

Prácticas dirigidas
de la Universidad de Costa Rica

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Aprobada


R. J. López S., Lic.

Directora de Prácticas
dirigidas


Alvaro Castiella R., M.Sc.

Subdirector Escuela de

Comportamiento reproductivo y crecimiento de la tilapia
áurea (Oreochromis aureus Steindachner) a altas densidades
de siembra y en condiciones de cultivo semi-intensivas.


Carlos Villalobos S., M.Sc.

Miembro de Tribunal

Práctica dirigida presentada para optar
al título de Licenciado en Biología


Roberto Ruiz S., Lic.

Miembro de Tribunal

por


Antonio Porras Porras

Sustentante

Antonio Porras Porras

1986

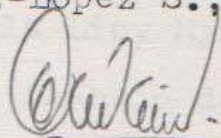
Práctica dirigida presentada en la Escuela de Biología,
de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para
optar al grado de Licenciatura en Biología.

Aprobada



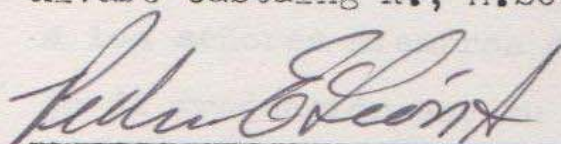
Myrna I. López S., Lic.

Directora de Práctica
dirigida



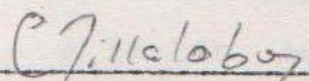
Alvaro Castaing R., M.Sc.

Subdirector Escuela de
Biología



Pedro León A., Dr.

Miembro de Tribunal



Carlos Villalobos S., M.Sc.

Miembro de Tribunal



Roberto Ruiz B., Ing. Agr.

Miembro de Tribunal



Antonio Porras Porras

Sustentante

Reconocimiento

Al Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través del Departamento de Acuacultura por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.	iii
Indice A la Fundación Internacional para la Ciencia (I.F.S.) por su apoyo económico.	vi
Lista A la Lic. Myrna I. López S. por su apoyo y orientación en este trabajo de graduación.	xiv
Intro Al Dr. Pedro León A., al Lic. Juan Bautista Chavarría y a los señores miembros del Comité Asesor y Tribunal de Trabajo de graduación por su tiempo, sugerencias y comentarios.	
Reco Al Centro Regional Latinoamericano de Acuicultura y su cuerpo docente, por las enseñanzas inculcadas.	22
Relac A la Lic. Auxiliadora Vargas Méndez por su ayuda en la revisión gramatical de este trabajo.	28
Curva A la Bióloga Nazareth Vargas Aragonés por su colaboración y comentarios hechos a esta investigación.	24
Reco A mis compañeros de trabajo, profesores y familiares que me estimularon a seguir adelante.	28
Análisis de datos.	28
Relación peso total y tamaño total.	29
Curva de crecimiento en tamaño.	32
Curva de crecimiento en peso.	39
Curva de biomasa.	40
Ciclo reproductivo.	46

INDICE

PAGINA

Descripción de gónadas.....	45
Escala de maduración gonadal.....	PAGINA
Tribunal examinador.....	ii
Reconocimiento.....	iii
Indice.....	iv
Lista de figuras.....	vi
Lista de cuadros.....	xi
Resumen.....	xiv
Introducción.....	1
Objetivos.....	9
Materiales y método	10
Recolección.....	10
Análisis de datos.....	13
Relación Peso total y tamaño total.....	15
Curva de crecimiento en tamaño.....	18
Curva de crecimiento en peso.....	22
Curva de biomasa.....	24
Escala de desarrollo gonadal.....	27
Resultados y discusión.....	28
Análisis de datos.....	28
Relación peso total y tamaño total.....	29
Curva de crecimiento en tamaño.....	32
Curva de crecimiento en peso.....	39
Curva de biomasa.....	40
Ciclo reproductivo.....	46

Lista de figuras

	PAGINA
Descripción de gónadas.....	46
Escala de maduración gonadal.....	47
Conclusiones.....	54
Bibliografía.....	56
Cuadros.....	65
Figuras.....	79
3 Relación lineal entre el ln del peso total medio y el tamaño total medio de <u>O. aureus</u> . Ensayo 1.....	81
4 Relación lineal entre el ln del peso total medio y el tamaño total medio de <u>O. aureus</u> . Ensayo N° 2.....	82
5 Variación de los valores estimados del parámetro $\hat{\theta}$ en relación a las diferentes densidades de siembra de <u>O. aureus</u>	83
6 Variación de los valores estimados del factor de condición $(\bar{K})$ en relación a las diferentes densidades de siembra de <u>O. aureus</u>	84
7 Variación de valores estimados del factor de condición $(\bar{K})$ en función del tiempo de cultivo de <u>O. aureus</u> en las diferentes densidades de siembra.....	85
8 Relación lineal entre el tamaño total promedio en el instante T-45 ($\bar{L}_{T-45}$) y en el instante T ($\bar{L}_T$) de <u>O. aureus</u> , en las	

FIGURA N°		PAGINA
1	Curva de la relación peso total ($\bar{W}_T$)/tamaño total ($\bar{L}_T$) de <u>O. aureus</u> . Ensayo N° 1.....	79
2	Curva de la relación peso total ($\bar{W}_T$)/tamaño total ($\bar{L}_T$) de <u>O. aureus</u> . Ensayo N° 2.....	80
3	Relación lineal entre el ln del peso total medio y el tamaño total medio de <u>O. aureus</u> . Ensayo 1.....	81
4	Relación lineal entre el ln del peso total medio y el tamaño total medio de <u>O. aureus</u> Ensayo N° 2.....	82
5	Variación de los valores estimados del parámetro θ en relación a las diferentes densidades de siembra de <u>O. aureus</u>	83
6	Variaciones de los valores estimados del factor de condición ($\bar{\phi}$) en relación a las diferentes densidades de siembra de <u>O. aureus</u> ...	84
7	Variación de valores estimados del factor de condición corregido ($\bar{\phi}$) en función del tiempo de cultivo de <u>O. aureus</u> en las diferentes densidades de siembra.....	85
8	Relación lineal entre el tamaño total promedio en el instante $T + \Delta T$ ($\bar{L}_{T + \Delta T}$) y en el instante T ($\bar{L}_T$) de <u>O. aureus</u> , en las...	86

	diferentes densidades de siembra. Ensayo	
	N° 1.....	86
9	Relación lineal entre el tamaño total medio en el instante $T + \Delta T (\bar{L}_{T+\Delta T})$ y en el instante $T (\bar{L}_T)$ de <u>O. aureus</u> , en las diferentes den- sidades de siembra. Ensayo N°2.....	87
10	Relación lineal entre el tamaño relativo (L_T^*) y el tiempo relativo de cultivo (T^*) de <u>O. aureus</u> en las diferentes densidades de siembra. Ensayo N° 1.....	88
11	Relación lineal entre el tamaño relativo (L_T^*) y el tiempo relativo de cultivo (T^*) de <u>O. aureus</u> en las diferentes densidades de siembra. Ensayo N° 2.....	89
12	Curva de crecimiento de <u>O. aureus</u> . Ensayo N° 1. Densidad 5 peces por metro cuadrado...	90
13	Curva de crecimiento de <u>O. aureus</u> . Ensa- yo N° 1. Densidad 10 peces por metro cua- drado.....	91
14	Curva de crecimiento de <u>O. aureus</u> . Ensayo N°1. Densidad 15 peces por metro cuadrado..	92
15	Curva de crecimiento de <u>O. aureus</u> . Ensayo N°2. Densidad 5 peces por metro cuadrado....	93
16	Curva de crecimiento de <u>O. aureus</u> . Ensayo N°2. Densidad 10 peces por metro cuadrado..	94

17	Curva de crecimiento de <u>O. aureus</u> . Ensayo N°2. Densidad 15 peces por metro cuadrado..	95
18	Variación de los valores estimados del tamaño máximo (L_{∞}) y del factor de condición medio ($\bar{\phi}$) en relación a las diferentes densidades de siembra de <u>O. aureus</u>	96
19	Variación de los valores estimados del peso total máximo (W_{∞}) en relación a las diferentes densidades de siembra de <u>O. aureus</u>	97
20a	Variación de los valores estimados del parámetro K en relación a los respectivos valores de L_{∞} en las diferentes densidades de siembra de <u>O. aureus</u>	98
20b	Variación de los valores estimados del parámetro K en relación a los respectivos valores de W_{∞} en las diferentes densidades de siembra de <u>O. aureus</u>	98
21	Curva de biomasa (B_T) de <u>O. aureus</u> . Ensayo N°1. Densidad de 5 peces por metro cuadrado.	99
22	Curva de biomasa (B_T) de <u>O. aureus</u> . Ensayo N°1. Densidad 10 peces por metro cuadrado..	100
23	Curva de biomasa (B_T) de <u>O. aureus</u> . Ensayo N°1. Densidad 15 peces por metro cuadrado..	101
24	Curva de biomasa (B_T) de <u>O. aureus</u> . Ensayo N°2. Densidad de 5 peces por metro cuadrado.	102
25	Curva de biomasa (B_T) de <u>O. aureus</u> . Ensayo	

32	N°2. Densidad 10 peces por metro cuadrado...	103
26	Curva de biomasa (B_T) de <u>O. aureus</u> . Ensayo N°2. Densidad 15 peces por metro cuadrado...	104
27	Variación de los valores estimados de biomasa máxima (B_m), tiempo de biomasa máxima (T_{B_m}) e índice de rendimiento en biomasa (I_B) para <u>O. aureus</u> en las diferentes densidades de siembra.....	105
28	Variación de la temperatura media en grados centígrados ($T^{\circ}C$) en función del tiempo de cultivo para las diferentes densidades de siembra de <u>O. aureus</u> . Ensayo N°1.....	106
29	Variación de la temperatura media en grados centígrados ($T^{\circ}C$) en función del tiempo de cultivo para las diferentes densidades de siembra de <u>O. aureus</u> . Ensayo N° 2.....	107
30a	Variación del diámetro de los ovocitos estudiados en gónadas de <u>Oreochromis aureus</u> con respecto a sus frecuencias.....	108
30b	Variación del diámetro de los ovocitos estudiados en gónadas de <u>Oreochromis aureus</u> con respecto a sus frecuencias.....	109
31	Variación del diámetro de los ovocitos para los diferentes estadios de desarrollo gonadal de <u>Oreochromis aureus</u>	110

32	Variación de los valores promedios del I.G.S. para los estadios de desarrollo gonadal de hembras de <u>O. aureus</u>	111
33	Enlaces endocrinos de la cadena entre la recepción de los estímulos ambientales y la ovulación. Tomado de Harvey and Hoar (1980).....	112
2	Información general sobre el cultivo de <u>Oreochromis aureus</u> a diferentes densidades.....	66
3	Datos de las regresiones entre los logaritmos naturales de $\bar{L}_T$ y $\bar{W}_T$, para <u>Oreochromis aureus</u> en los cultivos a diferentes densidades de siembra.....	68
4	Parámetros $\bar{Q}$ y $\bar{\theta}$ de la relación peso total-tamaño total y factor de condición medio "correctado" ($\bar{\theta}$) obtenido mediante el valor estimado de $\bar{Q}$ total, de <u>Oreochromis aureus</u> , en las diferentes densidades de siembra.....	69
5	Valores quincenales del factor de condición ($\bar{K} 10^{-2}$) estimados a partir del valor de $\bar{Q}$ considerado constante para <u>Oreochromis aureus</u> en las diferentes densidades de siembra.....	70
6	Expresiones matemáticas de las curvas de las relaciones peso total-tamaño total medias y de las rectas de las regresiones lineares	

CUADRO N°

PAGINA

- 1 Datos de tamaño total medio ($\bar{L}_T$) y peso total medio ($\bar{W}_T$) de los ejemplares de Oreochromis aureus muestreados, quincenalmente, en ensayo sobre el cultivo a altas densidades de siembra..... 65
- 2 Información general sobre el cultivo de Oreochromis aureus a diferentes densidades..... 66
- 3 Datos de las regresiones entre los logaritmos naturales de $\bar{L}_T$ y $\bar{W}_T$, para Oreochromis aureus en los cultivos a diferentes densidades de siembra..... 68
- 4 Parámetros ϕ y θ de la relación peso total-tamaño total y factor de condición medio "corregido" ($\bar{\phi}$) obtenido mediante el valor estimado de θ total, de Oreochromis aureus, en las diferentes densidades de siembra..... 69
- 5 Valores quincenales del factor de condición ($\bar{\phi} 10^{-2}$) estimados a partir del valor de θ considerado constante para Oreochromis aureus en las diferentes densidades de siembra..... 70
- 6 Expresiones matemáticas de las curvas de las relaciones peso total-tamaño total medios y de las rectas de las regresiones lineares

	entre los logaritmos de esas variables, es tablecidas para <u>Oreochromis aureus</u> en culti vos a altas densidades de siembra.....	71
7	Regresiones lineales de la transformación de Ford-Walford: $\bar{L}_{T+\Delta T} = f(\bar{L}_T)$ y de la re lación entre los tamaños relativos L_T^* y los respectivos tiempos relativos de cultivo T^* , con los valores estimados del coeficiente de correlación lineal de Pearson (r), para <u>O.</u> <u>aureus</u> , en las diferentes densidades de siem bra.....	72
8	Expresiones matemáticas de las curvas de cre cimiento en tamaño ($\bar{L}_T$) y en peso ($\bar{W}_T$) de <u>O. aureus</u> en las diferentes densidades de siembra.....	73
9	Expresiones matemáticas de las curvas de bio masa (B_T) de <u>O. aureus</u> en las diferentes den sidades de siembra.....	74
10	Valores estimados de los parámetros B_m (va lor teórico de biomasa máxima esperada), T_B (tiempo requerido para alcanzar la biomasa máxima) e I_B (índice de rendimiento en bio masa) obtenidos de los ensayos de cultivos de <u>O. aureus</u> a diferentes densidades de siem bra.....	75

11	Variaciones de temperatura ($\bar{T}^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto ($\bar{O}_2$) y pH , durante el período de cultivo de <u>O. aureus</u> en las diferentes densidades de siembra.....	76
12	Variación de los parámetros Temperatura ambiental ($^{\circ}\text{C}$) y precipitación en el período comprendido entre junio de 1985 y febrero de 1986 en la Estación Experimental "Los Diamantes".....	77
13	Valores promedios del Índice Gonado-Somático (IGS) para los diferentes estadios de maduración gonadal de las hembras de <u>O. aureus</u> y sus respectivas desviaciones estándar.....	78

Se presenta la densidad de 10 peces por metro cuadrado como aquella que maximiza la producción de O. aureus en un período promedio de 100 días de cultivo, basada en aspectos ecológicos de productividad natural de un estanque y en asociaciones cuantitativas de ganancia en kilogramos.

La producción de alvinos es analizada con base en los

Resumen

Se estudian aspectos del comportamiento reproductivo y del crecimiento de Oreochromis aureus a altas densidades de siembra y en condiciones de cultivo semi-intensivas. Durante el período de investigación que se extendió de junio a setiembre de 1985, y de noviembre de 1985 a febrero de 1986, se utilizó fertilización orgánica a base de cerdaza.

Con base en las características macroscópicas de los ovarios y en el diámetro de los ovocitos, se presenta una escala de desarrollo gonadal y se define a O. aureus como una especie que presenta desova parcial.

Se tipifica una metodología de análisis estadístico para la acuicultura, mediante la cual se obtienen las expresiones matemáticas de las curvas de la relación de tamaño y peso, crecimiento en tamaño y peso, y biomasa total. Se calculan los valores medios del factor de condición quincenal y los valores de la constante θ relacionada con el crecimiento propio de cada especie.

Se presenta la densidad de 10 peces por metro cuadrado como aquella que maximiza la producción de O. aureus en un período promedio de 100 días de cultivo, basada en aspectos ecológicos de productividad natural de un estanque y en aspectos cuantitativos de ganancia en kilogramos.

La producción de alevines es analizada con base en las

tres diferentes densidades de siembra utilizadas (5, 10 y 15 peces por metro cuadrado).

Se considera, con base en los resultados obtenidos, que el modelo de producción estudiado es aplicable en Costa Rica, y es recomendable como sistema alternativo de producción, con relación al sistema de producción de tilapias de tamaño comercial.

(Coll, 1983).

En cultivos semi-intensivos (mayores densidades), además de las posibles restricciones ambientales, el factor que más limita la producción de peces es el alimento; pero si se adiciona alimento en los espacios de cultivo, pueden lograrse producciones alrededor de 1.000 kg de biomasa/ha/año (Bardach *et al.*, 1972) obteniendo así altas eficiencias en la conversión.

El crecimiento de las tilapias varía mucho, dependiendo no sólo de las especies, sino también de los individuos. También influye la cantidad de alimento disponible, natural o artificial. El crecimiento es mucho más rápido en las aguas ricas en nutrientes (Ewert, 1983).

