

T
597.0929
V297c
1978
F. ce. yHH

092987
E.S.U.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

Cultivo de Sarotherodon aurea en planicie costera de El Salvador, con fertilizante organico e inorgánico



Trabajo de Graduación para optar al grado de Licenciado en Biología.

Presentado por:

María Vargas Ortiz



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE
LICENCIATURA EN BIOLOGIA

CULTIVO DE SAROTHERODON AUREA (STEINDACHNER) EN PLANICIE
COSTERA DE EL SALVADOR CON FERTILIZANTE ORGANICO E INORGANICO

MARIA VARGAS ORTIZ

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C. A.



ESTACION PISCICOLA EXPERIMENTAL SANTA CRUZ PORRILLO
Cortesía: Instituto Geográfico Nacional

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

LIC. JOSE SALVADOR FLORES

ASESORES: B. S. CESAR R. ABREGO

M. S. DAVID HUGHES

M. S. RICHARD LEDGERWOOD

JURADO: DR. JOSE EDUARDO CABRERO h. (Ph.D.)

B.S. CESAR R. ABREGO

LIC. MARTHA GLORIA CALDERON

AGRADECIMIENTOS

Se agradece especialmente al personal técnico y administrativo del Servicio de Recursos Pesqueros de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables, por la colaboración que en todo momento prestaron para el desarrollo del presente trabajo.

Al señor Carlos Sánchez, Jefe Técnico de la Estación Experimental de Piscicultura, Santa Cruz Porrillo, por las facilidades que prestó para la realización del experimento.

Al señor Richard Ledgerwood, Voluntario del Cuerpo de Paz, por su colaboración y orientación en la toma de muestras.

Reconocimientos al señor David Hughes, Asesor Técnico de AID, por su asistencia durante el desarrollo del trabajo.

Asímismo, a las personas que gustosamente aceptaron formar parte del jurado examinador, señores: Dr. José Eduardo Cabrero h., (Ph.D), B.S. César R. Abrego, y Lic. Martha Gloria Calderón.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Pág. #</u>
I - INTRODUCCION	1
II - REVISION DE LITERATURA	3
III - MATERIALES Y METODOS	6
Estanques Utilizados en el Experimento . .	6
Especie Utilizada	6
Proceso de Selección de Alevines	7
Siembra de los Alevines	7
Fertilización Química y Orgánica	8
Número de Réplicas y Código Utilizado . .	9
Análisis del Suelo	10
Análisis del Agua	10
Análisis de Gallinaza	12
IV - RESULTADOS	16
Condiciones Climatológicas	16
Efectos de la Fertilización Orgánica . . .	19
Análisis de Producción de los Diferentes Tratamientos	22
V - DISCUSION	36
VI - RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFIA	41

RESUMEN

El presente estudio fué verificado durante las fechas comprendidas del 19 de Febrero al 30 de Mayo de 1976, en la zona costera del país, a 30 mts. sobre el nivel del mar.

Este período es parte de la época seca y parte de la época de transición seca-lluviosa en El Salvador.

Tuvo como objetivos principales, determinar el tipo de fertilización que dá mayor producción, estimación de costo de producción debido al efecto del fertilizante aplicado y la influencia de algunos parámetros físico-químicos en el agri-cultivo de Sarotherodon aurea.

Se utilizaron dos tipos de fertilizante: orgánico e inorgánico. El orgánico fué la "gallinaza", estiércol de gallina con granza de arroz como base, aplicada diariamente a 1000 kg/ha/mes. El otro tipo de fertilizante fué el inorgánico 20-20-0 y 0-20-0 (N-P-K respectivamente), los cuales se aplicaron bajo una tasa de 100 kg/ha/mes.

La especie de pez utilizada fué la Sarotherodon aurea que posee hábitos alimenticios mayormente planctónicos.

La tasa de siembra empleada fué de 10.000 peces por hectárea.

Se usaron 14 estanques experimentales de arcilla, con áreas de 500 mts² abastecidos con agua de pozo.

Los resultados demostraron que la fertilización en forma combinada, fertilizante orgánico más inorgánico, da una mejor producción que la obtenida con fertilizante orgánico únicamente o inorgánico solo. Que las aplicaciones parciales favorecen el aprovechamiento de los nutrientes agregados por parte del estanque.

LISTA DE TABLAS

	<u>Pág. #</u>
1 - PESOS Y LONGITUDES PROMEDIOS DE LOS <u>ALE</u> VINES SEMBRADOS	13
2 - DISTRIBUCION DE LOS ESTANQUES UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO CON SU RESPECTIVO CODI GO, TRATAMIENTO Y NUMERO DE REPLICAS. . . .	14
3 - CONDICION CLIMATOLOGICA LOCAL DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO DEL MES DE FEBRERO - MES DE MAYO (1975)	27
4 - RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA GALLINAZA UTILIZADA EN EL PRESENTE <u>ES</u> TUDIO (FEB-MAYO/75)	28
5 - RESULTADOS DEL ANALISIS DE LA CAPA ARABLE DEL SUELO DE LA ESTACION EXPERIMENTAL DE PISCICULTURA DE SANTA CRUZ PORRILLO (1974)	29
6 - RESULTADOS CUANTITATIVOS DE LOS PARAME-- TROS FISICO-QUIMICOS DEL AGUA DE LOS ES- TANQUES UTILIZADOS EN EL ESTUDIO.	30
7 - RESULTADOS DE <u>S. AUREA</u> EN ESTANQUES DE ARCILLA FERTILIZADOS CON INORGANICO (0-20-0 Y 20-20-0) Y EL ORGANICO (GALLINAZA) DURAN TE 98 DIAS DE LA EPOCA TRANSICION SECA-LLU-	

	VIOSA CON TASA DE SIEMBRA DE 10.000 PECES/ HA. RESULTADOS POR TRATAMIENTOS (3 ESTAN- QUES POR TRATAMIENTO DE 500 MTS ² C/U) . . .	31
8 -	PRODUCCION NETA INDIVIDUAL POR ESTANQUE (KG/HA/AÑO) Y CANTIDADES DE FERTILIZANTE ORGANICO E INORGANICO APLICADO (COMO KG P) .	32
9 ..	MEDIA ARITMETICA DE LOS RESULTADOS DE - LOS 5 TRATAMIENTOS DEL ENSAYO RELACIONA DOS CON COSTOS DEL FERTILIZANTE USADO . . .	33

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág. #</u>
1 - DISTRIBUCION DE REPLICAS EN LOS ESTANQUES UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO	15
2 - CONCENTRACIONES DE ORTO-FOSFATO ($O-PO_4$) EN MG/L EN EL AGUA, USANDO DIFERENTES FERTILIZANTES	34
3 - CONCENTRACION DE NITRATO (NO_3) EN MG/L EN EL AGUA, USANDO DIFERENTES FERTILIZANTES	35

I - INTRODUCCION

La escasez de alimentos y el incremento acelerado de la población humana en el mundo, han despertado especial interés en la planificación de los estudios encaminados a desarrollar mejores técnicas para aumentar las fuentes de alimentos ricos en proteína de origen animal.

La Piscicultura es una de las mejores técnicas para alcanzar tales objetivos, principalmente cuando se trata con un pez que se nutre de organismos acuáticos menores y aprovecha los elementos esenciales que no son utilizados directamente por el hombre, convirtiéndolos en tejidos propios o carne, en una forma más eficiente que la mayoría de los animales domésticos.

La crianza de peces en estanques, al igual que otros cultivos, necesita de la aplicación de elementos o nutrientes en el medio acuático para aumentar su productividad primaria natural y, por consiguiente, la producción animal, así como métodos técnicos y científicos que mejoren esta producción, por lo que es necesario conocer el tipo, la tasa y el método más conveniente de aplicación de estos elementos o fertilizantes que deben ser utilizados en un determinado lugar, ya que no se puede estandarizar debido a que cada área tiene características ambientales que lo identifican. Entre los factores más importantes que deben tomarse

en cuenta en la crianza de peces están: La composición químico-biológica del agua y del suelo, los cuáles sirven de parámetros para seleccionar las especies de peces a cultivar y el fertilizante que se debe aplicar.

