

La calidad del agua en cultivos hiperintensivos de tilapia

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Leonardo Osorio Isaulá

MICROISIS:	_____
FECHA:	_____
EMBARCADO:	_____

Zamorano, Honduras
Abril, 1999

Zamorano, Honduras
Abril, 1999

964
Copias

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso.

A mi abuela Concepción Sosa (QEDP).

A mi familia.

A mi patria.

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso por guiarme en mi vida.

A mis padres Luis Felipe y Juana Francisca por todo su amor y por estar siempre a mi lado en lo bueno y en lo malo.

A mis hermanos Luis Fernando y Raquel Cristina por confiar en mí.

A mi tía Eva María por estar siempre pendiente de mí, y por incluirme en sus oraciones.

A mis asesores Dr. Daniel Meyer, Ing. Carlos Leyva, Dr. Abel Gernat y Dr. Isidro Matamoros por su ayuda en la realización de este trabajo.

A Vivian Quan y Jorge Maradiaga por su ayuda durante mis visitas a Río Lindo.

Al personal de la Sección de Acuicultura especialmente al Agr. Hector Lagos por su ayuda en la realización de los muestreos.

A María Gabriela Díaz por todo su amor.

A la Sra. Marcia de Triminio por sus valiosos consejos.

Al Ing. Aurelio Revilla por su desinteresada ayuda y sus valiosos consejos.

A Rogelio y Zoila por brindarme su amistad.

A mis amigos Zamoranos, Plácido Ek, Juan Aguilar, Manuel Fajardo, Ariel Morán, Federico Charris, Francisco Orozco, Napoleón Araujo, Marco Mendieta y Elena Toro que de alguna u otra forma ayudaron en la realización de este trabajo.

A los amigos del Programa de Agrónomo (Clase 99), Bertha, Rosa, Alexa y Jorge por su amistad.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

A la Deutsche Stiftung für internationale Entwicklung (DSE) de la República Federal de Alemania por su valiosa y generosa colaboración en el financiamiento de mis estudios en el Programa de Agrónomo.

Al Gobierno de Inglaterra por su valiosa colaboración en el financiamiento de mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica.

RESUMEN

Osorio, Leonardo 1999. La calidad del agua en cultivos hiperintensivos de tilapia. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 25 pp.

La piscicultura comercial ha tenido un rápido desarrollo en Honduras. El cultivo comercial de tilapia en Honduras es manejado bajo diferentes niveles de intensificación. En el país existe una empresa donde se manejan los cultivos de tilapia con altas densidades en la fase de engorde, en donde los peces son alimentados intensivamente en estanques de concreto de 500 m² de área superficial. Para manejar estas densidades elevadas los estanques reciben un recambio de agua considerable. Este tipo de manejo es denominado "hiperintensivo". La calidad del agua se ve afectada por el cultivo comercial de peces. La producción acuícola tiende a incrementar las concentraciones del total de nitrógeno amonio (TAN) debido a que los peces excretan amoníaco como producto del metabolismo de las proteínas. A su vez elevan la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y la concentración de sólidos totales debido a la cantidad de materia orgánica (heces) en el agua producto del metabolismo de los peces y el alimento no consumido. El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad del agua en cultivos hiperintensivos de peces en Honduras. Se comparó la calidad del agua de 6 estanques en dos fechas diferentes analizando la concentración de TAN, sólidos totales y DBO₅ generados por cada estanque. Se hizo un estudio de 24 horas del comportamiento de las concentraciones de TAN, oxígeno disuelto y la temperatura del agua en los cultivos hiperintensivos de tilapia. Todos los cultivos evaluados en este estudio provocaban cambios en los parámetros fisicoquímicos del agua. La temperatura promedio del agua fue superior en agosto-98 en comparación con enero-99. Los estanques evaluados en agosto tenían una biomasa de peces superior que los estanques evaluados en enero. Debido a la diferencia en la temperatura del agua y la biomasa de peces sembrada en los estanques evaluados en agosto, se observó un empleo de una mayor cantidad de alimento por lo que hubo una mayor generación de TAN, sólidos totales y DBO₅ y un mayor consumo de oxígeno disuelto. Se observó un incremento continuo en la concentración de TAN durante el monitoreo de 24 horas en todos los estanques. La magnitud de la variación en el oxígeno disuelto y la temperatura del agua fue similar en ambas fechas. En ningún momento se detectó niveles críticos de oxígeno disuelto en los estanques.

Palabras claves: alimento suministrado, biomasa de peces, demanda bioquímica de oxígeno, piscicultura, sólidos totales, total de nitrógeno amonio.

NOTA DE PRENSA

Cultivos hiperintensivos de tilapia: su efecto en la calidad del agua

En los últimos años se han establecido en Honduras explotaciones comerciales de tilapia donde utilizan grandes recambios de agua con el objetivo de manejar altas densidades de peces, con lo cual maximizan el área disponible en espejo de agua y el propósito de producir carne para exportación. El agua que es usada en estas explotaciones sufre cambios en cuanto a su calidad y en la mayoría de casos es vertida a un río u otro cuerpo de agua sin recibir ningún tratamiento, pudiendo producir un fuerte impacto ambiental en estos ecosistemas.

La sección de acuicultura de Zamorano recientemente (Agosto'98-Enero'99) realizó un estudio en una finca de producción de tilapia en Río Lindo, Cortés, Honduras; con el objetivo de relacionar la biomasa de peces y la cantidad de alimento suministrado a un cultivo hiperintensivo de peces con la alteración en la calidad del agua usada en este sistema de producción. Se realizaron muestreos en dos fechas diferentes, considerando tres estanques en cada fecha, practicándose análisis de laboratorio de tres parámetros de calidad de agua a muestras de la entrada y la salida de cada estanque. Los parámetros considerados fueron: total de nitrógeno amonio (TAN), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y la cantidad de sólidos totales. También se hizo un estudio durante 24 horas del comportamiento de la concentración de TAN, oxígeno disuelto y temperatura en el agua de los 6 estanques.

Todos los estanques en los 3 parámetros, presentaron una alteración de incrementar las concentraciones. Se encontró un mayor deterioro en la calidad del agua a medida que se aumenta la temperatura en el agua, este efecto contaminante también se vio afectado por la biomasa de peces y la cantidad de alimento suministrado a los estanques, presentándose concentraciones elevadas de TAN con producciones de 15.64 kg por día y sólidos totales generados de 180.05 kg por día en Agosto. Se observó un incremento continuo en la concentración de Tan durante el monitoreo de 24 horas de los 6 estanques evaluados.

Por lo anterior se hace un llamado a los dueños de estas explotaciones, al gobierno y a las agencias de protección ambiental a evaluar en forma continua el impacto ambiental producido por la cultivos hiperintensivos de tilapia, para poder crear formas de minimizar las descargas de contaminantes al medio ambiente.

CONTENIDO

Portadilla	i
Autoría	ii
Página de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Agradecimientos a patrocinadores	vi
Resumen	vii
Nota de Prensa	viii
Contenido	ix
Índice de Cuadros	x
Índice de Figuras	xi
Índice de Anexos	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 General.....	2
1.1.2 Específico.....	2
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
2.1 Ubicación.....	3
2.2 Unidades experimentales.....	3
2.3 Análisis de laboratorio.....	4
2.3.1 Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno y sólidos totales	4
2.3.2 Determinación del total de nitrógeno amonio (TAN), oxígeno disuelto y temperatura del agua:.....	4
2.3 Análisis estadístico.....	5
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
3.1 Análisis de laboratorio.....	6
3.1.1 Total de nitrógeno amonio (TAN).....	9
3.1.2 Sólidos totales.....	9
3.1.3 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	10
3.2 Monitoreo del oxígeno disuelto y la temperatura durante 24 horas... ..	10
3.3 Regresiones entre los parámetros de manejo y la calidad del agua....	10
4. CONCLUSIONES	15
5. RECOMENDACIONES.....	16
6. BIBLIOGRAFÍA	17
7. ANEXOS	19

INDICE DE CUADROS

1.	Comparación de los estanques de producción bajo el sistema de engorde hiperintensivo de tilapia en Río Lindo, Cortés, Honduras, 1999.....	3
2.	Comparación de 6 estanques de 500 m ² de área superficial utilizados en el engorde hiperintensivo de tilapia en Río Lindo, Cortés, Honduras.....	6
3.	Comparación de los promedios de los parámetros de calidad del agua evaluados en estanques de 500 m ² con cultivos hiperintensivos de tilapia en dos épocas del año en Río Lindo, Cortés, Honduras.....	8

INDICE DE FIGURAS

1.	Relación entre la biomasa de peces y la generación de sólidos totales en cultivos hiperintensivos de tilapia cultivada en estanques de 500 m ² en Río Lindo, Cortés, Honduras.....	12
2.	Relación entre el alimento diario suministrado y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) generada en cultivos hiperintensivos de tilapia cultivadas en estanques de 500 m ² en Río Lindo, Cortés, Honduras.....	13
3.	Relación entre la biomasa de peces y el consumo de oxígeno disuelto en cultivos hiperintensivos de tilapia cultivada en estanques de 500 m ² en Río Lindo, Cortés, Honduras.....	14

