

FACULTAD DE CIENCIAS-UNAM

CARRERA DE BIOLOGIA



CRECIMIENTO DEL Sarotherodon aureus (Steindachner, 1864), EN ESTANQUES RUSTICOS FERTILIZADOS CON ESTIERCOL DE CERDO FERMENTADO, EN LA GRANJA INTEGRADA DE "EL CASTILLO", VERACRUZ

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A:

EFRAIN FRANCISCO FERAT BRITO

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D. F. 1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

Se llevó a cabo el cultivo de Sarotherodon aureus (Steindachner, 1864), durante un período que comprendió del 15 de abril de 1980 al 17 de enero de 1981, en la granja integral del "Castillo", Veracruz, con la finalidad de evaluar el crecimiento de esta especie en estanques rústicos sin aereación artificial ni recirculación de agua.

El único suministro energético proporcionado a los estanques es el bio-fertilizante, proveniente de un digestor de metano; éste se aplicó a razón de 20kg/semana en estanques de 35 m² de superficie y con una columna de agua de 0.80 m; se probaron dos densidades de siembra a razón de 1pez/m² y 2 peces/m², considerándose una repetición para cada experimento. Como testigo se dejó un estanque sin fertilización ni alimentación suplementaria y con una densidad de siembra de 1 pez/m².

Los resultados muestran que S. aureus en estanques fertilizados, alcanzan una longitud máxima promedio de 21.7 cm, y un peso promedio de 180gr en 180 días de cultivo en tanto que el testigo solo alcanzó 16.4 cm de longitud máxima promedio, y un peso promedio de 105 gr para el mismo período. El crecimiento de los peces en ambos experimentos de densidad fue similar. El volumen de producción fue de 45 kg aproximadamente.

Para obtener tal rendimiento, se utilizó el estiércol de 7 cerdos adultos durante un período de 270 días.

ii
INDICE GENERAL

<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
RESUMEN	i
INDICE GENERAL	ii
1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS	1
1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 BASES METODOLOGICAS DE LA FERTILIZACION ORGANICA	9
2. CARACTERISTICAS GENERALES DE <u>Sarotherodon aureus</u>	
2.1 Selección de la especie	10
2.2 Posición taxonómica	10
2.3 Aspectos biológicos de <u>S. aureus</u>	11
2.4 Características del crecimiento de <u>S. aureus</u>	13
3. MATERIAL Y METODOS	
3.1 Descripción del area de estudio	15
3.2 Descripción de los estanques	16
3.3 Material biológico y Bioensayo	17
4. RESULTADOS Y DISCUSION	22
5. CONCLUSIONES	28
6. BIBLIOGRAFIA	30
7. APENDICE I (Velocidad de crecimiento)	33
8. APENDICE II (Factor de conversión)	35
9. APENDICE III (Dosis de fertilización)	36
10. LISTA DE TABLAS, FIGURAS Y GRAFICAS	37

1. INTRODUCCION

En la actualidad, dentro de las líneas de desarrollo rural, se ha considerado la experimentación y consolidación de tecnologías apropiadas para el manejo de los recursos bióticos y se ha considerado a la acuicultura como fuente para la obtención de alimentos de alto valor energético, como lo son los peces.

A pesar de que el interés por la acuicultura en la América Latina puede remontarse a la década de los 30, el avance realizado ha sido muy lento, y aunque el interés en ella a aumentado notablemente, esto no significa un verdadero índice de progreso o éxito (Vegas, 1980).

Uno de los problemas claves para el desarrollo de la acuicultura es la carencia de alimentos de buena calidad y bajo costo, ya que muchas veces éste va más allá del 50% de los gastos de producción (Schroeder, 1978).

Ante esta situación, una posible solución al problema es el desarrollo de una piscicultura que utilice como fuente de alimento a los desechos orgánicos mediante el reciclaje de los mismos, y que a la vez tendrá éxito en la medida que se desarrolle y difunda la tecnología que permita su aprovechamiento (Noriega, 1980).

Dentro del contexto de las investigaciones de la granja integral que desarrolla el Programa Bio Aqua, del Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, se incluye el estudio de la piscicultura como parte fundamental del sistema de reciclaje de los desechos de la granja (Fig. 1).

El presente trabajo se desarrolló en la granja integral situada en el Ejido de "El Castillo", Veracruz, y si bien en esta

comunidad se cuenta con un embalse en el cual la pesca tiene un gran potencial productivo, en la actualidad ésta no se ha desarrollado sino como una escasa actividad artesanal, en tanto que la carencia de alimentos energéticos de alta calidad como el pescado, sigue siendo un problema real.

Con base en lo anterior se consideró importante que los objetivos de esta tesis fueran :

OBJETIVOS

- Evaluar el crecimiento de Sarotherodon aureus (Steindachner, 1864), en estanques rústicos, fertilizados intensivamente con estiércol fermentado de cerdo como biofertilizante.
- Determinar el Factor de Conversión del biofertilizante, en el campo de la piscicultura rural.
- Obtener un modelo operacional en el manejo de la piscicultura rural a pequeña escala.

1.1 Al igual que en la agricultura, la fertilización orgánica en acuicultura consiste en el aporte de nutrientes al agua, proveniente de la degradación de la materia orgánica con la finalidad de aumentar la productividad en un estanque.

El proceso de la fertilización orgánica se inicia con el aporte de nutrientes que más comúnmente actúan como limitantes del crecimiento y desarrollo de los productores primarios. Estos nutrientes son el fósforo y el nitrógeno, presentes en los desechos animales y desechos agroindustriales en proporciones hasta 1 000 veces más que en los lagos o embalses en condiciones naturales (Valentine, 1978), y que al ser vertidos en tales recintos, estimulan el crecimiento del plancton, el cual favorece una mayor producción de los organismos que sirven como alimento a los peces, obteniendo así mejores rendimientos en su cultivo.

Cabe aclarar que el consumo directo de estiércol por los peces no produce un incremento favorable en su crecimiento (Hickling, 1962; Woyanovich, 1980 y Hopkins, 1981).

Esta biotécnica tuvo un origen común en los países del Sureste Asiático, y se desarrolló a partir de la observación del aumento en la producción de peces confinados en embalses a los que se vertían los desechos vegetales o animales de las granjas cercanas (Noriega, 1981).

Actualmente esta práctica ha sido intensamente desarrollada en distintas líneas experimentales hasta lograr su consolidación como biotécnica; es practicada tanto en países desarrollados y con tecnología muy avanzada, como en países subdesarrollados y con sistemas agrícolas de manejo rústico.

En México la práctica de la piscicultura utilizando fertilización orgánica, es muy escasa, ya que su orientación se

1.1 Al igual que en la agricultura, la fertilización orgánica en acuicultura consiste en el aporte de nutrientes al agua, proveniente de la degradación de la materia orgánica con la finalidad de aumentar la productividad en un estanque.

El proceso de la fertilización orgánica se inicia con el aporte de nutrientes que más comúnmente actúan como limitantes del crecimiento y desarrollo de los productores primarios. Estos nutrientes son el fósforo y el nitrógeno, presentes en los desechos animales y desechos agroindustriales en proporciones hasta 1 000 veces más que en los lagos o embalses en condiciones naturales (Valentine, 1978), y que al ser vertidos en tales recintos, estimulan el crecimiento del plancton, el cual favorece una mayor producción de los organismos que sirven como alimento a los peces, obteniendo así mejores rendimientos en su cultivo.

Cabe aclarar que el consumo directo de estiércol por los peces no produce un incremento favorable en su crecimiento (Hickling, 1962; Woyanovich, 1980 y Hopkins, 1981).

Esta biotécnica tuvo un origen común en los países del Sureste Asiático, y se desarrolló a partir de la observación del aumento en la producción de peces confinados en embalses a los que se vertían los desechos vegetales o animales de las granjas cercanas (Noriega, 1981).

Actualmente esta práctica ha sido intensamente desarrollada en distintas líneas experimentales hasta lograr su consolidación como biotécnica; es practicada tanto en países desarrollados y con tecnología muy avanzada, como en países subdesarrollados y con sistemas agrícolas de manejo rústico.

En México la práctica de la piscicultura utilizando fertilización orgánica, es muy escasa, ya que su orientación se

ha dirigido más a la siembra y repoblación de lagos y embalses (piscicultura extensiva), que al manejo intensivo en estanques.

Según la F.A.O. (1976), en 1975, México apenas contaba con seis hectáreas de estanques destinados al policultivo de peces, los cuales eran fertilizados con desechos animales.

Colmenares (1978), reporta las ventajas y el crecimiento de peces en policultivo en estanques fertilizados exclusivamente con cerdaza, con buenos resultados.

Chávez (1981), reporta incrementos favorables en el crecimiento de peces en policultivo a base de carpas chinas en estanques rústicos fertilizados orgánicamente.

En México, en cuanto al manejo de fertilizante orgánico de origen animal o vegetal, el Departamento de Pesca (1981) recomienda su uso en las siguientes formas:

- Para fertilizantes de origen vegetal: el método consiste en aplicar hierbas y plantas tanto terrestres como acuáticas y dejarlas descomponer dentro de un receptor, el cual se coloca en una de las esquinas del estanque, separado unos dos centímetros de la pared o bordo. Los pastos, pajas, hierbas, etc, se introducen 1400 kg/ha/año.

- Los esquilmos agrícolas, como bagazo de semilla de algodón, girasol, pulpa de café y otros se adicionan alrededor de 3-10 ton/ha/año, dependiendo de la temperatura, ya que aguas cálidas necesitan menos abonos que aguas templadas.

- Para los fertilizantes de origen animal: el método es igual al de los fertilizantes de origen vegetal:

- Estiércol de ganado vacuno: se agregan 7 900 kg/ha/año, en tres aplicaciones, siendo la primera de 3 300 kg y las dos siguientes aplicaciones, de 2 300 cada una.

- Estiércol de aves: se utilizan 4 000 kg/ha/año, en dos aplicaciones sin exceder dicha cantidad porque provoca podredumbre de las branquias.

- Estiércol de cerdo: se aplican de 3-5 ton/ha/año, en tres aplicaciones.

- Mezcla de estiércol de aves, cerdos y vacas: en proporción variable, con un volumen total de 7 000 kg/ha/año, en tres aplicaciones.

El Programa Nacional de Acuicultura del Departamento de Pesca (1981), incluye dentro de sus metas de producción, la utilización de forrajes y abonos combinados, recomendando el uso de estiércol de bovino dadas sus características de bajo costo y presentación semi-seca. Se estima que para cumplir con las metas propuestas de producción en encierros y bordos, se requerirá de 40 000 ton de este abono.

Hay que aclarar que como en otros países de América Latina, en México, a pesar de que actualmente se cuenta con una amplia infraestructura para el desarrollo de esta biotécnica, la información existente es muy escasa y aún más, la referente a la investigación de rutas alternativas de alimentación para la producción de peces en cultivo, ya que la mayoría de los centros están enfocados únicamente a la obtención de crías para la siembra de embalses naturales o artificiales con el consiguiente rezago que esto provoca en el desarrollo de nuevas líneas experimentales en esta biotécnica.

El principio de la fertilización orgánica consiste en el aporte de nutrientes para incrementar la productividad primaria.

Los cuerpos de agua destinados a la piscicultura y consi-

derados como ecosistemas manejados deben poseer una agua con características fisicoquímicas adecuadas para el desarrollo de la comunidad primaria y deben recibir subsidios de energía para el mantenimiento de tasas de reproducción altas (Odum, 1972).

Es difícil poder predecir con exactitud la producción que se obtendrá en un estanque fertilizado con desechos animales. En condiciones muy favorables, los excrementos que contienen poca paja o aserrín y que proceden de animales alimentados con dietas balanceadas, 15 kg de abono pueden producir 1 kg de pescado, mientras que si los abonos son de mala calidad, 90 kg son necesarios para obtener solo 1 kg de pescado (Noriega, 1980).

La combinación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos a dosis determinadas, puede reemplazar a todos los requerimientos alimenticios de un pez, y dar producciones de 15 a 32 kg/ha/día, sin alimentación suplementaria y utilizando estiércol fresco de vaca (Schroeder, 1978, Moav, *et al.*, 1977). Estos resultados son comparables a los obtenidos utilizando alimentos convencionales conteniendo 25% de proteínas y 10% de harina de pescado (Schroeder, 1978).

Los nutrientes más importantes para el aumento de la productividad natural son el fósforo y el nitrógeno, los cuales pueden ser suministrados en forma de fertilizante químico a los estanques; sin embargo, en condiciones de aguas tropicales, se producen reacciones físico-químicas que reducen rápidamente este aporte mineral, siendo su efecto por tanto de corta duración y de costo elevado.

Alternativamente dichos elementos pueden ser suministrados mediante abonos orgánicos tal como lo es el estiércol, que tiene la ventaja adicional de constituir un aporte de alimento directo para el desarrollo del zooplancton, el bentos y las bacterias que constituyen el alimento natural de los peces (Meyers, 1977; Schroeder, 1978; Weymarovich, 1980).

Está demostrado que se pueden alcanzar las mismas cifras de producción utilizando fertilizantes orgánicos o inorgánicos, con la diferencia de que el abonado orgánico trae beneficios adicionales a los estanques tales como un mayor crecimiento de algas macrofitas y un aumento de la concentración de nutrientes en el agua más persistente (Boyd, 1979).

Si bien la mayor desventaja del uso de fertilizantes orgánicos es su alta demanda bioquímica de oxígeno (D B O), la aplicación de concentraciones controladas de éstos, evitará que se presenten condiciones anóxicas en los estanques (Schroeder, 1974).

En comparación con los alimentos balanceados, el abonado orgánico aumenta la producción de los estanques sin el riesgo de que los peces contraigan enfermedades de origen alimenticio; por el contrario, mejora el estado sanitario del estanque (Huet, 1978).

La fermentación anaeróbica es el resultado de la acción de bacterias metanógenas sobre la materia orgánica y teniendo dos subproductos finales: el primero es la producción de una mezcla de gases denominada comúnmente bio-gas, y que está constituida por metano, hidrógeno, nitrógeno, bióxido de carbono y trazas de ácido sulfhídrico. En esta mezcla el metano se presenta en una proporción del 55% al 70%, lo que permite que esta mezcla sea usada como un combustible muy eficiente (Baquedano et al, 1979).

El proceso de la fermentación se lleva a cabo en un sistema herméticamente cerrado dentro del cual la materia orgánica en estado fresco (estiercol) es depositada. La etapa inicial es la licuación provocada por acción enzimática de las bacterias sobre las macromoléculas de éste, resultando en partículas simples o micromoléculas.

La segunda etapa es la formación de ácidos por acción bacteriana, ya sea en condiciones aeróbicas o anaeróbicas, que propician el sustrato alimenticio para la proliferación de bacterias metanógenas, a la vez que eliminan el oxígeno en el interior del sistema.

La tercera etapa se caracteriza por la acción de las bacterias metanógenas que utilizan los desechos de las bacterias acidificantes y dan como resultado la producción del bio-gas.

El segundo subproducto de la fermentación anaeróbica es el biofertilizante, y que corresponde al efluente líquido que se obtiene como resultado del proceso de la fermentación del estiércol. Tanto su composición bromatológica (Cuadro 1), como en disposición de manejo, presenta varias ventajas sobre el estiércol fresco:

- Los huevecillos y larvas de organismos patógenos han sido destruidos.
- No presenta el olor desagradable del estiércol fresco.
- Es un alimento directo para el zooplancton con mayor disposición de micronutrientes.
- Su uso en acuicultura es más confiable debido que el valor de D B O que presenta es bajo.

1.2 Los criterios utilizados para determinar la concentración de fertilizante que debe agregarse a los sistemas anaeróbicos, se establecen sobre la base del conocimiento del nivel de oxígeno disuelto (O D) disponible, y el valor de (D B O) de la materia orgánica empleada como fertilizante, y siguiendo las observaciones dadas por Schroeder (1974) y Boyd (1976).