El presente estudio se ha realizado persiguiendo 3 objetivos fundamentales:

- 1) Conocer qué tipo de fertilización proporciona una mayor producción Sarotherodon aurea, comparando dichas producciones con las obtenidas en estanques -- controles sin fertilización.
- 2) Estimar el costo de producción de Sarotherodon aurea mediante la aplicación de diferentes tipos de fertilizantes.
- 3) Conocer las influencias de algunos parámetros físico-químicos en el cultivo de Sarotherodon aurea.

II - REVISION DE LITERATURA

Los fertilizantes utilizados en Piscicultura pueden -- ser: Orgánicos e Inorgánicos, teniendo cada uno de ellos - una acción diferente en el estanque. Los fertilizantes -- orgánicos pueden ser de varias clases: Estiércol de ganado, de cerdo, de pollo, de pato; desperdicios de mataderos; subproductos agrícolas o aguas de alcantarillas de las ciudades. Estos, por medio de la descomposición y mineraliza-- ción, proporcionan elementos nutritivos que son fácilmente asimilados por la fauna acuática y favorecen la producción de elementos esenciales imprescindibles para el desarrollo de las algas. Los fertilizantes inorgánicos tienen la ventaja de evitar la fermentación en el estanque y son de fá-cil aplicación. Estos también son conocidos comercialmen-te como abonos agrícolas y la experiencia ha demostrado que de ellos el fosfatado es el más importante; el potasio se - considera de poco interés y los nitrogenados vienen a com-plementar los fosfatados (Bard, J. et al, 1975).

Hepher, B. (1958) y Bard J. et al (1975), han demostrado que la concentración de fósforo aplicado al estanque de crece y que para obtener una buena producción de peces de-be mantenerse la fertilización con frecuentes aplicaciones de fósforo durante el cultivo, el cuál precipita en compuestos insolubles de fosfato de calcio en el fondo del estanque.

Hepher, B. (1958), en estudios hechos en Israel encaminados a conocer la dinámica del fósforo, comprobó que aplicándolo parcialmente en el estanque, se mantuvo en un nivel deseado para el cultivo, mientras que en los tratamientos en donde la dosis se adicionó en forma completa o de una vez, el nivel de fósforo disminuía considerablemente.

Bard, J. et al. (1975), demostró que después de 8 días de adicionar el fósforo al estanque, éste se encuentra en una concentración equivalente a los 2/10 de la concentración, por lo que se considera razonable hacer las aplicaciones cada 15 días.

Hepher, B. (1962), demostró que el super-fosfato beneficia el procedimiento de fijación del nitrógeno molecular en forma de compuestos solubles que realizan las algas azul-verde.

Bard, J. et al. (1975), dice que aplicando la misma dosis de nitrógeno y fósforo, la concentración del primero es de 6 a 10 veces más alta que la del fósforo.

Lin (1968), Bard, J. et al. (1975), han definido criterios técnicos bajo los cuales la fertilización del agua en estanques resulta eficiente, estos criterios son: La temperatura y la calidad química del agua, la calidad química del suelo y el fósforo soluble.

Potorog (1965), Sumadwijaja (1960), afirman que los costos de producción de tilapia bajan en los estanques previamente fertilizados y donde además, el agua tiene sufi-

ciente nitrógeno natural, característica que permite no --
usar o prescindir de los fertilizantes inorgánicos nitroge-
nados.

Bowman, D. (1972), trabajó en la Estación Experimental de Piscicultura de Santa Cruz Porrillo con cultivos de Tilapia aurea, utilizando gallinaza como fertilizante a una tasa de 9.35 kg/ha/día durante los primeros 90 días y 187 kg/ha/día para el resto del experimento; obtuvo una producción de 2.949 kg/ha/año en un período de 180 días.

García, R.C. (1973), en la Estación Experimental de Piscicultura en Santa Cruz Porrillo, experimentó con Tilapia aurea con tres diferentes densidades de siembra (5.000; -- 10.000 y 15.000 peces/ha), usando una tasa de fertilización orgánica (gallinaza) de 9.35 kg/ha/día y haciendo las aplicaciones diariamente; obtuvo una producción de 1.933.7 kg/ha/año con la densidad de siembra de 5.000 peces/ha.

El Manual de Piscicultura del Servicio Piscícola (1973), recomienda tasas de fertilización de 80 kg/ha/mes para el fertilizante inorgánico fórmula 20-20-0, y 340 kg/ha/mes - para el fertilizante orgánico (gallinaza) para obtener una producción de pescado bajo cultivo en estanques que oscilan entre los 2.000 kg/ha/año a los 3.500 kg/ha/año.

III - MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se verificó durante el período comprendido entre las fechas del 19 de febrero al 30 de mayo de 1976, en la Estación Experimental de Piscicultura de Santa Cruz Porrillo, ubicada en el Departamento de San Vicente, Km.66 de la Carretera Litoral y a una altura de 30 mts. sobre el nivel del mar.

Estanques Utilizados en el Experimento

En este trabajo experimental, se utilizaron 14 estanques nuevos de arcilla de 500 mts² cada uno, los cuales se mantuvieron con el nivel deseado de agua procedente de un pozo. Esta medida preventiva fué tomada para evitar los efectos externos de fertilizantes, contaminantes y cualquier otro microorganismo no producido durante el período experimental. Previo al montaje del experimento, se hizo el análisis respectivo para determinar la calidad del agua y suelo de los estanques (Ver Tablas 5 y 6), el análisis bromatológico de una muestra de la gallinaza que se aplicó a los estanques (Ver Tabla 4).

Especie Utilizada

El pez utilizado fué la "tilapia blanca" (Sarotherodon aurea), originaria del Africa Central y de habitat tropical. Su alimentación es de tipo planctónico, a través de un pro-

ceso de filtración. Esta especie inicia su reproducción - entre los 2 y 3 meses de edad, con una frecuencia de 6 a - 12 veces por año, con intervalos de 17 a 40 días entre cada postura. El número de óvulos que ovoposita la hembra, varía según la edad y longitud alcanzada: de 8 a 9 cms., 80 huevos; hasta 15 cms., 800 huevos; y más de 15 cms., -- 1.200 huevos.

Proceso de Selección de Alevines

Los alevines utilizados en el experimento fueron recolectados de los estanques de alevinaje y colocados en una mesa clasificadora de tamaños, de donde se tomaron los que presentaban una longitud que osciló en el rango de 6.0 a - 10.0 cms.; este rango utilizado se eligió después de efectuar una revisión total en la población de peces existentes en los estanques de alevinaje de la Estación Experimental. Otro criterio utilizado durante el proceso de selección, fué el de elegir los alevines con mejores características fenotípicas de la especie.

Siembra de los Alevines

Los alevines fueron sembrados una semana después de haber sido llenados y fertilizados los estanques, usando una tasa de siembra de 10.000 peces/ha. Con el objeto de corroborar el tamaño de siembra deseado, se formaron grupos de 200 peces y de éstos se tomó una muestra equivalente al 10% (20 peces), los cuales fueron medidos y pesados para deter-

minar el tamaño y peso promedio de los grupos, (Ver Tabla 1).

Fertilización Química y Orgánica

La fertilización se hizo inmediatamente después de llenados los estanques, durante una semana, con el objeto de que el fertilizante actuara y favoreciera el florecimiento de plancton, alimento principal de la "tilapia". Después de la semana de fertilización de cada estanque, los alevines fueron sembrados siguiendo la misma secuencia de aplicación de fertilizante.