INDICE DE ANEXOS

1.	Resultados del monitoreo de O ₂ disuelto, temperatura y total de nitrógeno amonia en el estanque con 58 kg/m ³ durante 24 horas en Río Lindo, Cortés, Honduras, Agosto-1999.....	20
2.	Resultados del monitoreo de O ₂ disuelto, temperatura y total de nitrógeno amonia en el estanque con 55 kg/m ³ durante 24 horas en Río Lindo, Cortés, Honduras, Enero -1998.....	21
3.	Resultados del monitoreo de O ₂ disuelto, temperatura y total de nitrógeno amonia en el estanque con 39 kg/m ³ durante 24 horas en Río Lindo, Cortés, Honduras, Agosto-1999.....	22
4.	Resultados del monitoreo de O ₂ disuelto, temperatura y total de nitrógeno amonia en el estanque con 30 kg/m ³ durante 24 horas en Río Lindo, Cortés, Honduras, Enero -1998.....	23
5.	Resultados del monitoreo de O ₂ disuelto, temperatura y total de nitrógeno amonia en el estanque con 29 kg/m ³ durante 24 horas en Río Lindo, Cortés, Honduras, Agosto-1999.....	24
6.	Resultados del monitoreo de O ₂ disuelto, temperatura y total de nitrógeno amonia en el estanque con 14 kg/m ³ durante 24 horas en Río Lindo, Cortés, Honduras, Enero -1998.....	25

1. INTRODUCCIÓN

La piscicultura comercial ha tenido un rápido desarrollo en Honduras en los últimos 10 años. Este desarrollo es debido a la fuerte demanda en los mercados internacionales por la carne de tilapia. Esta se exporta en forma de filete fresco, filete congelado, pescado entero fresco y entero congelado.

El cultivo comercial de tilapia en Honduras es manejado bajo diferentes niveles de intensificación. El nivel de intensificación depende del caudal de agua de que se disponga para realizar recambios de agua al estanque, lo que permite aumentar o disminuir la densidad de siembra. El agua pasa los cultivos y luego es vertida a un río u otro cuerpo de agua (Zelaya, 1998).

En los últimos años se han establecido en el Norte de Honduras explotaciones comerciales de tilapia donde utilizan grandes recambios de agua con el objetivo de manejar altas densidades de peces. Este recambio de agua ayuda a eliminar los desechos producto del metabolismo de los peces, el alimento no consumido y además suministra al sistema el oxígeno disuelto necesario (Meyer *et al.*, 1995). En el país existe una empresa donde se manejan los cultivos de tilapia con densidades superiores a los 50 peces/m² en la fase de engorde, en donde los peces son alimentados intensivamente en estanques de 500 m² de área superficial. Para manejar estas densidades los estanques reciben un recambio de agua considerable. Este tipo de manejo es denominado "hiperintensivo".

La producción acuícola tiende a incrementar las concentraciones de nitrógeno amoniacal (NH₃) y elevar la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) del agua. Este efecto contaminante dependerá, entre otros factores, de la calidad y volumen del agua pasando por los estanques, la biomasa de la población los peces en el estanque y la cantidad de alimento suministrado al cultivo (Zelaya, 1998).

La calidad del agua comprende todas las características físicas, químicas y biológicas que afectan la producción acuícola (Boyd, 1990). Al intensificar los cultivos acuícolas, la emisión de los desechos metabólicos aumenta provocando problemas de contaminación. Una parte del alimento que no es consumido por los peces contribuirá a esta contaminación del agua que sale de los estanques (Meyer *et al.*, 1995).

Los peces y otros organismos acuáticos excretan amoníaco (NH₃) como producto principal del metabolismo de las proteínas. La demanda bioquímica de oxígeno es afectada por la cantidad de materia orgánica en el agua producto del metabolismo de los peces y el alimento no consumido (Pillay, 1992).

La cantidad de sólidos totales incluye los sólidos solubles y los sólidos suspendidos y es afectado por la cantidad de alimento no consumido y las heces de los peces (Chen, 1998).

Dentro de los parámetros físicoquímicos utilizados para medir la contaminación están la concentración de nitrógeno amoniacal, la demanda bioquímica de oxígeno y la cantidad de sólidos totales en el agua. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) mide la cantidad de oxígeno requerida para descomponer la materia orgánica durante un período de incubación en una muestra de agua (Boyd, 1990).

1.1 Objetivos

1.1.1 General

- Evaluar la calidad del agua en un sistema de producción hiperintensiva de peces en Honduras, comparando las concentraciones de oxígeno disuelto, total de nitrógeno como amoníaco y amonio ionizado (TAN), sólidos totales y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) en el agua entrando y saliendo de estanques sembrados con diferentes biomásas de peces y recibiendo diferentes cantidades diarias de alimento concentrado.

1.1.2 Específico

- Observar la relación entre la biomasa de los peces y la cantidad de alimento usado en un cultivo hiperintensivo de peces con la generación de total de nitrógeno amonio (TAN) y sólidos totales y la concentración de oxígeno en el agua.
- Monitorear durante 24 horas las fluctuaciones de la concentración de oxígeno disuelto, temperatura, y total de nitrógeno amonio (TAN), en el agua entrando y saliendo de estanques con un cultivos hiperintensivos de tilapia.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN.

El ensayo se llevó a cabo en las instalaciones de un proyecto piscícola comercial ubicado en el Norte de Honduras. La finca esta localizada a una altura de 70 msnm y recibe agua por gravedad con un caudal de 12 m³/s del desagite de una planta de energía hidroeléctrica.

2.2 UNIDADES EXPERIMENTALES.

La finca utiliza un sistema hiperintensivo de cultivo de peces, en donde la fase de engorde se realiza en estanques revestidos de concreto de 500 m² de área superficial. Estos estanques son sembrados a altas densidades y son manejados con un recambio de agua que oscila entre los 500 y 700 l/s.

Se evaluó la calidad del agua de 3 estanques de engorde diferentes en cada una de las dos visitas realizadas a la finca. Cada estanque estudiado tenía diferente biomasa de peces sembrada. La cantidad de alimento suministrado a cada cultivo estaba relacionado con la biomasa de la población de peces en el estanque.

Cuadro 1. Comparación de los estanques de producción bajo el sistema de engorde hiperintensivo de tilapia en Río Lindo, Cortés, Honduras, 1999

Fecha de muestreo	Biomasa sembrada (kg/m ²)	Biomasa por estanque (kg/500 m ²)	Alimento suministrado (kg/día)	Densidad (peces/m ²)	Peso promedio (g)
Agosto'98	58	29,000	237	54	1,075
Enero'99	55	27,500	425	65	712
Agosto'98	39	19,500	374	123	317
Enero'99	30	15,000	351	115	295
Agosto'98	29	14,500	159	115	254
Enero'99	14	7,000	182	129	110

Para calcular el caudal de recambio de agua de los estanques se realizó un monitoreo del caudal de salida de cada estanque a intervalos de 4 horas durante 24 horas. Para esto se midió con una regla graduada la altura de la columna de agua en la salida de cada estanque y luego se calculó el caudal mediante la siguiente fórmula para esclusas con entrada horizontal (Anónimo, 1997):

$$Q = 1,84(H)^{1,5} \quad [1]$$

Donde:

Q=caudal en metros cúbicos por segundo

H=altura de la lámina de agua en metros

2.3 ANÁLISIS DE LABORATORIO.

2.3.1 Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y Sólidos Totales.

La prueba de demanda bioquímica de oxígeno se hizo en la Sección de Acuicultura de Zamorano con un metro de oxígeno YSI Modelo 55. Las muestras fueron incubadas en la oscuridad en una hielera de durapox durante 5 días a una temperatura de 24 °C.

La determinación de sólidos totales se realizó en el laboratorio de Bromatología de Zamorano. Submuestras de 100 ml se secaron durante 24 horas a una temperatura de 105 °C. (Boyd, 1990). El residuo seco de cada muestra fue pesado en una balanza de precisión en un recipiente previamente pesado.

Se tomaron tres muestras de dos litros de agua cada una en la entrada y tres muestras de dos litros de agua cada una en la salida de cada estanque. Las muestras fueron colectadas a intervalos de 12 horas por un período de 24 horas. Las muestras fueron preservadas según Hauser (1996) y fueron transportadas a Zamorano donde se determinó la demanda bioquímica de oxígeno y sólidos totales en cada una.

2.3.2 Determinación del total de nitrógeno amonio (TAN), oxígeno disuelto y temperatura del agua.

El análisis químico de cada muestra fue realizado dentro de las 24 horas posteriores a su recolección. Para el análisis de TAN ionizado se utilizó un espectrofotómetro modelo DR/2000 (HACH COMPANY, 1989).

El total de amonio no ionizado y amonio es llamado total de nitrógeno amonio (TAN). Se realizó un monitoreo de 24 horas de la TAN en los 6 estanques incluidos en el estudio. El monitoreo consistió en recolectar 3 muestras de un litro cada una a intervalos de 4 horas para determinar posteriormente las concentraciones del TAN.

Al momento de su recolección de las muestras se determinó las concentraciones de oxígeno disuelto y temperatura del agua de cada muestra con un metro de oxígeno YSI modelo 55.

2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados de los análisis de total de nitrógeno amonio, sólidos totales y demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) de los 6 estanques estudiados en las dos fechas fueron comparados por medio de un análisis de varianza y una separación de medias con una prueba Student-Newman-Keuls (SNK). El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico "Statistical Analysis Systems" (SAS).