Schroeder (1974) propone que el método empleado para determinar la tasa de fertilización de un estanque se establezca en función de la D B O del fertilizante orgánico de tal manera que se

puedan predecir el consumo de O₂, debido a su descomposición, y se puedan evitar condiciones anóxicas en el estanque.

Boyd (1976), indica que se requiere asegurar un mínimo de condiciones físico-químicas en el estanque para que la fertilización tenga el efecto deseado, y que son fundamentalmente: que el pH del lecho del estanque sea ligeramente alcalino o neutro, con una dureza superior a los 20 ppm (CaCO₃ ó MgCO₃), y con lo que se obtendrá una mayor producción piscícola. Esta condición se logra mediante una previa operación de encalado del estanque, con lo que a la vez se establece un control sanitario preventivo.

El método consiste en realizar una estimación previa del D B O₅ (demanda biológica de oxígeno, en un día) ó D B C inicial, por un lapso de 24 horas en condiciones de laboratorio. Para ello se debe conocer: el volumen de agua en que se diluirá el fertilizante, la temperatura ambiental y el peso de la muestra en relación a su contenido porcentual de materia orgánica seca; así mismo debe asegurarse de utilizar un medio saturado de oxígeno. La determinación del D B O₅ se obtiene de la diferencia del valor de oxígeno final menos el valor de oxígeno inicial en las botellas de D B O, estableciendo su valor de acuerdo al mayor nivel promedio observado. Con estos resultados, y conociendo el volumen de agua en el estanque y los niveles de O₂ mínimo - o punto crítico - se efectúa entonces un cálculo que nos permite establecer la cantidad de fertilizante orgánico que se puede suministrar al estanque sin abatir los niveles de oxígeno disuelto, y que permita una concentración mínima de O₂ de 2 ppm, como límite de seguridad para los procesos biológicos (oxígeno disponible) (Apéndice III).

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE *Sarotherodon aureus*

2.1 Selección de la especie: Los criterios para la elección de la especie fueron de dos tipos: biológicos y socio-económicos.

Criterios Biológicos: mediante los cuales se selecciona una especie con alto grado de adaptación a condiciones rústicas de manejo, y con hábitos alimenticios adecuados a las condiciones desarrolladas mediante la fertilización, es decir: una especie filtradora de plancton y detritófaga.

Criterios Socio-económicos: mediante los cuales se busca una especie que alcance una talla comercial a corto plazo y con eficientes tasas de conversión alimenticia, y cuyas crías puedan ser conseguida fácilmente o haya disposición de ellas en el medio ambiente.

La especie que cumplió con estos requisitos fue *Sarotherodon aureus* (Steindachner, 1864), conocida también como *Tilapia aurea*, la cual fue introducida en el embalse "El Castillo" por el Departamento de Pesca en 1972, comprobándose que su adaptación ha sido exitosa pero que en la actualidad la población comienza a presentar problemas de enanismo, debido a la escasa disposición de alimento, pero principalmente por un fenómeno de sobrepoblación en el embalse.

Como en el caso de otros clélidos, con esta especie se han tenido problemas de sinonimia en su ubicación taxonómica, habiendo permanecido durante algún tiempo clasificada dentro del género *Tilapia* (Smith, 1874). Sin embargo, actualmente se ha reclasificado quedando finalmente incluida dentro del género *Sarotherodon* (Ruepell, 1853), (Trewavas, 1973).

2.2 Posición Taxonómica: De acuerdo a su posición taxonómica, el género *Sarotherodon* está incluido dentro de la familia

Cichlidae, según Morales (1974) como sigue:

Phylum:	Vertebrata
Subphylum:	Craneata
Superclase:	Gnathostomata
Serie:	Pisces
Clase:	Teleostomi
Subclase:	Actinopterygii
Orden:	Perciformes
Suborden:	Percoidei
Familia:	Cichlidae
Género:	<u>Sarotherodon</u>
Especie:	<u>Sarotherodon aureus</u> (Steindachner, 1864)

Diagnósis taxonómica-específica de *Sarotherodon* (Ruepell, 1853) y (Lee, et. al., 1976).

De cuerpo comprimido y elevado, con treinta a treinta-y-tres escamas en una serie longitudinal; con trece a veintidos espinas en la aleta dorsal y tres espinas en la anal. Dientes tricúspides; todas las especies representantes del género presentan incubación oral.

Sarotherodon aureus (Steindachner, 1864):

De treinta a treinta-y-tres escamas en una serie longitudinal, aleta dorsal XV/XVI, 12 a 15; aleta anal III, 9a II, de diez-y-ocho a veintidos branquiespinas en el arco inferior del primer arco branquial; de tres a cinco hileras de dientes delgados.

2.3 Aspectos Biológicos de *Sarotherodon aureus*:

Hábitos Alimenticios: Este organismo tiene un margen

amplio de explotación en los ecosistemas acuáticos, ya que puede ser tanto omnívoro como planctófago, incluyendo zooplancton y macro y micro plancton, así como también presenta hábitos detritófagos (Schroeder, 1978).

Morales (1974) asegura que es planctófago y que utiliza todos los tamaños del fitoplancton con preferencia en diatomeas, así como en quironómidos.

Se distingue un cambio en los hábitos alimenticios, ya que para los alevines de 2.5 a 5 cm, se observa una gran preferencia por el zooplancton, encontrándose en los contenidos estomacales: crustáceos, pequeños rotíferos, anélidos, algas filamentosas y restos de peces como resultado de la predación.

Zur (1979) ha visto que la ausencia de quironómidos o su baja densidad puede ser un factor limitativo en el crecimiento de este organismo tanto en condiciones naturales como en estanques piscícolas.

Balarín (1979) observó que organismos adultos son omnívoros. Alevines menores de 5 cm se alimentan de cladóceros, pero cuando son mayores de 2 cm, comen algas filamentosas, rotíferos, etc. y pueden comer alimentos complementarios.

Tolerancia a la Salinidad: Es una especie eurihalina que sobrevive en salinidades hasta de 35 a 44‰, pero no se reproduce a salinidades mayores de 15‰ (Balarín, 1979).

Tolerancia a la Temperatura: La temperatura óptima para su reproducción es de 23°C. Temperaturas menores de 8°C son letales, y puede tolerar temperaturas de 30°C o más durante tres o cuatro horas (Balarín, 1979).

Oxígeno disuelto: Es un organismo muy resistente que soporta concentraciones hasta de 1 ppm, aunque un rango de 6-8 ppm es lo óptimo para su desarrollo.

pH: La concentración es tolerada en un rango de 6.5-8.5 (Colmenares, 1978).

Desova en aguas de poca profundidad. El macho cava huecos cerca de las orillas para construir sus nidos. La temperatura óptima del agua debe ser de 23°C. Desova hasta 4 veces al año; la hembra generalmente empieza a desovar a los 12 cm, pero en poblaciones con crecimiento inhibido, comienza a los 9 cm. El número promedio de huevos maduros es de 572 a 960, según la talla. Presenta incubación bucal, y la eclosión se lleva a cabo a los 13-14 días aproximadamente (Prette, 1980).

2.4 Características del crecimiento de Sarotherodon aureus, en condiciones naturales y de cultivo:

El crecimiento de las tilapias varía mucho en función de la especie, la disposición de alimento y las condiciones ambientales en que se desarrollan (Huet, 1978).

Trenavas (1965) reporta que Sarotherodon aureus alcanza distintas tallas máximas que van de los 25.5 cm a los 37 cm, en condiciones naturales.

Morales (1979) reporta que llega a tener hasta 50 cm de longitud y un peso de 2.5 kg, y que es considerablemente menor en aguas restringidas. Su talla comercial mínima en aguas abiertas es de 32 cm y 1 400 gr de peso. Bajo cultivo en estanques, alcanzan en tres meses, 150 gr y en 7 meses, hasta más de 300 gr.

Rubín (1976), refiriéndose a las tilapias introducidas en México, considerando a S. niloticus y S. mosambicus, reporta un crecimiento de 35 cm y de 700 gr de peso en las condiciones ambientales para la del Valle de México.

Huet (1978) se refiere a las grandes especies de tilapias entre las cuales considera a S. niloticus y a S. aureus, reportando un crecimiento en aguas libres de hasta 40 cm, y un peso de entre 1 200 y 1 300 gr, aunque refiriéndose al caso de las piscifactorías, menciona que lo ideal sería producir organismos de 20 cm y 150 gr de peso.

Hopkins y Cruz (1981), trabajando con S. niloticus en régimen de fertilización orgánica con estiércol de cerdo, reportan un crecimiento en promedio de 160 gr para 90 días de crecimiento con una densidad aproximada de 1 pez/m².

Schroeder (1974) obtuvo resultados semejantes a los anteriores al utilizar un tratamiento similar a base de estiércol de vaca, por un período de 100 días; el peso promedio de los peces fue de 180 gr.

Rappaport et. al. (1977), en ensayos con las mismas características que los llevados a cabo por Schroeder (1974), reporta que los incrementos de peso diario fueron de 1.34 gr y el peso individual promedio a la cosecha, fue de 140 gr. Ambas experiencias se llevaron a cabo trabajando con S. aureus.

3. MATERIAL Y METODOS

3.1 La granja integral se sitúa en uno de los márgenes del embalse artificial llamado "Laguna El Castillo", localizado a 7 kilómetros del Palacio de Gobierno en el centro de la ciudad de Xalapa, Veracruz, en línea recta y con dirección ESTE/NORESTE, dentro del Ejido El Castillo, Veracruz.

Las coordenadas geográficas en que se ubica este ejido son: Longitud $96^{\circ}51'$ W y Latitud $19^{\circ}-3'$ N, a una altitud de 1 100 mts S.N.M.

Como vías de comunicación, cuenta con un camino vecinal asfaltado que entronca con la carretera nacional Veracruz-México, a la altura de la avenida de Las Américas, en Xalapa, Veracruz (Storch, 1978) (Figura 2).

El clima que se presenta para la zona es del tipo: (A)c(m)a(i¹), según el sistema de Köppen modificado por García (1970), y que se caracteriza por ser semicálido, el más cálido de los templados c, con una temperatura en el mes más frío de 17.5°C (enero) y en el mes más caluroso de 24.4°C (mayo), con una oscilación térmica de 6.9°C y una temperatura promedio anual de 20.9°C . La precipitación en el mes más frío es de 22.18 mm y en el mes más caluroso, de 92.3 mm, con un porcentaje de lluvia invernal de 7.0 y un promedio de precipitación anual de 1 129.8 mm (García, 1970).

La vegetación circundante a la granja es de origen antropogénico y está constituida por cultivos de café, caña de azúcar y pastizales inducidos (Cházaro, 1980); en tanto que la vegetación original compuesta por encinares de mediana altitud, sólo queda representada por un pequeño bosque aledaño a la granja (Zola, 1980).

El tipo de suelo pertenece a la clase de: Alfisoles Duracualf, o tepetates. Se caracterizan por presentar alto contenido de arcillas caoliníticas y graves problemas de erosión, son superficiales y con menos de 50 cm de profundidad (Zola, 1980).

La principal actividad económica en la región es la agricultura, teniendo como productos principales el café y la caña de azúcar. La siembra de maíz es muy escasa y el producto se destina al autoconsumo al igual que los cultivos de hortalizas.

La ganadería es de tipo extensivo, y es constituida en su mayoría por ganado lechero, siendo el producto de esta actividad insuficiente para los requerimientos de la comunidad.

La pesca como ya se mencionó, es una fuente potencial de alimentos e ingresos, pero hasta ahora no se han tomado las medidas adecuadas para su explotación. González (1982) estima que el embalse puede dar un rendimiento de hasta 10 toneladas/año.

En resumen, se puede notar de lo anterior que existe un grave problema en la administración de los recursos agropecuarios dentro de este ejido, debido al escaso impulso dedicado al desarrollo de fuentes de producción de alimentos y que por lo tanto, vá en detrimento de esta comunidad con serios problemas de nutrición.

3.2 Se utilizaron cinco estanques con una superficie de 35 m² c/u (7 m largo x 5 m ancho) y un metro de profundidad, de construcción rústica y dispuestos en hilera con orientación W/NE, y separados entre sí por bordos de 1 m de ancho que permiten el acceso a cualquier orilla. Los estanques carecen de sistemas de drenaje y tanto la operación de llenado, como el vaciado, se hacen con una bomba de gasolina de 2" ó. (FIGURA 1 y 3)

El lecho de los estanques es de consistencia arcillosa y su condición de pH es ligeramente ácido.

La columna de agua se mantuvo a través del experimento, a un nivel constante de 0.80 m, en promedio.

Los estanques de esta unidad cumplieron a través de este estudio con su primer ciclo de manejo, por lo que hubo que acondicionar algunas características de acuerdo a la obtención de un mejor resultado.

La operación consistió en la aplicación de una ligera capa de estiércol de vaca sobre la superficie del fondo de cada estanque con la finalidad de proporcionar un sustrato rico en nutrientes para el desarrollo de la comunidad primaria del estanque. Posteriormente se llenaron los estanques, y ocho días después, se recuperó el agua perdida por filtración y evaporación. En estas condiciones se repartieron seis kg de paja en cada estanque para obtener la floculación de las arcillas suspendidas.

La siguiente operación fue el encañado de los estanques para asegurar un pH adecuado y una concentración de la dureza adecuada, así como para llevar a cabo un control sanitario preventivo y eliminar algunos organismos introducidos (renacuajos y poecílidos).

3.3 Se trabajó con un total de 245 organismos de la especie Sarotherodon aureus, obtenidos del centro acuícola de Temascal, Oax.

De los organismos seleccionados para el experimento se tomaron los siguientes datos: longitud total promedio 9.1 ± 2.5 cm, y el peso promedio que fue de 11.65 ± 4.69 . El sexo se estimó en un 80% de machos. Los peces se distribuyeron a razón de 35 y 70 peces/estanque según la densidad de siembra.

La frecuencia de los muestros se llevó a cabo bimestralmente, estimándose la longitud total y el peso total. El tamaño de la muestra fue igual al 14%.

Un stock, aparte de 50 organismos del lote traído de Temascal, permaneció confinado en las instalaciones del INIREB en Xalapa, con objeto de recuperar o substituir las pérdidas por mortandad.

La dosis de fertilización se determinó en base al suministro diario de biofertilizante proveniente del digestor de la granja siendo esta cantidad igual a 20 kg diarios disponibles, los cuales fueron distribuidos a razón de una aplicación/semana/estanque.

Más adelante, se estimó el D B O del biofertilizante de acuerdo al método descrito por Schroeder (1974), con objeto de conocer la dosis de fertilización permitida de acuerdo al nivel de oxígeno disuelto disponible (Tabla 2, Apéndice III).

Los estanques 1-4 se fertilizaron semanalmente a razón de 20 kg cada uno y se mantuvo al estanque cinco como testigo sin fertilización.

Se utilizaron dos densidades de siembra para los estanques a razón de 1 pez/m² y 2 peces/m², contando con una repetición para cada experimento de densidad. El estanque testigo se sembró a baja densidad (1 pez/m²). La disposición de los tratamientos en los estanques se observa en la Tabla 3.

Paralelamente a los muestreos de los peces, se registraron los siguientes parámetros físico-químicos y biológicos:

OXIGENO DISUELTO

Método Winkler modificado
Levasteau (1971)

pH

Papel indicador pH 0-14 (Merck)

TEMPERATURA	Termómetro con un intervalo de: -20 + 110°C (Taylor Instr.)
PLANCTON (Cualitativo)	Red de mano con abertura de maya de 28 μ
ANALISIS DE CONTENIDO ESTOMACAL	Método de Darnell

En este trabajo la evaluación del crecimiento se llevó a cabo utilizando la relación peso - longitud, calculando la longitud máxima y aplicando la relación edad-longitud, según los métodos que a continuación se describen :

Relación Peso-Longitud : Esta relación se expresa comúnmente como: (Ricker, 1971)

$$W = a L^b$$

Donde: a = constante de anabolismo

b = constante de catabolismo

W = peso

L = longitud

y si: $b = 3$, el crecimiento es isométrico

pero si: $b \neq 3$, el crecimiento es alométrico

considerando que para: $b > 3$, el pez tiene un catabolismo alto.