Los fertilizantes utilizados durante todo el proceso experimental, fueron los inorgánicos 0-20-0 y 20-20-0 (N-P-K, respectivamente) y como orgánicos la gallinaza (estiércol de gallina con granza de arroz como base o relleno).

El fertilizante inorgánico fué colocado en un bolsa hecha de tela nylon de 1/8", de malla y amarrada a una estaca de madera, la cual fué incrustada en el fondo y al centro de cada estanque, de manera tal que la bolsa conteniendo el fertilizante quedara en el extremo superior de la estaca y a 20 cms. bajo la superficie del agua. Esto se hizo para que la dilución del fertilizante sucediera en toda la columna de agua y evitar así la precipitación al fondo del estanque. La gallinaza se aplicó en las orillas del estanque en forma manual o al voleo.

Las tasas de fertilización utilizadas fueron de 100 kg/ha/ mes para el fertilizante inorgánico y 1.000 kg/ha/mes

para el fertilizante orgánico, gallinaza. La dosis mensual de cada uno de los fertilizantes se adicionó como se detalla a continuación: Las fórmulas 0-20-0 y 20-20-0 se aplicaron cada 15 días por estanque, se pesó la cantidad mensual y se dividió en dos partes iguales, colocándose una parte el 1o. del mes correspondiente y la segunda parte el 15o. día del mes. La bolsa conteniendo el residuo fué lavada en el agua del estanque respectivo, antes de ser colocada la segunda parte del fertilizante.

La gallinaza se aplicó diariamente durante 6 días de cada semana, la cantidad mensual se pesó y se dividió en 24 porciones iguales, aplicándose cada porción por las mañanas para un mejor aprovechamiento del período de luz solar diario que acelera el proceso bioquímico del fertilizante orgánico.

Número de Réplicas y Código Utilizado

El diseño del experimento se proyectó de manera que éste nos diera datos comparativos a través de la replicación de tratamientos, obteniéndose datos más confiables. También influyó el número de estanques con las mismas características (nuevos) disponibles para este tipo de experimentación.

La selección de los estanques para los diferentes tratamientos se efectuó, no al azar, sino bajo un código alfabético (de A a E), tratando de que una réplica de cada tratamiento estuviera representado en dicho código (Tabla 2).

Cada uno de los tratamientos tuvo 3 réplicas y 2 réplicas el tratamiento con gallinza.

Análisis del Suelo

Los análisis de suelo fueron realizados en laboratorios del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA-MAG), tomándose las muestras de la capa arable del suelo. Estos análisis sirvieron como una base más en la selección del tipo de fertilizante en aplicar a los diferentes tratamientos.

Análisis del Agua

Se realizó un análisis químico del agua antes de iniciar el experimento, sirviéndonos los resultados de dicho análisis para hacer una comparación con los obtenidos del análisis hecho a las aguas después de ser tratadas y fertilizadas, conociendo en esta forma la diferencia de la calidad del agua entrando al estanque y la del agua que ha recibido los efectos de los diferentes fertilizantes aplicados.

Posteriormente, se procedió a analizar el agua de los estanques en estudio, se tomó una muestra cada 2 semanas - en una de las réplicas de los tratamientos. La muestra fué colectada en frascos de polietileno oscuro (capacidad para un litro de muestra). Todas estas muestras analizadas durante el experimento, fueron colectadas aproximadamente a las 14:00 p.m., haciéndose inmediatamente después los diferentes análisis en el laboratorio químico-biológico de la Estación Experimental.

Para medir el pH, se usó un aparato Photovolt Corp, modelo 1264.

Las determinaciones de Cl, Si, SO_4 , Ca, Mg y color real, se hicieron cada dos semanas en el laboratorio portátil Hach Dr-E1. En la medición de oxígeno disuelto, se usó Yellow Springs Instrument Co., modelo YSI 514. El electrodo de este aparato fué sumergido a 20 y 90 cms. de profundidad, de donde el promedio nos dió el dato de contenido de O_2 disuelto.

Las muestras para contenido de nitrógeno y fósforo fueron colectadas cada 10., 30. y 70. día después de la aplicación del fertilizante inorgánico, con el objeto de conocer concentración y velocidad de desaparecimiento de estos elementos.

Las muestras de agua se consiguieron sumergiendo el frasco manualmente y evitando la incorporación de O_2 atmosférico a la muestra al no permitir la formación de burbujas.

Las muestras de suelo fueron colectadas de la capa arable durante la construcción de los estanques y empacadas en bolsas de polietileno conteniendo una libra de suelo aproximadamente. Esta muestra fué enviada al laboratorio del Centro Experimental de Tecnología Agropecuaria (CENTA-MAG) en donde se determinó el contenido de los nutrientes más importantes para este tipo de cultivo (Tabla 6).

Análisis de Gallinaza

Se tomaron pequeñas muestras de la gallinaza que se aplicó a los estanques, con el objeto de hacerle un análisis bromatológico; esta muestra fué enviada en bolsas de polietileno conteniendo 1/2 libra de gallinaza seca y pulverizada, al Laboratorio de Nutrición de Peces del Departamento de Pesquerías de la Universidad de Auburn, Alabama, (Tabla 4).

TABLA 1
 PESOS Y LONGITUDES PROMEDIOS DE LOS ALEVINES SEMBRADOS

CODIGO	TRATAMIENTO	# ESTANQUE	ALEVINOS	
			\bar{X} g	\bar{X} cm
A	20-20-0	19, 24, 29	4.0	6.3
B	0-20-0	20, 25, 30	4.1	6.4
C	Central	21, 26, 31	4.6	6.2
D	0-20-0 más Gallinaza	22, 27, 32	4.0	6.1
E	Gallinaza	23, 28	14.6	9.5

TABLA 2

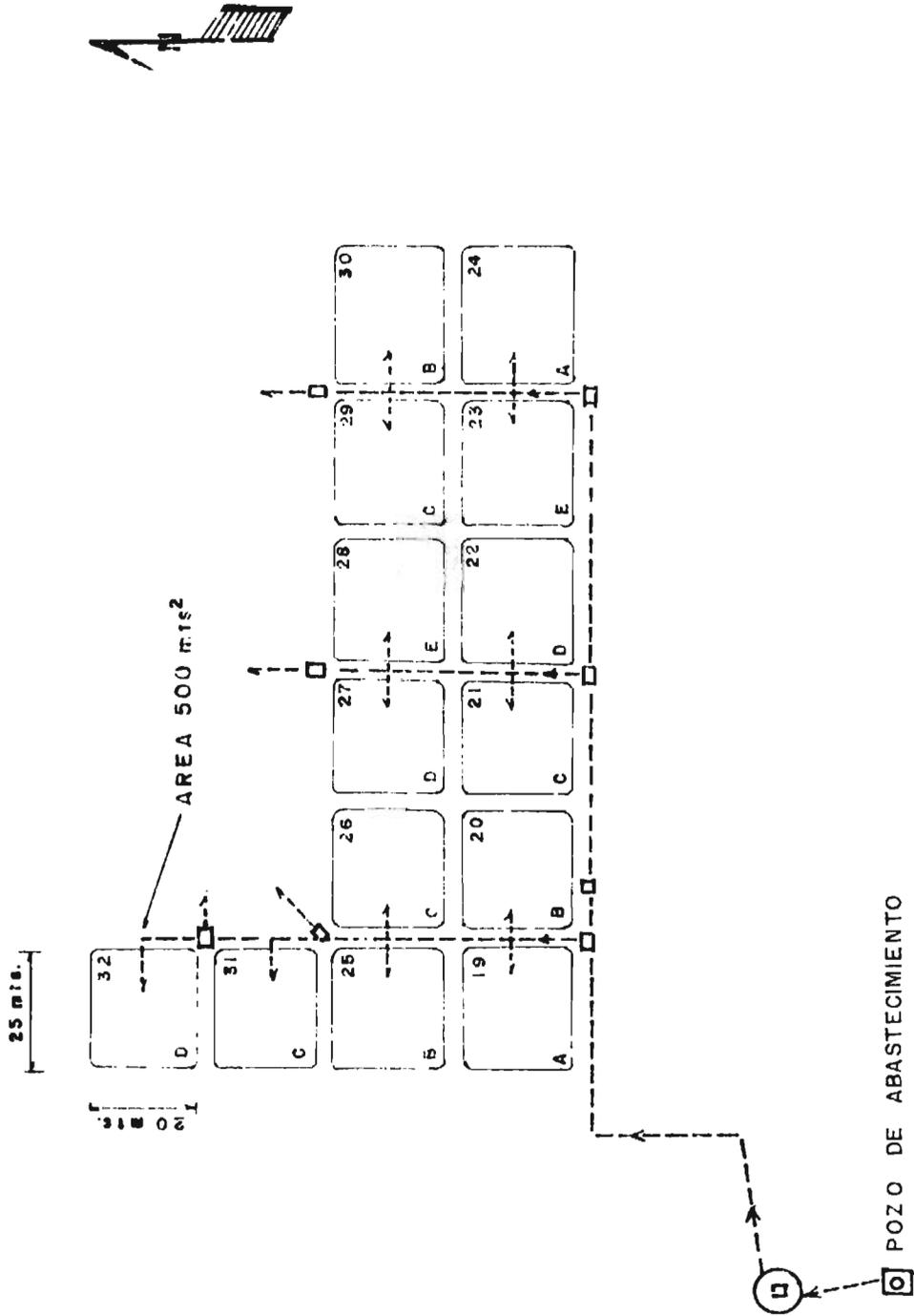
DISTRIBUCION DE LOS ESTANQUES UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO
 CON SU RESPECTIVO CODIGO, TRATAMIENTO Y NUMERO DE REPLICAS