También se hicieron algunas regresiones relacionando los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), la cantidad de sólidos totales y el TAN con la biomasa de peces en cada estanque y la cantidad de alimento ofrecido diariamente a los peces de cada cultivo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO

El cuadro 2 presenta una comparación de la situación del manejo de los 6 estanques utilizados en el engorde hiperintensivo de tilapia que fueron incluidos en este estudio.

En general el estanque con una mayor biomasa de peces se maneja con un mayor recambio de agua. Esta estrategia intenta asegurar el oxígeno necesario para los peces. En general para las dos fechas de muestreo el recambio de agua en los estanques fue similar (Cuadro 3). El recambio promedio de agua fue similar comparando las dos fechas siendo de 580% y 579% para Agosto y Enero respectivamente.

Todos los cultivos evaluados en este estudio provocaban cambios en varios importantes parámetros fisicoquímicos del agua. Zelaya (1998) reportó efectos similares. En promedio los estanques que fueron evaluados en Agosto tenían una biomasa de peces 27% mayor que los estanques que fueron evaluados en Enero (Cuadro 3).

Cuadro 2. Comparación de 6 estanques de 500 m² de área superficial utilizados en el engorde hiperintensivo de tilapia en Río Lindo, Cortés, Honduras

Fecha	Biomasa (kg/estanque)	Recambio estimado de agua		Alimento suministrado (kg/día/estanque)
		(m ³ /día)	(%)	
Agosto'98	29,000	66,441	13,200	237
Enero'99	27,500	60,048	12,000	351
Agosto'98	19,500	66,270	13,200	425
Enero'99	15,000	56,937	11,300	159
Agosto'98	14,500	41,472	8,300	374
Enero'99	7,000	56,851	11,300	182

Se observó una tendencia a incrementar la cantidad de alimento conforme se aumenta la biomasa de peces en el estanque. La cantidad de alimento suministrado a un cultivo hiperintensivo de tilapia es determinada por el número de peces en el estanque y su peso promedio, y se calcula como un nivel alimenticio o porcentaje de la biomasa de la población. El nivel alimenticio para cada estanque está determinado por la etapa de desarrollo de los peces y según la experiencia obtenida en la misma línea.

Al estanque con la mayor biomasa, se le suministró una cantidad de alimento menor que los demás estanques. Cuando los peces en el cultivo alcanzan un peso promedio superior a 850 gramos sólo se le suministra la cantidad de alimento necesario para mantener su peso, debido a que este es un peso adecuado para sacrificio (Cuadro 2). Los peces de este estanque presentaban un peso promedio superior a los 1000 gramos.

El estanque con una biomasa de 15,000 kg de peces, se le suministró menos alimento en comparación con el estanque de 7,000 kg de biomasa debido a que este cultivo estaba recién iniciando la etapa de engorde por lo que el consumo de alimento fue menor (Cuadro 2).

En el Cuadro 3 se muestra una diferencia en la temperatura del agua entre las 2 fechas en que se realizó el estudio de 4 °C que representa un 17%. La temperatura promedio del agua fue superior en Agosto en comparación de Enero. La tilapia es un pez tropical y su metabolismo y tasa de crecimiento está influenciada por la temperatura del agua. Meyer (s.f) establece que el rango de temperaturas óptimas para el cultivo de tilapia es entre 25-32 °C.

En los estanques evaluados en Agosto se observó el empleo de una mayor cantidad de alimento. Esto se explica porque el metabolismo de los peces varía directamente con la temperatura del agua, por lo que la temperatura afecta los procesos de utilización y absorción de nutrientes para el crecimiento (Lovell, 1989). Se esperaba una producción reducida de tilapia en Enero debido a las bajas temperaturas del agua y consecuentemente se les ofrece menos cantidad de alimento.

Cuadro 3. Comparación de los promedios de los parámetros de la calidad del agua evaluados en estanques de 500 m² con cultivos hiperintensivos de tilapia en dos épocas del año en Río Lindo, Cortés, Honduras.

Fecha	Temperatura del agua °C (n)	Biomasa kg/estanque	TAN generados	Sólidos totales generados kg/día (n)	DBO generada	Consumo de oxígeno
Promedio Agosto'98	27.5 ^a (21)	21,000(3)	15.64 ^a (21)	180.05 ^a (9)	26.79 ^a (9)	80.15 ^a (21)
Promedio Enero'99	23.5 ^b (21)	16,500(3)	13.31 ^b (21)	109.61 ^b (9)	24.98 ^b (9)	61.41 ^b (21)

3.1.1 Total de nitrógeno amonio (TAN).

El amonio no ionizado es altamente tóxico para los peces en concentraciones entre 0,6 y 2,0 ppm. La proporción de amonio no ionizado incrementa cuando se incrementa la temperatura y el pH del agua (Boyd, 1979).

Las determinaciones de amoniaco son mediciones del total de nitrógeno como amoniaco y amonio ionizado debido a que no existe ningún procedimiento que mida la cantidad de amonio en el agua¹.

Las altas concentraciones de amonio no ionizado en el agua afecta la permeabilidad de los peces, provoca daños a nivel de las branquias, reduce la habilidad de transporte de oxígeno en la sangre y puede provocar la muerte (Boyd, 1990). Por otra parte, el tamaño de pez, la cantidad de proteína consumida y la temperatura afectan la cantidad de amonio excretado (Ramseyer y Garling, 1997).

El sistema hiperintensivo de engorde de tilapia contribuye al agua que sale del cultivo con una importante cantidad de TAN. La biomasa en los estanques y la cantidad de alimento suministrado ayudan a explicar el aumento de 25% en la cantidad de TAN generado de los cultivos entre Agosto y Enero (Cuadro 3).

3.1.2 Sólidos Totales.

Los 6 estanques evaluados en el estudio alteraron la concentración de sólidos totales en el agua (Cuadro 4). No se encontraron diferencias en la generación de sólidos totales entre las dos fechas en que se evaluaron los estanques.

Hubo 50% más alimento suministrado entre los estanques evaluados en Agosto ($X=350$ kg/día) en comparación con los estanques evaluados en Enero ($X=230$ kg/día). Esta diferencia se refleja en la mayor cantidad de sólidos totales generados por los estanques evaluados en agosto (Cuadro 3).

En Agosto el promedio de la generación de sólidos totales fue 64% mayor que lo observado en Enero. La generación de sólidos totales en los cultivos se debe en gran parte por la cantidad de alimento suministrado a los peces y del material fecal producto de los procesos digestivos del pez (Cuadro 3).

¹ Meyer D. 1999. Nitrógeno amoniacal. E.A.P. (Comunicación personal)

3.1.3 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno representa la cantidad de oxígeno disuelto consumido durante un periodo de incubación de una muestra de agua. El oxígeno es consumido por la descomposición de la materia orgánica en la muestra de agua (Boyd, 1990).

El agua que sale de estos estanques es utilizada para engordar un segundo lote de peces. En promedio se genera una DBO₅ de 25 kg./día por estanque, lo cual compite por el oxígeno disuelto con los peces del segundo lote.

En el cultivo comercial de camarón en Honduras se reportan generaciones de DBO₅ de entre 8 y 10 ppm (Meyer *et al.*, 1995). Estas producciones son superiores a las generadas por el engorde hiperintensivo de tilapia de oscilan entre 1 y 2 ppm, sin embargo, debido al mayor recambio de agua las producciones por día son mayores en estos últimos.

3.2 MONITOREO DEL OXÍGENO DISUELTO Y LA TEMPERATURA DURANTE 24 HORAS.

La magnitud de la variación en el oxígeno disuelto y temperatura del agua fue similar en ambas fechas durante el monitoreo de 24 horas. La temperatura del agua de los estanques evaluados en Agosto osciló entre 27 y 28 °C, siendo superiores a la temperatura del agua de los estanques evaluados en Enero que osciló entre 23 y 24 °C. Para ambas fechas, las lecturas mayores de temperatura del agua fueron registradas entre las 9:00am y las 5:00pm en ambas fechas. Durante las horas de la noche hubo un descenso en la temperatura del agua en ambas fechas.

En ningún momento se detectó niveles críticos de oxígeno en los estanques. El valor mínimo registrado fue de 1.92 ppm a las 5:00pm en Agosto. El rango de valores para el oxígeno disuelto en el agua de la finca fue de 5.0 a 1.92 ppm.

Se observó un mayor consumo de oxígeno disuelto en los estanques estudiados en Agosto (Cuadro 3), el cual fue 30% superior al consumo de oxígeno disuelto en Enero. La temperatura del agua, la biomasa de peces en el cultivo y la tasa metabólica de los peces influye en su consumo de oxígeno disuelto (Boyd, 1979).

3.3 REGRESIONES ENTRE LOS PARÁMETROS DE MANEJO Y LA CALIDAD DEL AGUA.

Las regresiones producto de este estudio muestran claras tendencias positivas entre la biomasa de peces en el estanque y la cantidad de sólidos generados, la cantidad de alimento suministrado al estanque y la DBO₅ generada. En algunos casos no se encontró relaciones estadísticamente significativas por la reducida cantidad de datos tomados en el estudio.

No se encontró una relación altamente significativas entre la generación del TAN y la cantidad de alimento diario suministrado a los peces. Sin embargo se encontró una tendencia entre la generación de TAN y la biomasa de peces en el estanque.

Se encontró una relación positiva ($r^2=0.64$, $P=0.05$) entre la biomasa de los peces en el estanque y la cantidad de sólidos totales en el agua saliendo de los estanques (Fig. 1).

