ponds fertilized with chicken litter. Thirty-fourth Annual Meeting, Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, San Jose, Costa Rica. (in Spanish)
- Green, B. W. 1988. Honduras freshwater aquaculture project: final technical report. Unpublished report, Auburn University, Alabama. 56 pp.
- Green, B.W., H.R. Alvarenga and R.P. Phelps. 1988. The effect of stocking rate on the production of *Tilapia nilotica* in ponds. Thirty-fourth Annual Meeting, Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, San Jose, Costa Rica. (in Spanish)
- Green, B.W. and H.R. Alvarenga. 1987. Intensive fingerling production of hybrid tilapia (*Tilapia nilotica* x *Tilapia hornorum*). Eighteenth Annual Meeting, World Aquaculture Society, Guayaquil, Ecuador.
- Green, B.W. and H.R. Alvarenga. 1987. Effect of chicken litter fertilization rate on the production of tilapia. Presented at 33rd Annual Meeting, Programa Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, Guatemala City, Guatemala. (in Spanish)
- Green, B.W., R.P. Phelps and H.R. Alvarenga. 1987. The effect of nitrogen and phosphorus sources in fertilizers used for the production of *Tilapia nilotica*. Eighteenth Annual Meeting, World Aquaculture Society, Guayaquil, Ecuador.
- Alvarenga, H.R. and B.W. Green. 1986. Production and growth of male *Tilapia nilotica* and of hybrid *Tilapia nilotica* x *Tilapia hornorum* in ponds. *Rev. Latinoamer.de Acuicultura*, 29:6-10. (in Spanish)

## APÉNDICE

### RELACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS CON EL PLAN DE TRABAJO DEL PD/A CRSP

Número del experimento en este reporte	Plan de Trabajo del PD/A CRSP	Número del experimento en este reporte	Plan de Trabajo del PD/A CRSP
Estudio A1	Plan de trabajo 2: estudio específico del sitio	Estudio C2	AU-USAID/proyecto Honduras
Estudio A2	Plan de trabajo 5: Estudio 3	Estudio C3	Plan de trabajo 4 (1987-1988)
Estudio A3	Plan de trabajo 5: Estudio 4	Estudio C4	Plan de trabajo 5: Estudio 1
Estudio A4	Plan de trabajo 5: estudio específico del sitio	Estudio D1	Plan de trabajo 4 (1988-1989)
Estudio B1	Plan de trabajo 1	Estudio D2	Plan de trabajo 5: Estudio 2
Estudio B2	Plan de trabajo 2	Estudio D3	Plan de trabajo 5: Estudio 5
Estudio B3	Plan de trabajo 3	Estudio D4	Plan de trabajo 5
Estudio B4	AU-USAID/proyecto Honduras	Estudio E1	Plan de trabajo 1: estudio específico del sitio
Estudio B5	Plan de trabajo	Estudio E2	Plan de trabajo 2: estudio específico del sitio
Estudio B6	Plan de trabajo 5: Estudio 6	Estudio E3	Plan de trabajo 4 (1988-1989)
Estudio B7	Plan de trabajo 6: Estudio 1	Estudio E4	Plan de trabajo 5: Estudio 5
Estudio C1	AU-USAID/proyecto Honduras		