CODIGO	TRATAMIENTO	# ESTANQUES ⁺	TOTAL REPLICAS
A	20-20-0	19, 24, 29	3
B	0-20-0	20, 25, 30	3
C	Control	21, 26, 31	3
D	0-20-0 más Gallinaza	22, 27, 32	3
E	Gallinaza	23, 28	2

+ Número con que se identifica cada uno de los estanques en la Estación Experimental de Piscicultura de Santa Cruz Porriño.

DISTRIBUCION DE REPLICAS EN LOS ESTANQUES UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO

NOTA.
TODOS TIENEN IGUALES DIMENSIONES



IV - RESULTADOS

Condiciones Climatológicas

El período en que se realizó este experimento, como se dijo anteriormente, es parte de la época seca y parte de la época de transición seca-lluviosa, que es cuando en nuestro país se observan las mejores condiciones climatológicas que favorecen la productividad del suelo y del agua, la fotosíntesis y, en general, la actividad metabólica del estanque; por lo que se consideró de suma importancia el conocimiento de las características climatológicas y de mayor influencia en este tipo de cultivo durante el período de duración del presente trabajo: La lluvia tiene efectos que en algún momento son positivos o negativos a la productividad biológica de un estanque. Los efectos negativos durante la época lluviosa son: a) A causa de una precipitación pluvial prolongada, el nivel máximo del agua del estanque es rebasado causando un rebalse de gran magnitud por el sistema de drenaje, arrastrando en esta forma los nutrientes y componentes químicos primarios que son aprovechados por el pez bajo cultivo. Dichos nutrientes y componente químicos son agregados al estanque en forma artificial a través de la fertilización para elevar la cantidad fijada en forma natural en el agua e incrementar en esta forma su productividad. Esta pérdida de nutrientes es considerada como pérdida eco-

nómica en esa práctica agropecuaria. b) La lluvia causa - trastornos en la distribución constante del oxígeno de la columna de agua trayendo como consecuencia una disminución de la concentración total del oxígeno que es distribuido - en forma instantánea en toda la columna de agua. Este fenómeno causa trastornos en el proceso respiratorio del pez y es capaz de ocasionar la muerte de una gran población, - lo que resulta como una pérdida económica, (Hickling, 1968). Esta es mayor especialmente en los días opacos y en horas nocturnas, que es cuando el aprovechamiento del oxígeno es mayor que su producción.

La luz solar es un estímulo directo para la realiza-- ción del proceso fotosintético y es responsable a su vez, del aporte de oxígeno. La naturaleza del medio y la transferencia de energía, son directamente dependientes de la radiación solar en el ecosistema.

El presente estudio fué realizado durante la época de transición seca-lluviosa del año, cuya característica es - poseer una iluminación solar más o menos constante de acuerdo a la región de los trópicos, (Russel, 1973), obteniéndose resultados que pueden variar considerablemente si este mismo estudio se realizara durante la época del año en que se observan variaciones marcadas en el período de iluminación solar a consecuencia de períodos largos de precipitación atmosférica y días nublados.

Otro de los factores tomados muy en cuenta es la temper

ratura del aire en el lugar, que influye directamente sobre la temperatura propia del agua del estanque y ésta a su vez, es un factor limitante en los procesos biológicos de reproducción, alimentación y desarrollo en general de la especie de pez bajo cultivo. Durante la época en que se llevó a cabo el estudio en la región costera de Santa Cruz Porrillo, se registraron temperaturas de 26.8 a 35.8°C (Estación Meteorológica de Santa Cruz Porrillo).

La temperatura del agua de los estanques osciló entre los 28°C (de 4:00 a.m. a 7:00 a.m.) y 33°C (de 10:00 a.m. hasta primeras horas del nuevo día). S. aurea posee el siguiente rango de temperatura: 15°C como mínima; 28°C como óptima; y 32°C como máximo. Con relación a esta constante física-biológica, la cual influye en el comportamiento de esta especie, se observa que la temperatura del agua en esa región de la planicie costera salvadoreña, se mantuvo durante el mayor tiempo en un nivel de temperatura (33°C) diferente al nivel óptimo (28°C).

Este fenómeno natural se suma a los efectos negativos para el desarrollo de la S. aurea, lo cual se detecta al observar un AT menor a 60% en los diferentes tratamientos del estudio, los cuales son 37% (20-20-0), 39% (0-20-0), 34% (0-20-0 más gallinaza), 7% (Gallinaza), y 0% (Control). (Tabla 7).

Efectos de la Fertilización Orgánica

Aún cuando el presente estudio no incluya en sus objetivos conocer la alimentación directa de la "tilapia", se incluye una tabla con los porcentajes de los componentes de la gallinaza debido a que parte de ésta, aplicada como fertilizante orgánico, es ingerida directamente por el pez.

En la Tabla 4 se detallan los resultados del análisis bromatológico de la gallinaza utilizada para fertilizar los tratamientos correspondientes.

Los resultados del análisis cuantitativo de los parámetros más importantes del agua utilizada en los tratamientos 0-20-0 más gallinaza, control, agua de pozo y niveles deseados para la Piscicultura, se encuentran registrados en la Tabla 5.

Los factores o parámetros detallados, en su acción conjunta afectan invariablemente el status general del estanque.

La turbidez durante el experimento se mantuvo en una coloración adecuada debido a la presencia del plancton y en mínimo grado a partículas coloidales suspendidas. Inicialmente la coloración fué verde claro, el cual se fué intensificando a medida que aumentaba el efecto del fertilizante aplicado.

La conductividad que nos dá el contenido de sales disueltas en el agua, se mantuvo en un valor medio con respecto al nivel óptimo.

El nitrógeno presente en forma de NO_3 , fué mayor en el -

tratamiento con 0-20-0 más gallinaza. El agua de pozo registró un contenido inferior a este mismo tratamiento, lo que nos demuestra la incorporación de nitrógeno proveniente principalmente de la fertilización y en términos secundarios del suelo, atmósfera y precipitación pluvial.