Se encontró una relación positiva ($r^2=0.50$, $P=0.05$) entre la cantidad de alimento diaria suministrado a los estanques y la demanda bioquímica de oxígeno en el agua saliendo de los estanques (Fig. 2).

Se encontró una relación positiva ($r^2=0.88$, $P=0.05$) entre la biomasa de peces y el oxígeno disuelto consumido (Fig. 3). Debido al alto recambio de agua, el consumo de oxígeno es atribuido al proceso de respiración de los peces y no a procesos de oxidación de materia orgánica. Al intensificar el cultivo de tilapia aumenta el efecto contaminante, habrá mayor generación de TAN, sólidos totales, DBO_5 y un mayor consumo de oxígeno disuelto.



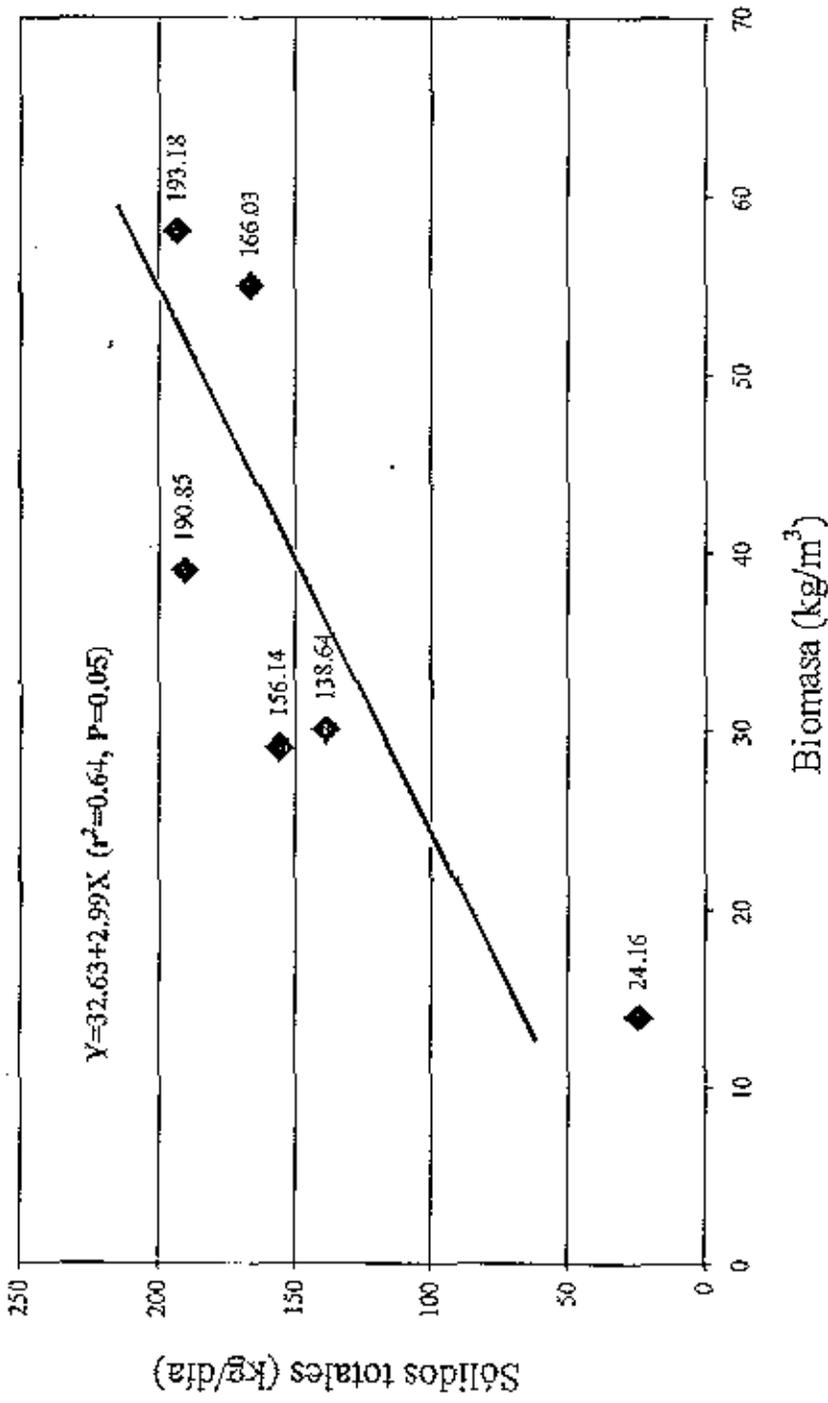


Figura 1. Relación entre la biomasa de peces y la generación de sólidos totales en cultivos hiperintensivos de tilapia cultivada en estanques de 500 m² en Río Lindo, Cortés, Honduras.

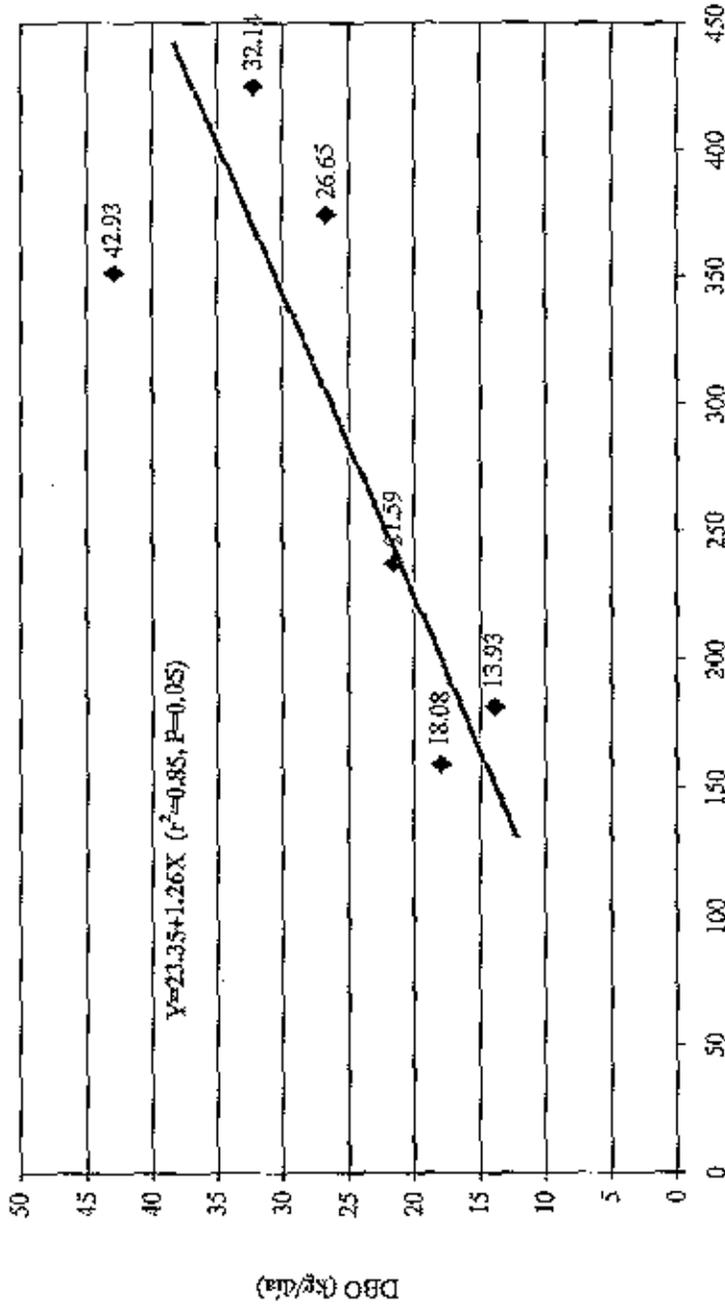


Figura 2. Relación entre el alimento diario suministrado y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) generada en cultivos hiperintensivos de tilapia cultivadas en estanques de 500 m² en Río Lindo, Cortés, Honduras.