$b < 3$, el pez tiene un catabolismo bajo.

La relación peso-longitud es una forma de determinar si el crecimiento del pez es isométrico o alométrico. Para estimar las variaciones del crecimiento debidas a fenómenos biológicos o ambientales, se requiere estimar un número igual de regresiones respecto a la variable que se quiera evaluar; sin embargo, se esta-

deberían ser coeficientes constantemente. Estos coeficientes son: el coeficiente "a", o constante de anabolismo, el cual puede variar a través del ciclo de crecimiento, del día, o al pasar de un hábitat a otro; en contraste, el coeficiente "b", se mantiene regularmente constante a través del ciclo de vida, y cada cambio que ocurra en "b" significa seguramente un cambio de estadio en el ciclo de vida o época de transición, o bien, un cambio brusco en el medio ambiente o las condiciones de vida tal como sucede al alcanzar la madurez sexual.

Gráfico de FORD-WALFORD (Ford, 1933; Walford, 1946) :

Este consiste en hacer un gráfico con los datos de las longitudes al final de cada periodo de incremento (L_{t+1}), en contra de las longitudes al inicio de los periodos de incremento correspondientes (L_t). Se traza una línea sobre el ángulo de los 45° en el gráfico, y el punto de intersección con la recta de las longitudes equivale a la longitud máxima teórica (L_{∞}), que es el punto donde el incremento en longitud tiende a ser asintótico. (Cushing and Walsh, 1976)

La forma de simular matemáticamente el crecimiento o aporte en longitud o biomasa a través del tiempo más utilizada en pesquerías es la que desarrolló Von Bertalanffy, la cual se basa en la relación edad-longitud, que se expresa de la siguiente manera: (Ricker, 1971)

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}] \quad (\text{ecuación 1})$$

y, que queda en función de: L_{∞} , K , y t_0

- Donde:
- L_t = longitud calculada en el tiempo t
 - L_{∞} = longitud máxima
 - K = constante que determina la rapidez a la cual la longitud se aproxima a L_{∞}
 - t = tiempo
 - t_0 = un parámetro (hipotético) que indica el

tiempo al cual el pez pudiera haber
tenido una talla igual a cero, si este
creciera en la forma en que es repre-
sentado por la ecuación "1".

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 El **análisis** de las ecuaciones obtenidas a partir de la relación peso-longitud desarrolladas para cada experimento, nos permite observar que los organismos presentaron un tipo de crecimiento alométrico, sin diferencia significativa en los cuatro estanques experimentales y pudiéndose observar que el valor de "b" \neq 3. Sin embargo, el testigo presenta un valor de "b" = 3.440543, mayor que el valor promedio de la "b" observada en los cuatro estanques fertilizados, donde la "b" tuvo un valor = 3.117509. Esto nos indica, o que los organismos testigo obtuvieron más rápidamente su longitud máxima, o que su metabolismo fue más alto. Sin embargo si observamos los valores de longitud máxima (tabla 5), podemos percatarnos de que dichos organismos alcanzan una longitud máxima promedio calculada de 24.3 cm lo que hace que resulte razonable el valor de "b" en el testigo, si consideramos que al no existir mucha disponibilidad de alimento, la especie no se desarrolla en su totalidad como respuesta a la limitación del alimento, lo cual hace que no crezca adecuadamente (crecimiento inhibido).

Ahora veamos que por otra parte, la longitud máxima promedio observada en los estanques fertilizados fue de 21.7 cm (tabla 5) mientras que el testigo fue de 16.4 cm, lo cual nos confirma que la falta de alimento influyó en el desarrollo de la especie, puesto que este estanque (testigo) no se fertilizó ni recibió alimento suplementario alguno. Por tanto a partir de lo anterior, podemos observar las ventajas de la utilización de fertilizantes orgánicos como promotores del crecimiento en peces.

La longitud máxima teórica fue de 24.3 cm (gráfica 1) en promedio para los estanques fertilizados, así mismo la longitud observada promedio fue de 21.7 cm.

Para el testigo, la longitud máxima calculada fue de 23.2 cm en promedio (gráfica 2), en tanto que la longitud máxima observada fue de 16.4 cm. Con estos antecedentes, podemos ver que...

los organismos de los estanques fertilizados tienden a alcanzar una longitud mayor que los organismos en el estanque testigo.

En cuanto al incremento de longitud se observó que el crecimiento de los peces en los estanques fertilizados, hasta un período de 180 días, fue aproximadamente constante, y para después de este período, tendió a ser asintótico o muy lento, cercano a un tercio del valor en el período anterior (Gráficas 1a-6a;7).

Por lo cual nos atrevemos a decir que a los 180 días, alcanzan su longitud máxima y la maduración sexual, pues observamos que de los 180 días a los 270 días, el crecimiento en longitud apenas si fue de 1 cm, lo cual sugiere que dichos peces deben ser cosechados alrededor de los 180 días.

4.2 Como podemos observar en las gráficas 8 y 9, se puede asegurar un incremento efectivo en la cantidad de O₂ disponible en los estanques, que para después de 15 días de fertilización, aumentan de un nivel de O₂ de 2 ppm, a un nivel de 4 ppm, elevando de esta manera el punto crítico de O₂ en los estanques, en tanto que los valores de éste en el estanque testigo permanecen constantes.

El oxígeno disuelto en los estanques, medido entre las 10-11 horas A.M., a través del ciclo de cultivo (Gráfica 10), muestra los mayores niveles de concentración en el mes de julio, correspondiéndole un intervalo de valores de 8.7-11.5 ppm de O₂ a los estanques fertilizados, en tanto que se observa un valor de 7.8 ppm para el testigo. Los valores máximos están en relación a la época del año en que los días son más largos, recibiendo por tanto por mayor tiempo, luz solar y aumentando con ello, el tiempo de fotosíntesis.

Hacia el mes de noviembre, los niveles de O₂ declinan hasta un valor promedio de 7.5 ppm aproximadamente para los estanques fertilizados, en tanto que para el testigo es de 5.7 ppm. Este evento muy probablemente se encuentra relacionado con la presencia de brizas ligeras por las tardes, de tipo seco, que no alcanzan a remover el agua de los estanques, sino que contribuyen probablemente a una pérdida de oxígeno hacia la atmósfera por difusión superficial en la interfase agua-aire en los estanques.

4.3 Plancton: En base a la observación cualitativa del plancton, vemos que en el mes de mayo, al inicio del cultivo (Tabla 7) se presenta una condición de escasez de plancton debido a la inestabilidad y baja disposición de nutrientes en el medio, ya que los estanques estaban recién excavados, así mismo en el lecho del estanque, el aporte de nutrientes por dilución apenas era suficiente. El color café del agua en este período nos permite observar que hay una gran cantidad de arcillas suspendidas que producen un efecto de sombreado en el estanque, reduciendo la penetración de luz al mismo, y limitando de esta manera el mayor desarrollo del plancton.

En esta fase del experimento, se observó también la eficacia del biofertilizante como floculante de las arcillas suspendidas, y su efecto sobre la estimulación del desarrollo del plancton.

En el mes de julio, el color del agua se observó homogéneamente verde en todos los estanques y se estimó una penetración de luz de entre 35-40 cm de profundidad (penetración a la altura del codo), así mismo en esta época, se determinó la presencia de hasta tres especies de Euglena sp., lo cual indica un estado de abundante materia orgánica (Wetzel, 1981).

En el mes de noviembre (Tabla 10), se distinguió un cambio de condición en los estanques, los cuales adquirieron un color de agua café fuerte, en relación con la observación de una menor disposición de plancton en el medio, lo cual se puede interpretar en función del descenso de la temperatura y el menor tiempo e intensidad de luz que recibieron los estanques, así como de factores tales como una mayor precipitación.

De lo anterior, podemos notar que en al menos seis de los ocho meses que duró el experimento, se presentaron condiciones adecuadas en la disposición del plancton que es el alimento natural para el crecimiento de S. aureus; no así sucedió en el estanque testigo, donde el desarrollo del plancton fue muy escaso.

4.4 Contenido estomacal: La especie S. aureus se comportó como un organismo detritófago y filtrador de plancton. En los peces revisados, se observó siempre una mayor cantidad de materia orgánica digerida compuesta por restos de fibras vegetales o pajillas a las cuales se asociaban un gran número de bacterias de las cuales la mayor parte no estaban digeridas. Se observaron también restos de quironómidos y copépodos, que no estaban totalmente digeridos; la proporción de fitoplancton encontrada fue menor que los dos componentes anteriores, y se representó principalmente por diatoméas.

En relación a la fertilización orgánica, parece ser que su valor respecto a la alimentación y crecimiento en S. aureus depende del aporte de materia orgánica procedente de fibras vegetales, y a su valor como promotor del desarrollo del plancton que forma parte de la dieta de estos peces. De esta manera se puede considerar al biofertilizante como un

alimento indirecto de los peces, ya que al favorecerse mediante la fertilización, el mayor desarrollo del plancton en el estanque, para la especie S. aureus representa una mayor disposición de alimento natural.

4.5 El valor de la tasa de conversión del biofertilizante (Apéndice II) resultó en una relación 45:1, lo que indica un nivel medio de eficiencia en la producción de proteína animal (Noriega, op.cit.)

Al final del experimento, se cosecharon aproximadamente 44 kg de pescado con un promedio de peso por pez de 180 gr.

Para alcanzar la producción mencionada, se requiere el estiércol fermentado de 7 cerdos adultos, el cual fue pasado a través de un digestor de metano y aplicado en un sistema de estanques rústicos a escala familiar.

La dosis de fertilizante aplicado diariamente estuvo en función de la disposición del biofertilizante en la granja, siendo empleada una dosis de 20 kg/semana, la cual se tradujo en un gasto de 1 920 kg de estiércol a razón de 480 kg/estanque, en los 270 días del cultivo.

Con objeto de evaluar la dosis aplicada en este experimento, se realizó un ensayo de D B O al biofertilizante así como se determinó su contenido porcentual de materia orgánica seca, y los resultados obtenidos se aplicaron en la fórmula de Schroeder (1974) para calcular la tasa de fertilización óptima de un estanque. Los datos de D B O están contenidos en la tabla ? .

Con base en los resultados obtenidos, podemos decir que

nuestra dosis equivalió a un 25% de la dosis diaria de biofertilizante que pudiera aplicarse a los estanques bajo las características presentadas anteriormente, pero tomando en cuenta que el valor del biofertilizante respecto a su D B O no sigue una relación lineal de acuerdo al volumen utilizado, no se pueden extrapolar estas cifras a las de producción de peces.

Lo anterior se puede relacionar con el menor rendimiento obtenido en este trabajo respecto de las experiencias seguidas por Hopkins y Cruz (1981); Schroeder (1974) y Rappaport (1977), que obtuvieron incrementos de peso ligeramente menores a los de este trabajo, pero en un tiempo considerablemente más corto.

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en 270 días de experimentación, podemos concluir que para estanques de construcción rústica, sin circulación de agua y con una columna de agua en promedio de .80 m:

Desde el punto de vista ecológico, no se pueden considerar dichos estanques como sistemas ecológicos en estado estacionario como tal, debido a que en dichos embalses la consolidación ecológica como microecosistema, no está en función del tiempo, ya que constantemente están recibiendo energía de la cual dependen de manera externa (biofertilizante).

El efecto del biofertilizante en el estanque tiene una doble acción positiva: (1) actúa como un floculador de las arcillas suspendidas en el agua, mejorando de esta manera su condición para el mejor desarrollo del plancton y (2) aporta los nutrientes básicos (N,P,K), para el desarrollo del plancton en el estanque.

La utilización del biofertilizante, en vez de estiércol fresco, presentó buenas condiciones sanitarias, ya que no se observaron enfermedades de tipo parasitario en los peces. La dosis de biofertilizante controlada evitó que se desarrollaran condiciones anóxicas en los estanques, y su uso fue de gran confiabilidad dada la previa fermentación a que fue sometido el estiércol en el digestor, lo cual redunda en una reducción del D B O del biofertilizante.

En cuanto al aspecto biológico-específico, se puede señalar que: Sarotherodon aureus en promedio, alcanzó su

longitud máxima a los 180 días, así como su maduración sexual, en tanto que en el período de 180-270 días, su crecimiento se vio bastante retardado, por lo que para fines de acuicultura, se recomienda efectuar la cosecha hasta el período de 180 días o seis meses de crecimiento.

Desde el punto de vista socio-económico, se puede definir a la fertilización orgánica y en particular, al biofertilizante como un "alimento" sumamente barato, lo cual para comunidades rurales y marginadas, resulta ser un sistema viable con su realidad, constituyendo una ruta alternativa o de reciclaje de los desechos destinados a la producción de alimentos de alto valor energético, como lo es la proteína animal.

B I B L I O G R A F I A

1. Balarín, J. 1979. Tilapia. A Guide to Their Biology and Culture in Africa. Sterling University, Scotland.
2. Balinski, J. 1975. Introducción a la Embriología. Omega. Barcelona.
3. Baquedano, M.; Young, M.; Morales, L. 1979. "Los Digestores: Energía y Fertilizante para el Desarrollo Rural". INTREB. Xalapa.
4. Boyd, C. 1976. "Research Shows Level of Fertilizer Needed in Ponds" Feed Stuffs. 48 (29):46.
5. Boyd, C. 1979. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Agric. Exp. St. University of Auburn. Alabama. U.S.A.
6. Chávez, M. 1981. Implantación de un Policultivo en Estanques en un Medio Rural. Tecocomulco, Hgo. Tesis Prof. Fac. de Ciencias. U.N.A.M.
7. Cházaro, M. 1977. "El Huizache, Acacia pennatula (Slecht. y Cham.) Benth. Especie Invasora en el Centro de Veracruz". Biótica. 2(5):1-18.
8. Colmenares, T. 1978. Utilización de Cerdaza como Fuente de Alimento en el Policultivo de Peces y Efectos del Manejo en el Desarrollo de los mismos. Tesis Prof. I.T.E.S.M.
9. Cushing, O.H. and Walsh, J.J., 1976. The Ecology of the Seas. W.B. Saunders Company. Toronto, Canadá.
10. Doi, T. 1976. Análisis Matemático de Poblaciones Pesqueras. Compendio Práctico. Inst. Nal. de Pesca./S.L.N. 12:L-95.
11. Everhart, H. y Youngs, W. 1981. Principles of Fisheries Science. Cornell University Press.
12. Eusebio, J. y Rabino García, G. 1980. Reciclaje y Producción en la Unidad Agropiscícola Integrada. Traducción INTREB. Xalapa.
13. FAO. 1976. Planificación de la Acuicultura en América Latina. Roma 1976. ADCP/REP. 76/3. UNDP. FAO.
14. García, E. 1970. Los Climas del Estado de Veracruz. An. Inst. Biol. U.N.A.M. Serie Botánica (1)3-42.
15. Gómez, L. 1972. Dinámica de las Poblaciones Explotables de Animales Marinos. Inst. de Invest. Pesqueras. España.