Según Vinaster (1982), no es tan importante la cantidad de peces que se cultivan, sino el tamaño y el peso que ellos alcanzan en determinado tiempo. El peso es de vital interés, puesto que asegura el rendimiento y la producción del estanque.

Las tilapias son una importante fuente de alimentación en muchos países tropicales y subtropicales (Guerrero, 1982).

La tilapia común, Oreochromis aureus (familia Cichlidae)

1. Introducción

En el cultivo extensivo en medio acuático, los alimentos naturales están constituidos por bacterias, fitoplancton, zooplancton, insectos, crustáceos, peces y otros organismos. La producción natural de esos organismos depende fundamentalmente del agua, su temperatura e intensidad de radiación solar (Coll, 1983).

En cultivos semi-intensivos (mayores densidades), además de las posibles restricciones ambientales, el factor que más limita la producción de peces es el alimento; pero si se adiciona alimento en los espacios de cultivo, pueden lograrse producciones alrededor de 1.000 kg de biomasa/Ha/año (Bardach et al, 1972) obteniendo así altas eficiencias en la conversión.

El crecimiento de las tilapias varía mucho, dependiendo no sólo de las especies, sino también de los individuos. También influye la cantidad de alimento disponible, natural o artificial. El crecimiento es mucho más rápido en las aguas ricas en nutrimentos (Huet, 1983).

Según Vinatea (1982), no es tan importante la cantidad de peces que se cultiven, sino el tamaño y el peso que ellos alcanzan en determinado tiempo. El peso es de vital interés, puesto que asegura el rendimiento y la producción del estanque.

Las tilapias son una importante fuente de alimentación en muchos países tropicales y subtropicales (Guerrero, 1982).

La tilapia áurea, Oreochromis aureus (Familia Cichlidae)

es endémica del continente africano y del medio este asiático. Su distribución natural es al oeste de Africa -de Senegal a Chad- (Philippart y Ruwet, 1982), sistema de ríos de Senegal y Nigeria, sistema pluvial del Río Nilo y Medio este asiático -Valle de Jordan y Siria- (Wohlfarth y Hulata, 1981).

Su distribución ha sido aumentada por la introducción artificial que desde 1950 se ha venido efectuando en muchos países, tales como Filipinas, Taiwán, El Salvador, Puerto Rico, Estados Unidos, Chipre y Costa Rica (Philippart y Ruwet, 1982).

O. aureus fue introducida en Costa Rica, procedente de El Salvador, en 1966 y posteriormente, en 1979, de Taiwán (Ruiz, 1980).

Las tilapias presentan muchas características que favorecen su cultivo: tasas rápidas de crecimiento, buena productividad por unidad de volumen de agua, eficiente conversión alimenticia, gran tolerancia a condiciones ambientales desfavorables, facilidad de cría, resistencia a enfermedades, al manejo y a bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Son organismos que crecen en un amplio ámbito de alimentos, tanto naturales como artificiales, aprovechando bien los desechos orgánicos; toleran condiciones de aguas pobres (Kohler y Pagan-Font, 1978; Wohlfarth y Hulata, 1981; Caulton, 1982; Guerrero, 1982; Pullin et al, 1982).

La reproducción incontrolada y la madurez sexual temprana perjudican la tasa de crecimiento (Wohlfarth y Hulata, 1981;

Guerrero, 1982).

Las densidades de siembra de tilapias en estanques oscila entre 1 a 2 por metro cuadrado y se sabe que a densidades mayores producirían muchos peces al cabo de 8 a 10 meses, pero de poco tamaño y peso. Lo anterior debido a los factores limitantes de productividad natural, demanda bioquímica de oxígeno y espacio vital para los peces. El control de la densidad de población y la utilización de la alimentación suplementaria, son dos de los factores más importantes que afectan la producción en los estanques de cultivo. Las más altas producciones son obtenidas a determinadas densidades de peces; por lo tanto las alteraciones en la densidad, influyen directamente en la producción. Con bajas densidades los recursos alimenticios no son totalmente utilizados, ocasionando pérdidas a nivel de producción; con altas densidades, la capacidad sustentable podrá ser alcanzada y la producción sufrirá disminuciones considerables (Hepher, 1978).

Debido a la importancia de la calidad del agua en el cultivo de peces, 4 factores principales deben ser controlados: temperatura, mínimo de oxígeno, suministro de alimento y remoción de metabolitos. Si se controlan estos factores adecuadamente, se posibilita el aumento de la t. sa de siembra en los estanques, sin reducción de la tasa de crecimiento individual y con obtención de altas producciones (Verani, 1980).

O. aureus, en sistemas controlados, comienza a reproducirse a los 85 días, lo cual afecta la producción de los estanques

al aumentar de este modo la densidad en forma no controlada; de ahí que se utilicen técnicas tales como el monosexado, la hibridación y el cultivo en jaulas flotantes; Swingle (1960) citado por Guerrero (1982) y Allison et al (1979) citados por Hephher y Pruginin (1982), sugieren el control de la reproducción mediante el uso de tasas de siembra a altas densidades. Estos mismos autores experimentaron con la misma especie, usando densidades altas de 5, 10 y 20 peces por m^2 . El desove libre decreció con el incremento de la densidad y la producción fue alta (cerca de una tonelada por hectárea en la densidad más baja, y 17.3 toneladas/Ha en la densidad más alta).

El incremento en las tasas de siembra de alevines hizo decrecer las tasas de reproducción (Guerrero, 1982). Sugiere el mismo autor, la presencia de un factor represivo que estaría afectando la reproducción. En Sarotherodon mossambicus se cree que la sustancia está presente en el mucus, habiéndose encontrado que causa una respuesta alérgica en altas densidades (Herderson-Arzapalo et al, 1980).

En Israel, se observa un súbito incremento en la producción de tilapia, atribuida al desarrollo de métodos de cultivo con crecimiento intensivo a altas densidades, y a la adición de alimento rico en proteína -25% total de proteína (Sarig y Arieli, 1980). Estos autores concluyen que, si bien es cierto que el cultivo a altas densidades es sumamente ventajoso, es recomendable encontrar una tasa de siembra óptima, con base en la tasa de crecimiento individual y en la producción

por unidad de área. O. aureus es fitoplantófaga, lo cual resulta importante en la determinación de la densidad de siembra óptima que se debe utilizar (Sarig y Arieli, 1980).

Por otra parte, Rappaport y Sarig (1975), trabajaron con crecimiento de tilapias a altas densidades (8 peces/ m²), logrando incrementos diarios individuales de 2 g a 2.1 g, y a 100 días de cultivo, pero este ensayo se realizó utilizando alimento suplementario y agua enriquecida con oxígeno, mediante el uso de aireadores.

De la literatura revisada, se deduce que algunos investigadores de Estados Unidos, Brasil, Filipinas e Israel han estudiado el tema y han señalado la necesidad de buscar un mayor aprovechamiento del ecosistema que constituye un estanque, mediante el cultivo a altas densidades. Esto lo han logrado utilizando alimentos suplementarios y sistemas de aereación.

En Costa Rica estos factores no son aplicables a corto plazo, debido a los altos costos de los alimentos concentrados y a la falta de recursos económicos para la compra de equipos. Por ello se considera fundamental consolidar investigaciones básicas en este campo, adaptadas a las condiciones económicas de nuestro país.

La región atlántica de Costa Rica, aunque es rica en recursos acuáticos, es pobre a nivel de pesca, por lo que un alto porcentaje de los peces que se consumen en la provincia de Limón, provienen del Océano Pacífico, repercutiendo en los costos y la calidad del producto. Esta situación

provoca apatía por parte del consumidor, quien se niega a consumir el producto. Mediante la acuicultura, se podría llenar el déficit proteico existente en la región, con la ventaja de que se generaría empleo rural y proteína de buena calidad a bajo costo.

Ante las ventajas que ofrece el cultivo de O. aureus en estanques, se hace necesario el conocimiento de diversas características biológicas inherentes a la especie, las cuales se deben considerar en el momento de efectuar el cultivo. Cabe destacar que la acuicultura es una rama de la Biología interdisciplinaria, ya que para su buena aplicación requiere del apoyo de la fisiología, ictiología, nutrición, limnología, bioestadística, ictiopatología y anatomía entre otras.

Dentro de los conocimientos que se requieren para conocer el cultivo de un pez, el comportamiento reproductivo es fundamental, ya que no se puede efectuar un cultivo, sin contar con la semilla y sin conocer los factores que influyen en el desarrollo y producción de esta semilla.

Como se mencionó, las tilapias son muy prolíferas desde temprana edad; algunas especies de cíclidos, con la temperatura adecuada, son capaces de reproducirse cada 4 a 6 semanas (Jalabert y Zohar, 1982). Sin embargo, se requiere producir gran cantidad de alevines para satisfacer las necesidades de éstos; de ahí, que se haga necesario conocer su comportamiento reproductivo.

Los machos de O. aureus hacen nidos en el fondo del estanque

y así atraen a las hembras, (Philippart y Ruwet, 1982). La hembra expulsa los huevos y una vez fecundados por el macho, los recoge con la boca (Ricker, 1968) y los conserva en ella hasta que eclosionen (Woynarovich y Horvath, 1981).

La producción de gametos es baja, pero esto es superado por la alta eficiencia del cuidado parental. En Oreochromis los huevos son más grandes que en Tilapia, no son viscosos y su número es proporcional al cuadrado del largo en centímetros.

La temperatura, la intensidad de luz y los factores sociales (tales como estímulos visuales, producción de sonidos, contactos a través de la línea lateral) se han señalado como responsables del aumento en la frecuencia de desove, y quizás también en la precocidad sexual (Jalabert y Zohar, 1982). La relativa asincronía entre los ciclos sexuales de las hembras podría ser un problema, cuando se requiere producción en masa de alevines homogéneos para el cultivo intensivo de peces.

Un factor que, aunque en este trabajo no se estudió, juega un papel de gran importancia dentro del desarrollo gonadal es la acción hormonal. Existe bastante evidencia de que los peces producen dos tipos diferentes de hormonas gonadotrópicas. La acción ovulatoria se circunscribe sólo a una de ellas, cuyo contenido de glucoproteína es alto. La vitellogenesis estaría regulada por la otra gonadotropina que posee bajo contenido de glucoproteína (Harvey y Hoar, 1980).

La reproducción en los peces, conlleva una serie de

cambios somáticos y fisiológicos que originan, entre otras cosas, el desarrollo de las gónadas del pez, culminando con el desove. Así las gónadas liberan su contenido y se inicia la primera etapa en la vida de toda una nueva generación de individuos, con la formación del gameto (Oliva et al, 1982).

Este trabajo debe entenderse como un intento por explicar el comportamiento reproductivo de O. aureus; sin embargo el autor es consciente de que se requieren estudios futuros y una metodología más precisa para poder analizar y comprender dicho comportamiento y la influencia de la densidad poblacional sobre el mismo.

2 Objetivos

- 2.1 Obtener una tasa de siembra óptima para el cultivo de O. aureus a altas densidades de siembra y con fertilización orgánica a base de cerdaza y a cien días de cultivo.
- 2.2 Evaluar estadísticamente el crecimiento de O. aureus.
- 2.3 Obtener información referente al comportamiento reproductivo de O. aureus en estanques de cultivo a altas densidades.
- 2.4 Correlacionar los parámetros físico-químicos que intervienen en la ecología de los estanques, con los aspectos de crecimiento y reproducción.

proviene de una 3. Materiales y método de un canal de irrigación abierto. Durante todo el ensayo, el nivel de

3.1 Recolección

El material que sirvió como base a este trabajo, se obtuvo de muestreos periódicos quincenales, realizados en 3 estanques de fondo de tierra. Se cultivó Oreochromis aureus en densidades de siembra de 5, 10 y 15 peces por m^2 .

El ensayo se efectuó en dos oportunidades: de mayo a setiembre de 1985, la primera vez, y de noviembre de 1985 a febrero de 1986, la segunda.

Los estanques de cultivo poseen un área de $1,065 m^2$, $990 m^2$ y $870 m^2$, con una profundidad media de 1 metro. Están localizados en la Estación acuícola "Los Diamantes", del Ministerio de Agricultura y Ganadería, en Guápiles, Limón.

Los muestreos fueron al azar, recolectándose un mínimo de 1 % de la población, con una red de 25 metros de largo x 2 metros de ancho, con malla de 0.5 centímetros x 0.5 centímetros. Una vez que se anestesiaron los peces mediante inmersión en solución con éter dietílico al 1% los ejemplares fueron pesados en conjunto, en una romana con capacidad para 20 kilogramos; el peso total se determinó en gramos. También fueron medidos para obtener la longitud total en centímetros. Esta medida se consideró desde la punta de la boca hasta el extremo libre de la aleta caudal. Los peces después del análisis biométrico, y de la recuperación de la anestesia, fueron devueltos al estanque.

El agua utilizada para el abastecimiento de los estanques

proviene de una presa artificial, a través de un canal de irrigación abierto. Durante todo el ensayo, el nivel de agua de los estanques se mantuvo constante. Parámetros físico-químicos como la temperatura, el pH* y oxígeno disuelto se midieron de lunes a viernes (a las 7 am y a las 11 am), para lo que se utilizaron medidores de oxígeno YSI Modelo 57 y de pH tipo tres Corning.

En estos ensayos no se utilizó alimento suplementario, sino únicamente fertilización orgánica a base de cerdaza (estiércol de cerdo), el cual fue pesado en estaciones sobre una romana con capacidad para 200 kilogramos. El estiércol se agregó en los estanques en horas de la mañana de lunes a viernes y en diferentes puntos de los mismos, correspondiendo: 65.3 kgrs. al estanque con 10 peces/m², 35 kgrs. al estanque con 5 peces/m² y 86 kgrs. al estanque con 15 peces/m² (los pesos corresponden a peso húmedo). La cantidad de cerdaza suministrada fue constante durante todo el período de estudio; y corresponde a una modificación de la relación cerdos-peces en cultivos integrados (130 kilogramos de cerdo por hectárea por día).

La siembra del ensayo N°1 fue hecha el día 22 de mayo de 1985 y se realizó así:

Densidad	N° de alevines	Tamaño promedio inicial (cm)	Ambito (cm)
5 peces/m ²	5325	8.70	7.0 a 12.0
10 peces/m ²	9900	7.21	5.5 a 9.5
15 peces/m ²	13050	9.80	8.0 a 13.0

* Solo durante el segundo ensayo

El ensayo N°2 fue sembrado el 6 de noviembre de 1985 y se realizó así:

Densidad	N° de alevines	Tamaño promedio inicial (cm)	Ambito (cm)
5 peces/m ²	5325	6.05	4.0 a 8.0
10 peces/m ²	9900	7.79	5.0 a 10.0
15 peces/m ²	13050	4.20	2.5 a 6.0

La relación teórica esperada de hembras-machos de los alevines sembrados es de 1:1.

El ensayo N°1 tuvo una duración de 106 días, y el ensayo N°2 de 91 días. Al final de cada uno de ellos, los peces fueron contados y pesados, y una muestra de al menos 1 % medidos; se determinó para cada estanque la tasa de sobrevivencia y de mortalidad, producción total en kilogramos por hectárea por año y el número de alevines producidos.

Para el análisis de gónadas, en el ensayo N°2, a partir del día 16 de enero de 1986 y luego los días: 22 de enero de 1986, 29 de enero de 1986, 6 de febrero de 1986 y 12 de febrero de 1986, se recolectaron 10 ejemplares hembras, los cuales fueron analizados en el laboratorio de la estación acuícola.

De cada ejemplar se anotaron los datos de tamaño total en centímetros y peso total en gramos. Luego con ayuda de equipo de disección, se hizo una incisión ventral de los peces para efectuar el estudio del estadio de maduración gonadal. Los aspectos de las características macroscópicas de las gónadas,

tales como color, transparencia, vascularización superficial, medida de la gónada y peso de ella (con una Balanza analítica digital marca Ohaus 400), fueron utilizados en la caracterización de los estadios para la elaboración de la escala de madurez.

Las gónadas fueron retiradas y preservadas en una solución de formalina al 5% y solución salina para la posterior determinación del diámetro de los óvulos.

De cada gónada se separaron 50 ovocitos de la región central de la misma, los cuales fueron medidos en el Museo de Zoología de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica. Se utilizó un estereoscopio marca American Optical Mod. 569 con oculares 0.7 a 3.0 x y objetivos de 10 x, con microscopio adaptado.

Los datos climatológicos, fueron suministrados por la estación meteorológica de la Estación Experimental "Los Diamantes", ubicada en Latitud Norte $10^{\circ} 12' 56''$, Longitud Oeste $83^{\circ} 46' 32''$ y una altitud de 249 metros sobre el nivel del mar.

3.2 Análisis de datos

Los parámetros básicos estimados en este trabajo fueron los siguientes:

L_{∞} = Tamaño total máximo que, en promedio, los individuos pueden lograr en el cultivo. Corresponde al valor asintótico de la curva de crecimiento en tamaño.