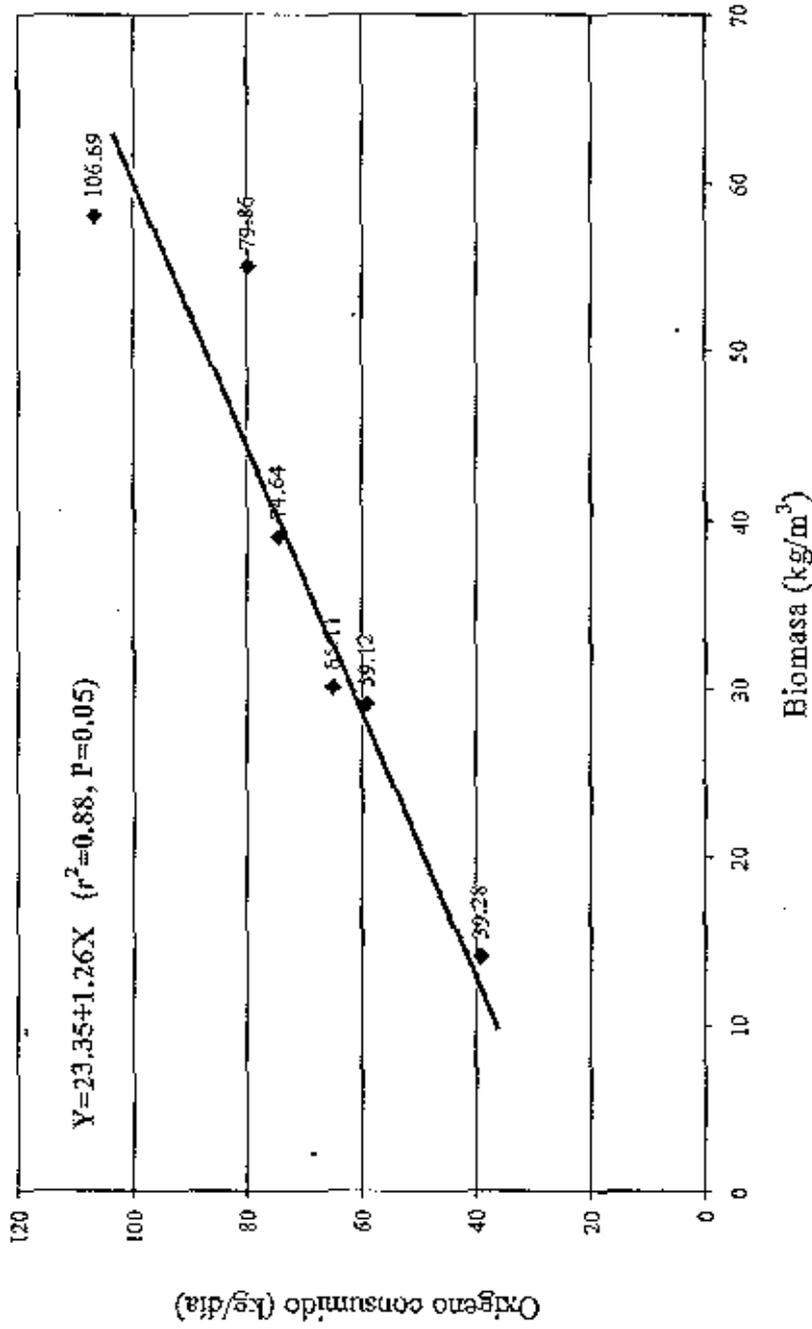


Figura 3. Relación entre la biomasa de peces y el consumo de oxígeno disuelto en cultivos hiperintensivos de tilapia cultivada en estanques de 500 m² en Rio Lindo, Cortés, Honduras.

4. CONCLUSIONES

El engorde hiperintensivo de tilapia provoca alteraciones en la calidad del agua. Entre los parámetros físicoquímicos más alterados esta la cantidad de sólidos totales, el total de nitrógeno amonio y el oxígeno disuelto en el agua.

La magnitud del efecto contaminante dependerá de la biomasa de los peces cultivados, la cantidad de alimento suministrado al cultivo y el volumen de agua recambiado en el manejo de los estanques.

Un aumento en la temperatura del agua influye directamente en el metabolismo de los peces y esto altera la intensidad del efecto contaminante. Se observó una gran diferencia en la temperatura del agua comparando las mediciones de Agosto con las de Enero.

A una mayor biomasa sembrada, hubo un uso más intensivo del alimento pero el recambio de agua fue igual.

Se observó una clara tendencia positiva entre la biomasa de peces y la cantidad de sólidos totales generados, entre la cantidad de alimento diaria suministrada a los estanques y la demanda bioquímica de oxígeno generada y entre la biomasa de peces y el oxígeno consumido.

5. RECOMENDACIONES

Se debe realizar estudios sobre la calidad del agua de la finca, en donde se incluya agua tomada del canal de abastecimiento y del desagüe general de la finca, lo cual mostrará la contaminación real y total producida por la producción de peces con un manejo hiperintensivo.

Se debe realizar estudios sobre el caudal y la calidad del agua en el río donde se descarga el agua utilizada por la finca para cuantificar el impacto ambiental producido por la finca.

Se debe estudiar diferentes maneras para ofrecer el alimento a los peces para reducir la generación de TAN, materia orgánica y sólidos en el agua del cultivo.

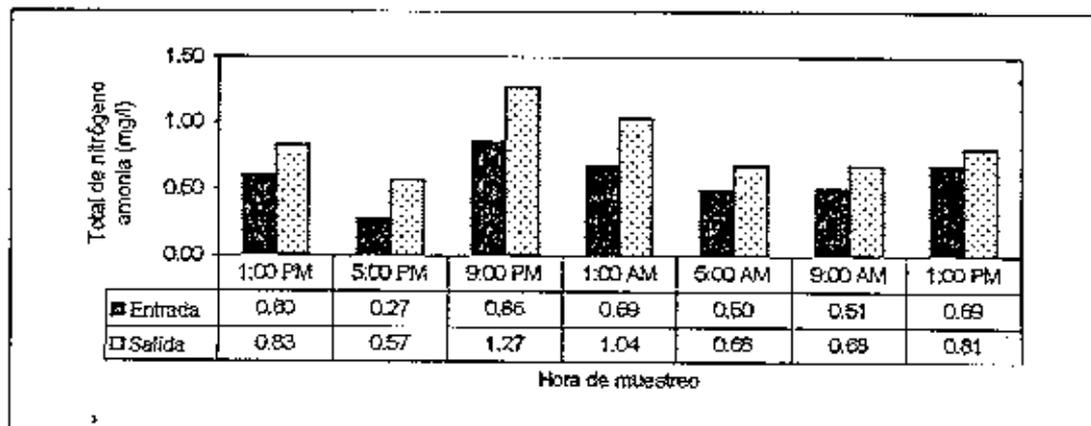
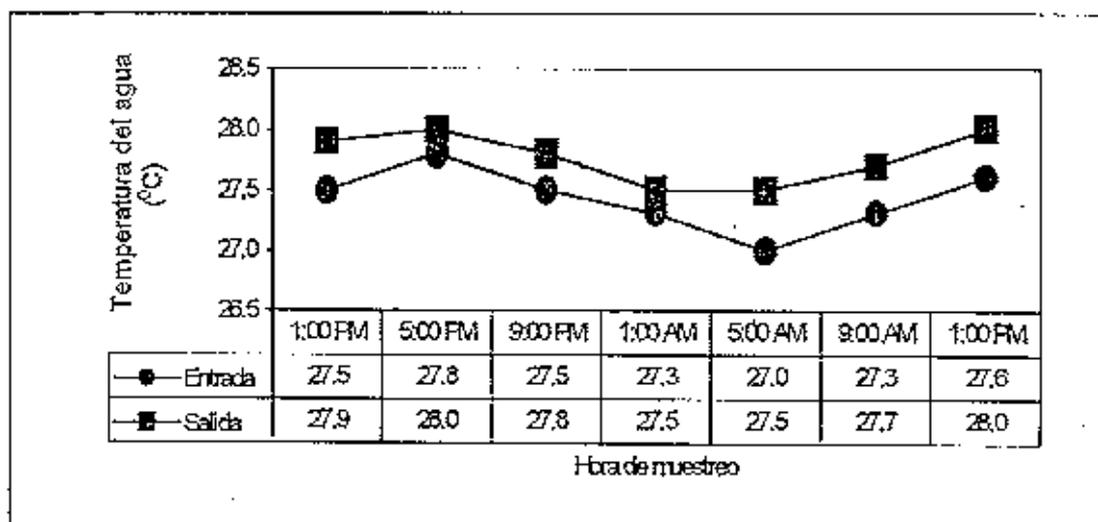
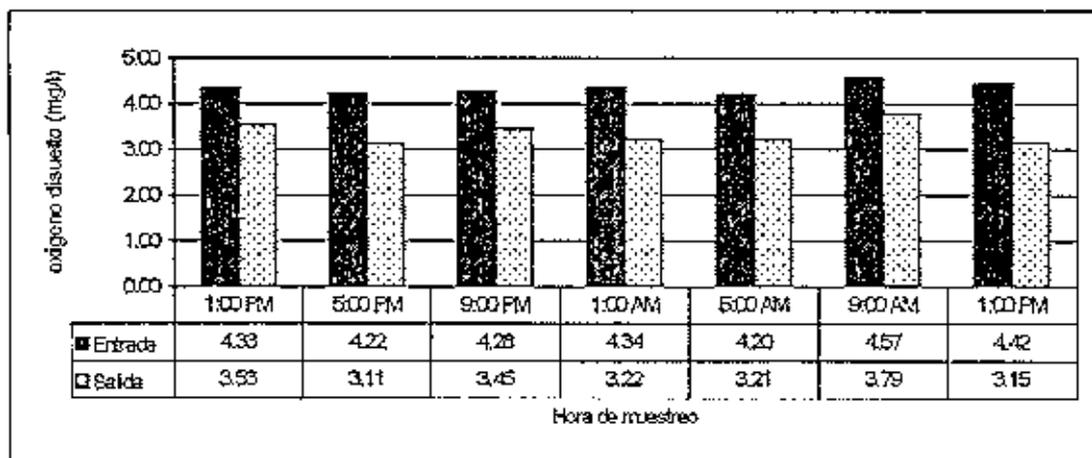
6. BIBLIOGRAFÍA

- ANÓNIMO. 1997. Manual de prácticas de campo. Unidad de Riegos y Drenajes. El Zamorano, Honduras. 37 pp.
- BOYD, C.E. 1979. Water quality management for pond fish culture. Auburn University, Agricultural Experimental Station, Alabama, USA. 359 pp.
- BOYD, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn University, Alabama Agricultural Station, Alabama, USA. 482 pp.
- CHEN, S. 1998. Aquaculture waste management. Aquaculture Magazine (USA.) 24(4): 63-69.
- HACH COMPANY. 1989. Water analysis handbook. Loveland, Colorado, USA. 690-980 pp.
- HAUSER, B. 1996. Practical manual of wastewater chemistry. Ann Arbor press, Chelsea, Michigan, USA. 189 pp.
- MEYER, D.E. sf. Apuntes para el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 44 pp.
- MEYER, D.E, TEICHERT-CODDINTON, D. y MILLA, L. 1995. Demanda biológica de oxígeno en aguas camaroneras. Presentación oral. III Simposium centroamericano sobre el cultivo de camarones, 22-26 Abril, Tegucigalpa, Honduras.
- LOVELL, T. 1989. Nutrition and feeding of fish. Ann AVI Book, New York, USA. 260 pp.
- PILLAY, T.V.R. 1992. Aquaculture and the environmental. Halsted Press, New York, USA. 189 pp.
- RAMSEYER, A.B. y GARLING, A.T. 1997. Fish nutrition and aquaculture waste management. pp 57-60, en: L. Swan (editor). Proceeding of the 1997 North Central Regional Aquaculture Conference, Feb 6-7, Indianapolis, Indiana. Illinois-Indiana Sea Grant Program, 148 pp.