16. González, C. 1982. Análisis Poblacional de *S. aureus* en el Embalse de El Castillo, Ver. Tesis Prof. Fac. Biol. U.V.
17. Hickling, C. 1962. Fish Cultures. Faber and Faber, London.
18. Hopkins, K. and Cruz, E. 1961. Poultry-Fish and Pig-Fish Tanks. ICARM. Technical Reports 2. Manila, Philippines.
19. Huet, H. 1973. Tratado de Piscicultura. Mundí-Prensa. Madrid.
20. Lee, G.; Gabrielain, R.; Morales, A. 1976. "Posición Taxonómica del Género *Tilapia* en México". En Memorias del Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales. Tuxtla, Gtz. Chi. 3-5 de Nov. 1976. Inst. Nat. de Pesca, S.I.C.
21. Levasteau, T. 1971. Manual de Métodos de Biología Pesquera. F.A.O., España.
22. Meyens, S. 1977. "Aquaculture in Israel". Food Studies, 4(174): 30-32.
23. Morales, A. 1979. Cultivo de Ciclidos Exóticos y Nativos. Informe Técnico-Biológico. Visita a los Camellones Chontales de Nacajuca, Tabasco. 13 al 15 de Febrero de 1979. Inst. Nat. de Pesca.
24. Moav, R.; Wohlfarth, G.; Schroeder, G.L.; Hulata, G.; Barash, H. 1977. "Intensive Polyculture of Fish in Freshwaters Ponds. 1. Substitution of Expensive Feeds by Liquid Cow Manure". Aquaculture, 10:25-43.
25. Noriega, P. 1980. Utilización y Manejo de Materia Orgánica en las Unidades de Producción Agropiscícola Integradas. Notas Informativas. INIREB BIO-AQUA. Xalapa.
26. Noriega, P. 1980. La Agropiscicultura en China. Estudio sobre la Organización y Planeación de la Granja Integral. INIREB. Xalapa.
27. Odum, E. 1972. Ecología. Interamericana. México.
28. Pesca, 1981. Forrages y Fertilización. Serie de Cuadernos de Trabajo en Piscicultura. No. 1. Dirección General de Acuacultura. DePes. México.
29. Pesca, 1981. Plan Nacional de Acuicultura. Pesca-SAM. Dirección General de Acuacultura. DePes. México.
30. Pretto, R. 1980. Cuadro Sinóptico de las Tilapias. Reporte Interno Bol. Centro Nacional Acuíc. Divisa, Panamá.

31. Rappaport, U.; S. Sarig and Y. Bejaranc. 1971. "Observations on the Use of Organic Fertilizers in Fish Farming at the Ginosar st. in 1976". Bamidqeh 29(2):57-70.
32. Ricker, S.W. 1971. Methods for Assessment of Fish Production in Freshwaters. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh.
33. Rubin, R. 1976. La Piscifactoria. CECSA, México.
34. Schröder, G. 1974. "Use of Fluid Cowshed Manure to Fish Ponds". Bamidqeh 25(4):104-113.
35. Schröder, G. 1978. "Autotrophic and Heterotrophic Production of Microorganisms in Intensely-Manured Fish-Ponds, and Related Fish Yields". Aquaculture, 14 (1978) 303-325.
36. Storch, M. 1978. Metodologías seguidas en la Elaboración de los Croquis, Vistas Panorámicas y Planos a Escalas 1:10 000 y 1:2 500 de la Laguna de El Castillo, Ver. Mimeo grafiado. Fac. Biología. U.V. Xalapa, México.
37. Trewavas, E. 1965. Tilapia aurea (Steindachner) and the Status of Tilapia nilotica Exul., T. monodi and T. lemassoni. (Pisces Cichlidae). Israel Journal of Zoology. 14:253-276.
38. Trewavas, E. 1975. "On the Cichlid Fish of the Genus Pelmatochromis on the Relationships between Pelmatochromis and Tilapia and the Recognition of Sarotherodon as a distinct Genus". Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Zool. 25:1-26.
39. Vallentyne, R. 1978. Introducción a la Limnología, los Lagos y el Hombre. Omega, Barcelona.
40. Vegas, M. 1980. "Algunos Comentarios sobre el Desarrollo de la Acuicultura en América Latina". Interciencia. 5(2):117-121.
41. Wetzel, R. 1981. Limnología. Omega, Barcelona.
42. Woyanovich, E. 1980. Utilization of Piggery wastes in Fish Ponds. ICLARM. Conference Proceedings 4. Manila Philippines.
43. Zola, M. 1980. La Vegetación de los Alrededores de Jalapa. Tesis Prof. Fac. Biol. U.V. México.
44. Zur, O. 1980. The Importance of Chironomid Larvae as Natural Feed and as a Biological Indicator of Soil Condition in Ponds Containing Common Carp (Cyprinus carpio) and Tilapia (Sarotherodon aureus). Bamidqeh: 32 (3):66-77.

APENDICE 1.

ESTIMACION DE LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO:

La estimación de la velocidad de crecimiento de un organismo o una población es una medida del incremento numérico o de biomasa en un tiempo dado; en este caso en particular, se puede indicar como:

$$r = \frac{\Delta L}{\Delta T}$$

Donde:

ΔL = Intervalo de longitud dado por

$$L_{t+1} - L_t$$

ΔT = Constante de incremento en el tiempo

r = Velocidad de crecimiento hasta alcanzar un valor asintótico.

Sustituyendo:

$$r = \frac{15.74}{276} = 0.06 \text{ cm/día}$$

∴ el ritmo de crecimiento fue aproximadamente de 4 cm. cada 2 meses, hasta el tiempo de 180 días. Posteriormente dicho ritmo disminuyó a 1.36 cm en el resto de tiempo de duración del experimento. Por tanto, si:

de 9.1-20.3 cm : crecían a una velocidad de 0.06 cm./día;

de 20.3-21.7 cm: crecían aproximadamente a una velocidad de 0.02 cm./día.

Porque:

4 cm. ----- 0.06 cm./día

1.36 cm. ----- r

$$r = \frac{1.36 \times 0.06}{4} = 0.02 \text{ cm./día después de 180 días cuando el crecimiento tiende a ser asintótico.}$$

APENDICE II

CALCULO DE EL FACTOR DE CONVERSION

$$F.C. = \frac{(\text{ESTIERCOL TOTAL/Kgs.})}{(\text{PRODUCCION TOTAL/Kgs.})}$$

Estiércol total = 1,920 Kgs.

Producción Total = 44 Kgs.

∴ = 43 Kg / 1 kg de pez

F.C. = 43: 1

APENDICE III

ESTIMACION DE LA DOSIS DE FERTILIZACION ADECUADA EN BASE A LA D:B O DEL BIOFERTILIZANTE. Schroeder (1974).

1°. Se determina la capacidad del estanque
= 28 m^3

Si :

$$28 \text{ m}^3 = 28 \times 10^3 \text{ l}$$

entonces:

$$\begin{aligned} 28 \times 10^3 \text{ l} \times 1 \text{ mg OD} &= 28 \times 10^3 \text{ mgOD} \\ &= 0.028 \text{ l OD} = 28\text{g OD} \end{aligned}$$

Finalmente tenemos que en 28 m^3 de H_2O están disueltos:

28 g de O D

Si: La D B O de 1 g de biofertilizante = 5 mg/l

1000 g de biofertilizante = 5000 mg/l

Entonces : 1Kg de biofertilizante = 5 g/l

Pero : Considerando que la D B O sólo es significativa en la noche debido a que la producción fotosintética al amanecer restablece los niveles de O D en el estanque, puede considerarse entonces el valor de la D B O a la mitad (12 horas), dando un valor de 2.5 g/l ya que los otros 2.5 g O D consumidos en la D B O son compensados por la -- producción de oxígeno fotosintética en el estanque.

$$\therefore 28 \text{ g O D} / 5 \text{ g/l (DBO)} = 5.6 \text{ kg biofertilizante}$$

Pero: considerando la mitad del valor de la D B O = 2.5

$$\text{entonces: } 28 \text{ g O D} / 2.5 \text{ g/l (DBO)}$$

$$= 11.2 \text{ kg de biofertilizante, a partir}$$

de la utilización de 1 mg de O D /l presente en el estanque.

INDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRAFICAS

CONTENIDO

TABLA 1 (Análisis bromatológico del bio-fertilizante)

TABLA 2 (Resultados de D B O)

TABLA 3 (Bioensayo)

TABLA 4 (Tipo de crecimiento)

TABLA 5 (Longitud máxima)

TABLA 6 (Modelo de crecimiento según

Von Bertalanffy)

TABLAS 7-10 (Parámetros físico-químicos)

FIGURA 1 (Esquema de flujo en la granja integral)

FIGURA 2 (Ubicación geográfica)

FIGURA 3 (Ubicación de los estanques en la granja)

GRAFICAS 1-6 (Longitud máxima - Walford)

GRAFICAS 1a-6a (Relación edad-longitud según el modelo
de Von Bertalanffy)

GRAFICA 7 (Velocidad de crecimiento)

GRAFICAS 8-10 (Comportamiento de la concentración de
oxígeno disuelto en los estanques)

TABLA 1: COMPOSICION DEL ESTIERCOL UTILIZADO EN EL ESTUDIO

Análisis bromatológico (promedio) % base seco

<u>COMPOSICION</u>	<u>NO DIGERIDO</u>	<u>DIGERIDO</u>
Nitrógeno total (Kjeldhal)	2.01 [±] 0.18	3.01 [±] 0.21
Calcio (CaCO ₃)	1.8 [±] 0.41	2.01 [±] 0.31
Fósforo (P ₂ O ₅)	1.86 [±] 0.01	1.98 [±] 0.20
Potasio (K ₂ O)	3.01 [±] 0.36	3.42 [±] 0.18
Magnesio	1.08 [±] 0.18	1.92 [±] 0.31
Hidrato de Carbono	10.91 [±] 3.70	13.04 [±] 3.61
Fibra cruda	28.96 [±] 1.89	25.24 [±] 2.91
Grasa cruda	4.01 [±] 0.48	1.89 [±] 0.18
Cenizas	33.51 [±] 0.42	31.91 [±] 2.01
Proteínas	14.71 [±] 0.84	15.31 [±] 0.44

Análisis: Jacobo Domínguez
Laboratorio Central
I N T R E S

TABLA 2: PRUEBA DE D B O₅ DEL BIOFERTILIZANTE (ESTIERCO)
FERMENTADO DE CERDO

Incubación a temperatura ambiente - 26°C

Valor de saturación del agua - 6.6 ppm

Materia orgánica seca - 14%

INOCULO/ gi	1 ^a REP	2 ^a REP	3 ^a REP	\bar{X}
0.25	3.8	3.6	3.7	3.6
0.50	4.2	4.1	4.0	4.1
0.75	4.7	4.5	4.3	4.5
1.0	5.0	4.9	5.0	5.0

TABLA 3:

BIOENSAYO - DISPOSICION DE LOS TRATAMIENTOS
DE DENSIDAD Y FERTILIZACION EN LOS ESTANQUES

DIA	NO. DE ESTANQUE	SUP/m ²	DENSIDAD m ²	NO. DE PECES x EST.	TASA DE FERTILIZ.
1	1	35	1	35	20kg/biofert.
2	2	35	2	70	"
3	3	35	1	35	"
4	4	35	2	70	"
5	5	35	1	35	Est. control S/B
6	-	-	-	-	-----
7	-	-	-	-	-----

TABLA 4: TIPO DE CRECIMIENTO - RELACION PESO/LONGITUD
 $W = a L^b$ (Ricker, 1971)

ESTANQUE 1:	Se obtuvo una ecuación de tipo: $W = 0.032342.3L^{2.8155359}$
ESTANQUE 2:	Se obtuvo una ecuación de tipo: $W = 0.0127993L^{3.1124552}$
ESTANQUE 3:	Se obtuvo una ecuación de tipo: $W = 0.0103245L^{3.1861673}$
ESTANQUE 4:	Se obtuvo una ecuación de tipo: $W = 0.0667308L^{3.3558769}$
ESTANQUE 5:	Se obtuvo una ecuación de tipo: $W = 0.0061517L^{3.440543}$

El tipo de crecimiento promedio para los estanques 1-4 está representado por la ecuación:

$$W = 0.0506935 L^{3.117509}$$

TABLA 5 : LONGITUD MAXIMA - Método de Ford-WalfordESTANQUE 1 : $L_{\omega} = 26.11$ cmESTANQUE 2 : $L_{\omega} = 24.44$ cmESTANQUE 3 : $L_{\omega} = 25.46$ cmESTANQUE 4 : $L_{\omega} = 24.77$ cmESTANQUE 5 : $L_{\omega} = 23.21$ cm

La longitud máxima promedio para los
estanques 1 - 4 fué de :

$$L_{\omega} = 24.30 \text{ cm (calculada)}$$

$$L_{\omega} = 21.70 \text{ cm (observada)}$$

El valor de la longitud máxima observada
en el estanque testigo fué de:

$$L_{\omega} = 16.4 \text{ cm}$$

TABLA 6: MODELO DE CRECIMIENTO EN LONGITUD RESPECTO AL TIEMPO OBTENIDO POR EL MODELO DE VON BERTALANFFY:

$$L = L_{\infty} \left[1 - e^{-K(t-t_0)} \right]$$

Para los estanques fertilizados se obtuvo una ecuación de tipo:

$$L = 24.30 \left[1 - e^{-0.388551(t+0.533901)} \right]$$

Para el estanque testigo se obtuvo una ecuación de tipo:

$$L = 23.219 \left[1 - e^{-0.2018129(t+1.8743963)} \right]$$

TABLA 7:

FECHA: 6 Mayo, 1980
 HORA: 11 A.M.
 TIEMPO: Soleado despejado

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
 ESTANQUES PISCICOLAS DE "EL CASTILLO", VER.

ESTANQUE	TEMP. °C	pH	OD/ ppm
1	25.0	6	2.5
2	26.5	7	4.4
3	26.0	7	3.8
4	26.0	7	8.3
5	27.0	6	5.2

OBSERVACIONES: Estanques 1-3, poca materia orgánica disuelta; color de agua: verde claro. En los tres primeros estanques se observó: copépodos, Phacus, desmídeas. En el 4 y 5 se observaron: diatomeas navículas, Euglena, huevos de dípteros, etc.

TABLA 8:

FECHA: 8 Julio, 1980
 HORA: 10:30 A.M.
 TIEMPO: Soleado - 25% nubes

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
 ESTANQUES PISCICOLAS DE "EL CASTILLO", VER.

ESTANQUE	TEMP. °C	pH	OD/ppm
1	25.0	7	10.2
2	24.5	7	8.7
3	26.0	7	11.5
4	25.0	7	9.6
5	25.0	7	7.8

OBSERVACIONES: Estanques 1-4, color de agua: verde oscuro; testigo: verde claro. Alta concentración de materia orgánica disuelta. Plancton: en el testigo, se observó: Actinastrum, Anabaena, Ankistodermus, desmideas, etc. y ciliados no identificados. Estanques 1-5: se vio mayor diversidad.

TABLA 9:

FECHA: 5 Septiembre, 1980
 HORA: 10:00 A.M.
 TIEMPO: Nubosidad 60% aproximadamente
 Claro

PARAMETROS FISICO -QUIMICOS
 ESTANQUES PISCICOLAS DE "EL CASTILLO", VER.

ESTANQUE	TEMP. °C	pH	OD/ppm
1	22	7	9.6
2	23	7	9.1
3	22.5	7	8.7
4	23	7	9.9
5	23	7	7.2

OBSERVACIONES: Estanques 1-4, color agua: verde oscuro; el testigo: color verde claro. Se observó gran diversidad de fitoplancton y zooplancton: 5 tipos de zooplancton no identificados y: diatomas, Anabaenopsis, Oedogonium, navículas, Phacus, etc.

TABLA 10:

FECHA: 17 Noviembre, 1980
 HORA: 11:15 A.M.
 TIEMPO: Lluvias regulares - Nublado

PARAMETROS FISICO -QUIMICOS
 ESTANQUES PISCICOLAS DE "EL CASTILLO", VER.

ESTANQUES	TEMP. °C	pH	OD/ppm
1	18	6	7.8
2	19	7	8.1
3	19	7	6.4
4	19	6	8.2
5	19	6	5.7

OBSERVACIONES: En todos los estanques se observó menor cantidad de materia orgánica disuelta y el color del agua fue café oscuro y revuelta. Las mediciones se efectuaron con equipo Hach.