W_{∞} = Peso total máximo que, en promedio, los individuos pueden lograr en el cultivo. Corresponde al valor asintótico

de la curva de crecimiento en peso.

- K = Parámetro relacionado con la tasa de crecimiento.
- T_e = Factor de corrección del tiempo de cultivo (T); parámetro relacionado con el tamaño total medio de los individuos, en el instante de siembra ($\bar{L}_e$).
- θ = (Del griego= θ) Constante de la relación Peso/tamaño, relacionada con la forma del cuerpo de los individuos.
- ϕ = (Del griego= ϕ) Factor de condición relacionado con el grado de engorde de los individuos.
- S^* = Tasa de sobrevivencia.
- M = Coeficiente de mortalidad.
- B_m = Biomasa máxima. Corresponde al punto máximo de la curva de biomasa.
- T_{B_m} = Instante de biomasa máxima.
- I_B = Índice de rendimiento en biomasa.

El análisis cuantitativo aplicado a la piscicultura intensiva, tiene como finalidad principal, la determinación de la curva de biomasa, que facultará la evaluación del momento más propicio para la cosecha final, y el establecimiento de la mejor producción en relación al peso total y la cantidad de individuos (Verani, 1980).

La metodología aplicada (Santos, 1978) para todos los estanques, obedeció a los siguientes tópicos:

- 1- Obtención de la expresión matemática de la relación Peso total/tamaño total.
- 2- Determinación de la curva de crecimiento en tamaño por la

aplicación del modelo matemático de von Bertalanffy (Bertalanffy, 1938), con muestreos en intervalos de tiempo constantes.

- 3- Obtención de la curva de crecimiento en peso, por el método deductivo.
- 4- Determinación de la curva de biomasa y a través de su análisis, la obtención de los valores estimados de biomasa máxima y del instante de biomasa máxima.
- 5- Obtención de los índices de rendimiento en biomasa y optimización de las tasas de siembra, en función de estos índices.

El grado de desarrollo de los ovarios fue cuantificado por el cálculo de la relación gonado-somática (RGS), dado por la siguiente ecuación:

$$RGS = \frac{W_g}{W_t} \times 100, \text{ donde: } W_g = \text{Peso de las gónadas.}$$

$W_t = \text{Peso total del cuerpo.}$

3.2.1 Relación Peso total y Tamaño total

El cálculo de los parámetros de la relación entre el peso ($\bar{W}_t$ = peso total medio) y el tamaño ($\bar{L}_t$ = tamaño total medio) de los individuos cultivados (T = tiempo de cultivo), tiene como objetivo, en primera instancia, determinar cuál es la expresión matemática que se ajusta mejor a los datos de la relación entre las dos variables involucradas, e indicar la condición de los individuos, mediante los valores estimados del factor de condición ϕ . Es a la vez una de las premisas básicas del método deductivo para obtener la curva de crecimiento en peso

de los individuos.

Basado en el método inductivo (Santos, 1978), los valores empíricos de esas variables fueron graficadas (diagrama de dispersión), tomándose el tamaño total medio ($\bar{L}_t$), como la variable independiente y el peso total medio ($\bar{W}_t$), como la variable dependiente. La tendencia de los puntos empíricos sugirió que la relación obedecía a la expresión:

$$\bar{W}_t = \phi \bar{L}_t^\theta, \text{ donde}$$

$\bar{W}_t$ = Peso total medio de los individuos en el tiempo T de cultivo.

$\bar{L}_t$ = Tamaño total medio de los individuos en tiempo T de cultivo

ϕ = Factor de condición, relacionado con el grado de engorde de los individuos.

θ = Constante relacionada con el tipo de crecimiento de los individuos.

Para proceder a estimar los valores ϕ y θ , se efectuó la transformación logarítmica de los datos resultando la expresión:

$$\ln \bar{W}_t = \ln \phi + \theta \ln \bar{L}_t$$

Los valores de ϕ y θ fueron estimados por el método de los mínimos cuadrados, aplicado a la relación lineal, y se obtuvo el valor del coeficiente de correlación lineal de Pearson (r), para obtener el valor de significancia estadística mediante la "t" de student.

Al obtener las expresiones matemáticas, se pasó a ajustar las siguientes curvas, para cada estanque:

- Curva de la relación lineal entre el logaritmo natural del peso total medio ($\ln \bar{W}_t$), y el logaritmo natural de tamaño total medio ($\ln \bar{L}_t$).
- Curva de la relación entre el peso total medio ($\bar{W}_t$), y el tamaño total medio ($\bar{L}_t$).

Al ser θ un valor relacionado con el tipo de crecimiento de los individuos, debe ser constante para una determinada especie, por lo que se estimó un valor único del parámetro θ , para lo que se utilizaron los valores empíricos de $\bar{W}_t$ y $\bar{L}_t$ de los individuos muestreados en 5 de los 6 estanques de cultivo, analizados simultáneamente (no se utilizaron los datos de los 6 estanques debido a que en uno de ellos, los valores se alejaban mucho del promedio).

Con el valor de θ obtenido, se calcularon los valores quincenales del parámetro θ^* (factor de condición corregido) en cada estanque:

$$\theta^* = \frac{\bar{W}_t}{\bar{L}_t^\theta}$$

Los valores de θ^* se lanzaron en gráfico en función de los períodos de muestreo, estimándose, para cada estanque, un valor medio ($\bar{\theta}$) para el período total de cultivo

$$\bar{\theta} = \frac{\sum_{i=1}^n \theta^*}{n}, \text{ donde;}$$

$\bar{\theta}$ = valor medio del parámetro θ^* .

i = índice indicativo del número de muestras (1, 2, 3, ..., n).

n = número total de muestras.

alcanzar (L_{∞}). El parámetro t_0 asume también valor despreciable ($t_0 \approx 0$), pues es estimado por la expresión matemática:

$$t_0 = \frac{1}{K} \left(\frac{L_{\infty} - \bar{L}_0}{L_{\infty}} \right)$$

lo que no altera el ajuste de la curva teórica a los datos empíricos.

- En vista de que la edad de los individuos en piscicultura intensiva, corresponde a la edad de los individuos en el instante de la siembra (t_e) sumada al tiempo de cultivo (T), la edad real de los individuos (t) quedará descompuesta en $T + t_e$ ($t = T + t_e$).
- Los individuos en la fase de presiembra se encuentran en condiciones ambientales diferentes a las de cultivo. En el paso de la fase de presiembra a la de cultivo probablemente ocurrirá una modificación de la curva de crecimiento, debido a que influyen básicamente los factores espacio y alimento.
- En la etapa de cultivo se necesita analizar la variación del tamaño de los individuos, en función del tiempo de cultivo y no de la edad real de los mismos; por lo cual será introducido un factor de corrección del tiempo de cultivo (T), en la expresión matemática de la curva de crecimiento. Este sustituye al parámetro "edad de los individuos en el instante de siembra (t_e)". El simbolizado por T_e , será estimado mediante 1

obtenidos de la relación lineal entre el tiempo relativo de cultivo (T^*) y el tamaño relativo correspondiente a ese tiempo (L_T^*).

De esta forma, la expresión matemática de la curva de crecimiento de von Bertalanffy, adaptada al cultivo intensivo, quedará representada por la ecuación:

$$\bar{L}_T = L_{\infty} \left[1 - e^{-K(T + T_e)} \right], \text{ donde;}$$

$\bar{L}_T$ = Tamaño total medio de los individuos en el tiempo T de cultivo.

L_{∞} = Tamaño total máximo que, en promedio, pueden alcanzar los individuos en el cultivo, correspondiendo al valor asintótico de la curva.

e = Base de los logaritmos neperianos.

K = Parámetro relacionado con la tasa de crecimiento.

T = Tiempo de cultivo.

T_e = Factor de corrección del tiempo de cultivo (T).

Con el objeto de probar la validez de esta expresión con relación a los datos de este trabajo, se utilizó la transformación de Ford-Walford (Walford, 1946), donde se comprueba la existencia de relación lineal entre el tamaño de los individuos en un instante $t(L_t)$, y el tamaño de los individuos en un instante subsiguiente $t + 4t(L(t + 4t))$, considerándose $4t$ constante.

En esta investigación se verificó la existencia de relación lineal con los datos de tamaño total medio de los

individuos en intervalos constantes de tiempo de cultivo (ΔT). Así se comprobó que es válida la expresión matemática de la curva de crecimiento de von Bertalanffy, adaptada al cultivo intensivo.

Estimados los parámetros A y B de la expresión matemática de la relación lineal: $\bar{L}(T + \Delta T) = A + B \bar{L}_T$, donde;
 $\bar{L}(T + \Delta T)$ = Tamaño total medio en el instante $T + \Delta T$ de cultivo.
 $\bar{L}_T$ = Tamaño total medio en el instante T de cultivo.
 A = Coeficiente lineal de la recta.
 B = Coeficiente angular de la recta.

Por el método de los mínimos cuadrados, se obtuvo el valor del parámetro L_∞ , estimado por la fórmula: $L_\infty = \frac{A}{1 - B}$

El valor del coeficiente de correlación lineal de Pearson (r) fue calculado.

La metodología de estimación del factor de corrección de la edad de los individuos (t_1) en poblaciones naturales descrita en Santos (1978), se adoptó para estimar el valor del factor de corrección del tiempo de cultivo (T_e).

Se relacionó el tiempo relativo de cultivo (T^*) con el tamaño relativo correspondiente a ese tiempo (L_T^*), siendo

$$L_T^* = \ln \left(\frac{L_\infty - \bar{L}_T}{L_\infty} \right)$$

Estimados los parámetros A' y B' de la expresión matemática de la relación lineal, por el método de los mínimos

cuadrados, se obtuvo:

$$L_T^* = A' + B' T^* \quad \text{donde;}$$

L_T^* = Tamaño relativo correspondiente al tiempo relativo de cultivo (T^*).

A' = Coeficiente lineal de la recta.

B' = Coeficiente angular de la recta.

Se determinó el valor de K , siendo $K = -B'$, y se estimó el valor del factor de corrección del tiempo de cultivo (T_e), a través de la fórmula:

$$T_e = \frac{A'}{B'}$$

Con los valores estimados de L_∞ , K y T_e , se obtuvo para cada estanque, la expresión matemática de la curva teórica de crecimiento en tamaño y se comprobó gráficamente, la adherencia a los puntos empíricos.

3.2.3 Curva de crecimiento en peso

La curva de crecimiento en peso adaptado al cultivo intensivo, según Santos (1978), es la relación entre el peso total medio ($\bar{W}_T$) y el tiempo de cultivo (T).

El modelo matemático de esta curva es deducido (método deductivo), a partir de dos premisas (modelos matemáticos) básicas pre-establecidas:

- la expresión matemática de la relación peso-tamaño

$$\bar{W}_T = \phi \bar{L}_T^{\theta}$$

- la expresión matemática de la curva de crecimiento en tamaño

$$\bar{L}_T = L_{\infty} \left[1 - e^{-K(T + T_e)} \right]$$

resultando la expresión matemática de la curva de crecimiento en peso:

$$\bar{W}_T = W_{\infty} \left[1 - e^{-K(T + T_e)} \right]^{\theta}$$

con el valor W_{∞} estimado por la ecuación:

$$W_{\infty} = \bar{\phi} L_{\infty}^{\theta}$$

donde, W_{∞} = peso total máximo que, en promedio, los individuos pueden alcanzar en el cultivo. Corresponde al valor asintótico de la curva de crecimiento en peso.

Para esta investigación se consideró el valor de la constante θ estimada, por lo cual se utilizaron simultáneamente los valores empíricos de peso total medio ($\bar{W}_T$), y tamaño total medio ($\bar{L}_T$) de todos los individuos muestreados en los estanques de cultivo. También se usaron los valores medios del factor de condición ($\bar{\phi}$) de cada estanque, obtenido con los valores quincenales del factor de condición "corregido" (ϕ^*). O sea, se consideró:

$$\phi^* = \frac{\bar{W}_T}{\bar{L}_T} \theta \quad ; \quad \bar{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n \phi^*}{n} \quad ; \quad W_{\infty} = \bar{\phi} L_{\infty}^{\theta} \quad , \quad \text{donde;}$$

θ = Constante estimada con el total de los valores empíricos de $\bar{W}_T$ y $\bar{L}_T$, por el método de los mínimos cuadrados.

ϕ^* = Valor medio del parámetro ϕ^* , en cada estanque.

i = Índice indicativo del número de muestras.

n = Número total de muestras.

W_{∞} = Peso máximo, que en promedio, los individuos pueden alcanzar (asíntota de la curva de crecimiento en peso).

L_{∞} = Tamaño total máximo, que en promedio, los individuos pueden alcanzar (asíntota de la curva de crecimiento en tamaño).

Una vez estimado los valores de W_{∞} , K , T_e y θ , se obtuvo para cada estanque, la expresión matemática de la curva teórica de crecimiento en peso y se comprobó, gráficamente, la adherencia a los puntos empíricos.

Los valores de K fueron lanzados en gráfico, en función de los respectivos valores estimados de W_{∞} , para comprobar la posible relación existente entre ellos. Para este análisis, se consideraron también las correspondientes densidades de siembra.

3.2.4 Curva de biomasa

Es la relación existente entre la variación de la biomasa total (B_T) en función del tiempo de cultivo (T). Para obtener la expresión matemática de esta curva, a partir de la curva de crecimiento en peso (W_T), se requiere el cálculo de las tasas de sobrevivencia a intervalos de tiempo de cultivo (ΔT).

La tasa de sobrevivencia se determinó con base en la relación entre el número de alevines sembrados (R) y el número de peces cosechados (N); la tasa de sobrevivencia quincenal ($S_{\Delta T}^*$) se supuso que fue constante durante el período de

cultivo (ΔT). Esta tasa fue estimada en base a la tasa de sobrevivencia $\left(\frac{N}{R}\right)$ calculada para el período total del experimento, mediante el uso de la fórmula:

$$S_{\Delta T}^* = \sqrt[n]{\frac{N}{R}}, \text{ donde;}$$

$S_{\Delta T}^*$ = Tasa de sobrevivencia en intervalos de tiempo de cultivo constantes (T en meses).

N = Número total de peces sobrevivientes en el momento de la cosecha.

R = Número total de alevines sembrados al inicio del cultivo.

n = Número de meses de cultivo.

Suponiendo constante la tasa de sobrevivencia $S_{\Delta T}^*$ en el intervalo de tiempo ΔT de cultivo, se llega a la expresión matemática:

$$N_T = R S_{\Delta T}^{*T}, \text{ donde;}$$

N_T = Número de individuos en el instante T de cultivo.

Estando la biomasa definida por la expresión matemática:

$$B_T = N_T \bar{W}_T, \text{ donde;}$$

B_T = Biomasa total en el instante T de cultivo.

W_T = Peso total medio de los individuos en el tiempo T de cultivo.

Se deduce, con la introducción de la expresión matemática de la curva de crecimiento en peso, el modelo matemático de la curva de biomasa, expresado por:

$$B_T = R S_{\Delta T}^{*T} W_{\infty} \left[1 - e^{-K(T + T_e)} \right]^{\theta}$$

En esta forma se obtiene, para cada estanque, la expresión matemática de la curva teórica de biomasa y se verifica gráficamente, la adherencia a los puntos empíricos.

Una de las características de la curva de biomasa es presentar un punto máximo, correspondiente al valor teórico de biomasa máxima, observado en un tiempo de cultivo dado. Este valor fue estimado al derivarse e igualarse a cero, la expresión matemática de la curva de biomasa, resultando:

$$B_m = R e^{MT_e} W_{\infty} \left(\frac{M}{M + K} \right)^{\frac{M}{K}} \left(\frac{\theta K}{M + \theta K} \right)^{\theta}, \text{ donde;}$$

B_m = Biomasa máxima.

M = Coeficiente de mortalidad.

El coeficiente de mortalidad M se estimó a través de la tasa de sobrevivencia $S_{\Delta T}^*$, siendo:

$$M = - \ln S_{\Delta T}^*$$

El instante de biomasa máxima T_{B_m} , por su parte, corresponde a:

$$T_{B_m} = - \frac{1}{K} \ln \left(\frac{M}{M + \theta K} \right) + T_e$$

El índice de rendimiento en biomasa:

$I_B = \frac{B_m}{T_{B_m}}$, obtenido para cada estanque, permitió optimizar, gráficamente, la densidad de siembra.

3.2.5 Escala de desarrollo gonadal

Los valores de diámetro de 7,500 ovocitos fueron graficados (diámetro en función de frecuencia), para determinar los valores en diámetro de cada estadio de desarrollo gonadal.

de la investigación en piscicultura intensiva, permite obtener información referente a resultados que se fundamentan en modelos matemáticos. Mediante esto se pueden extraer una serie de informaciones enmarcadas dentro de una metodología de estudio, lo que posibilita, de adoptarse como método de trabajo por la comunidad científica que labora en este campo de investigación; importantes convergencias entre investigaciones afines, con conclusiones científicamente apoyadas (Verani, 1980).