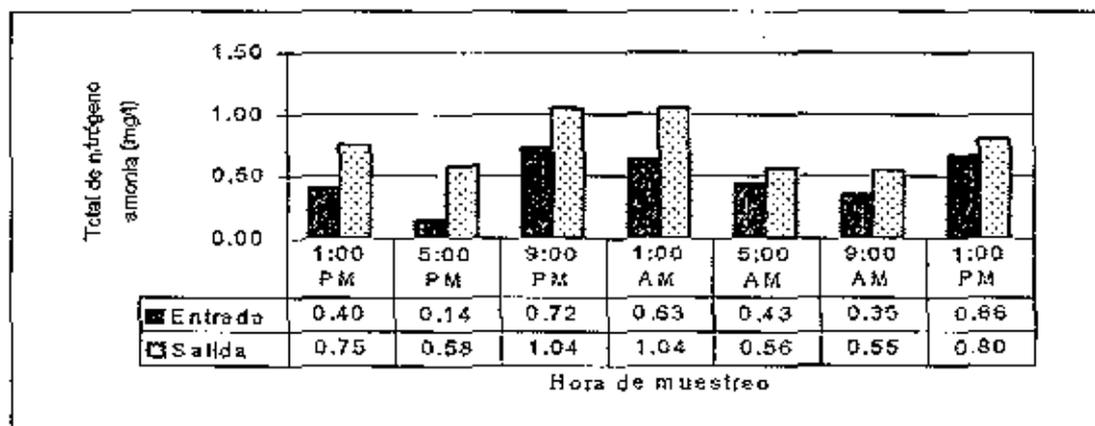
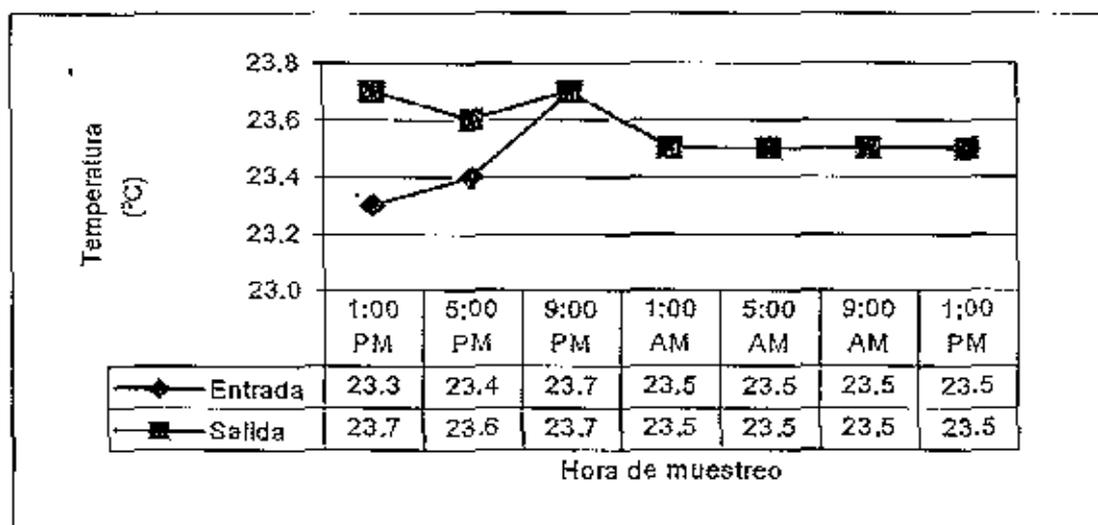
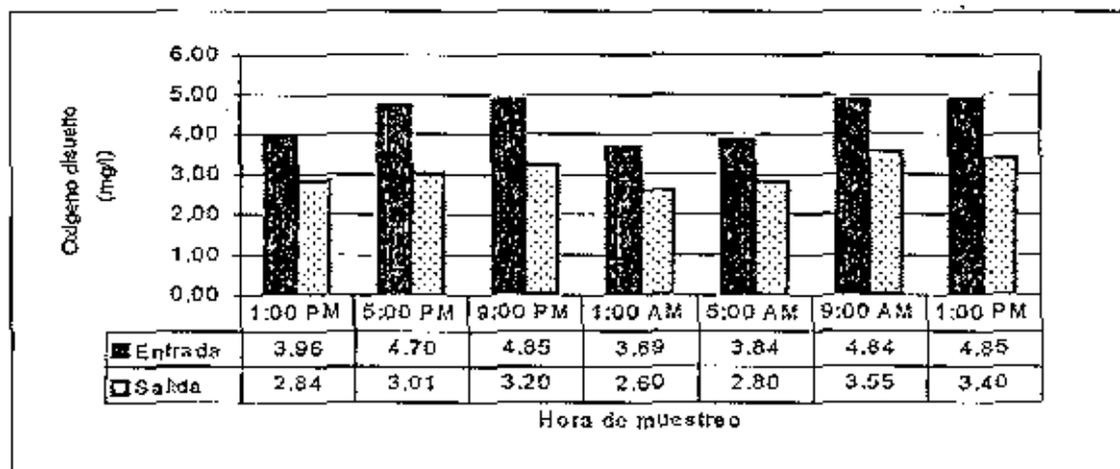
ZELAYA, O. 1998. Análisis de la calidad del agua en cultivos comerciales de tilapia en Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 28 pp.

7. ANEXOS

Anexo 1

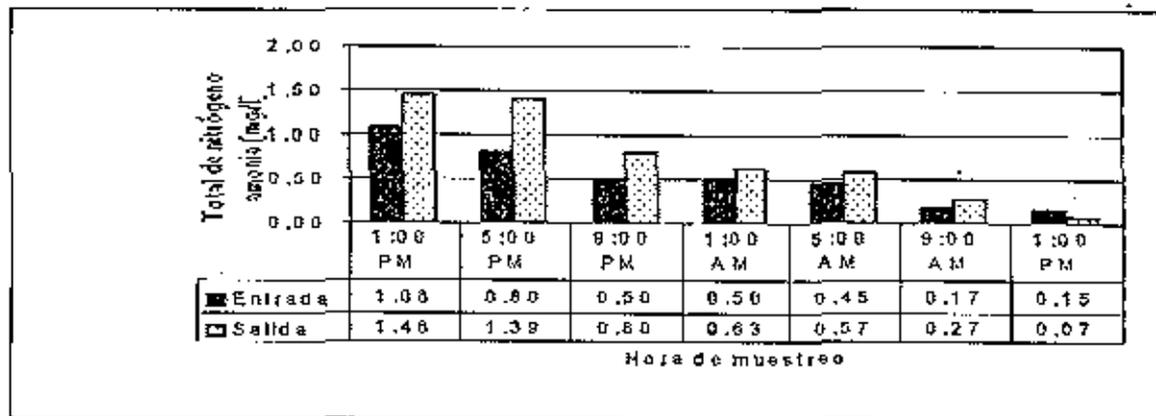
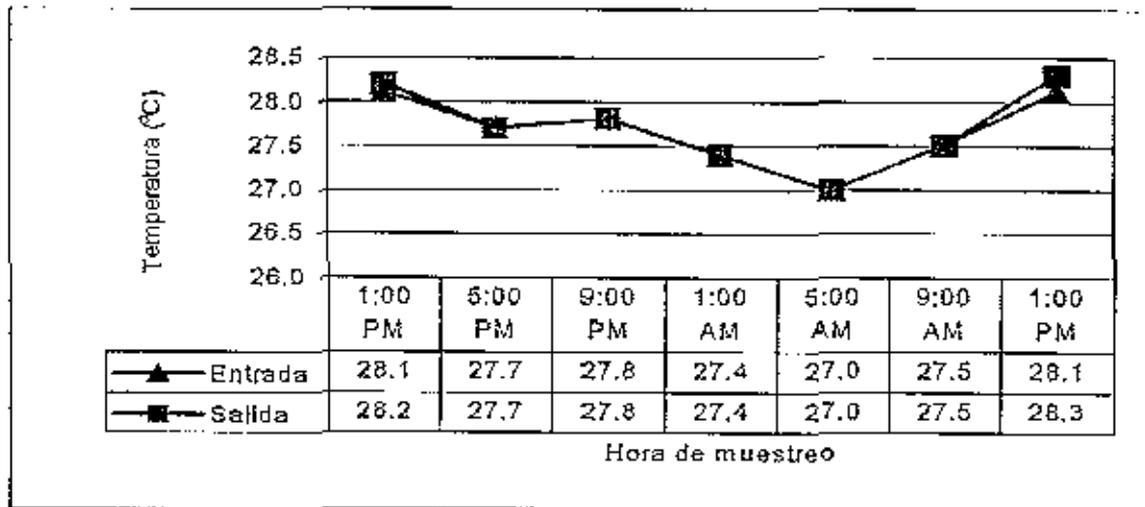
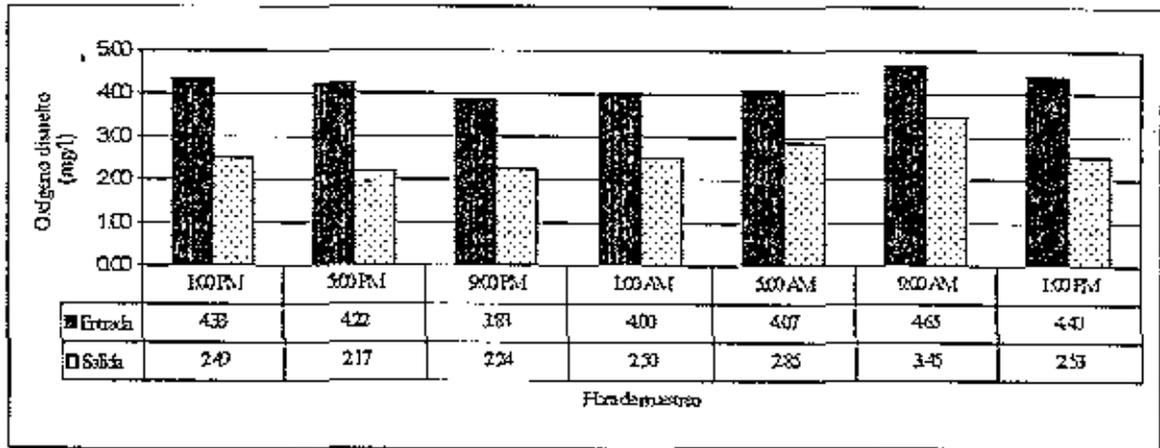