El oxígeno disuelto en el agua es aportado en su mayor parte por medio del proceso fotosintético y otra pequeña parte por la atmósfera. La disponibilidad en las horas ausentes de luz, baja debido a que el proceso fotosintético se detiene; mientras que el oxígeno continúa siendo utilizado en el proceso de respiración de organismos acuáticos (plantas, animales) y en el de oxidación de la materia orgánica. La concentración del oxígeno en el agua es muy importante debido a que no solamente influye en la mortandad de peces por sofocación, sino porque al bajar los niveles óptimos de concentración disminuye la movilidad del pez en el agua, su hábito alimenticio, su ganancia diaria en peso y tamaño; obteniendo en esta forma, producciones bajas de pescado de un estanque.

Los análisis demuestran que durante el proceso experimental, la concentración de oxígeno disuelto estuvo dependiendo de las horas luz; registrándose mayor concentración en las horas en que la iluminación solar fué normal, bajando la concentración en mg/litro durante las horas sin luz en donde únicamente hubo aprovechamiento y no producción. El descenso de la concentración del oxígeno, en ningún mo-

mento estuvo en valores que afectarían la producción (Ver - Tabla 6), no así la temperatura y el pH. Con relación al PO_4 , se observa una concentración de 0.22 mg/l presente en el agua de pozo, la cual sufre un incremento considerable alcanzando un valor de 1.54 mg/l en el tratamiento 0-20-0 más gallinaza. Esto sucede después de haber sido aplicada la fertilización respectiva al agua, sobrepasando el nivel mínimo de fosfatos deseados para el cultivo de peces de -- agua dulce en el país que es de 0.5 mg/l.

Los resultados del análisis del suelo (Tabla 5), fueron tomados como base para el montaje del presente estudio, ya que a través de esta información se determina su composición y el contenido de los elementos. Estos dan la pauta para saber qué tipo de fertilizante debía ser aplicado al agua, con el objeto de corregir algunas deficiencias de los elementos básicos: nitrógeno, fósforo, potasio.

Los resultados obtenidos del análisis de la capa arable del suelo del lugar donde se realizó el estudio (Tabla 5), nos muestran niveles bajos de nitrógeno y fósforo, mientras que los niveles de potasio se encuentran altos en el suelo. Esta información fué la base para determinar el -- uso de los fertilizantes aplicados al agua (20-20-0, 0-20-0 y Gallinaza).

La textura del suelo se tomó como otro factor importante en el presente estudio de cultivo, ya que por ello se deduce su grado de compactación, permeabilidad y favorecer por

medio de sus partículas coloidales el aprovechamiento de los nutrientes esenciales para el desarrollo del plancton, el cual es el principal alimento de Sarotherodon aurea.

En la Tabla 5 se observa que el lugar donde se desarrolló el presente estudio es clasificado como suelo arcilloso, favorable al cultivo de peces en estanques.

El pH del suelo, aún cuando no influye directamente en el desarrollo del pez, influye en el desarrollo de organismos acuáticos. En el caso presente se observa un suelo -- con un pH aceptable para el cultivo de Sarotherodon aurea, partiendo de la base de que para un pH menor de 4.4 el desarrollo de dichos organismos es entorpecido.

Análisis de Producción de los Diferentes Tratamientos

Los resultados por tratamiento donde se muestran los datos correspondientes a la producción y sus costos, la cantidad y el tipo de fertilizante aplicado, se encuentran registrados en las Tablas 6 y 9.

La producción se consideró conveniente estimarla en Kg/ha/años para cada uno de los tratamientos. La producción correspondiente al tratamiento 0-20-0 más gallinaza, tuvo mejor producción neta promedio (5823.59 kg/ha/año) -- aunque la diferencia no fué significativa con los tratamientos 0-20-0 y 20-20-0. Por otro lado, la menor producción neta obtenida fué la del control (1240 kg/ha/año), la cual es aún inferior a la producción neta del tratamiento

con gallinaza (2486 kg/ha/año).

En cuanto al crecimiento diario en gramos por pez (ganancia diaria), encontramos que los datos pueden ser comparados con los resultados de las producciones netas analizadas anteriormente, las mayores ganancias corresponden a los tratamientos con fertilizantes químicos.

El tratamiento con 0-20-0 tuvo una ganancia de 0.89 g/día y en el tratamiento 0-20-0 más gallinaza fué de 0.82 g/día, correspondiendo la menor ganancia diaria al control que fué de 0.16 g/día. Sin embargo, estos datos de ganancia diaria se encuentran bastante por debajo de la ganancia diaria necesaria para obtener una buena rentabilidad en el cultivo de la "tilapia" que se estima debe ser de 1.0 a 2.0 g/día. ^{1/}

Según normas generales de un cultivo eficiente en el que el AT no debe bajar de un 60% de la población cosechada, éste resultó considerablemente bajo en todos los tratamientos del presente estudio debido en parte a la libre reproducción de la "tilapia" o a la falta de algún tipo de control de la población, problema muy generalizado en el cultivo de esta especie.

En cuanto a los costos de la producción neta debido al fertilizante aplicado, los valores o costos menores corresponden a los tratamientos 0-20-0 y 0-20-0 más gallinaza y

^{1/} Comunicación personal Hughes, D., AID.

Los mayores corresponden a los tratamientos con aplicaciones de gallinaza y 20-20-0, justificando en esta forma la eficiencia económica de la aplicación combinada del fertilizante inorgánico y orgánico.

La ganancia neta en efectivo por hectárea por año, con relación al fertilizante aplicado, confirma lo expresado en el párrafo anterior teniendo un valor máximo de $\text{Q}3.212.2$ para el tratamiento 0-20-0 más gallinaza.

El análisis de la producción neta individual por estanque, en relación con las cantidades de fósforo aplicado y su fuente de origen, materia orgánica o materia inorgánica, se encuentra registrado en la Tabla 8. Observándose que las cantidades de fósforo aplicado para cada tipo de fertilizante fueron constantes.

La columna de fósforo total representa la suma de los dos primeros y demuestra además la relación sencilla que existe entre las cantidades de fósforo y la producción neta. La mayor producción neta promedio corresponde a la aplicación de fósforo proveniente de las fuentes química más la orgánica y es allí donde se encuentran las mayores producciones individuales, siguiéndole en orden descendente las producciones correspondientes al fósforo proveniente de la fuente inorgánica, en tercer lugar, el fósforo proveniente del orgánico y por último, el control.

En rasgos generales, los resultados en la Fig.2 pueden compararse con la escala de valores establecidos en el an

lisis de la Tabla 8. Los valores mayores de PO_4 corresponden al tratamiento 0-20-0 más gallinaza, siguiéndole en su orden 0-20-0, 20-20-0, gallinaza y control. No existe una diferencia notable de valores de PO_4 entre los tratamientos de gallinaza y el control, los cuales no presentan valores mayores que 1/2 Mg. por litro.

En los gráficos correspondientes a los tratamientos 0-20-0 más gallinaza, 20-20-0 y 0-20-0, se observan valores mayores de 4 Mg. por litro.

Por otro lado, es notable el efecto acumulativo del fósforo en estos mismos tratamientos y se evidencia a través de valores relativamente pequeños al principio del trabajo y que van en aumento a medida que el tiempo transcurre, sobre todo en los tratamientos en donde el fósforo procede de una fórmula química aplicada.

Otro punto importante que nos demuestran las curvas, es que los valores más altos del fósforo corresponden con las fechas de aplicación del fertilizante, declinando estos valores en el lapso correspondiente a un período de aplicación del fertilizante, demostrándose la conveniencia de hacer aplicaciones parciales de la dosis mensual y no en forma total.

El análisis correspondiente a los gráficos de mg/l de NO_3 contra tiempo de los diferentes tratamientos, nos ofrece una serie de datos comparativos.