El estudio cuantitativo de ovocitos acuícolas es bastante reciente. Sin embargo, en piscicultura, ya algunos trabajos han adoptado la misma metodología aquí utilizada: Silva (1975), Silva et al (1975), Cruz y Araujo (1978), Pinheiro et al (1978), Costa y Rocha (1978), Mello et al (1979), Peres (1980), Barreira (1980), Verani (1980), De Paiva (1981).

Mediante el análisis cuantitativo, se efectúa una exploración más racional de la acuicultura, debido a que brinda información sobre la mayor o menor productividad de las especies cultivadas en las mismas condiciones ambientales. El número óptimo de individuos a sembrar, la maximización de la biomasa en un determinado instante de cultivo, y quizás, lo más importante, es que este línea de investigación ayuda a eliminar el empirismo en la acuicultura.

4. Resultados y discusión

4.1.1 Análisis de datos

El análisis cuantitativo de la información proveniente de la investigación en piscicultura intensiva, permite obtener información referente a resultados que se fundamentan en modelos matemáticos. Mediante esto se pueden extraer una serie de informaciones enmarcadas dentro de una metodología de estudio, lo que posibilitaría, de adoptarse como método de trabajo por la comunidad científica que labora en este campo de investigación, importantes comparaciones entre investigaciones afines, con conclusiones científicamente apoyadas (Verani, 1980).

El estudio cuantitativo de cultivos acuáticos es bastante reciente. Sin embargo, en piscicultura, ya algunos trabajos han adoptado la misma metodología aquí utilizada: Silva (1975), Silva et al (1978), Cruz y Araujo (1978), Pineiro et al (1978), Costa y Rocha (1978), Mello et al (1979), Peret (1980), Pereira (1980), Verani (1980), De Paiva (1981).

Mediante el análisis cuantitativo, se efectúa una exploración mas racional de la acuicultura, debido a que brinda información sobre la mayor o menor productividad de las especies cultivadas en las mismas condiciones ambientales. El número óptimo de individuos a sembrar, la maximización de la biomasa en un determinado instante de cultivo, y quizás, lo más importante, es que esta línea de investigación ayuda a eliminar el empirismo en la acuicultura.

comerciales (de 1 a 1.5 pez/m²).

Iles (1970) al analizar poblaciones de S. niloticus en el lago Alberto en Uganda, encontró un L_{∞} de 49.0 cm y un valor de 0.5 para K en una subpoblación normal de dicho lago, mientras que para otra subpoblación de la misma especie, pero poco desarrollada, el valor de K fue de 2.77 y el de L_{∞} fue de 17.0 cm. Estos resultados parecen apoyar la idea expuesta anteriormente.

Beverton and Holt (1957) sugirieron que el parámetro L_{∞} es afectado por factores tales como alimentación y densidad poblacional, mientras que el parámetro K está determinado genética o fisiológicamente.

No obstante que entre K y L_{∞} existe una interacción matemática (el valor de L_{∞} influencia el valor de K y esto causa una variación de K, dependiente de la variación de L_{∞}). No se encontró en la literatura algún método para evaluar esa influencia con el fin de eliminarla, con lo que se podría verificar si K es realmente común para la misma densidad de siembra en diferentes ensayos.

Huet (1983) analizó el comportamiento de las tilapias y las describió como peces de agua caliente que presentan óptimos desarrollos en temperaturas superiores a los 20 °C y hasta alrededor de los 30 °C, encontrándose las temperaturas críticas entre los 12 °C y 13 °C.

Philippart y Huet (1982), encontró que Oreochromis aureus, posee un ámbito de tolerancia termal ubicado entre los

13 °C y 32 °C.

Los cuadros 11 y 12 y las figuras 28 y 29, muestran los valores medios de temperatura bajo los cuales se desarrolló el cultivo, los cuales permiten un buen desarrollo del cultivo de O. aureus.

El crecimiento de las tilapias es bastante variable, tanto a nivel de especies como de individuos. El crecimiento es mucho más rápido en aguas ricas en alimento natural, y al igual que en otras especies, se encuentra ligado a la temperatura.

En esta investigación no se utilizó alimento suplementario, sino que se dependió exclusivamente de la productividad natural incrementada con cerdaza (estiercol de cerdo) en la proporción indicada.

Un estanque es un verdadero ecosistema, en el cual se desarrolla gran actividad bioquímica y biológica. Son verdaderas maquinarias vivas de producción, en donde el agua es el medio ambiente, y donde cada organismo desempeña su papel estructural dentro de estos ecosistemas; así, los peces cumplen un papel regulador del equilibrio zooplancton-fitoplancton, consumen O_2 y liberan CO_2 y urea; las aves que llegan en busca de alimento funcionan como transportadores de organismos de un estanque a otro, y el hombre mediante el manejo, los mantiene funcionando de manera eficiente y direccionada.

Tundisi (1981) diseñó el modelo del ecosistema de una

4.1.2 Relación peso total y tamaño total

Las relaciones peso total y tamaño total, para todos los estanques, demostraron correspondencia a la expresión matemática: $\bar{W}_T = \emptyset \bar{L}_T^\theta$, siendo las constantes estimadas mediante el método de los mínimos cuadrados aplicado a las transformaciones logarítmicas de las variables involucradas, que resultaron en relación lineal del tipo:

$$\ln \bar{W}_T = \ln \emptyset + \theta \ln \bar{L}_T \text{ (cuadro 3 y 6; figura 1, 2, 3 y 4).}$$

La relación peso y tamaño brinda dos aspectos de información biológica:

- 1- La estimación del peso de un individuo a través del conocimiento de su tamaño.
- 2- Una medida de la variación del peso esperado para el tamaño de un pez o un grupo de peces, indicando su condición, o sea, gordura, bienestar general y desarrollo gonadal (Rossi, 1974).

El parámetro θ puede variar para peces de localidades diversas, sexos distintos o diferentes fases de crecimiento, pero generalmente es constante para peces en condiciones semejantes dentro de cada uno de estos aspectos.

Rossi (1974), encontró en la literatura valores de θ que variaron de 2.5 a 4.0 para la mayoría de los peces.

El- Zarka et al (1970) encontró en el lago Maruit, Alejandría los siguientes valores de θ :

Sarotherodon niloticus : $\theta = 3.0762$

Tilapia galilea : $\theta = 3.1838$

T. zillii : $\theta = 2.7254$

T. nilotica (variedad x): $\theta = 2.9547$

Los valores estimados de θ (cuadro 4, figura 5) para O. aureus, variaron de 1.9065 a 3.1069, siendo el valor de 1.9065, correspondiente al ensayo N°2 (densidad de 15 peces/m²); un valor que se aleja de $\theta = 2.71$, lo que hace pensar que en ese estanque se cometió un error de muestreo. Sin embargo, se observa en los estanques restantes, que hay una variación pequeña en torno al parámetro θ , a nivel intraespecífica, lo que se supone, sea debido a las diferentes condiciones ambientales y a los aspectos biogenéticos inherentes a cada especie.

Se estimó un valor único de θ (2.71) para O. aureus, el cual se considera constante para la especie.

El cuadro 5 muestra los valores estimados del valor de condición en cada estanque por período de muestreo. El cuadro 4 muestra un valor medio, para todo el tiempo de cultivo y todos los tratamientos.

La figura 6 permite observar las variaciones de los valores estimados del factor de condición, en relación con los tratamientos de O. aureus, a diferentes densidades de siembra; en tanto que la figura 7 muestra las variaciones de los valores estimados del factor de condición, en función del tiempo, para los tratamientos realizados. Los decrecimientos mostrados en los cultivos con densidades de 5 peces/m² (ensayo 1)

y 15 peces/m² (ensayo 2), indican que las condiciones de cultivo eran mejores en la etapa de presiembra que en las de postsiembra, aunque en ambos casos tienden a estabilizarse en los días finales de la investigación.

El tratamiento con 5 peces/m² (ensayo 2) muestra valores esperados en un cultivo con condiciones favorables para los peces ya que se muestra un decrecimiento inicial debido a un posible período de adaptación de los alevines a las nuevas condiciones de cultivo. Luego se presentan crecimientos y decrecimientos ocasionados probablemente por condiciones ambientales, comportamiento reproductivo y disponibilidad de alimento.

Los valores de ϕ^* para los tratamientos de 10 peces/m² (ensayo 1), 15 peces/m² (ensayo 1) y 10 peces/m² (ensayo 2) muestran un comportamiento similar, destacando el hecho de que al parecer, los peces mejoraron sus condiciones de cultivo en la etapa de investigación, con respecto a la etapa de presiembra.

Si comparamos los valores de ϕ^* de los tratamientos con 15 peces/m², podemos observar que son inversos en su crecimiento, pero en el cuadro 2 apreciamos que en el estanque del ensayo 2, se produjeron 764 alevines, contra tan solo 29 del estanque del ensayo 1. Esto pudo afectar el desarrollo de los peces a nivel de gasto de energía en cuidados parentales y desarrollo gonadal, así como de competencia intraespecífica.

El factor de condición puede ser afectado por factores

tales como la edad, el sexo, estado de madurez, ambiente, alimento y enfermedades, entre otros.

Los valores medios del factor de condición ($\bar{\phi}$) en los diferentes tratamientos de cultivo, se presentan en el cuadro 4, figura 6. Estos resultados parecen demostrar la influencia de la densidad de población en el cultivo de O. aureus.

4.1.3 Curva de crecimiento en tamaño

Mediante la transformación lineal de Ford-Walford, aplicada a los datos de los muestreos (cuadro 7, figura 8 y 9), se comprobó la validez de la expresión de von Bertalanffy para el ajuste de la curva de crecimiento en tamaño de O. aureus. Con la relación lineal existente en L_T^* y T^* (cuadro 7, figura 10 y 11), y con el uso de la metodología citada, se estimaron todos los parámetros involucrados, y obtenidas las expresiones matemáticas de las curvas de crecimiento en tamaño (cuadro 8), se verificó, gráficamente, la adherencia de las curvas teóricas a los puntos empíricos (figuras 12, 13, 14, 15, 16 y 17). Se notó que el mayor valor de L_∞ ,

Los valores de L_∞ permiten observar el efecto de la densidad de población, tanto a nivel de siembra, como de producción de alevines. En el ensayo 1, encontramos un tamaño máximo de 16.29 cm, para el tratamiento con 5 peces/m², mientras que para el estudio con 10 peces/m² sólo llegó a 12.05 cm. El tratamiento con 15 peces/m² alcanzó un tamaño máximo de 12.78 cm, el cual es ligeramente superior al valor

de L_{∞} del tratamiento con 10 peces/m² (12.05 cm); pero se debe considerar que la producción de alevines fue bastante superior en el tratamiento con 10 peces/m² (cuadro 2).

Los valores de L_{∞} para el ensayo 2, están relacionados básicamente con el comportamiento del parámetro ϕ^* (figura 7), explicado anteriormente.

La variación de L_{∞} , relacionada con las diferentes densidades de siembra de O. aureus (figura 18), presenta un punto máximo correspondiente al tratamiento con 5 peces/m² (ensayo 1), lo que daría lugar para pensar que en torno a esta densidad se obtendría la optimización del tamaño alcanzado en promedio. Sin embargo, desde el punto de vista de la velocidad para alcanzar el valor de tamaño máximo (figura 12, 13, 14, 15, 16 y 17), encontramos que es el tratamiento con 10 peces/m² (ensayo 1), el que lo hace en forma más rápida por lo que sería la densidad de cultivo más recomendable.

La figura 20a muestra la variación existente entre los valores de K y L_{∞} , notándose que el mayor valor de L_{∞} , corresponde al menor valor K. En esta misma figura se aprecia nuevamente la influencia de la densidad de siembra y la producción de alevines. Es de esperar que si disminuyéramos la densidad de siembra y la producción de alevines, mediante la siembra de sólo individuos machos, o la inclusión de depredadores, obtendríamos un valor de K más pequeño y un valor de L_{∞} más grande, llegándose a las condiciones de cultivo

laguna en el estado de São Paulo, Brasil, que presentaba eutroficación, por lo que de modo general, podría representar el ecosistema que se presenta en los estanques de cultivo de peces.

La fertilización orgánica en ecosistemas acuáticos tiene un origen milenario y es ampliamente utilizada; sin embargo, últimamente se viene estudiando sus efectos de forma más sistemática y racional, llegándose a comprobar que los peces crecen mejor en estanques con fertilización, que en estanques sin ella (Bardach et al, 1972; Hickling, 1962; Rappaport et al, 1977; Aguiar, 1980; Pretto, 1980; Boyd, 1981; Porras, 1981, 1984).

En esta investigación se utilizó cerdaza en cantidades constantes y bastante altas comparadas con los siguientes estudios: Wahby (1974) utilizó estiércol de caballo como fertilizante orgánico en una tasa de 1852 kilogramos por hectárea por año; Burns y Stickney (1980) utilizaron gallinasa (materia seca) en proporción de 100 kg/Ha/día y obtuvo una producción de 16.2 kg/Ha/día de tilapia áurea. En el nordeste de Brasil han obtenido producciones de 4000 kg/Ha y en El Salvador producciones de 2500 kg/Ha, utilizando en ambos casos fertilización orgánica a base de cerdaza, con el objeto de incrementar la producción y reducir los costos de producción (F.A.O., 1975). Porras (1981) recomienda de 500 a 1500 kg/Ha/semana de cerdaza.

El cuadro 2 muestra las producciones teóricas esperadas para las diferentes densidades de siembra de O. aureus, en las que no se consideró para su cálculo la mortalidad, por considerar que ésta, está en función del manejo que se brinde a los peces.

Tundisi (1976) señala que la eutroficación ocasionada por la entrada de nutrientes a un ecosistema acuático, aumenta la producción primaria por unidad de volumen y ocasiona cambios cualitativos y cuantitativos en el zooplancton herbívoro. Wetzel (1981) considera que cuando se presente eutroficación por el aporte de nutrientes, existe una gran tendencia a que el crecimiento del fitoplancton alcance el máximo dentro de las limitaciones de luz y temperatura existentes. Almazan, citado por Boyd (1981), encontró que existe una alta correlación entre las diferentes medidas de densidad de plancton y la producción de tilapia áurea, en estudios efectuados en la Universidad de Auburn, Alabama, y justifica dicha correlación entre la producción de plancton y el crecimiento de la tilapia áurea en el hecho de que ésta se alimenta directamente de plancton. Philippart y Ruwet (1982), encontraron que al parecer la tilapia áurea es omnívora, aunque Lovshin (comunicación personal, 1983) considera a O. aureus como fitoplanctófaga; Spataru y Zorn (1978) obtuvieron datos que muestran que esta especie es principalmente zooplanctófaga. En este trabajo no se

efectuó análisis de contenido estomacal; sin embargo, los estanques que se utilizaron para esta investigación, se mantuvieron con el agua de color verdoso, lo que indica un buen equilibrio entre el zooplancton y el fitoplancton; eso también sugiere que la tasa de fertilización utilizada, suministró el alimento requerido por los peces a nivel de productividad natural.

Royce (1972), considera que el crecimiento de cualquier animal es influenciado por muchos factores, tanto endógenos (durante su desarrollo -desde embrión hasta senilidad-) como ambientales. Bowering (1978), afirma que dentro de estos factores, el suministro de alimento es el más importante, ya que sólo cuando el alimento disponible es suficiente, el pez puede alcanzar su tamaño máximo en las condiciones ambientales existentes.

Peret (1980), in Verani (1980) considera que hay parámetros de la expresión de crecimiento de von Bertalanffy, basada en anabolismo y catabolismo, que estarían influenciados por la variación de la densidad de población; considera que aunque el catabolismo es constante, puede ser afectado por la densidad de población en pequeña escala. El anabolismo está directamente relacionado con la tasa de consumo de alimento, y deberá ser esta constante la que principalmente refleje el efecto de la densidad de población sobre el crecimiento. Es de esperar que además de la

influencia de la densidad poblacional sobre el crecimiento de los peces, también hayan influido sobre el parámetro L_{∞} , otros factores tales como espacio vital, comportamiento reproductivo y oxígeno disponible.

4.1.4 Curva de crecimiento en peso

El cuadro 8 muestra las expresiones matemáticas de las curvas de crecimiento en peso, las cuales, al igual que el peso total máximo que en media pueden alcanzar los individuos (W_{∞}), fueron determinadas por el método deductivo.

Mediante la obtención de la curva de crecimiento en peso, se puede calcular teóricamente el peso total medio de los individuos ($\bar{W}_T$), correspondiente a un instante determinado de cultivo (T); este peso además, se utiliza integralmente en la determinación de las expresiones matemáticas de la curva de biomasa (B_T).

En la acuicultura es valiosa la información referente al crecimiento de los individuos (en tamaño y peso), ya que permite verificar el efecto de la densidad de población y otros efectos derivados de ella, tales como competencia.