Resultados del monitoreo de O₂ disuelto, temperatura y total de nitrógeno amonía en el agua de el estanque con 58 kg/m³ durante 24 horas en Río Lindo, Cortés, Honduras, Agosto-1998.

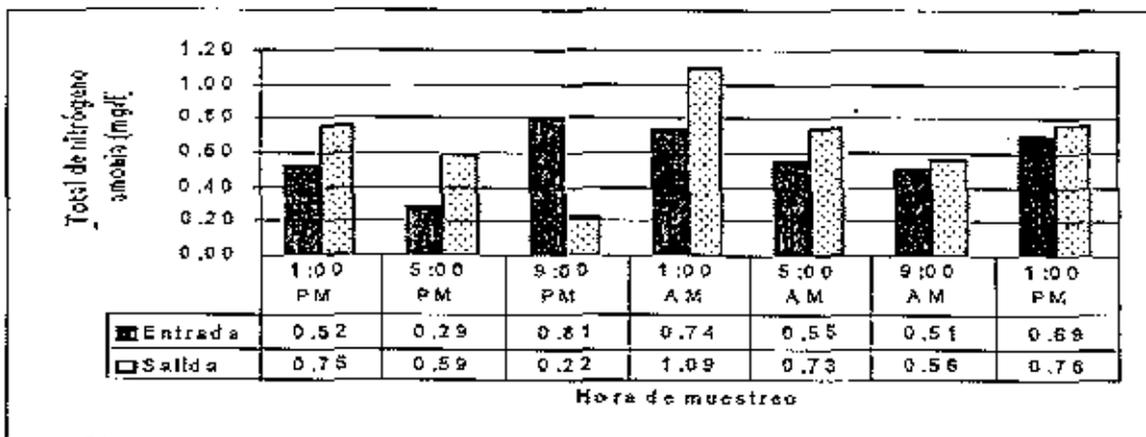
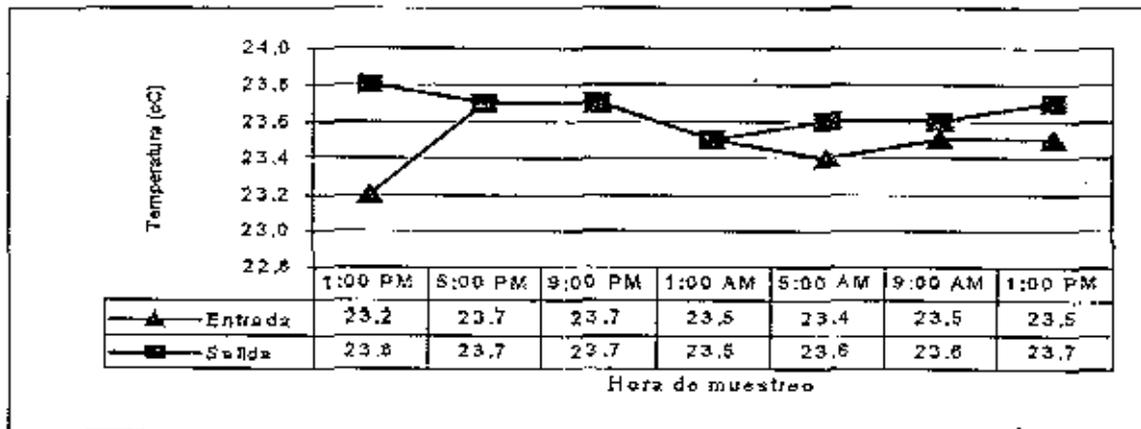
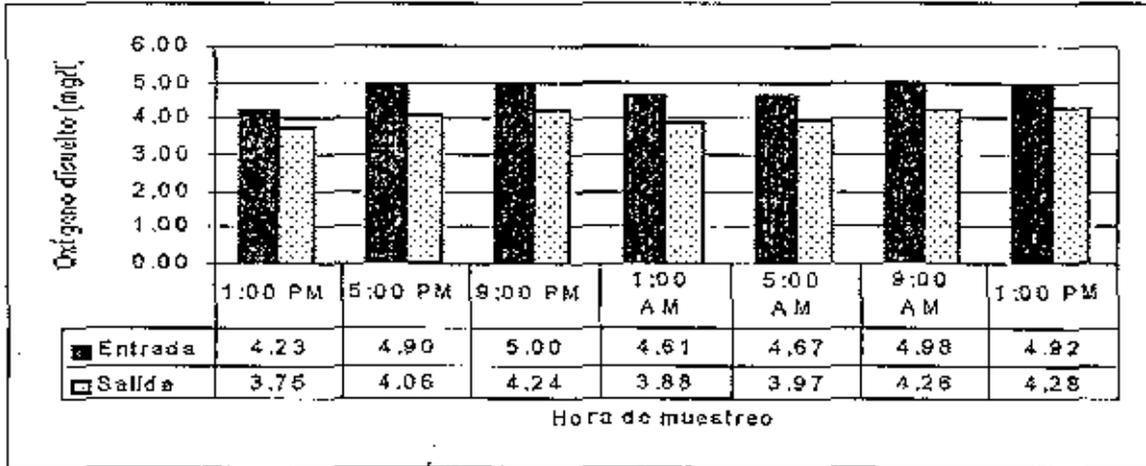


Resultados del monitoreo de O₂ disuelto, temperatura y total de nitrógeno amonía en el agua de el estanque con 55 kg/m³ durante 24 horas en Río Lindo, Cortés, Honduras, Enero-1999.