Demuestra con claridad que los valores de NO_3 en los -

estanques control son más elevados que los similares de fosfatos, no sobrepasando en ningún momento los 3 mg/l (Figs. 2 y 3).

Los niveles de NO_3 en el tratamiento con gallinaza son semejantes a los estanques control, (Fig. 3).

Los valores de NO_3 para el tratamiento con 0-20-0 sobrepasan los 4 mg/litro, el análisis de este tratamiento deja ver la semejanza en los niveles de fosfato y se nota cierta periodicidad acorde a los datos correspondientes a fosfatos; presentándose también carácter acumulativo del nutriente, el cual sumado al fosfato aplicado, logra estimular a las algas azul-verde en la acumulación de N_2 , (base de la cadena alimenticia de la S. aurea).

TABLA 3
 CONDICION CLIMATOLOGICA LOCAL DURANTE EL PERIODO
 COMPRENDIDO DEL MES DE FEBRERO AL MES DE MAYO (1975)

PARAMETRO	PROMEDIO POR PERIODOS AÑOS
Precipitación Pluvial (mm)	70
Luz Solar Directa (hora/día)	
Diaric	9.0
Durante el Período Exp.	943.0
Temperatura del Aire (°C)	
Diaric	26.8
Máximo	35.8
	133 en 20 años
	27.5 en 25 años
	35.8 en 25 años

Fuente: Servicio Meteorológico (MAG).

TABLA 4

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA GALLINAZA
UTILIZADA EN EL PRESENTE ESTUDIO (FEB-MAYO/75)

COMPONENTE	CONTENIDO EN (%)
Proteína	14.45
Fósforo	5.00
Calcio	1.36
Grasa	0.33
Fibra Cruda	13.56
Kcal/kgs.	2000.00
Humedad	10.42
Ceniza	5.10

Fuente: Laboratorio de Nutrición de Peces del Departamento de Pesquerías de la Universidad de Auburn, Alabama (1975).

TABLA 5

RESULTADOS DEL ANALISIS DE LA CAPA ARABLE DEL SUELO DE LA
ESTACION EXPERIMENTAL DE PISCICULTURA DE SANTA CRUZ PORRILLO (1974)

MUESTRA No.	-N-	-P-	-K-	-pH-	M.c.q. x 100 GM. DE SUELO TEXTURA
1	35 B	5 B	148 A	7.5 N	Fr. Ar.
2	35	13 B	129 A	6.7 N	Ar.
3	35	1 B	51 M	6.7 N	Ar.
4	35	1 B	84 A	7.5 N	Ar.

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos del Centro Nacional de
Tecnología Agropecuaria (CENTA).

A = Alto M = Medio B = Bajo
Ar. = Arcilloso Fr. = Franco

TABLA 6

RESULTADOS CUANTITATIVOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
DEL AGUA DE LOS ESTANQUES UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

PARAMETRO	CONTENIDO AGUA DE POZO	DIRECTO EN EL AGUA 0-20-0+G. CONTROL		NIVEL STA. CRUZ	UNIDADES
Turbidez	-	54	64	40	cm.
Conductividad	200	214	231	500	UXcm.
pH	6.6	8.6	9.3	7	-
Alcalinidad ⁺²	90.0	119	129	-	ppm.
Dureza a1 Ca	114.0	60	59	150	ppm.
CO ₂	56.0	-	-	0.5 .. 15	ppm.
NO ₃	0.6	1.15	0.32	72	Mg/l
SO ₄	3.0	12.4	9.3	-	ppm.
Temp.	30	30	29.8	28	°C
PO ₄	0.22	1.54	0.32	70.5	Mg/l
O ₂	-	8.8	7.7	8	ppm.

TABLA 7

RESULTADOS DE S. AUREA EN ESTANQUES DE ARCILLA FERTILIZADOS CON INORGANICO (0-20-0 Y 20-20-0) Y EL ORGANICO (GALLINAZA) DURANTE 98 DIAS DE LA EPOCA TRANSICION SECA-LLUVIOSA CON TASA DE SIEMBRA DE 10.000 PECES/HA. RESULTADOS POR TRATAMIENTOS (3 ESTANQUES POR TRATAMIENTO DE 500 MTS² C/U)

DATOS COMPUTADOS	20-20-0	0-20-0	0-20-0 + GALLINAZA	GALLINAZA	CONTROL
Producción total (kg/ha/año)	4770	5106 ^b	5950	2964	1391
Producción neta (Kg/ha/año)	4643	4977	5853	2486	1240
Producción en (g) de peces Siembra/Cosecha	40/68	4.1/916 ^b	4.0/84	14.6/48	4.6/20
Promedio de crecimiento de peces (g/día)	0.65	0.89	0.82	0.34	0.16
Porcentaje de peces de tamaño <u>co</u> sechable (AT)	37	39 ^b	34	7	0
Fertilizante aplicado (kg/ha/mes) inorgánico/orgánico	122/0	122/0	122/1030	0/1030	%
Costo/kg de producción neta de peces debido a fertilizante (Ø)	0.222	0.154 ^b	0.176	0.198	--
Ganancia neta/ha/año debido a fertilizante (Ø)	2328.30	2926.91 ^b	3212.12	622.79	--

= 0.01

A₂ Réplicas por tratamiento

AT% (% en peso)

b₁ Estanque eliminado por invasión
de planta acuática (Hidrylla)

TABLA 8

PRODUCCION NETA INDIVIDUAL POR ESTANQUE (KG/HA/AÑO) Y CANTIDADES DE FERTILIZANTE ORGANICO E INORGANICO APLICADO (COMO KG P)

M ^o . ESTANQUE	FUENTE DE FOSFORO			PRODUCCION NETA
	INORGANICO (K P)	ORGANICO (kg P)	TOTAL P. (kg P)	
19	1.99	0.00	1.99	4327
20	1.99	0.00	1.99	4434
21	0.00	0.00	0.00	1733
22	1.99	2.99	4.98	7129
23	0.00	2.99	2.99	2789
24	1.99	0.00	1.99	4588
25	1.99	0.00	1.99	1029
26	0.00	0.00	0.00	928
27	1.99	2.99	4.98	6658
28	0.00	2.99	2.99	2183
29	1.99	0.00	1.99	5026
30	1.99	0.00	1.99	5657
31	0.00	0.00	0.00	1068
32	1.99	2.99	4.98	3683

Datos del estanque 25 en análisis de producción, debido a infestación de plantas (Hidrylla sp).

TABLA 9

MEDIA ARITMETICA DE LOS RESULTADOS DE LOS 5 TRATAMIENTOS
DEL ENSAYO RELACIONADOS CON COSTOS DEL FERTILIZANTE USADO

1 TRATAMIENTO	2 PESO TOTAL DE PECES SEMBRADOS	3 PESO TOTAL DE PECES COSECHADOS	4 PESO NETO (LBS) 2-1	5 TOTAL FERTILIZAN- TE APLICADO (LBS)	COSTO FERTILIZAN- TE APLICADO (Ø)
20-20-0	4.4	160.22	156.25	50.26	11.06
0-20-0 más Gallinaza	4.54	129.19	124.65	50.26	11.56
0-20-0	5.24	201.08	195.84	54.25	54.25
Gallinaza	16.06	99.66	83.60	399.23	3.99
Testigo	5.06	46.86	41.80	0	0