Mediante la figura 19, se pueden apreciar las variaciones de W_{∞} en función de las diferentes densidades de siembra, y la probable influencia de otros factores como la reproducción, edad de los individuos al momento de sembrarse y el cultivo de peces machos y hembras conjuntos. Los valores de W_{∞} fueron

de 131.2211 g, 17.1037 g y 25.4313 g para las densidades de 5, 10 y 15 peces/m² respectivamente, en el ensayo N°1 y en el ensayo N° 2, fueron de 49.0180 g, 43.4604 g y 207.1099 g para las densidades de 5, 10 y 15 peces por metro cuadrado respectivamente.

Al comparar los valores de K (constante relacionada con la tasa de crecimiento) con los valores respectivos de W_{∞} , tiende a haber una relación inversamente proporcional ya que es de esperar que los mayores valores de W_{∞} correspondan a los menores valores de K ya que W_{∞} se calculó con la fórmula $W_{\infty} = \bar{\phi} L_{\infty}^{\theta}$. Pero como θ se mantuvo constante ($\theta = 2.71$) y los valores de K no participaron directamente del cálculo de W_{∞} , la influencia de los valores medios del factor de condición ($\bar{\phi}$) no se puede despreciar en este análisis. Las figuras 18 y 19 muestran que los valores mayores de L_{∞} y $\bar{\phi}$, corresponden a los valores mayores de W_{∞} , lo que puede indicar que cuando mejoran las condiciones de los ejemplares en cultivo, esa mejoría se traduce en ganancia en peso (figura 6).

La figura 20b permite observar esa relación inversa entre los parámetros K y W_{∞} . Un comportamiento similar es presentado en la figura 20a para K y L_{∞} . Estos criterios dan una idea del comportamiento de los peces en el cultivo.

4.1.5 Curva de biomasa

Con los valores estimados de las tasas de sobrevivencia

y de los parámetros de las curvas de crecimiento en peso de los individuos (Cuadro 2 y 8), se determinaron las expresiones matemáticas de la curva de biomasa de O. aureus en las diferentes densidades de siembra (cuadro 9). Gráficamente (figuras 21, 22, 23, 24, 25 y 26), se trató de verificar la adherencia de las curvas teóricas con los puntos empíricos, encontrándose que la única curva que mostraba cierta adherencia a los puntos empíricos, fue la correspondiente a la figura 24 (ensayo N°2, densidad 5 peces/m²), mientras que en las otras figuras (21, 22, 23, 25 y 26), no hubo correspondencia entre los datos empíricos y los datos teóricos.

Como fue explicado anteriormente, la obtención de las curvas de crecimiento en peso (cuadro 8), curva de biomasa (cuadro 9), así como los valores estimados de biomasa máxima (B_m), tiempo de biomasa máxima (T_{Bm}), e índice de rendimiento en biomasa (I_B) (cuadro 10, figura 27), se efectúan con base en el análisis de la relación peso total medio-tamaño total medio, y en la expresión matemática de la curva de crecimiento en tamaño, a través del método deductivo. En dicho análisis quedó demostrada la adherencia de los puntos empíricos a los teóricos y la validez de las relaciones: peso total medio/tamaño total medio, $\bar{L}_T / \bar{L}_{(T + \Delta T)}$ y entre T^* y L_T^* . Para verificar la existencia o no, de relación significativa, se utilizó el test "t" de Student, a nivel de 5 % (Daniel, 1980). Con base en el razonamiento expuesto anteriormente, la no

concordancia de los puntos teóricos con los empíricos ya mencionada, podría deberse no tanto a la metodología utilizada para el análisis cuantitativo aplicado a la piscicultura intensiva, sino más bien a los siguientes factores:

- 1- Errores de muestreo. La población de peces que se introduce en un estanque de cultivo, una vez que se ha introducido, no puede evaluarse en forma total sino hasta el momento de la cosecha. Por lo que se debe recurrir a muestreos periódicos y sistemáticos, los cuales, acompañados de información limnológica, permiten inferir el desarrollo de los peces en los estanques.

Estos muestreos no pueden incluir un porcentaje muy alto de la población, debido a los problemas que el manejo ocasiona a los peces, y que puede resultar en un aumento de la tasa de mortalidad o en una disminución de la producción. Como se puede observar en el cuadro 1, la información obtenida no evidencia problemas a nivel de ganancia en peso y tamaño; sin embargo, se puede observar que el peso promedio final de muestreo fue diferente en todos los tratamientos, al peso promedio final de la población (cuadro 2). Esto indica la posible existencia de errores experimentales de muestreo.

- 2- La siembra fue efectuada con peces de edades diferentes ya que por la gran cantidad de alevines requeridos, es muy difícil obtener semilla de la misma edad, talla y peso;

aunque se introdujo un factor de corrección (T_e), el factor edad pudo afectar.

- 3- El análisis de datos correspondió a sexos conjuntos. En O. aureus como en muchas otras especies, el macho crece mucho más que la hembra (Aguiar et al, 1980), debido a factores de carácter genético y al comportamiento reproductivo. Las hembras pasan hasta una semana sin alimentarse, incubando los huevos en su boca; esto provoca disminución en peso, no así en tamaño, lo cual alteraría la información del muestreo.
- 4- El cuadro 2 muestra la producción de alevines en cada tratamiento, aunque durante el período de cultivo pudo haber mortalidad no cuantificada (se encontraron estómagos llenos de ovocitos y alevines recién eclosionados). Además pudo presentarse el fenómeno de enanismo en algunos peces (Vinatea, 1982), que hiciera que individuos sembrados para este estudio fuesen confundidos con alevines.
- 5- El factor de condición ($\bar{\phi}$) fue afectado por los puntos antes expuestos y por la densidad de población, lo cual es probable que sea lo que ocasionó la no concordancia de los puntos empíricos con los puntos teóricos; sin embargo, se considera que la metodología utilizada es aplicable a la acuicultura.

El cuadro 2 muestra la ganancia en kilogramos para cada tratamiento, correspondiendo la más alta en los dos ensayos efectuados, a los tratamientos con densidad de 10 peces/m²

(183.61 kg para el ensayo N°1, y 201.50 kg para el ensayo N° 2), por lo que ésta sería la densidad de siembra más recomendable para este estudio. Posteriormente seguiría la densidad de 15 peces/m², que obtuvo 163.73 kg en el ensayo N° 1, y 172.90 kg de ganancia en el ensayo N°2. Los tratamientos con densidad de 15 peces/m² ocuparon el último lugar en ganancia, obteniéndose 89.44 kg en el ensayo N°1, y 100.85 kg en el ensayo N°2.

El análisis de los resultados en ganancia en kg/Ha/año (cuadro 2), indica que el tratamiento con 15 peces/m², obtuvo el valor más alto (12169.71 kg), seguido por el tratamiento con 10 peces/m² con valores de 11888.97 kg y 9117.70 kg para los ensayos N° 2 y N° 1, respectivamente. El tratamiento con 15 peces/m², en el ensayo N° 1, ocupó un cuarto lugar, al alcanzar la cifra de 7582.88 kg; los últimos lugares fueron para el tratamiento con 5 peces/m², que obtuvieron una ganancia en kg/Ha/año de 5180.42 kg y 3783.22 kg para los ensayos N°2 y N° 1, respectivamente.

No obstante que el valor más alto correspondió a la densidad de 15 peces/m² (ensayo N° 2), se considera más recomendable la densidad de 10 peces/m². En el cuadro N°2 se puede apreciar que fue mayor la producción de alevines con la densidad de 10 peces/m², ya que se obtuvieron 7571 y 5494 alevines para el ensayo N°1 y N° 2, respectivamente, en comparación con el tratamiento de 15 peces/m² que obtuvo una producción de 29 alevines en el ensayo N° 1, y 764 en el

ensayo N° 2. En los cultivos de peces para talla comercial es indeseable la producción de alevines durante el período de cultivo, mientras que en esta investigación sí reviste importancia la producción de alevines durante el período de cultivo. En este estudio lo que interesa es la producción en biomasa, sin interesar que los peces alcancen tamaños comerciales; lo que importa es la información resultante a nivel de producción de alevines, ya que estos serán utilizados para resembrar los estanques de cultivo, con el objeto de reducir los costos de producción. De esta manera se estaría cerrando un ciclo energético, en el cual, con la biotecnología desarrollada sobre el cultivo integrado peces-cerdos, se podría utilizar el producto de los estanques para alimentación de cerdos y las excretas de los cerdos, para fertilizar los estanques de cultivo. Así se reducirían los costos de producción de los cerdos y sobrarían excretas para la fertilización de otros estanques destinados a la producción de peces con interés comercial.

La recomendación resultante de utilizar una densidad de 10 peces/m², está respaldada por el número de alevines utilizados (100000 por hectárea), ya que éste es un 33 % menor que la densidad de 15 peces/m² (150000 por hectárea). Por eso se considera que el margen de superioridad a nivel de ganancia en kg/Ha/año, obtenido por la densidad de 15 peces/m², se debe a la mayor densidad de siembra, lo cual no compensa los rendimientos alcanzados por la densidad de 10 peces/m².

Los cuadros 11 y 12 muestran los valores medios de los parámetros fisicoquímicos analizados. Los valores de pH y temperatura están dentro de los límites de tolerancia de O. aureus, considerándose inclusive que se contó con una buena temperatura para el cultivo de O. aureus. En lo que respecta a los valores medios de oxígeno disuelto, vemos como fueron decreciendo conforme aumentaba el período de cultivo, lo cual era esperable y solucionable, mediante la adición de agua a los estanques de cultivo; sin embargo, el único valor preocupante fue el correspondiente al período de muestreo del acumulado medio al 22-02-85, ya en las postrimerías del período de investigación.

4.2 Ciclo reproductivo

4.2.1 Descripción de las gónadas

Tanto los testículos como los ovarios, son órganos pares, aunque en algunas hembras se encontró sólo un ovario. En O. aureus se localizan en la región dorsal de la cavidad abdominal, uno a cada lado de la vejiga natatoria, por debajo del riñón. Las gónadas están revestidas por una lámina delgada de peritoneo que se prende a las paredes abdominales. En ellas se observan ovocitos de diferentes diámetros, entremezclados desde la región posterior hasta la región anterior. Los ovarios se encuentran sostenidos en la cavidad celómica por un par de mesenterios.

La coloración de los ovarios varía con el grado de madurez gonadal, yendo desde filamentos transparentes en los jóvenes,

hasta ovarios gruesos, color café-carne, que ocupan un gran porcentaje de la cavidad abdominal en el estadio maduro.

En la época de desova, los óvulos son liberados de la cavidad corporal y eliminados a través del poro genital (De Paiva, 1981).

O. aureus presenta dimorfismo sexual, fácilmente perceptible en el momento de la reproducción; la hembra sufre modificaciones a nivel bucal para la incubación oral de los huevos, además de la diferenciación a nivel de papila genital que muestra el oviducto, a diferencia de los machos. Los ovarios de O. aureus presentan un ovario hueco que se continúa con un oviducto, directamente hacia el exterior (condición cystoaria), en donde los huevos pasan a través de un canal hacia la apertura genital.

O. aureus, se reconoce por su coloración azulada y sus puntuaciones brillantes en la aleta caudal.

4.2.2 Escala de maduración gonadal

Naumov (1956) citado por De Paiva (1981) enfatiza la necesidad de una escala de madurez gonadal adaptada a cada especie, considerando que esta escala debe describir las gónadas de forma simple, presentar pocos estadios, de acuerdo con características macroscópicas y microscópicas; además, debe ser adecuado para su uso en el campo.

Para la elaboración de esta escala de maduración, en hembras de O. aureus, se utilizó el criterio macroscópico, considerándose la apariencia externa y el diámetro de los ovocitos; un procedimiento similar fue utilizado por De Paiva

(1981).

Joven: ovarios filiformes, transparentes, sin irrigación evidente. Núcleo visible, ovocitos de color blanquecino. Abundante presencia de oogonias.

Diámetro de los ovocitos: 0.26 mm - 0.68 mm.

Maduración inicial: ovarios delgados y alargados, los ovocitos se observan a simple vista como puntos blanco-amarillentos claros. Núcleo difícil de observar.

Vascularización apenas perceptible. Ovocitos presentan primeras vesículas o vacuolas vitelinas.

Diámetro de los ovocitos: 0.54 mm - 1.07 mm.

Maduración intermedia: ovarios tienden a engrosar. Ovocitos adquieren una coloración amarillo-brillante que impide la observación del núcleo. Es una etapa vitelogónica. Ya se aprecia inervación. Se presentan los primeros gránulos de vitelo. Se aprecia un engrosamiento de los ovocitos con respecto a la maduración inicial.

Diámetro de los ovocitos: 0.80 mm - 1.82 mm.

Maduración avanzada: ovarios gruesos con inervación evidente, generalmente un ovario más largo y más grueso que el otro. Ovocitos de color amarillo intenso, de consistencia aceitosa (debido probablemente a la deposición de vitelo).

Diámetro de los ovocitos: 1.21 mm - 2.35 mm.

Maduro: ovarios gruesos, ocupando un alto porcentaje de la cavidad celómica, fuertemente adheridos a la vejiga

natatoria y a las paredes abdominales. La pared del ovario se vuelve muy delgada y transparente. Los ovocitos de forma ovoide, color café-carne, se separan con facilidad.

La irrigación sanguínea es rica y muy evidente. Se aprecia notoriamente, en la región dorso-central del ovario, un gran vaso que recorre longitudinalmente los ovarios.

Grado de vitelogénesis muy avanzado.

Diámetro de los ovocitos: 1.70 mm - 3.13 mm.

Reproducción: ovarios se vuelven delgados, sanguinolentos y en ellos se aprecian algunos ovocitos que no fueron eliminados y ovocitos de diferente diámetro, sin que haya una camada dominante.

La hembra mantiene modificaciones a nivel bucal, para la incubación oral de los huevos.

Diámetro de los ovocitos: 0.43 mm - 2.56 mm.

O. aureus, presenta desova fraccionada (Heterócromo), ya que durante el estudio se encontraron peces con ovocitos de diferentes tamaños dentro de un mismo ovario, y diferentes estadios de maduración dentro de una misma población.

A diferencia de la mayoría de los Teleósteos, los ovocitos de Oreochromis son ovoides (Jalabert y Zohar, 1982).

La ovogénesis se desarrolla en los ovarios e incluye la proliferación de las oogonias (células cúbicas que tienden a introducirse en el parénquima ovárico), mediante mitosis

y el desarrollo de ovocitos a partir de ellas. La oogonia se convierte en ovocito cuando da inicio la meiosis (Jalabert y Zohar, 1982; Oliva et al, 1982).

Cada ovocito primario aumenta en tamaño y se rodea de capas de células somáticas. Las células del epitelio folicular se diferencian para formar una zona granulosa glandular, separada del óvulo por una zona pellucida (radiata), no celular, y se desarrolla una teca a partir de los tejidos conectivos circundantes (fibroblastos penetrados por capilares) (Harvey y Hoar, 1980; Jalabert y Zohar, 1982; Oliva et al, 1982).

Jalabert y Zohar (1982) dividen el crecimiento del ovocito en dos fases: una previtelogénica, donde el ovocito aumenta de tamaño a consecuencia de una vitogénesis endógena y una fase vitelogénica resultante de la acumulación rápida de vitelogenina; una lipofosfoproteína que es sintetizada en el hígado y liberada al torrente sanguíneo, de donde es incorporada por los ovocitos, mediante micropinocitosis. Al final de la vitelogénesis se reanuda la meiosis.

El esteroide 17α -hidroxi- 20β -dihidroprogesterona (17α - 20β Pg) producida por la envoltura folicular, en respuesta a la gonadotropina pituitaria, se ha propuesto como el más probable mediador de la maduración de los ovocitos. Los corticoesteroides pueden desempeñar un papel indirecto, probablemente a través de la sensibilización de los ovocitos a la acción del 17α - 20β Pg.

La ruptura folicular y la expulsión del ovocito desnudo parece ser independiente del control hipofisiario y se han propuesto a las catecolaminas y a las prostaglandinas como mediadoras (Harvey y Hoar, 1980) (Figura 33).

Las figuras 30a y 30b muestran las frecuencias de diámetro de los 7500 ovocitos medidos y aunque sugieren la existencia de varios tamaños en la población, esto no se puede concluir, debido a que las muestras para el análisis de Gónadas no fueron tomadas al azar. En la escala de desarrollo Gónadal de O. aureus, citada anteriormente, y en la figura 31, aparecen los valores mínimos y máximos encontrados para cada estado de desarrollo Gónadal, y del análisis de dicha información podemos apreciar que conforme avanza el desarrollo Gónadal, se incrementa la variación de amplitud entre los valores mínimos y máximos de los diferentes estados de desarrollo, lo cual se refleja en el comportamiento de los valores de las frecuencias que presentan las figuras 30a y 30b. Los valores más altos de frecuencia corresponden a modas de los estados de desarrollo Gónadal.