Anexo 3

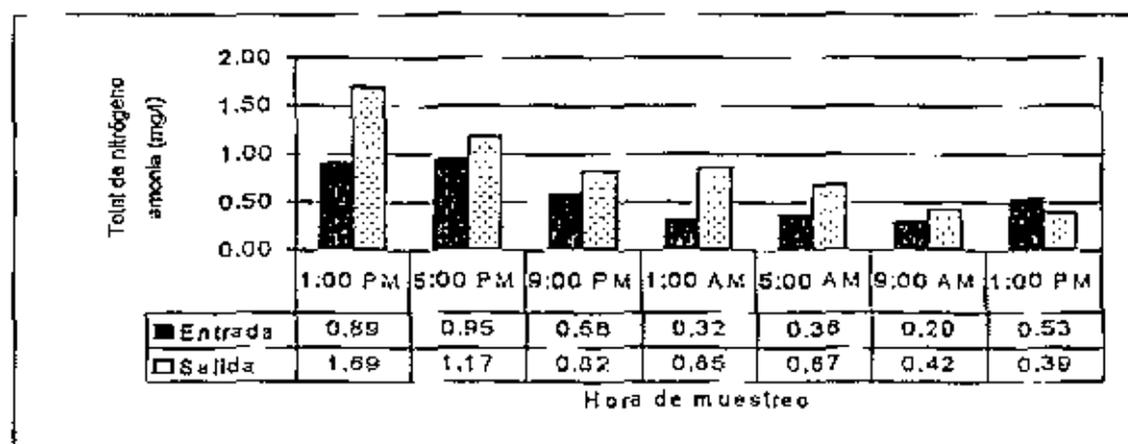
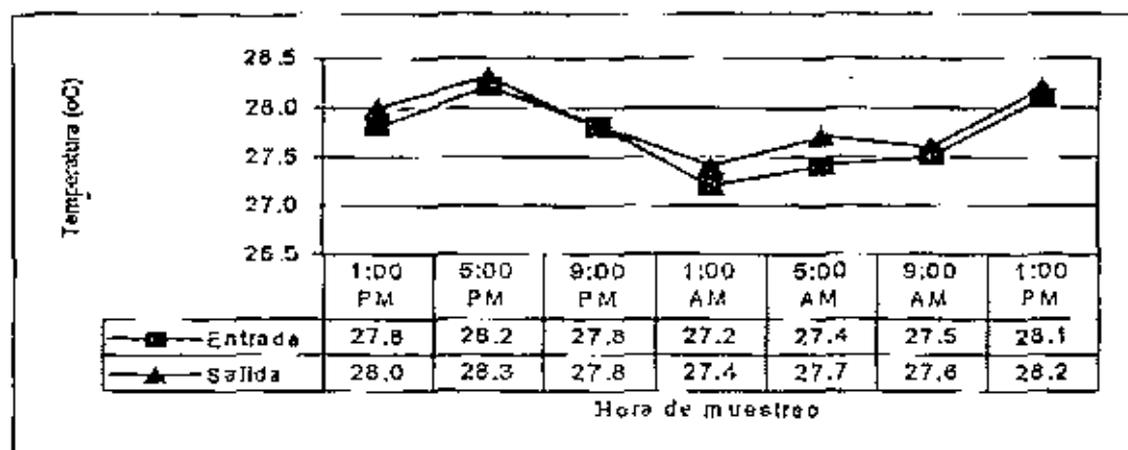
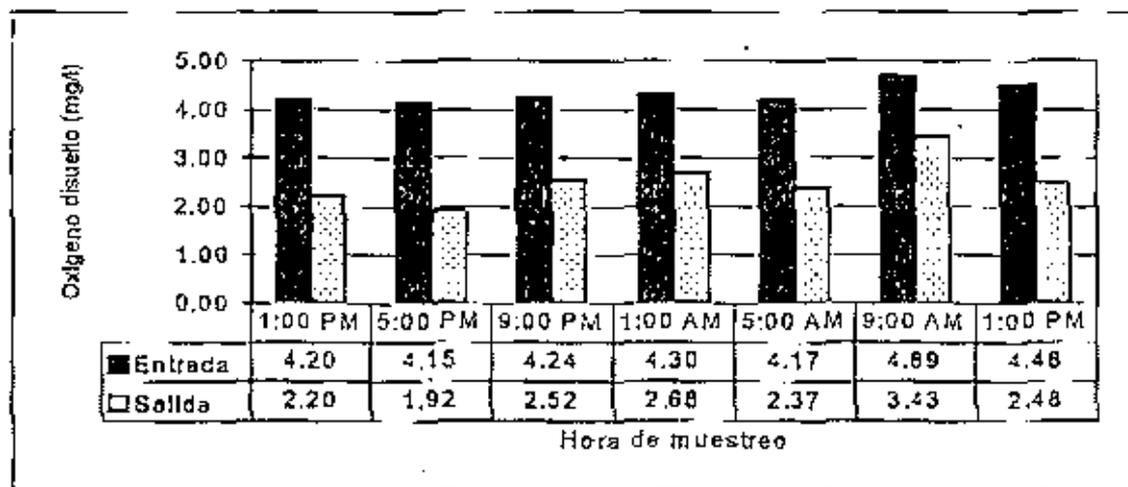


Resultados del monitoreo de O_2 disuelto, temperatura y total de nitrógeno amonía en el estanque con 39 kg/m^3 durante 24 horas en Río Lindo, Cortés, Honduras, Agosto-1998.

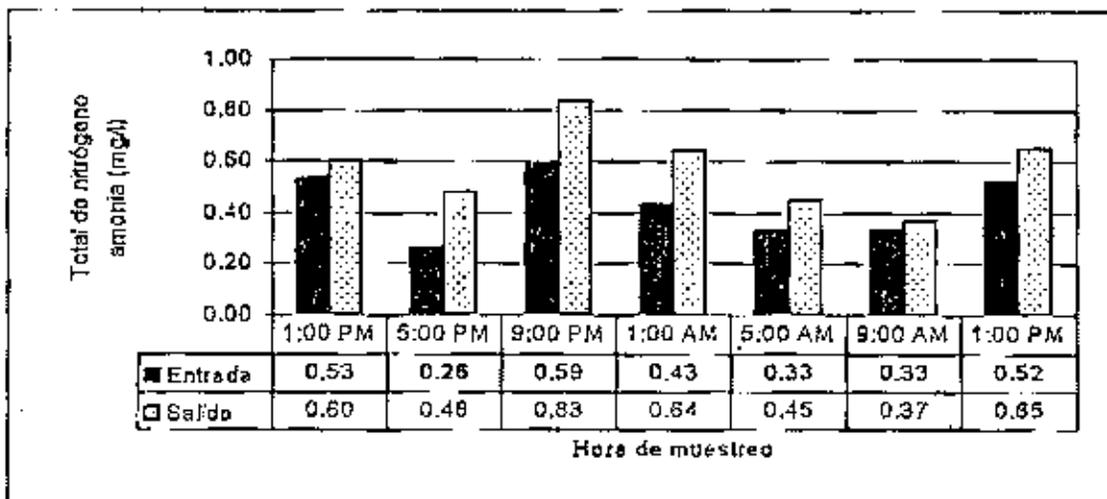
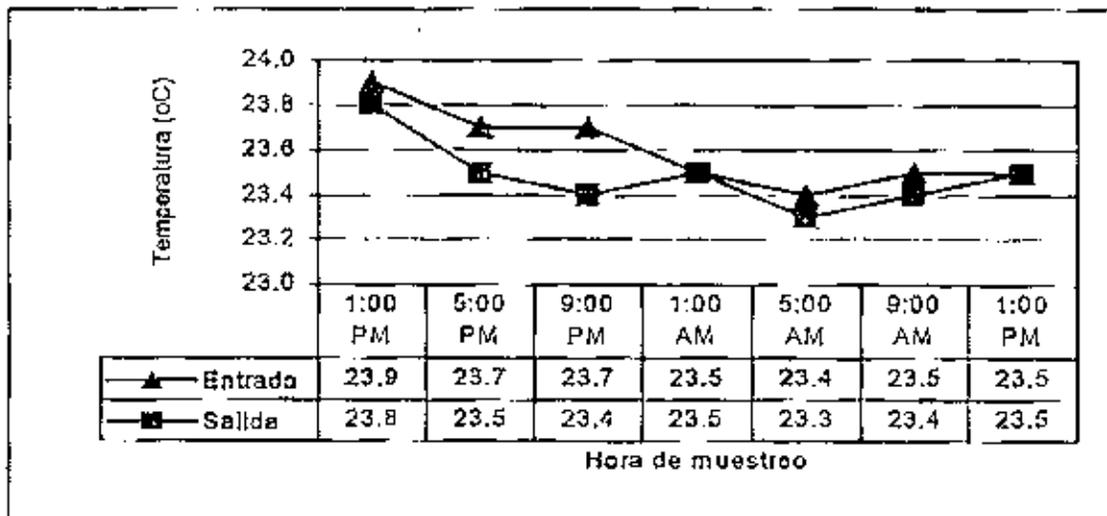
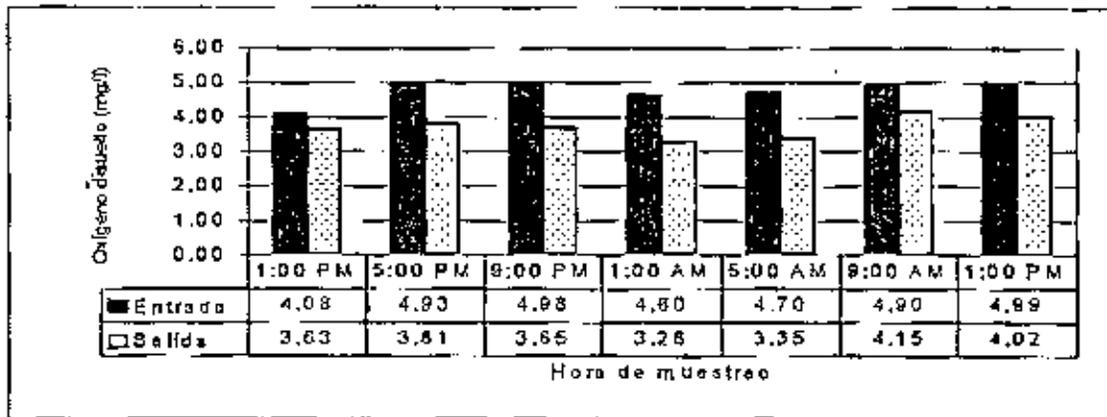


Resultados del monitoreo de O₂ disuelto, temperatura y total de nitrógeno amonía en el estanque con 30 kg/m³ durante 24 horas en Río Lindo, Cortés, Honduras, Enero-1999.

Anexo 5



Resultados del monitoreo de O₂ disuelto, temperatura y total de nitrógeno amonía en el estanque con 29 kg/m³ durante 24 horas en Río Lindo, Cortés, Honduras, Agosto-1998.



Resultados del monitoreo de O_2 disuelto, temperatura y total de nitrógeno amonía en el estanque con 14 kg/m^3 durante 24 horas en Río Lindo, Cortés, Honduras, Enero-1999.