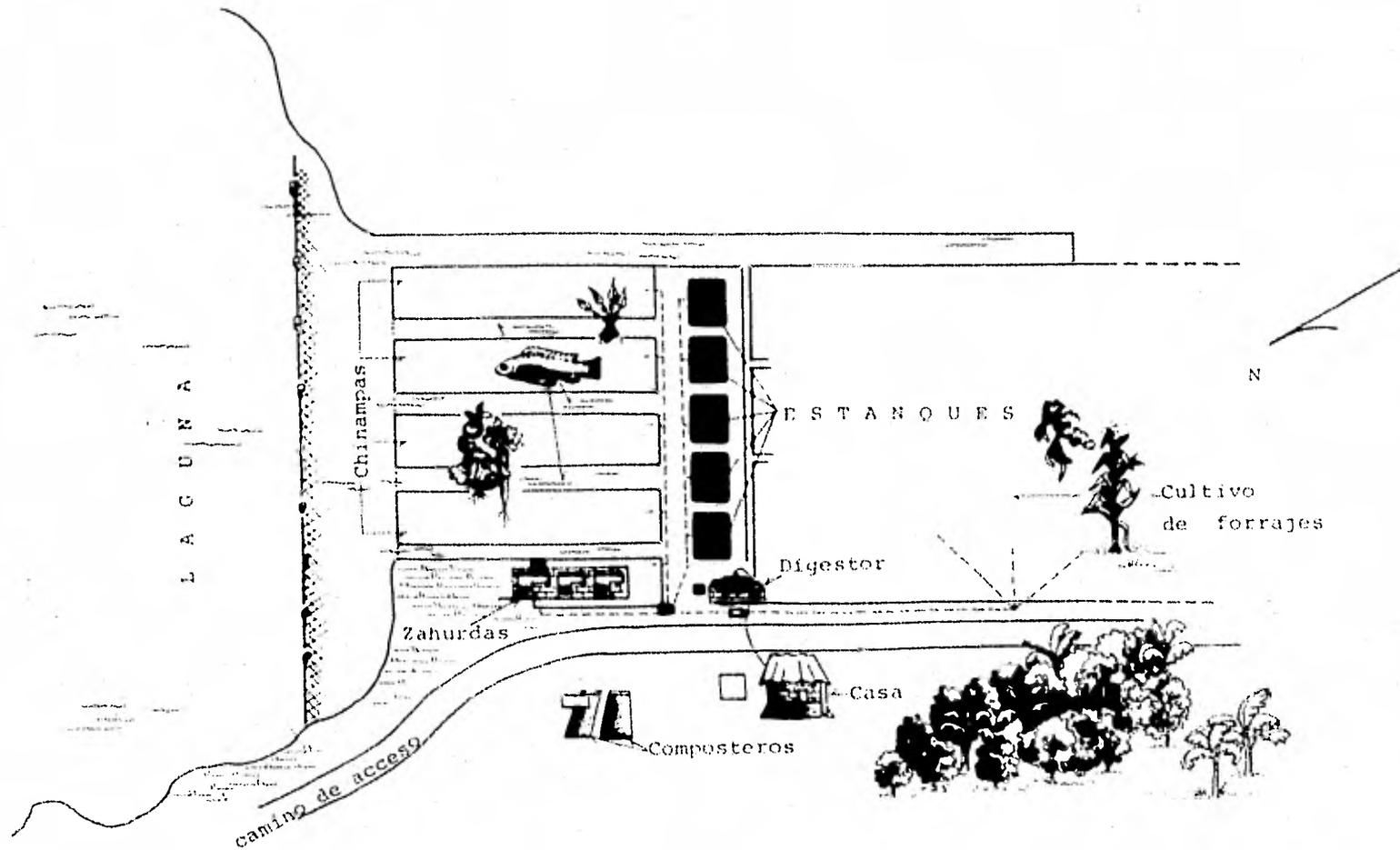
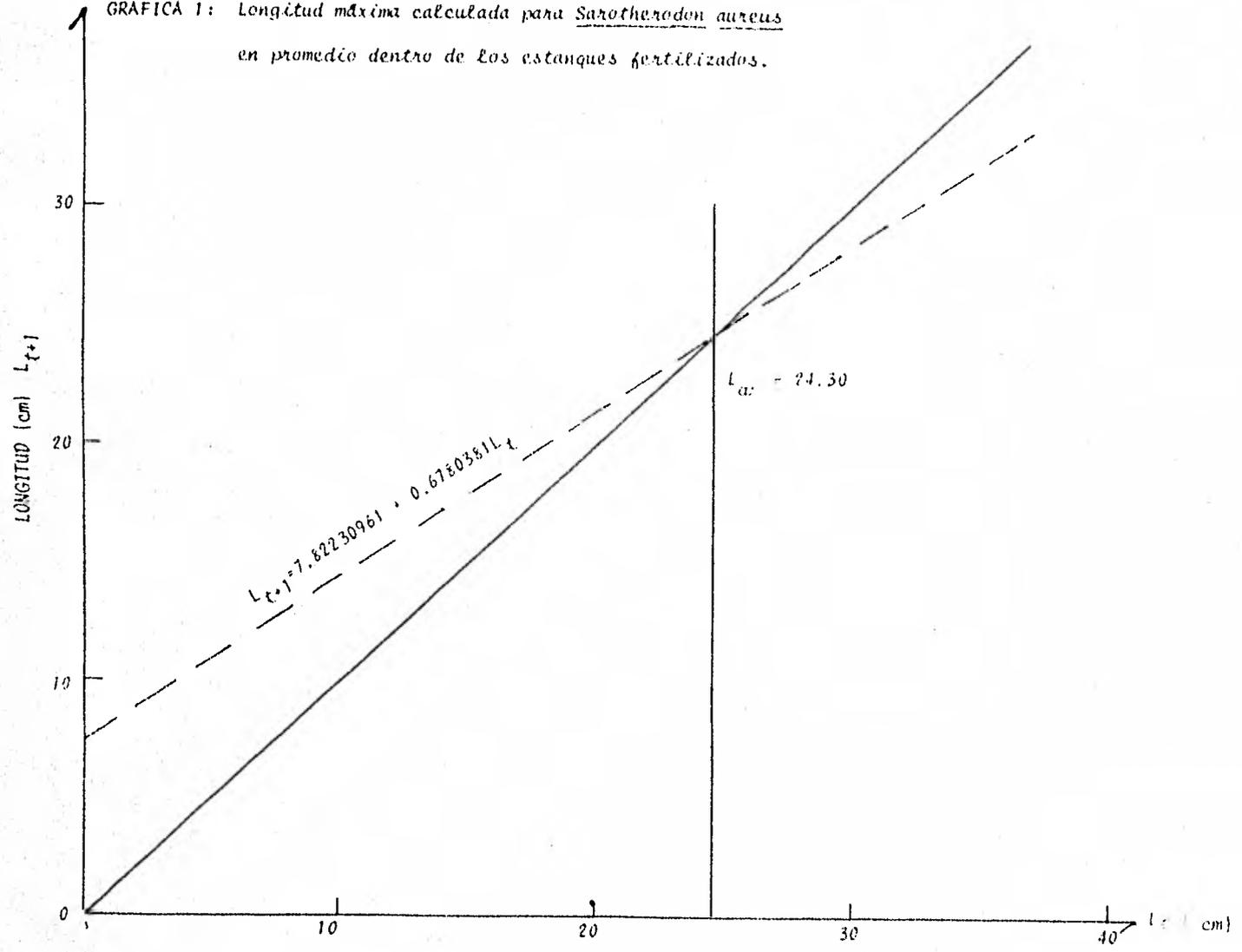
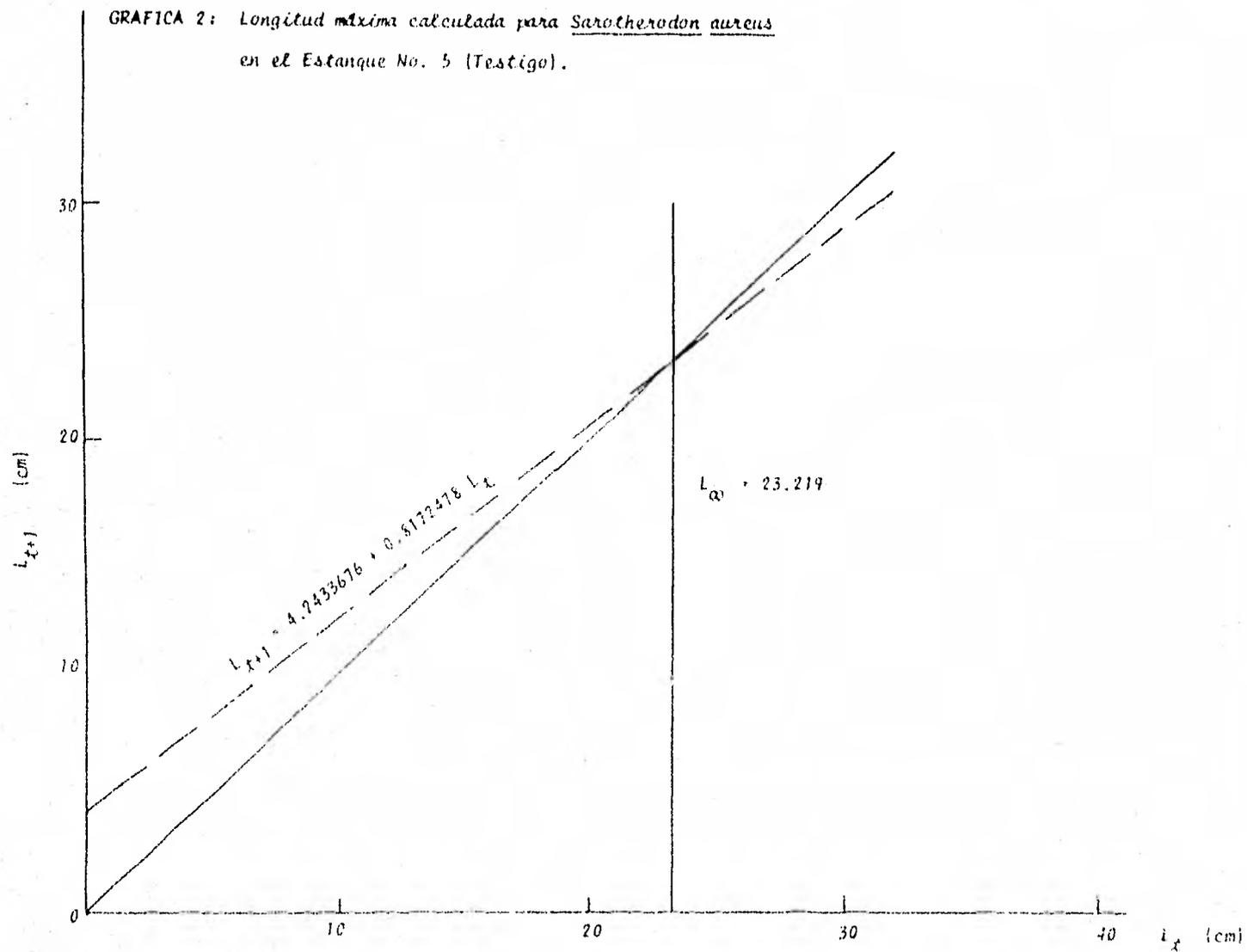


FIGURA 3: UBICACION DE LOS ESTANQUES PISCICOLAS DENTRO DE LA GRANJA INTEGRADA "EL CASTILLO", VERACRUZ

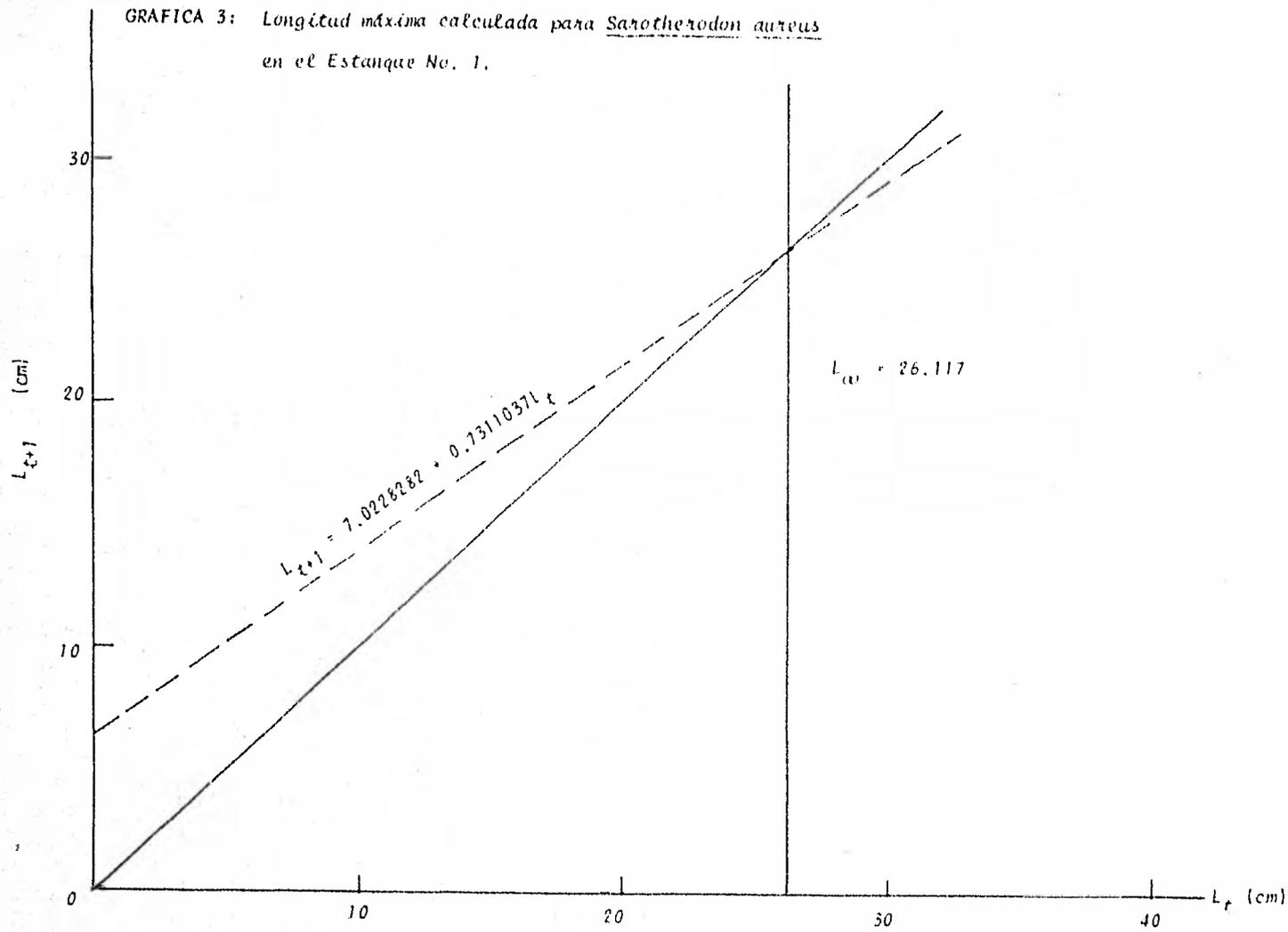
GRAFICA 1: Longitud máxima calculada para Sarotherodon aureus
en promedio dentro de los estanques fertilizados.