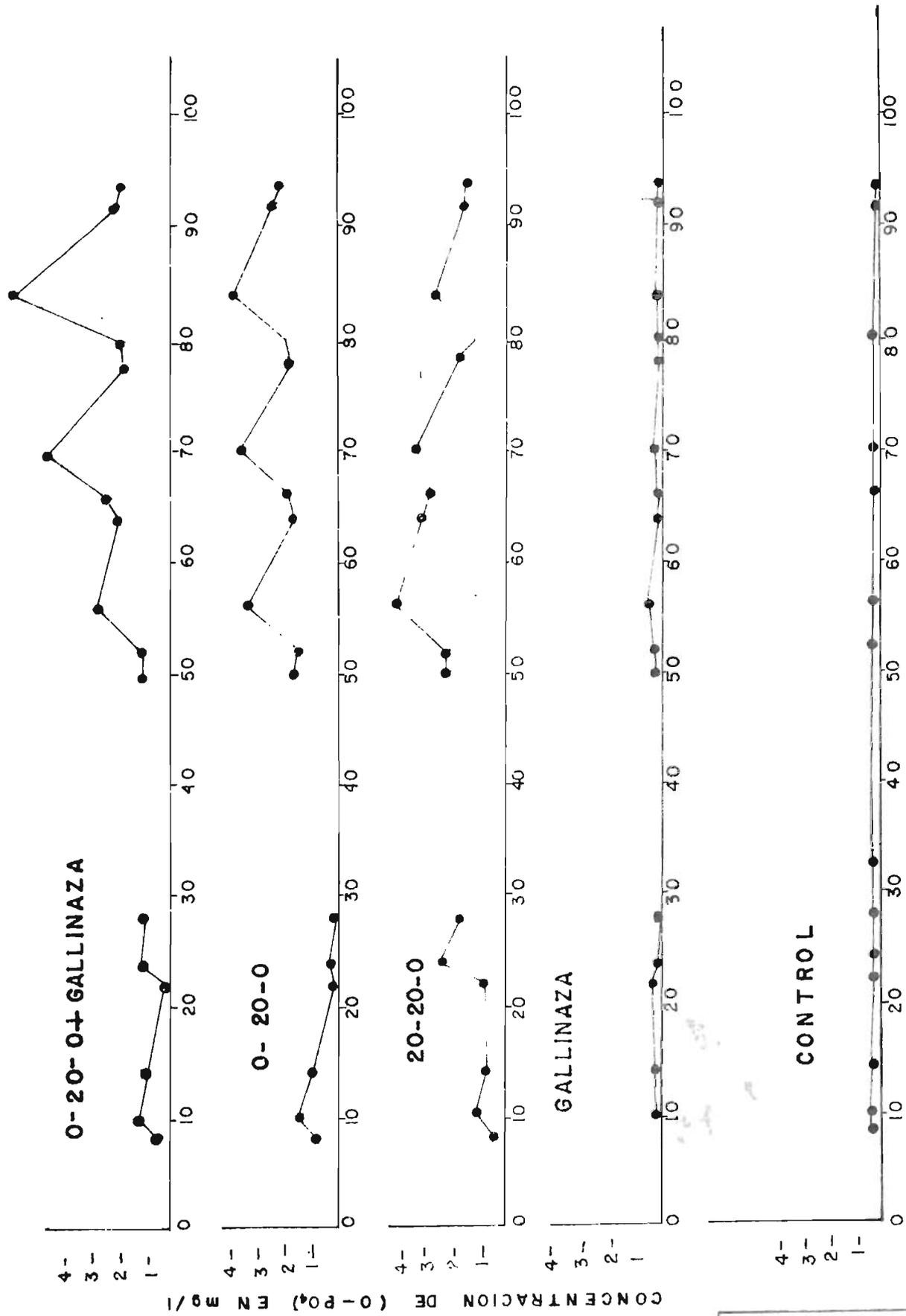


FIGURA 2.- CONCENTRACIONES DE ORTO-FOSFATO (O-PO₄) EN (mg/L) EN EL AGUA USANDO DIFERENTES FERTILIZANTES

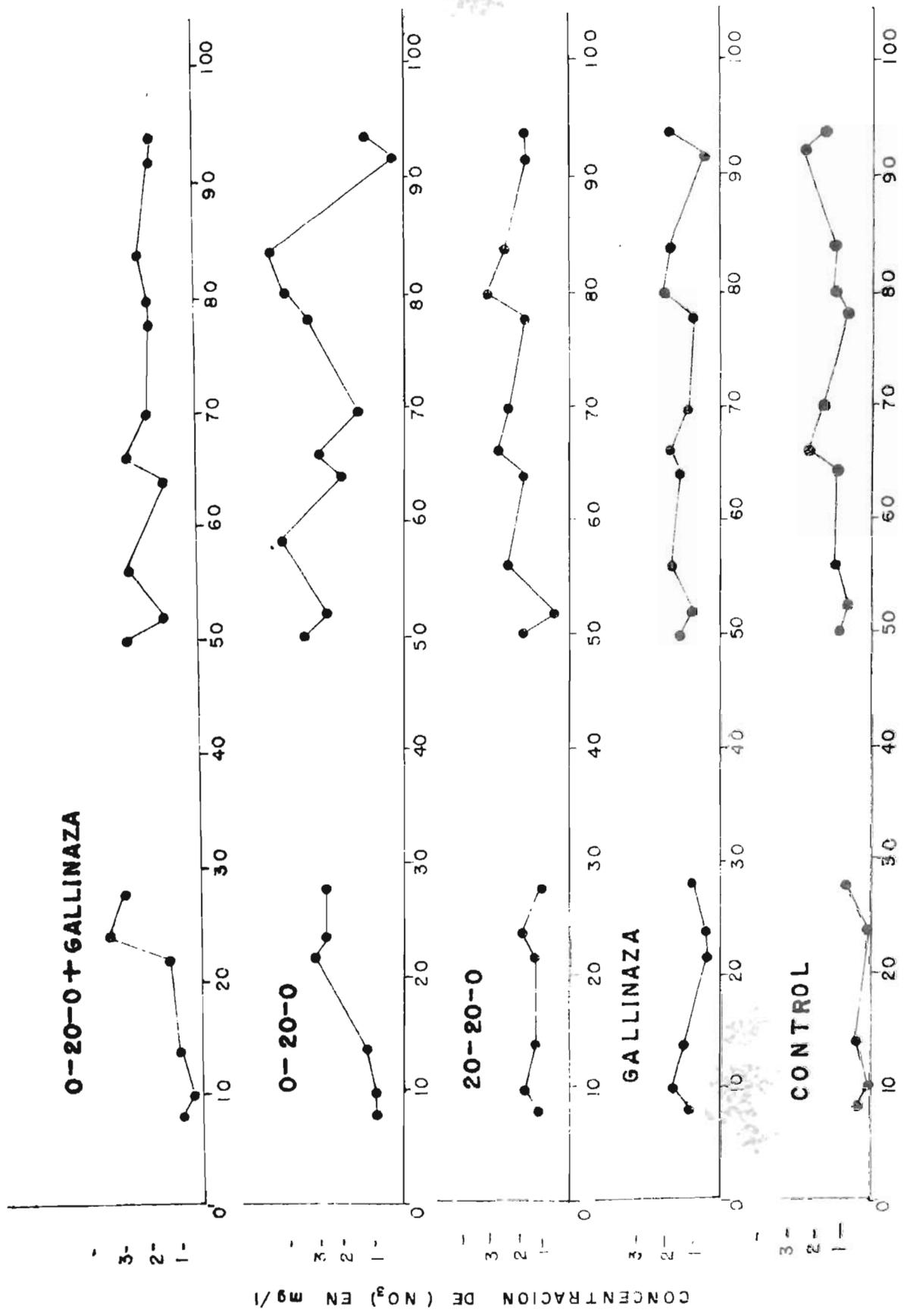


FIGURA 3.- CONCENTRACION DE NITRATO (NO₃) EN mg/l EN EL AGUA USANDO DIFERENTES TIPOS DE FERTILIZANTES.

V - DISCUSION

Los resultados demuestran que existe diferencia marcada en los dos tipos de fertilizantes aplicados: orgánico e inorgánico. Además, demuestran que la incorporación del nitrógeno y el fósforo es más rápida cuando se aplica en forma inorgánica.