El cuadro 13 y la figura 32 permiten observar, la variación de los promedios de la relación entre el peso del individuo y el peso de la Gónada para los 150 ejemplares estudiados, encontrándose que conforme avanza el pez en su desarrollo Gónadal, aumentan los valores del Índice Gónado-Somático (y sus respectivas desviaciones estándar) hasta llegar a la etapa de reproducción, en la que el pez ya ha

desovado, y por ende, se encuentra iniciando un nuevo ciclo de desarrollo gonadal. La información del cuadro 13 y la figura 32 valoriza la escala de desarrollo gonadal con los estadios propuestos. El incremento en los valores del I.G.S., se deben probablemente, al aumento del peso de las gónadas, ocasionado por el aumento en tamaño y en reservas alimenticias de los ovocitos, que componen dichas gónadas.

La influencia de la densidad de población sobre el desarrollo gonadal, no se puede esclarecer con certeza, debido al hecho, de no contar con peces de la misma edad en los diferentes tratamientos estudiados, no obstante, esto se intentó realizar mediante el uso de pilas de concreto de 8 m^2 cada una, y que fueron sembradas con peces de cero días a las diferentes densidades estudiadas; por problemas de alimentación y crecimiento con respecto al tiempo disponible para la conclusión, de este trabajo, se debió prescindir de dicha investigación. Sin embargo, el cuadro 2 muestra la cantidad de alevines producidos en las diferentes densidades de siembra investigadas, notándose, que en la densidad de 15 peces/m^2 (ensayo N°1 y N°2), se obtuvieron las producciones más bajas, lo cual ya ha sido citado y propuesto como mecanismo de control poblacional por otros autores (Allison et al, 1979; Henderson-Arzapalo et al, 1980; Guerrero, 1982).

Los resultados obtenidos en lo referente a desarrollo gonadal permitirán al autor trabajar, en futuras investigaciones,

con mayor criterio y con una base más sólida, obtenida de la experiencia en la realización de este trabajo.

5. Conclusiones

5.1 El producto de las cosechas de peces de 100 días de cultivo, puede utilizarse para enlatarlas tipo sardinas, ensilarla en unión de una fuente de carbohidrato para la alimentación de animales de consumo humano (cerdos, por ejemplo), o bien, sexarlo y utilizar los machos para cultivarlos a densidades de siembra de 1.5 pez/m^2 y las hembras enlatarlas o bien ensilarlas.

5.2 El cultivo de O. aureus a altas densidades por 100 días, permite un aprovechamiento máximo de los recursos del ecosistema, ya que con una densidad baja de siembra se están desperdiciando recursos alimenticios a nivel de productividad natural.

5.3 El cultivo de O. aureus a altas densidades influye en la producción de alevines, obteniéndose a una densidad de 15 peces/ m^2 , una escasa producción de alevines.

5.4 El método inductivo en el análisis cuantitativo de los datos, fue perfectamente aplicable.

5.5 La densidad de siembra de 10 peces/ m^2 , fue la que optimizó los rendimientos en ganancia en kilogramos y producción de alevines.

5.6 Las variaciones morfológicas macroscópicas de las gonadas, conjuntamente con las variaciones en diámetro de los ovocitos, permitieron establecer una escala de desarrollo gonadal basada en 6 estadios: joven, maduración inicial, maduración

intermedia, maduración avanzada, maduro y reproducción.

5.7 Los factores físico-químicos se mantuvieron dentro del ámbito aceptable para el crecimiento de O. aureus.

5.8 El hecho de analizar los datos conjuntos de hembras y machos, afectó el establecimiento de curvas de crecimiento en peso, y curvas de biomasa total.

5.9 De los resultados obtenidos se concluye que el cultivo de O. aureus a altas densidades de siembra (5, 10 y 15 peces por m²) en condiciones de cultivo semi-intensivas, es factible; por tanto, se recomienda su implantación en nuestro país como biotecnología paralela a biotecnología desarrollada para la producción de O. aureus, a nivel comercial, dejando la elección del sistema de producción al acuicultor, con base en sus necesidades y objetivos.

6. Bibliografía

- Aguiar, R.; Ileana Bencomo y Olga González. 1980. Cultivo de Tilapia nilotica con diferentes densidades de siembra. Rev. Lat. Acui. Lima-Perú. N° 5: 24-26.
- Allison, R. et al. 1979. Effects of high density culture and form of feed on reproduction and yield of Tilapia aurea, p. 168-170. In: T.V.R. Pillay and W.A. Dill (eds.). Advances in aquaculture. Fishing News Books Ltd., Farnham, Surrey, England. 412 p.
- Bardach, J.E.; J.H. Ryther and W.O. McLaren. 1972. Aquaculture, Wiley-Interscience, New York, N.Y. 868 p.
- Bertalanffy, L. von. 1938. A quantitative theory of organic growth. Hum. Biol. 10(2): 181-213.
- Beverton, R.J.M. and Holt, S.J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Invest. London. 19(2): 533.
- Bowering, W.R. 1978. Age and growth of the Breenland halibut, Reinhardtius hippoglossoides (Walbaum). In: ICNAF subareas 2-4. Res. Bull. Int. Comn. NW. Atlant. Fish. (13): 5-10.
- Boyd, C.E. 1981. Water quality in warmwater fish ponds. Craftmaster Print, Inc. Opelika, Alabama. 359 p.
- Burns, R.P. and R.R. Stickney. 1980. Growth of Tilapia aurea in ponds receiving poultry wastes. Aquaculture.

20: 117-121.

- Caulton, M.S. 1982. Feeding, metabolism and growth of tilapias: some quantitative consideration, p. 157-180. In: R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.). The biology and culture of tilapias. ICLARM. Conference Proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 432 p.
- Coll, M.J. 1983. Acuicultura Marina Animal. Ediciones Mundi-Prensa. Castelló, 37. Madrid-1. 275 p.
- Costa, F.J.C.B. e I. de P. Rocha. 1978. Aspectos quantitativos de cultivo de Tainha (Mugil curema Valenciennes, 1936), Itamaracape. In: Resúme do I Simp. Bras. de Aquic. Recife, UFPE/SUDENE. 114 p.
- Cruz, J.F. e R.A. Araújo. 1978. Cultivo experimental de Tainha (Mugil curema) Valenciennes, 1836. In: Resúmos do I Simpósio Brasileiro de Aquicultura. Recife, UFPE/SUDENE. pp. 81-82.
- Daniel, W.W. 1980. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Editorial Limusa. México. 485 p.
- F.A.O. 1975. Informe sobre acuicultura en América Latina. Montevideo, Uruguay, 26 de nov.-2 de dic. de 1974. Rome, F.A.O. 44 p.
- Guerrero, R.D. III. 1982. Control of tilapia reproduction, p. 309-316. In: R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-

- McConnell (eds.). The biology and culture of tilapias. ICLARM. Conference Proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 432 p.
- Harvey, B.J. y W.S. Hoar. 1980. Teoría y práctica de la reproducción inducida en los peces. Ottawa, Ont., CIID. 48 p.
- Henderson-Arzapalo, A. et al. 1980. Immune hypersensitivity in intensively cultured tilapia species. Trans. Amer. Fish. Soc. 109: 244-247.
- Hepher, B. 1978. Ecological aspects of warm water fish ponds management. In: Ecology of Freshwater Fish Production. S.D. Gerking Ed. Blackwell Scientific Publication. 519 p.
- Hickling, C.F. 1962. Fish culture. Faber and Faber. London. 295 p.
- Huet, M. 1983. Tratado de piscicultura. Tercera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Castelló, 37. Madrid-1. 753 p.
- Iles, T.D. 1970. Dwarfing or stunting in the genus Tilapia (Cichlidae) a possibly unique recruitment mechanism. International council for the exploration of the sea, F.A.O. and ICNAF. A Symposium on Stock and Recruitment. 386 p.
- Jalabert, B. and Y. Zohar. 1982. Reproductive physiology in cichlid fishes, with particular reference to

- Tilapia and Sarotherodon, p. 129-140. In: R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.). The biology and culture of tilapias. ICLARM. Conference proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 432 p.
- Kohler, C.C. and F.A. Pagan-Font. 1978. Evaluations of rum distillation wastes, pharmaceutical wastes and chicken feed for rearing Tilapia aurea in Puerto Rico. Aquaculture. 14: 339-347.
- Mello, J.T.C.; F. Alzuguir e S.A. Toledo. 1979. Ensaio em piscicultura intensiva de Tilapia rendalli (Boulenger, 1896): análise quantitativa. Rev. Brasil. Biol. 39 (2): 377-381.
- Oliva, J.N.; W.V. Carvajal y A.A. Tresierra. 1982. Reproducción e Histología de Gónadas en Peces. Universidad Nacional de Trujillo. Departamento de Ciencias Biológicas. Trujillo, Perú. 93 p.
- Paiva, P. de. 1981. Ciclo reproductivo e crescimento de truta arco-íris, Salmo irideus Gibbons (Ostichthyes, Salmoniformes, Salmonidae) em cultivo intensivo. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciencias Biológicas. Universidade Federal de São Carlos. 109 p.
- Pereira, J.A. 1980. Aspectos da fase de pré-estocagem em piscicultura intensiva. Universidade Federal de

São Carlos, Departamento de Ciencias Biológicas.

Dissertação de Mestrado. 68 p.

Peret, A.C. 1980. Aspectos da influência da densidade populacional em cultivo intensivo com curimatã-comun Prochilodus cearensis Steindachner

(Prochilodontidae-Prochilodinae). Univ. Federal de São Carlos, Departamento de Ciencias Biológicas. Dissertação de mestrado. 87 p.

Philippart, J-Cl. and J-Cl. Ruwet. 1982. Ecology and distributin of tilapias, p. 15-59. In: R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.). The biology and culture of tilapias. ICLARM, Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 432 p.

Pineiro, F.A.; J.W.B. Silva e J.D. Chacón. 1978. Aálisis quantitativa em um ensaio de criação de bagre blanco (Selenaspis herzbergii) Bloch, 1974, em viveiro do Centro de Pesquisas Ictiológicas "Rodolph von Ihering", Pentecoste, Ceará, Brasil. (Pisces: Osteichthyes, Cyprinniformes, Ariidae). In: Resumos de I Simp. Bras. de Aquic. Recife, UFPE/SUDENE. p. 83-84.

Porras, D. 1981. Sobre la utilización en acuicultura de fertilizantes orgánicos (desechos y excretas). Rv.Lat. de Acui., México,D.F. Setiembre 1981.

Nº 9: 6-10 p.

_____. 1984. Estrategias y alternativas de integración a utilizar con los fertilizantes orgánicos en Acuicultura. Revista Latinoamericana de Acuicultura. Nº 20: 22-32.

Pretto, R.M. 1980. Aprovechamiento de las aguas y excretas de la explotación porcina para el cultivo de peces en Panamá. Rev. Lat. Acui. Lima, Perú. Nº 3: 29-35.

Pullin, R.S.V. and R.H. Lowe McConnell. 1982. The biology and culture of tilapias. International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Philippines. 432 p.

Rappaport, U. and S. Sarig. 1975. The results of test in intensive growth of fish at the Genosar (Israel) Station Ponds in 1974. Bamidgeh. 27(3): 75-82.

Rappaport, U. and Y. Bejarano. 1977. Observation on the use of organic fertilizers in intensive fish farming at the Genosar Station in 1976. Bamidgeh. 29: 57-70.

Ricker, W.E. 1968. Methods for assessment of fish production in fresh waters. Willmer brothers limited. Great Britain. 313 p.

Rossi, C.L. del B. 1974. Estudo das variações da relação peso total/ comprimento total em função do ciclo reproductivo e comportamento de Sardinella

- brasiliensis (Steindachner, 1879), da costa do Brasil entre 23° S e 28° S. São Paulo, Instituto de Biociências da U.S.P. Dissertação de mestrado. 50 p.
- Royce, W.F. 1972. Introduction to the fishery sciences. New York, Academic Press. 351 p.
- Ruiz, R.B. 1980. Introducción de la tilapia en Costa Rica. Revista de la Asociación Bananera Nacional. 12(4): 7.
- Santos, E.P. 1978. Dinâmica de população aplicada à pesca e piscicultura. Hucitec, Ed. Universidade de São Paulo. 129 p.
- Sarig, S. and Y. Arieli. 1980. Grow capacity of tilapia in intensive culture. Banidgeh. 32(3): 57-65.
- Silva, A.B. da; A.C. Dobrinho; L.L. Lovshin; J.W.B. Silva e F.R. Melo. 1978. Análise quantitativa de um ensaio preliminar sobre a criação intensiva de pirapitinga Colossoma bidens Spix. In: Resumos do I Simpósio Brasileiro de Aquicultura. Recife. UFPE/SUDENE, 69 p.
- Silva, J.E. 1975. Cultivo da tainha (Mugil curema Valenciennes, 1836) em condições experimentais. Estudo da variação da biomassa. Inst. Bioc. Departamento de Fisiologia Geral USP.S.P. Dissertação de Mestrado. 74 p.
- Spataru, P. and M. Zorn. 1978. Food and feeding habits of Tilapia aurea (Steindachner) (Cichlidae) in Lake

- Kenneret (Israel). Aquaculture. 13: 67-79.
- Tundisi, J.G. 1981. Handbook of contemporary developments in World ecology. Eds. E.J. Kormondy and F. McCormick. Greenwood Press. pp. 3-22.
- Tundisi, J.G. e T.M. Tundisi. 1976. Produção orgânica em ecossistemas aquáticos. Revista Ciencia e Cultura. 28(8): 864-887.
- Verani, J.R. 1980. Controle populacional em cultivo intensivo consorciado entre a tilapia do Nilo, Sarotherodon niloticus (Linnaeus, 1757) e o tucunaré comum Cichla ocellaris Schneider, 1801. Aspectos quantitativos. Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Ciencias Biológicas. São Carlos, São Paulo, Brasil. 116 p.
- Vinatea, J.E. 1982. Acuicultura Continental. Librería Stadium. Lima, Perú. 229 p.
- Wahby, B.D. 1974. Fertilizing fish ponds. I Chemistry of the waters. Aquaculture. 3: 245-259.
- Walford, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. Biol. Bull. 90(2): 141-147.
- Wetzel, R.G. 1981. Limnología. Ediciones Omega, S.A. Casanova, 220. Barcelona-36. 679 p.
- Wohlfarth, G.W. and G.I. Hulata. 1981. Applied genetics of tilapias. ICLARM. Manila, Philippines. 21 p.
- Wojnarovich, E. y L. Horváth. 1981. Propagación artificial de peces de aguas templadas: manual para extensionistas

Cuadro N° 1 F.A.O., Doc. Téc. Pesca. (201): 187 p.

Datos de tamaño total medio ($\bar{L}_T$) y peso total medio ($\bar{W}_T$) de los ejemplares de Oreochromis aureus muestreados, quincenalmente, en ensayo sobre el cultivo a altas densidades de siembra.

Densidad de siembra	5 peces/m ²		10 peces/m ²		15 peces/m ²	
Fecha de muestreo	$\bar{L}_T$ (cm)	$\bar{W}_T$ (g)	$\bar{L}_T$ (cm)	$\bar{W}_T$ (g)	$\bar{L}_T$ (cm)	$\bar{W}_T$ (g)
Ensayo N° 1						
22-05-85	8.23	15.60	7.21	6.19	9.80	15.70
07-06-85	9.42	16.85	9.72	19.26	10.68	24.19
27-06-85	9.32	19.44	10.22	20.41	11.17	25.21
09-07-85	11.35	26.40	10.51	25.20	11.44	27.06
24-07-85	12.49	33.40	11.35	26.18	12.13	33.26
08-08-85	12.75	39.25	11.83	22.12	12.19	32.65
22-08-85	13.07	39.10	12.18	33.33	12.42	34.48
04-09-85	-	-	12.23	30.40	-	-
05-09-85	13.80	38.90	-	-	-	-
06-09-85	-	-	-	-	12.94	31.40
Ensayo N° 2						
06-11-85	6.07	5.44	7.79	9.49	4.20	4.72
20-11-85	8.21	11.52	10.20	19.23	6.40	6.04
06-12-85	9.47	15.47	10.43	22.18	6.81	7.14
20-12-85	10.01	20.14	11.03	24.17	7.60	8.73
07-01-86	11.25	27.04	12.00	33.72	9.67	17.47
22-01-86	11.29	27.27	12.82	36.79	10.54	24.16
04-02-86	-	-	-	-	11.32	26.54
05-02-86	-	-	13.67	45.75	-	-
06-02-86	12.50	38.10	-	-	-	-

Cuadro N° 1

Datos de tamaño total medio ($\bar{L}_T$) y peso total medio ($\bar{W}_T$) de los ejemplares de Oreochromis aureus muestreados, quincenalmente, en ensayo sobre el cultivo a altas densidades de siembra.