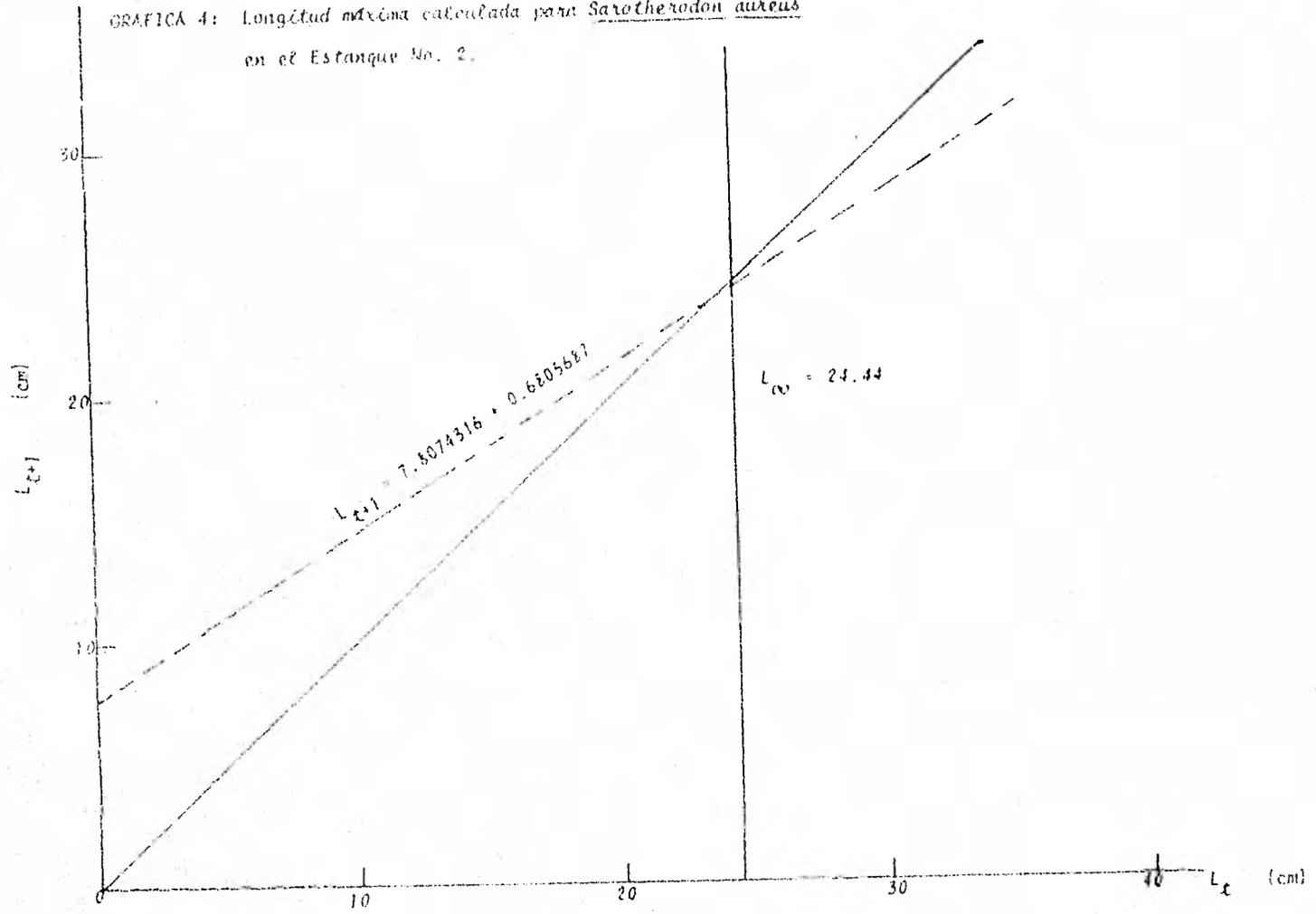
GRAFICA 2: Longitud máxima calculada para Sarotherodon aureus
en el Estanque No. 5 (Testigo).



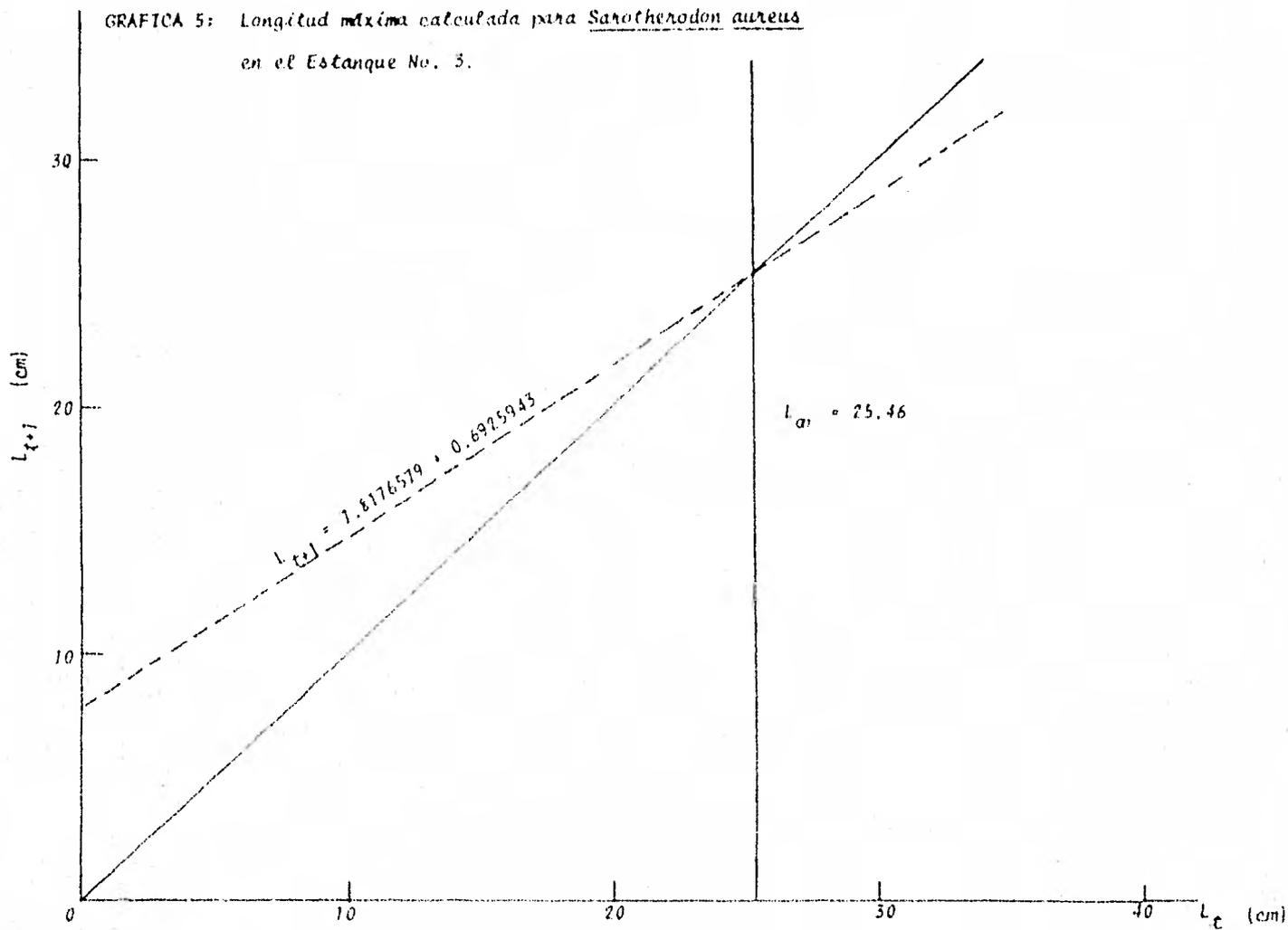
GRAFICA 3: Longitud máxima calculada para Sarotherodon aureus
en el Estanque No. 1.



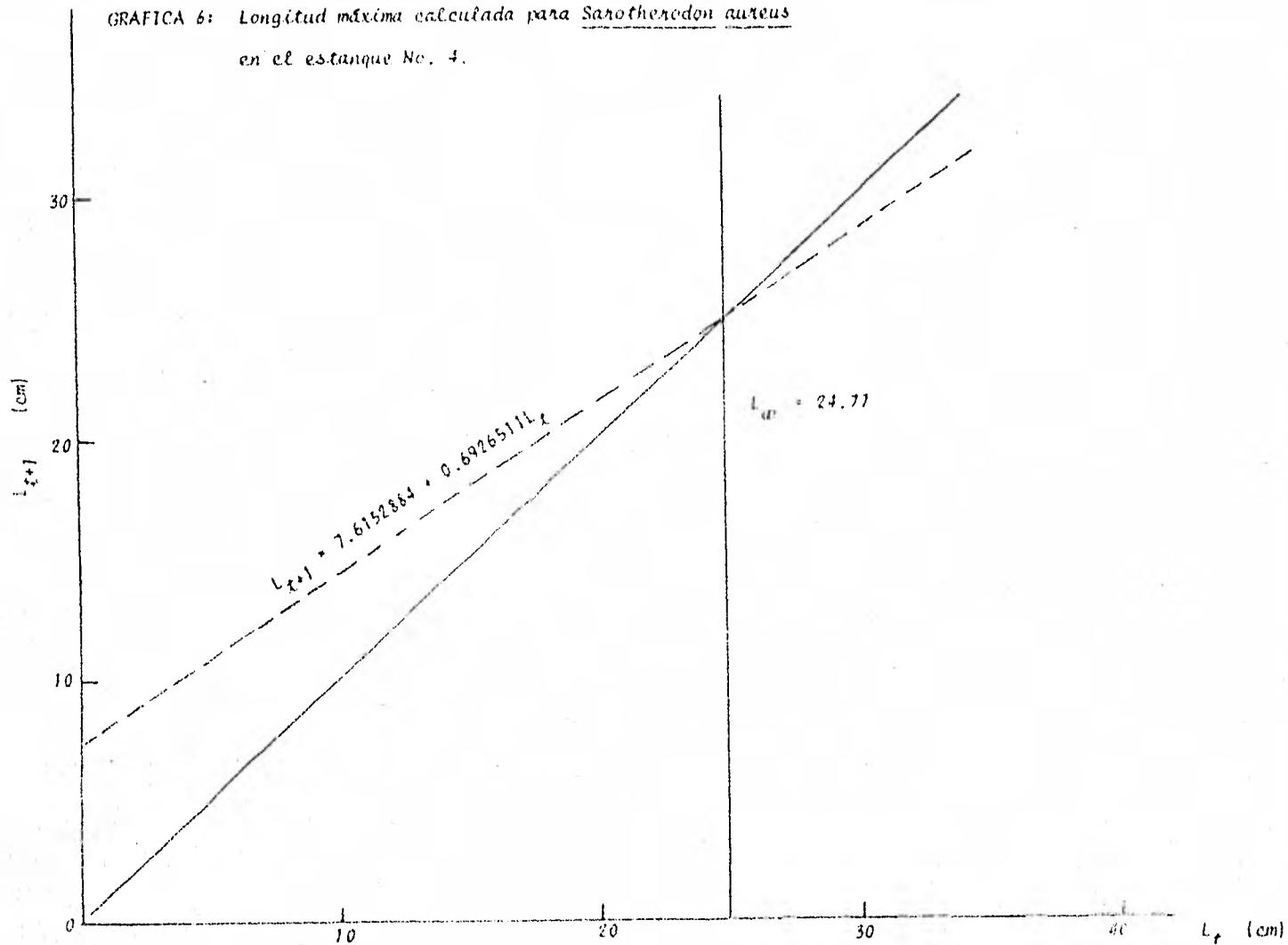
GRAFICA 4: Longitud máxima calculada para Sarotherodon aureus
en el Estanque No. 2.



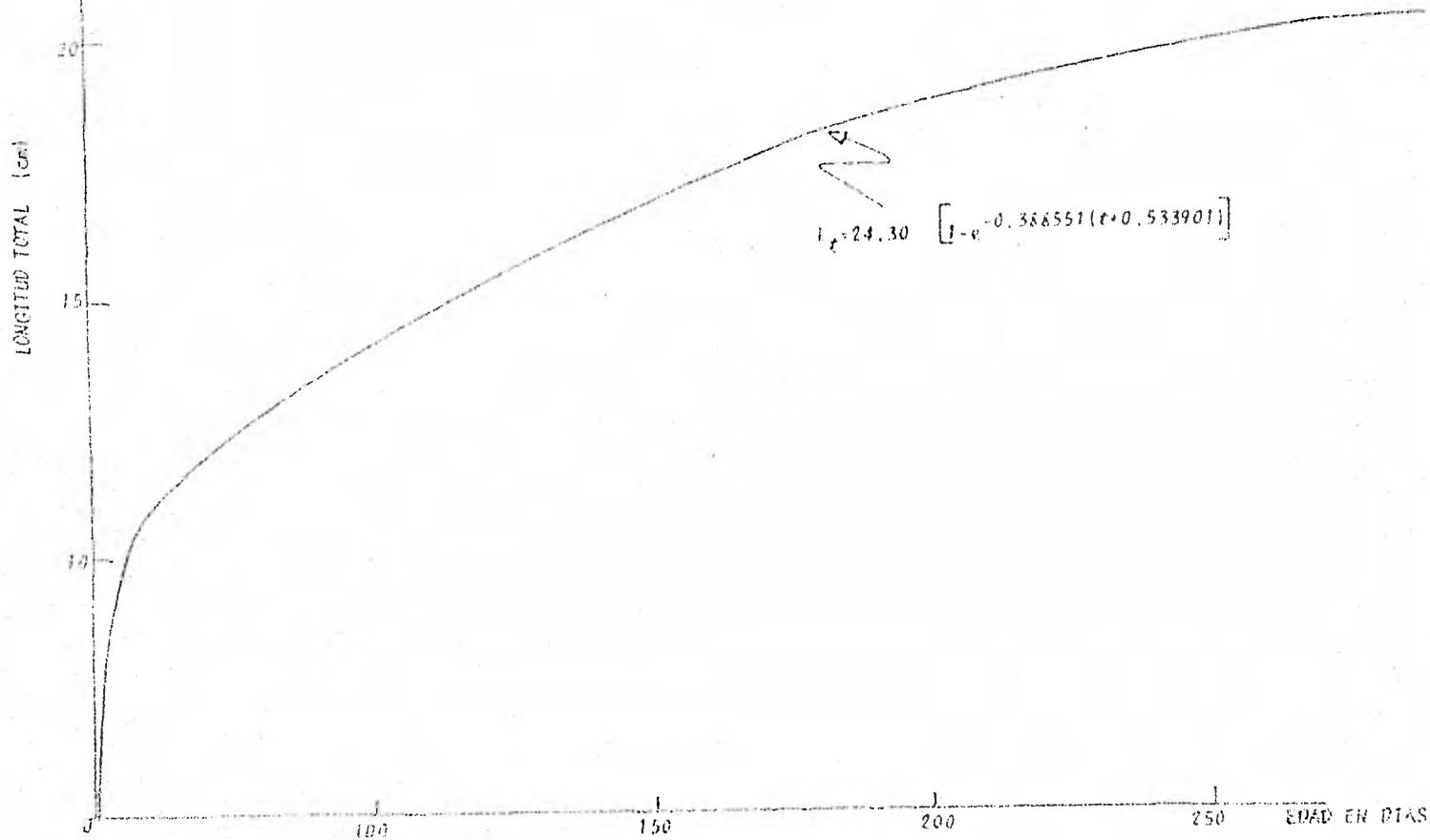
GRAFICA 5: Longitud máxima calculada para Sarotherodon aureus
en el Estanque No. 3.