Asímismo, la fertilización simple se ve que no dá -- buenos ni mejores resultados que la fertilización combinada (químico más orgánico).

Los fertilizantes solos, 20-20-0, 0-20-0 y gallinaza no son capaces de proveer al estanque de los requerimientos necesarios para obtener una buena producción y con un buen AT.

Los fertilizantes inorgánicos, por la razón de que sus producciones son semejantes, pueden ser utilizados in distintamente en el cultivo de "tilapia".

Los resultados del análisis para determinar la concentración de nitratos y fosfatos en el agua después de la aplicación del fertilizante, variaron. Se observaron niveles altos de nitratos y fosfatos durante la primera semana después de la respectiva fertilización; mientras que, al hacer análisis el 15o. día, último día del período de fertilización, se obtuvieron bajas concentraciones.

La calidad del agua en general, se mantuvo si no en

condiciones óptimas, en condiciones aceptables y tolerables por el pez en cultivo, de donde se puede afirmar que las tasas de fertilización utilizadas no degradan la calidad del agua.

En cuanto al fertilizante orgánico, gallinaza adicionado, se consideró inicialmente que podría provocar problemas de descomposición; pero los análisis físico-químicos durante y al final del ensayo, demostraron lo contrario. Este tipo de fertilizante es descompuesto en sus componentes esenciales por las bacterias y dichos componentes pasan a formar parte de los tejidos constituyentes del plancton, del bentos y del pez, el cual es aprovechado directamente por el hombre. Así también, el proceso antes mencionado implica la utilización de O_2 y desprendimiento de CO_2 ; por esta razón y por la presencia del CO_2 en el agua de los estanques (Tabla 6), se consideró la posibilidad de que la población íctica se viera afectada, no habiendo en ningún momento, mortalidad de peces. De aquí que se cree que el proceso fotosintético favorece grandemente a estabilizar este compuesto al utilizar el CO_2 medio fijado, lo que da como resultado la precipitación de carbonato de calcio. Si todo el bicarbonato es desdoblado, se usa el carbonato y se forma ácido carbónico (HCO_3). Los iones ácidos se unen con el ion hidróxilo (OH), resultando el hidróxido de calcio y, consecuentemente, elevando la alcalinidad.

En alusión a los AT de las producciones finales de cada tratamiento (Tabla 8), éstas fueron menores que el 60%, el cual es el valor mínimo de AT en toda producción de pescado procedente del estanque. La mayor producción neta obtenida fué en el tratamiento combinado (195.84 lbs), (Tabla 9), en la que aún cuando se utilizan dos clases de fertilizante el costo de inversión no aumenta notablemente.

VI - RECOMENDACIONES

Es recomendable conocer, además de la influencia del fertilizante en el agua, la tasa óptima de aplicación en monocultivo bisexual. En esta forma sabremos si la cantidad aplicada es la más adecuada o si se puede aumentar la dosis mensual con el objeto de obtener una mayor producción, asegurándonos además de no incurrir en la provocación de problemas de putrefacción o descomposición de la materia orgánica.

El autor recomienda hacer dos aplicaciones parciales del fertilizante inorgánico correspondientes a la dosis mensual, con el objeto de obtener un mayor aprovechamiento y favorecer el mantenimiento de un nivel constante en la concentración de los nutrientes agregados al agua.

Para mejorar la producción final y el AT, notoriamente se hace necesario ejercer algún tipo de control en la libre reproducción de la "tilapia", la cual afecta el crecimiento y engorde.

Hay dos tipos de control aconsejables: el biológico y el manual. El biológico tiene la ventaja de que al pez en el estanque no se le perturba, pero se corre el riesgo de que si la población del pez depredador no se controla, se rompe el balance con la consecuente diesma no deseada de la principal especie.

El control manual es ventajoso en cuanto a que el ex-

cedente de la población puede ser aprovechado por el piscicultor, pero a causa de las pescas frecuentes, los peces - en general se ven afectados en su biología.

Los análisis biológicos, cualitativos y cuantitativos de bentos y plancton, se hacen necesarios en este tipo de cultivo para conocer la incidencia de los fertilizantes en estos organismos; los análisis cualitativos y cuantitativos de contenido estomacal para conocer preferencias alimenticias del pez, los que serán un complemento de los análisis del agua y fondo del estanque.

Otra recomendación es que la fertilización debe hacerse en forma combinada: inorgánico más orgánico, ya que se ha visto que ninguno de los dos en forma independiente es capaz de proveer al estanque de los nutrientes esenciales para una buena productividad.

Finalmente, ensayos en las dos épocas climáticas en el año se hacen necesarios para poder hacer recomendaciones que mejoren la producción pesquera durante el período de cultivo.

BIBLIOGRAFIA

- BARD, J.: Manual de Piscicultura Destinado a la América - Tropical, Minister des Affaires Centre Technique Forestier Tropical Peche et Pisciculture, Francia, 1970.
- BARDACH, J., JOHN H. RYHER, and WILLIAM O. McLARNEY: Aquaculture, New York Wiley-Interscience, 1972, pp. 351-383.
- BOWMAN, J.S.: Comparación entre Tilapia aurea (Steindachner) y Tilapia mossambica (Peters) en Estanques en El Salvador, Servicio Piscícola, DGRNE, MAG, El Salvador.
- DUNSETH, DAVID R.: Production of Tilapia aurea (Steindachner) in Combination with the Predator Cichlasoma managuense (Meek) at Different Stocking Rates and Ratios, Tesis M.S., Auburn Univ., Auburn, Alabama, pág.63,1975.
- GARCIA, R.C.: Tres Tasas de Siembra con Tilapia aurea en Estanques de Arcilla, Usando Gallinaza Diariamente como un Complemento Alimenticio. El Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Servicio Piscícola.
- HICKLING, C.F.: The Farming of Fish, Oxford, Pegamon Press, 1968.
- HEPHER, B. BAMIDGEH: Some Limiting Factors Affecting the Dose of Fertilizer Added to Fish Ponds, FAO Fish Report, Vol.1, No.44, 1968.

- HEPHER, B. BAMIDGEH: Primary Production in Fish Ponds and Application to Fertilization Experiment, Vol.14, No.3, 1962, págs. 30-131.
- HUGHES, D.G.: Progress Report on Fisheries Development in El Salvador, Auburn University, Research and Development, Series 15, 1976, pág. 15.
- LIN, SHU-YEN: Chinese American Joint Comission on Rural Reconstruction, Fish Serie No.11, 1971, págs. 36-59.
- NEEDHAM, J.G., P.R. NEEDHAM: A Guide to the Study of Fresh Water Biology, Holdeme Day Inc., San Francisco, 1969.
- RUSSEL, W.D.: Productividad Acuática, traducido del Inglés por Juan Diego Pérez Gonzáles, España, Editorial Acribia, 1973.
- SUMADWIJAJA, K.: Influence of Non-Nitrogenous Fertilization upon Benthic Organisms in Ponds Stoked with Different Numbers of Tilapia mossambica (Peters), Tesis MS. of Science, Sardjana Portinian, University of Indonesia, 1962.
- SWINGLE, H.S. and E.U. SMITH: Fertilizers for Increasing the Natural Food for Fish in Ponds, Trans-American -- Fish Society, 68, 1939, págs. 126-135.
- SWINGLE, H.S.: Fertilizing Farm Fish Ponds Highlights of - Agricultural Research 12(1): 11
- TAL, S. BAMIDGEH: An Exposition of the Terms Pond Productivity and Carrying Capacity of Ponds, Vol. 14:3, pág. 50.

VANICH, V.: Influence of Nitrogen Fertilizer upon Standing
Crop of Zooplankton in Ponds Stocked with Different
Numbers of Tilapia mossambica (Peters), Tesis Ms. of
Science, B.S., Kasetsart University, Bangkok, Thailand,
1956.