Densidad de siembra	5 peces/m ²		10 peces/m ²		15 peces/m ²	
Fecha de muestreo	$\bar{L}_T$ (cm)	$\bar{W}_T$ (g)	$\bar{L}_T$ (cm)	$\bar{W}_T$ (g)	$\bar{L}_T$ (cm)	$\bar{W}_T$ (g)
Ensayo N° 1						
22-05-85	8.70	15.60	7.21	6.19	9.80	15.70
07-06-85	9.12	16.85	9.77	19.26	10.68	24.19
21-06-85	9.92	19.44	10.27	20.41	11.17	25.21
09-07-85	11.36	28.40	10.91	25.20	11.44	27.06
24-07-85	12.19	33.40	11.35	26.18	12.15	33.26
08-08-85	12.75	39.25	11.83	32.12	12.19	32.65
22-08-85	13.07	39.10	12.18	33.33	12.42	34.48
04-09-85	-	-	12.23	30.40	-	-
05-09-85	13.20	38.90	-	-	-	-
06-09-85	-	-	-	-	12.51	31.40
Ensayo N° 2						
06-11-85	6.05	5.44	7.79	9.49	4.20	4.72
20-11-85	8.21	11.52	10.20	19.23	6.40	6.04
06-12-85	9.47	15.47	10.43	22.18	6.81	7.14
20-12-85	10.01	20.14	11.08	24.17	7.60	8.73
07-01-86	11.25	27.04	12.00	33.72	9.67	17.47
22-01-86	11.29	27.27	12.82	36.79	10.64	24.16
04-02-86	-	-	-	-	11.32	26.34
05-02-86	-	-	13.67	45.75	-	-
06-02-86	12.59	38.10	-	-	-	-

Cuadro N° 2

Información general sobre el cultivo de Oreochromis aureus a diferentes densidades.

Densidades de siembra	Ensayo N° 1			Ensayo N° 2		
	5 peces/m ²	10 peces/m ²	15 peces/m ²	5 peces/m ²	10 peces/m ²	15 peces/m ²
Tamaño de estanque (m ²)	1065	990	870	1065	990	870
N° de peces sembrados	5325	9900	13050	5325	9900	13050
Tamaño inicial $\bar{x}$ (cm)	8.70	7.21	9.80	6.05	7.79	4.20
Tamaño final $\bar{x}$ (cm)	13.20	12.23	12.51	12.59	13.67	11.32
Ganancia en tamaño (cm)	4.50	5.02	2.71	6.54	5.88	7.12
Peso inicial $\bar{x}$ (g)	15.60	6.19	15.70	5.44	9.49	4.72
Peso final $\bar{x}$ (g)	37.57	32.42	30.52	31.555	39.131	24.725
Ganancia en peso (g)	21.97	26.23	14.82	26.115	29.641	20.005
Kilogramos de peces sembrados	83.07	61.28	204.880	28.968	93.951	61.596
Kilogramos de peces obtenidos	152.95	226.95	337.185	121.865	266.012	213.698
Ganancia en kilogramos	89.44	183.61	163.73	100.856	201.500	172.903
% de sobrevivencia	76.45	70.71	84.66	72.53	68.67	66.23
N° de peces sobrevivientes	4071	7000	11048	3862	6798	8643

Continuación cuadro N° 2

Densidades de siembra	Ensayo N°1			Ensayo N°2		
	5 peces/m ²	10 peces/m ²	15 peces/m ²	5 peces/m ²	10 peces/m ²	15 peces/m ²
Kilogramos perdidos por morta- lidad	47.11	94.02	61.10	46.165	121.384	108.963
% de morta- lidad	23.55	29.29	15.34	27.47	31.33	33.77
Ganancia en gramos por día	0.2073	0.2498	0.1385	0.2839	0.3257	0.2223
Ganancia en gramos por m ²	0.0206	0.0265	0.0170	0.0245	0.0299	0.0230
Ganancia en kg/Ha/año	3783.22	9117.70	7582.88	5180.42	11888.97	12169.71
% de alevi- nes produ- cidos	3195	7571	29	5494	3027	764
Período de cultivo	106	105	107	92	91	90

número de pares de datos empíricos analizados.

amplitud de la variable x (tamaño total medio- $\bar{L}_p$).

amplitud de la variable y (peso total medio- $\bar{L}_p$).

valor del coeficiente angular de la regresión.

valor del coeficiente lineal de la regresión.

coeficiente de correlación lineal de Pearson.

Cuadro N° 3

Datos de las regresiones entre los logaritmos naturales de $\bar{L}_T$ y $\bar{W}_T$, para Oreochromis aureus en los cultivos a diferentes densidades de siembra.

Densidad	N	A_x (cm)	A_y (gr)	θ	$\ln \emptyset$	r
Ensayo N° 1						
5 peces/m ²	8	8.70-13.20	15.60-38.90	2.3505	-2.3702	0.9960
10 peces/m ²	8	7.21-12.23	6.19-30.40	3.1069	-4.2463	0.9904
15 peces/m ²	8	9.80-12.51	15.70-31.40	2.9377	-3.8719	0.9687
Ensayo N° 2						
5 peces/m ²	7	6.05-12.59	5.44-38.10	2.6454	-3.1093	0.9972
10 peces/m ²	7	7.79-13.67	9.49-45.75	2.8006	-3.5065	0.9967
15 peces/m ²	7	4.20-11.32	4.72-26.34	1.9065	-1.4943	0.9493

N = número de pares de datos empíricos analizados.

A_x = amplitud de la variable x (tamaño total medio= $\bar{L}_T$).

A_y = amplitud de la variable y (peso total medio= $\bar{W}_T$).

θ = valor del coeficiente angular de la regresión.

$\ln \emptyset$ = valor del coeficiente lineal de la regresión.

r = coeficiente de correlación lineal de Pearson.

Quadro N° 3

Valores quincenales del factor de condición ($\bar{\phi} \cdot 10^{-2}$)

estimados a partir del valor de θ considerado constante

para Oreochromis aureus (2.71) en las diferentes densidades

Quadro N° 4

Parámetros ϕ y θ de la relación peso total-tamaño total y factor de condición medio "corregido" ($\bar{\phi}$) obtenido mediante el valor estimado de θ total, de Oreochromis aureus, en las diferentes densidades de siembra.

Densidades de siembra de <u>O. aureus</u>	Parámetros			
	ϕ	θ	θ total	$\bar{\phi}$
Ensayo N°1				
5 peces/m ²	0.0935	2.3505	2.71	0.0682
10 peces/m ²	0.0143	3.1069	2.71	0.0201
15 peces/m ²	0.0208	2.9377	2.71	0.0255
Ensayo N°2				
5 peces/m ²	0.0446	2.6454	2.71	0.0423
10 peces/m ²	0.0300	2.8006	2.71	0.0325
15 peces/m ²	0.2244	1.9065	2.71	0.1290

Cuadro N°5

Valores quincenales del factor de condición ($\bar{\phi} 10^{-2}$) estimados a partir del valor de ϕ considerado constante para Oreochromis aureus (2.71) en las diferentes densidades de siembra

Período de muestreo	Densidad de siembra de <u>O. aureus</u>		
	5 peces/m ²	10 peces/m ²	15 peces/m ²
Ensayo N° 1			
22-05-85	7.09	1.87	2.51
07-06-85	7.03	1.98	2.53
21-06-85	6.94	2.00	2.54
09-07-85	6.79	2.02	2.55
24-07-85	6.72	2.03	2.56
08-08-85	6.68	2.05	2.56
22-08-85	6.66	2.06	2.57
04-09-85	—	2.06	—
05-09-85	6.65	—	—
06-09-85	—	—	2.57
Ensayo N° 2			
06-11-85	4.29	3.20	16.79
20-11-85	4.25	3.24	13.65
06-12-85	4.23	3.24	13.29
20-12-85	4.23	3.25	12.71
07-01-86	4.21	3.26	11.62
22-01-86	4.21	3.27	11.24
04-02-86	—	—	11.01
05-02-86	—	3.25	—
06-02-86	4.23	—	—

Cuadro N° 6

Expresiones matemáticas de las curvas de las relaciones peso total-tamaño total medios y de las rectas de las regresiones lineares entre los logaritmos de esas variables, establecidas para Oreochromis aureus en cultivos a altas densidades de siembra

Densidad de siembra	$\bar{W}_T = \emptyset \bar{L}_T^\theta$	$\ln \bar{W}_T = \ln \emptyset + \theta \ln \bar{L}_T$
Ensayo N° 1		
5 peces/m ²	0.0935 $\bar{L}_T$ (2.3505)	-2.3702 + 2.3505 $\ln \bar{L}_T$
10 peces/m ²	0.0143 $\bar{L}_T$ (3.1069)	-4.2463 + 3.1069 $\ln \bar{L}_T$
15 peces/m ²	0.0208 $\bar{L}_T$ (2.9377)	-3.8719 + 2.9377 $\ln \bar{L}_T$
Ensayo N° 2		
5 peces/m ²	0.0446 $\bar{L}_T$ (2.6454)	-3.1093 + 2.6454 $\ln \bar{L}_T$
10 peces/m ²	0.0300 $\bar{L}_T$ (2.8006)	-3.5065 + 2.8006 $\ln \bar{L}_T$
15 peces/m ²	0.2244 $\bar{L}_T$ (1.9065)	-1.4943 + 1.9065 $\ln \bar{L}_T$

Cuadro N° 7

Regresiones lineales de la transformación de Ford-Walford: $\bar{L}_{T+\Delta T} = f(\bar{L}_T)$ y relación entre los tamaños relativos L_T^* y los respectivos tiempos relativos T^* , con los valores estimados del coeficiente de correlación lineal de Pearson para O. aureus, en las diferentes densidades de siembra.

Densidad de siembra de <u>O. aureus</u>	Regresión lineal entre $\bar{L}_T$ y $\bar{L}_{T+\Delta T}$	r	Regresión lineal entre $L_T^* = \ln \left(\frac{L_{\infty} - \bar{L}_T}{L_{\infty}} \right)$ y T^*
Ensayo N° 1			
5 peces/m ²	$\bar{L}_{T+\Delta T} = 1.9856 + 0.8781 \bar{L}_T$	0.9724	$L_T^* = -0.7197 - 0.0096 T^*$
10 peces/m ²	$\bar{L}_{T+\Delta T} = 5.5739 + 0.5376 \bar{L}_T$	0.9480	$L_T^* = -0.6606 - 0.0444 T^*$
15 peces/m ²	$\bar{L}_{T+\Delta T} = 3.6018 + 0.7182 \bar{L}_T$	0.9691	$L_T^* = -1.4016 - 0.0227 T^*$
Ensayo N° 2			
5 peces/m ²	$\bar{L}_{T+\Delta T} = 3.5651 + 0.7361 \bar{L}_T$	0.9468	$L_T^* = -0.5784 - 0.0198 T^*$
10 peces/m ²	$\bar{L}_{T+\Delta T} = 3.9608 + 0.7219 \bar{L}_T$	0.9120	$L_T^* = -0.7100 - 0.0229 T^*$
15 peces/m ²	$\bar{L}_{T+\Delta T} = 2.3525 + 0.8456 \bar{L}_T$	0.9472	$L_T^* = -0.3047 - 0.0113 T^*$

Cuadro N° 8

Expresiones matemáticas de las curvas de crecimiento en tamaño ($\bar{L}_T$) y en peso ($\bar{W}_T$) de

O. aureus en las diferentes densidades de siembra.

Densidad de siembra de <u>O. aureus</u>	Curva de crecimiento en tamaño $\bar{L}_T = L_{\infty} [1 - e^{-K(T + T_e)}]$	Curva de crecimiento en peso $\bar{W}_T = W_{\infty} [1 - e^{-K(T + T_e)}]$
Ensayo N° 1		
5 peces/m ²	16.2888 $[1 - e^{-0.0096(T + 74.9688)}]$	131.2211 $[1 - e^{-0.0096(T + 74.9688)}]^{2.71}$
10 peces/m ²	12.0543 $[1 - e^{-0.0444(T + 14.8784)}]$	17.1037 $[1 - e^{-0.0444(T + 14.8784)}]^{2.71}$
15 peces/m ²	12.7814 $[1 - e^{-0.0227(T + 61.7445)}]$	25.4313 $[1 - e^{-0.0227(T + 61.7445)}]^{2.71}$
Ensayo N° 2		
5 peces/m ²	13.5093 $[1 - e^{-0.0198(T + 29.2121)}]$	49.0180 $[1 - e^{-0.0198(T + 29.2121)}]^{2.71}$
10 peces/m ²	14.2424 $[1 - e^{-0.0229(T + 31.0044)}]$	43.4604 $[1 - e^{-0.0229(T + 31.0044)}]^{2.71}$
15 peces/m ²	15.2364 $[1 - e^{-0.0113(T + 26.9646)}]$	207.1099 $[1 - e^{-0.0113(T + 26.9646)}]^{2.71}$

Cuadro N° 9

Expresiones matemáticas de las curvas de biomasa (B_T) de O. aureus en las diferentes densidades de siembra.

Densidad de siembra Expresión matemática de la curva de biomasa

$$B_T = R S_{AT}^* W_{\infty} [1 - e^{-K(T + T_e)}]^{\theta}$$

Ensayo N° 1

5 peces/m ²	5325(0.9975) ^T 131.2211 [1-e ^{-0.0096(T+74.9688)}] ^{2.71}
10 peces/m ²	9900(0.9967) ^T 17.1037 [1-e ^{-0.0444(T+14.8784)}] ^{2.71}
15 peces/m ²	13050(0.9984) ^T 25.4313 [1-e ^{-0.0227(T+61.7445)}] ^{2.71}

Ensayo N° 2

5 peces/m ²	5325(0.9965) ^T 49.0180 [1-e ^{-0.0198(T+29.2121)}] ^{2.71}
10 peces/m ²	9900(0.9959) ^T 43.4604 [1-e ^{-0.0229(T+31.0044)}] ^{2.71}
15 peces/m ²	13050(0.9954) ^T 207.1099 [1-e ^{-0.0113(T+26.9646)}] ^{2.71}

Cuadro N° 10

Valores estimados de los parámetros B_m (valor teórico de biomasa máxima esperada), T_B (tiempo requerido para alcanzar la biomasa máxima) y I_B (índice de rendimiento en biomasa) obtenidos de los ensayos de cultivo de O. aureus a diferentes densidades de siembra.

Densidad de siembra de <u>O. aureus</u>	B_m (kg)	T_{B_m} (días)	I_B
Ensayo N° 1			
5 peces/m ²	348.698	328.47	1.0616
10 peces/m ²	126.266	96.48	1.3087
15 peces/m ²	263.752	223.55	1.1798
Ensayo N° 2			
5 peces/m ²	148.684	170.30	0.873
10 peces/m ²	249.690	152.50	1.6373
15 peces/m ²	914.303	207.04	4.4161

Cuadro N° 11

Variaciones de temperatura ($\bar{T}^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto ($\bar{O}_2$) y $\bar{pH}^*$, durante el período de cultivo de O. aureus en las diferentes densidades de siembra.

Período de muestreo	Densidad de siembra de <u>O. aureus</u>								
	5 peces/m ²			10 peces/m ²			15 peces/m ²		
	$\bar{T}^{\circ}\text{C}$	$\bar{O}_2$	$\bar{pH}$	$\bar{T}^{\circ}\text{C}$	$\bar{O}_2$	$\bar{pH}$	$\bar{T}^{\circ}\text{C}$	$\bar{O}_2$	$\bar{pH}$
Ensayo N° 1									
07-06-85	29.00	3.50	-	28.68	3.64	-	28.83	3.62	-
21-06-85	27.60	4.10	-	27.79	3.28	-	27.97	3.59	-
09-07-85	27.62	3.53	-	27.73	3.23	-	27.83	3.39	-
24-07-85	27.14	1.99	-	27.12	2.94	-	26.56	2.78	-
08-08-85	26.67	1.32	-	26.58	1.47	-	26.92	1.26	-
22-08-85	26.67	0.50	-	27.33	0.50	-	26.92	0.62	-
Ensayo N° 2									
20-11-85	26.60	5.31	6.92	26.54	5.23	6.90	26.39	4.90	6.90
06-12-85	26.33	5.00	6.70	26.48	4.71	6.90	26.42	4.83	6.35
20-12-85	26.50	4.80	6.73	26.30	4.41	6.52	26.35	4.50	6.60
07-01-86	25.56	4.27	6.42	25.61	4.00	6.53	25.70	4.15	6.48
22-01-86	24.42	4.50	6.74	24.54	4.02	6.82	24.62	4.59	6.65
04-02-86	-	-	-	-	-	-	24.91	3.55	6.04
05-02-86	-	-	-	24.98	3.41	6.53	-	-	-
06-02-86	25.15	3.29	6.1	-	-	-	-	-	-

* = El pH no se cuantificó en el ensayo N°1 debido a fallas en el equipo de medición.

Cuadro N° 12

Variación de los parámetros Temperatura ambiental ($^{\circ}\text{C}$) y precipitación en el período comprendido entre junio de 1985 y febrero de 1986 en la Estación Experimental "Los Diamantes".