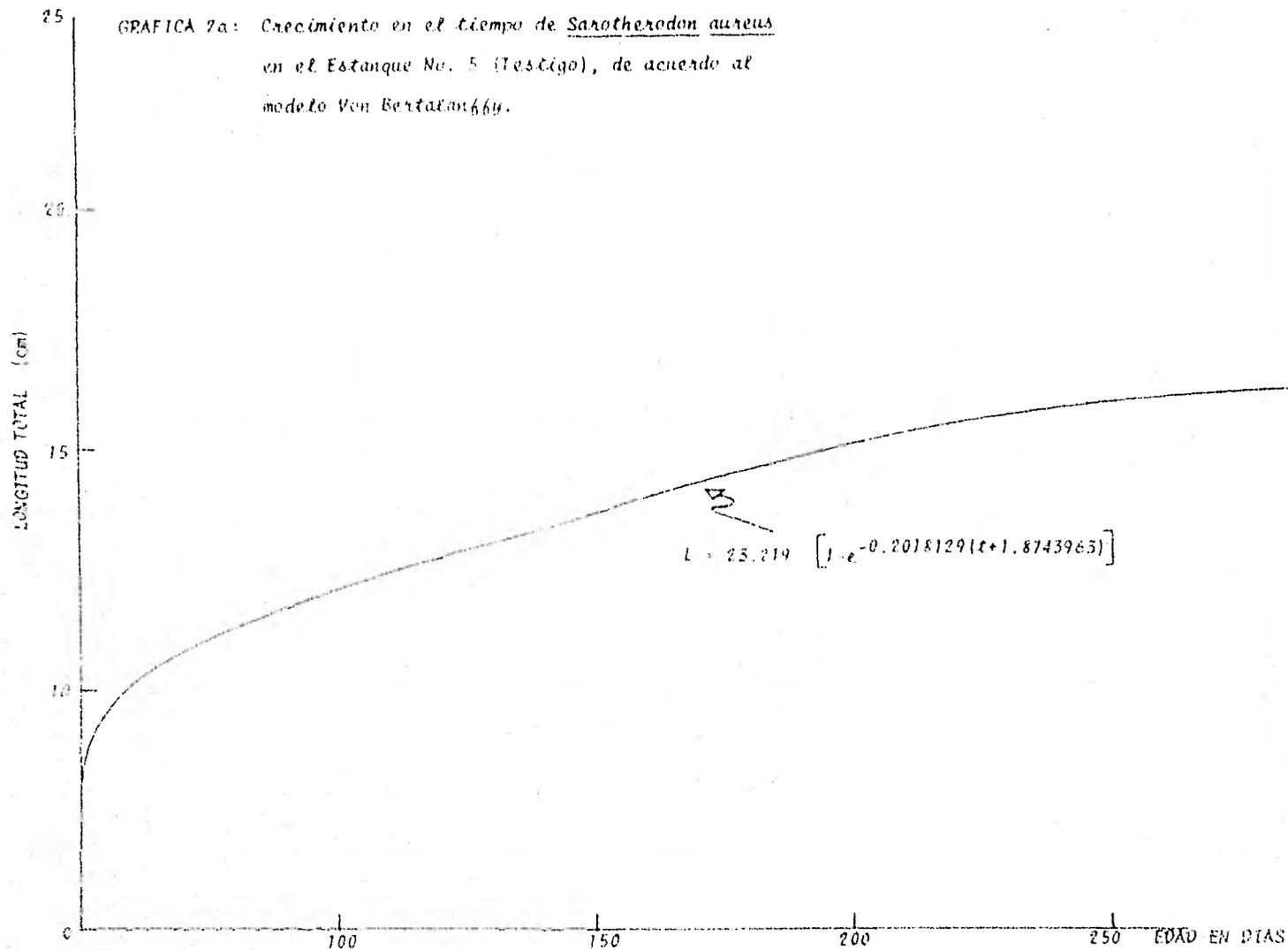
GRAFICA 6: Longitud máxima calculada para Sarotherodon aureus
en el estanque No. 4.



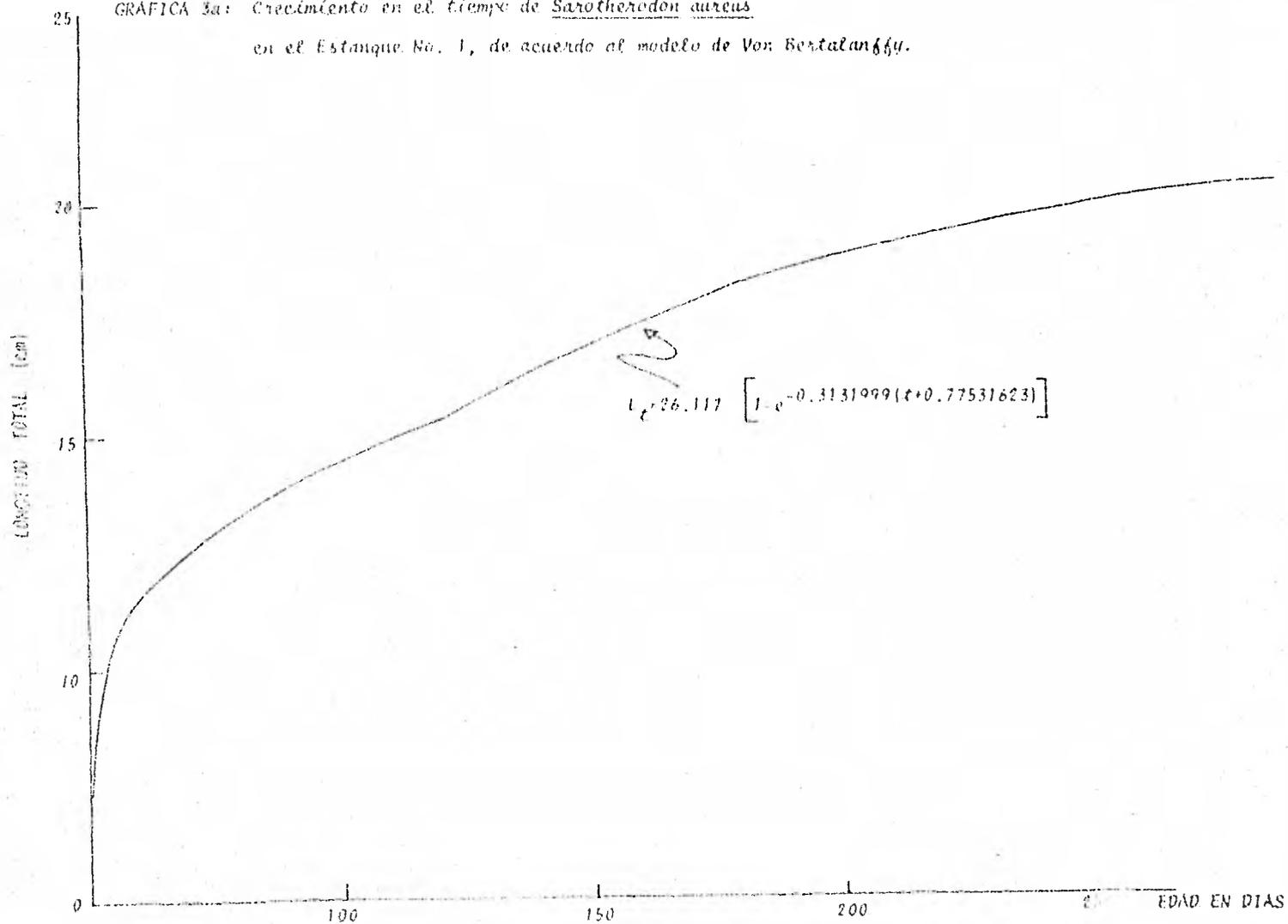
GRAFICA 1a: Crecimiento en el tiempo de Sarotherodon aureus
en promedio, para los estanques fertilizados, de
acuerdo con el modelo Von Bertalanffy.



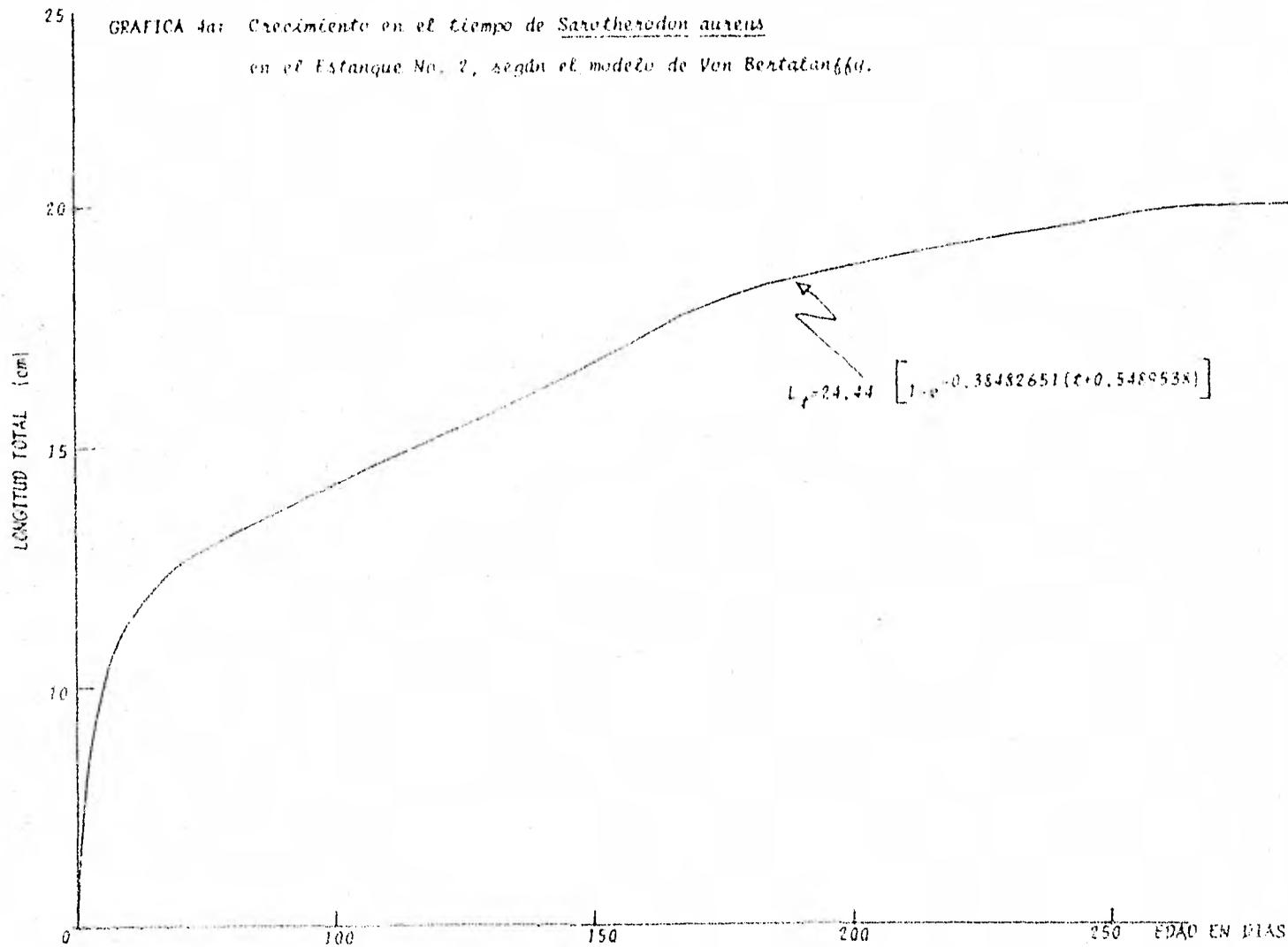
GRAFICA 2a: Crecimiento en el tiempo de Sarotherodon aureus
en el Estanque No. 5 (Testigo), de acuerdo al
modelo Von Bertalanffy.



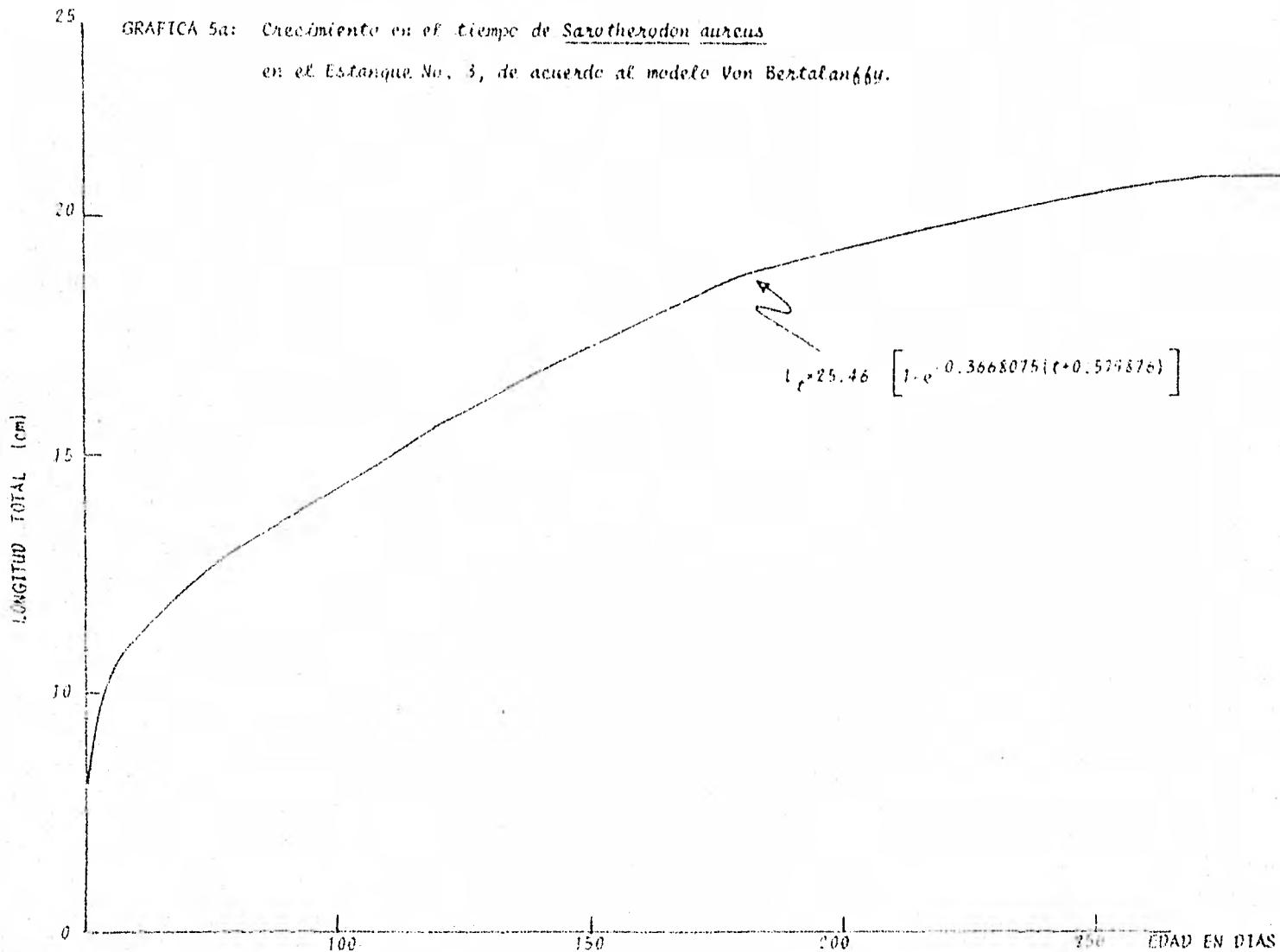
GRAFICA 3a: Crecimiento en el tiempo de Sarotherodon aureus
en el Estanque No. 1, de acuerdo al modelo de Von Bertalanffy.



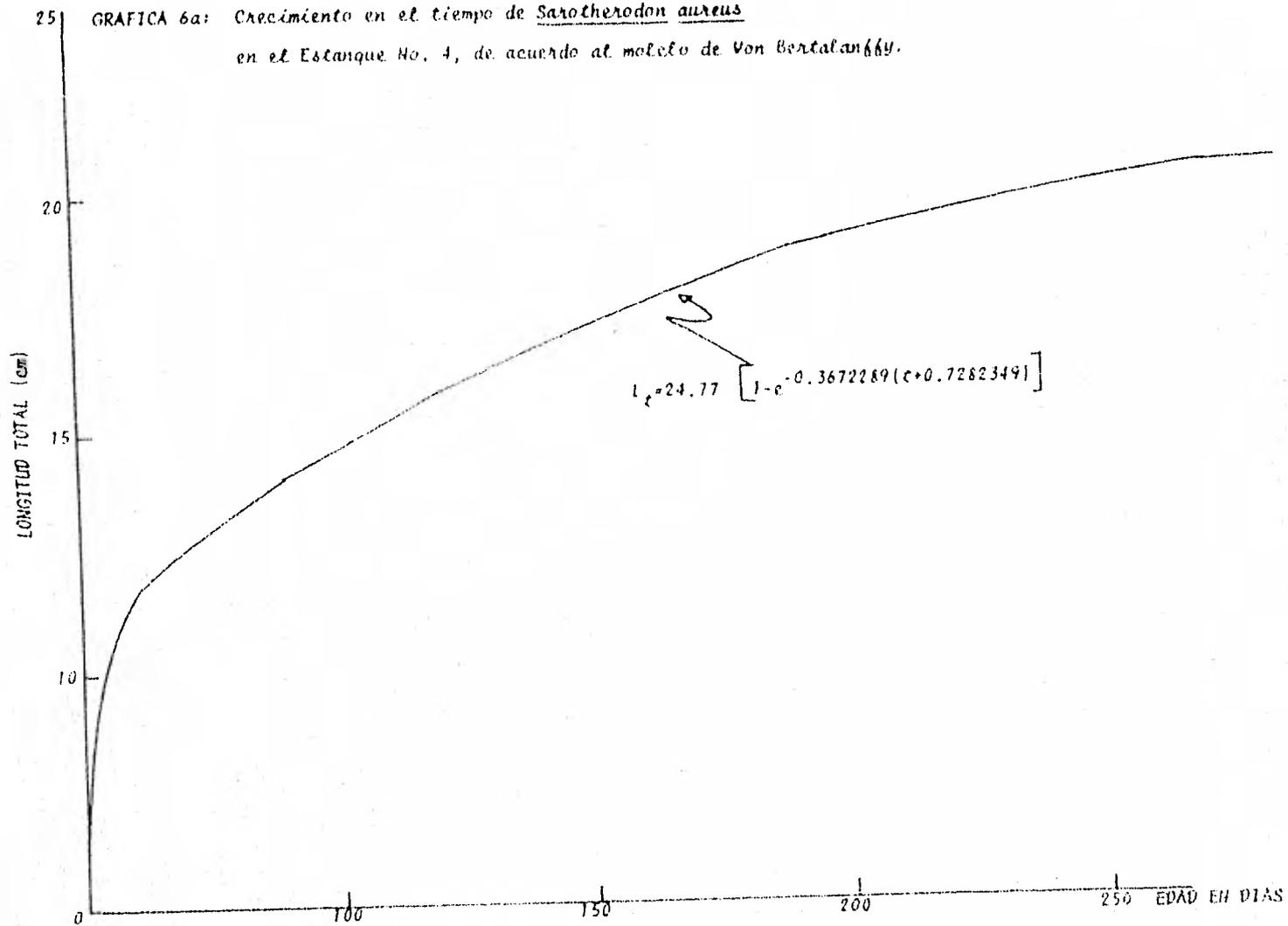
GRAFICA 4a: Crecimiento en el tiempo de Sarotherodon aureus
en el Estanque No. 2, según el modelo de Von Bertalanffy.

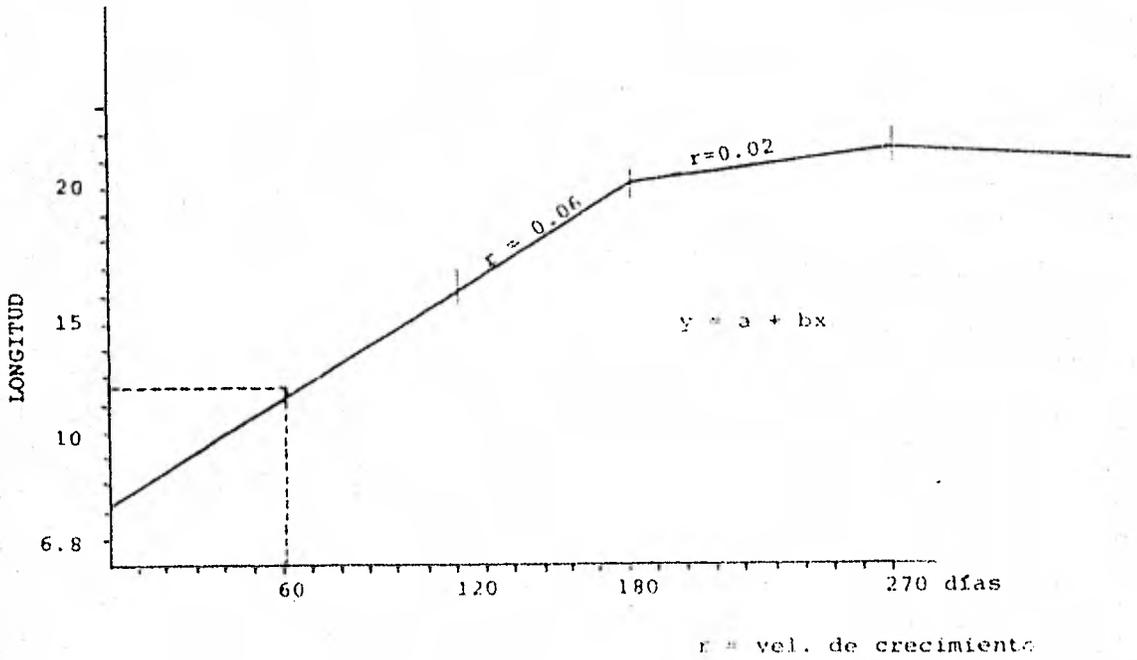


GRAFICA 5a: Crecimiento en el tiempo de Sarotherodon aureus
en el Estanque No. 3, de acuerdo al modelo Von Bertalanffy.

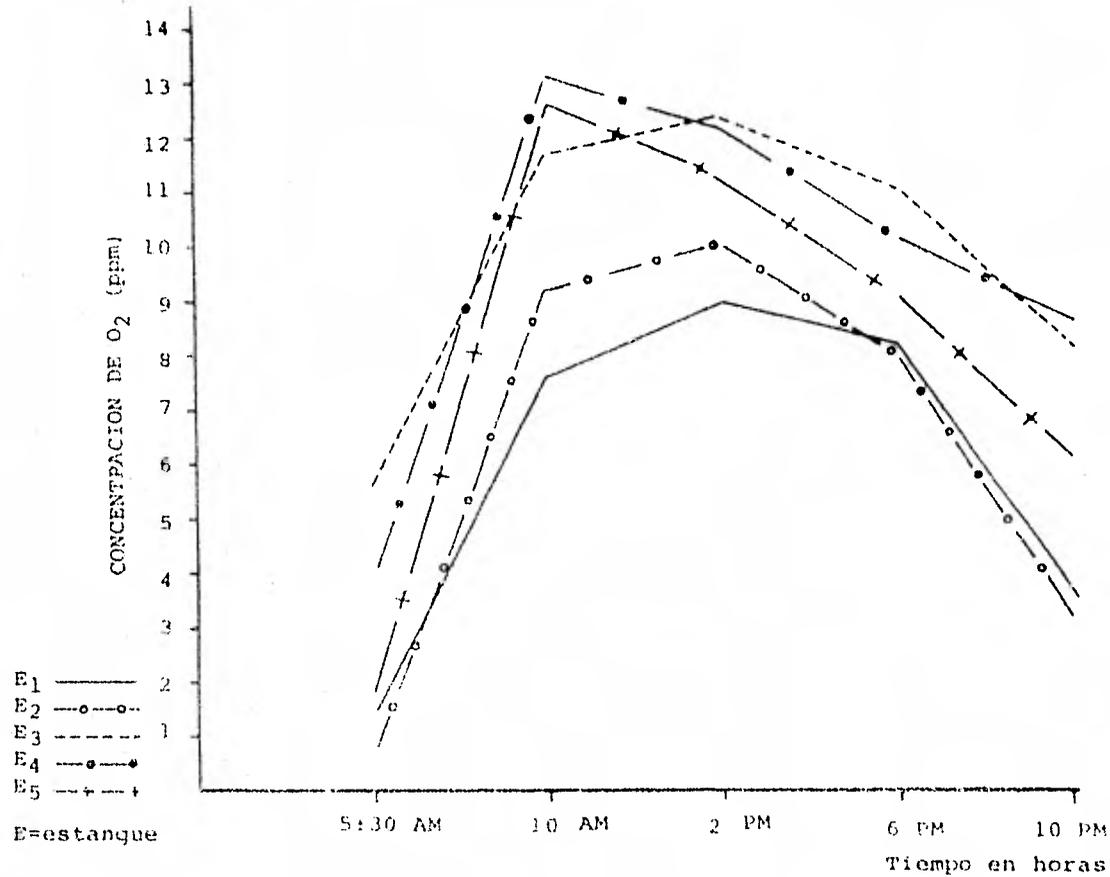


GRAFICA 6a: Crecimiento en el tiempo de Sarotherodon aureus
en el Estanque No. 4, de acuerdo al modelo de Von Bertalanffy.

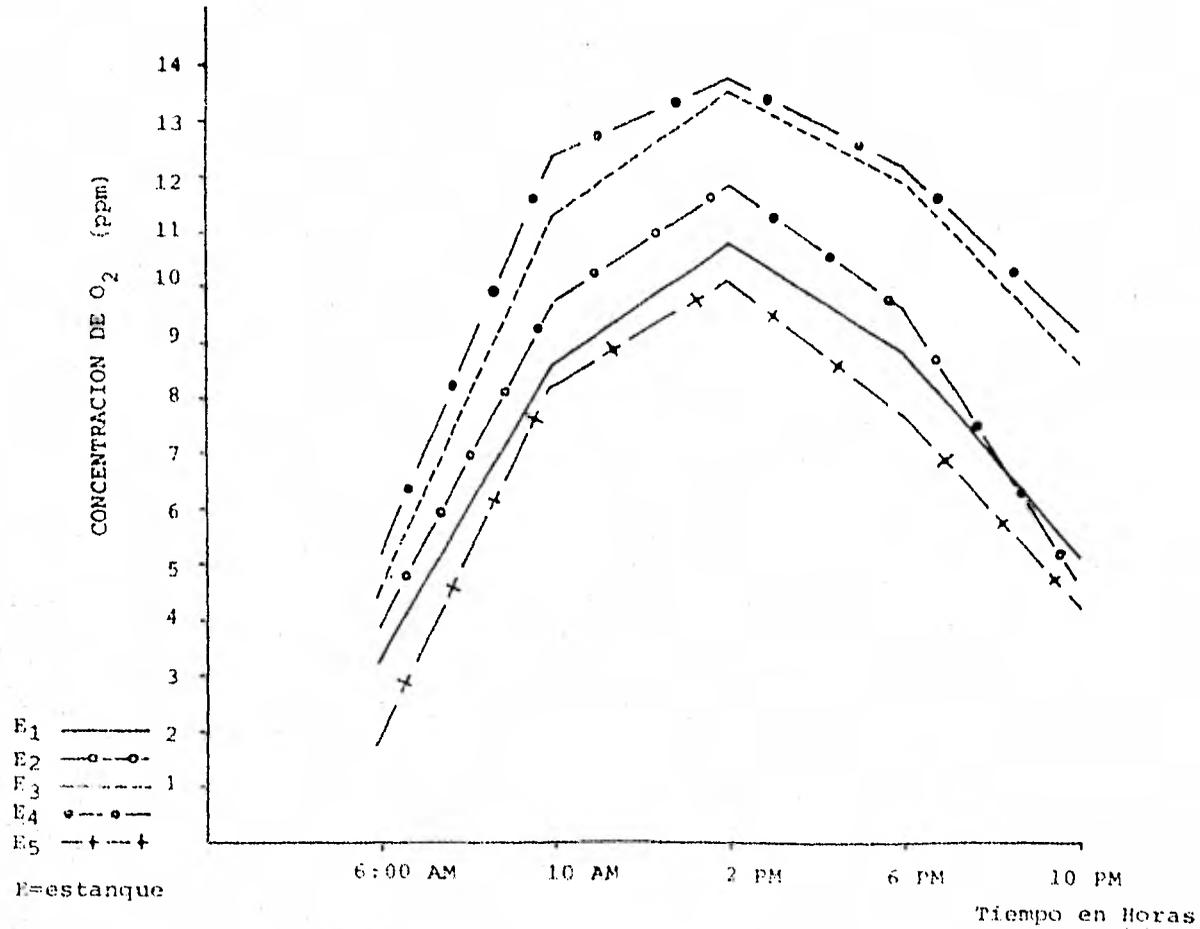




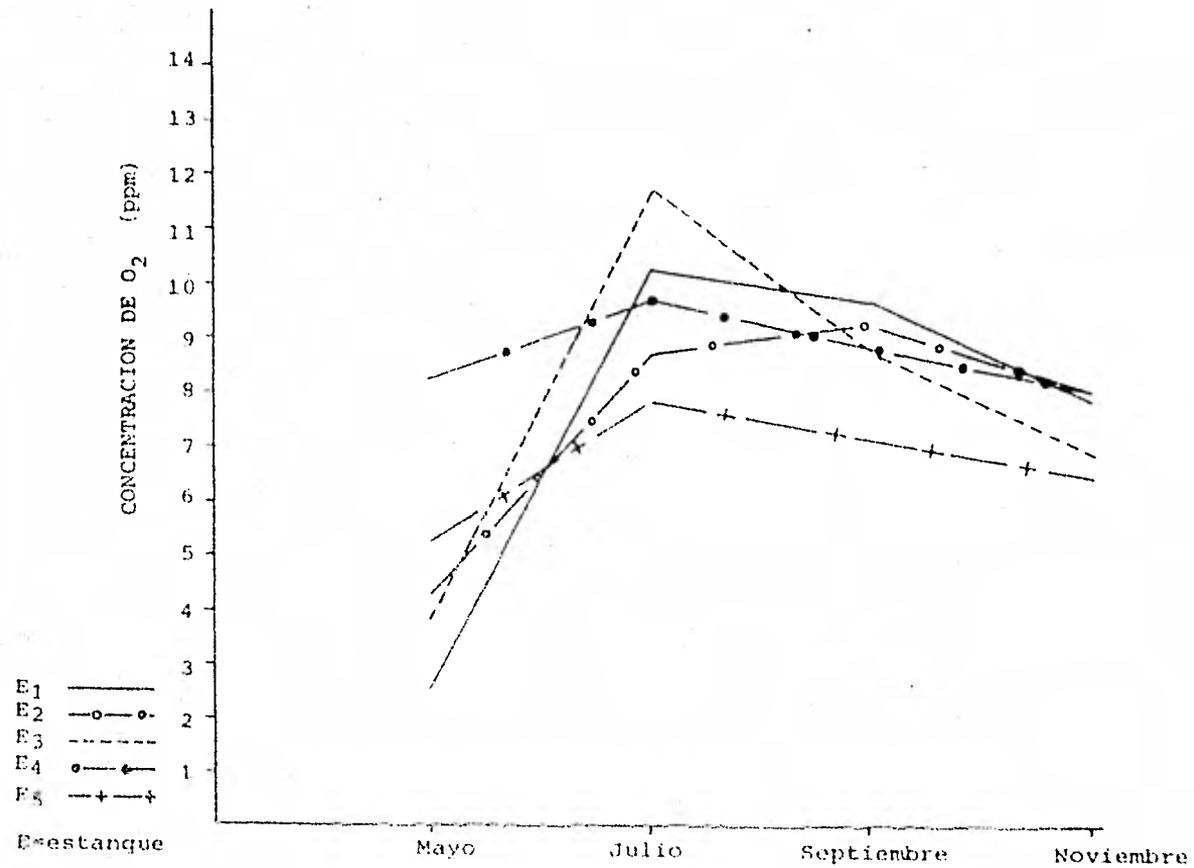
GRAFICA 7: ESTIMACION DE LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO
EN S. Aureus A TRAVES DEL CICLO DE CULTIVO



GRAFICA 8: CICLO DIURNO DEL O₂ DISUELTO - 7-JUN-80



GRAFICA 9: CICLO DIURNO DEL O₂ DISUELTO - 22-JUN-80



GRAFICA 10: Comportamiento del O₂ a través del tiempo
ESTANQUES PISCICOLAS DE EL CASTILLO, VFR.