Meses		T. máxima	T. mínima	T. media	Lluvia
Junio	1985	28.4	21.2	24.8	673.9
Julio	1985	28.2	20.5	24.4	249.4
Agosto	1985	28.3	21.8	25.1	485.8
Setiembre	1985	29.4	20.2	24.8	345.9
Octubre	1985	28.6	20.0	24.3	367.6
Noviembre	1985	27.9	19.7	23.8	343.2
Diciembre	1985	27.3	20.0	23.7	228.1
Enero	1986	26.2	17.9	22.1	364.8
Febrero	1986	27.8	17.6	22.7	51.0

Fuente: Estación Agrometereológica de Los Diamantes.

Cuadro N° 13

Valores promedios del Índice Gonado-Somático (IGS) para los diferentes estadios de maduración gonadal de las hembras de O. aureus y sus respectivas desviaciones estandar.

Estadio de desarrollo Gonadal	I.G.S. $\pm$ Desviación standar	n*
Joven	0.3846 $\pm$ 0.2960	28
Maduración inicial	0.7563 $\pm$ 0.4985	19
Maduración intermedia	1.8386 $\pm$ 0.7066	22
Maduración avanzada	2.2716 $\pm$ 0.8232	19
Madura	4.0959 $\pm$ 1.1597	44
Reproducción	1.5233 $\pm$ 1.0700	18

* = número de ejemplares

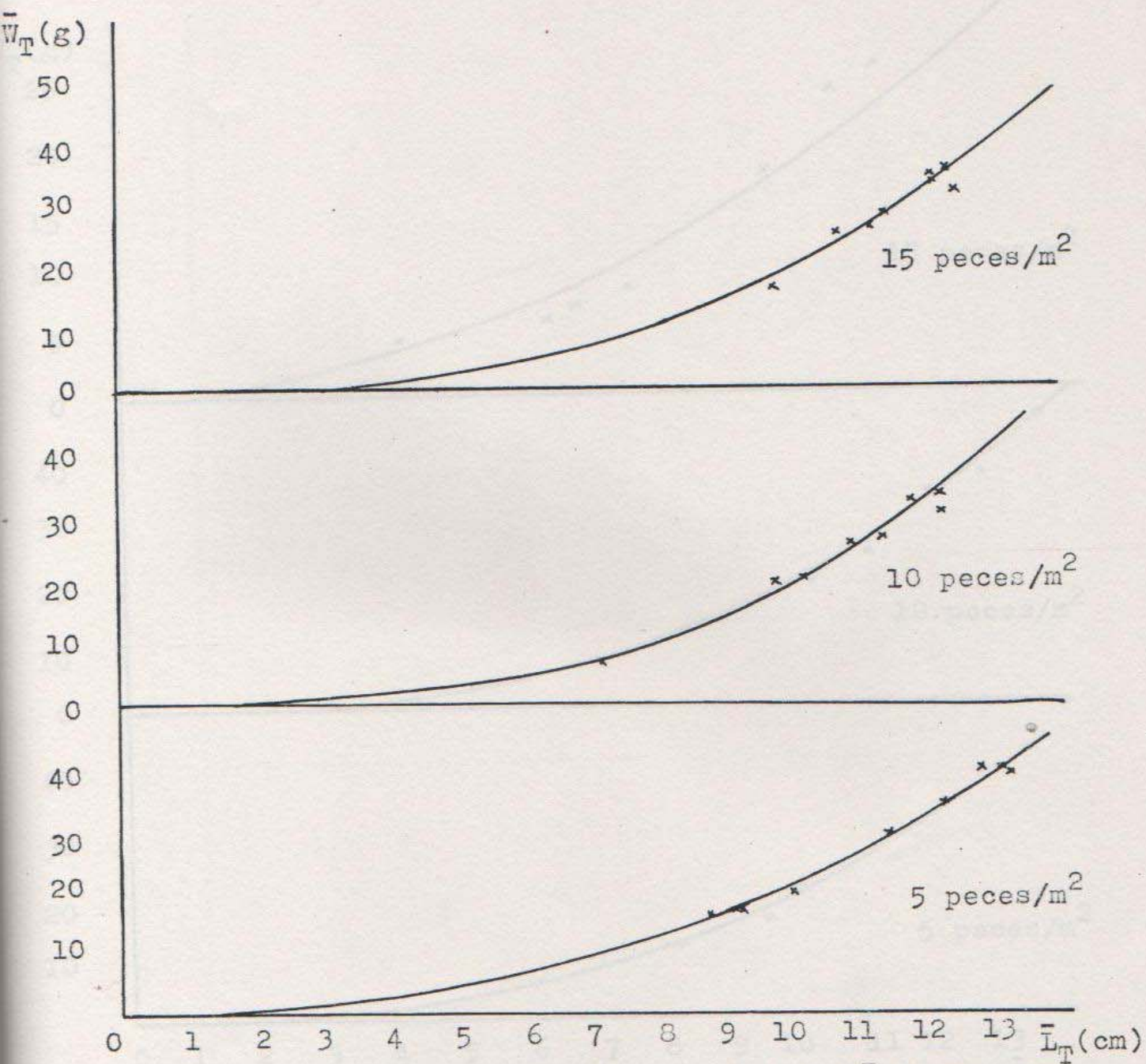


Figura 1 Curva de la relación peso total ($\bar{W}_T$) / tamaño total ($\bar{L}_T$) de *O. aureus*. Ensayo N° 1.

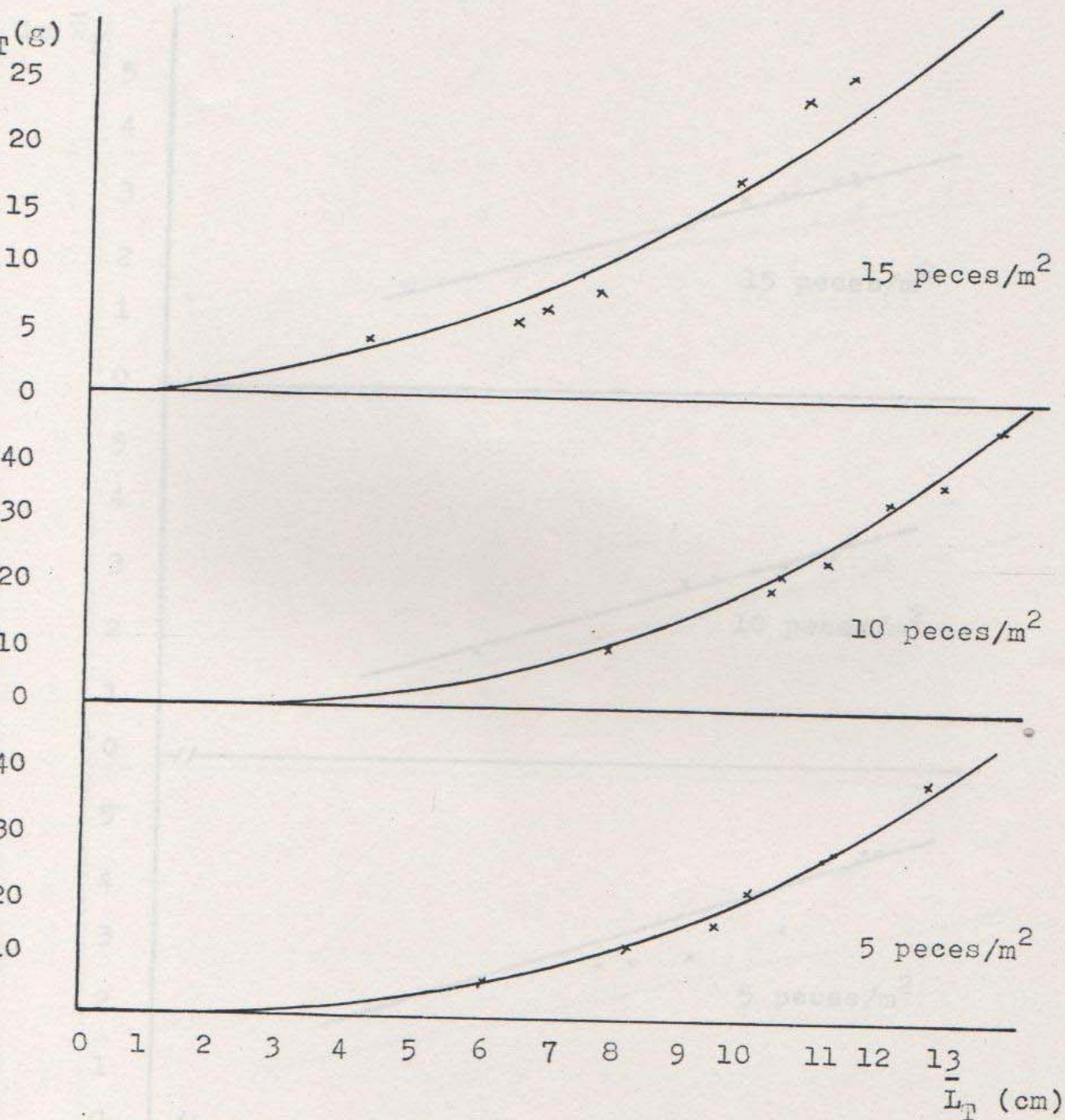


Figura 2. Curva de la relación peso Total ($\bar{W}_T$) / tamaño total ($\bar{L}_T$) de *O. aureus*. Ensayo N° 2.

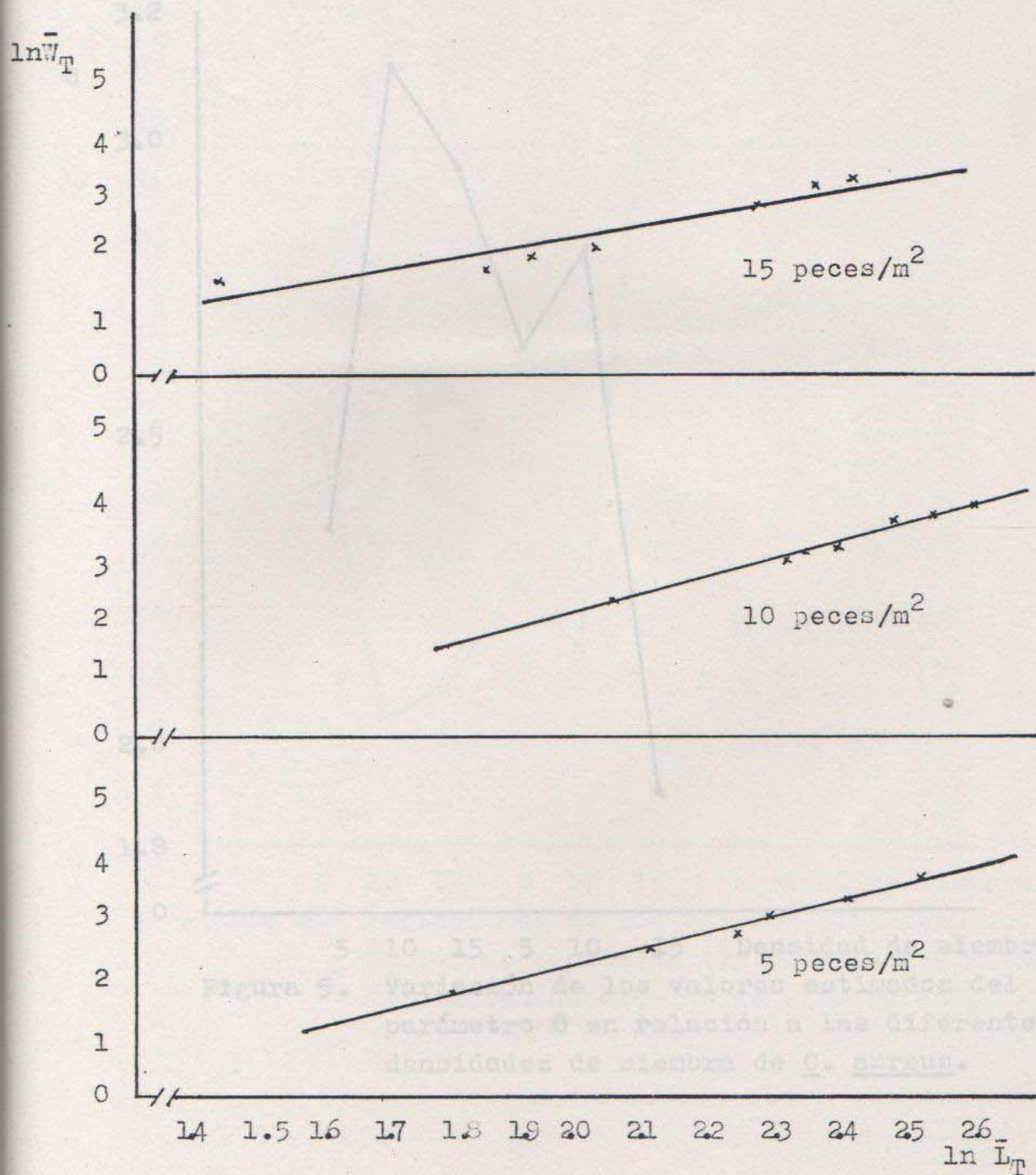


Figura 4. Relación lineal entre el $\ln$ del peso total medio y el tamaño total medio de *O. aureus*. Ensayo N° 2.

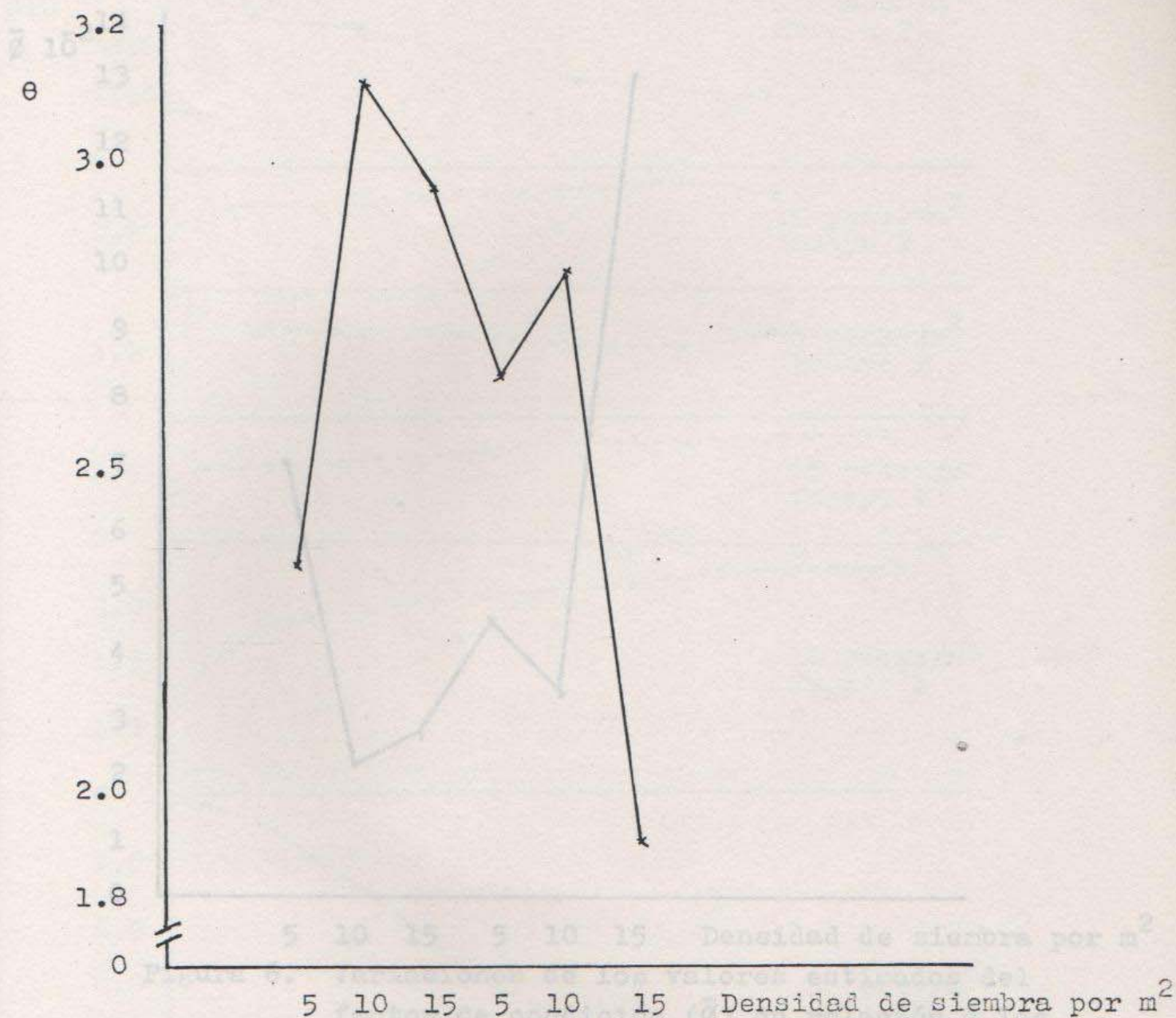


Figura 5. Variación de los valores estimados del parámetro θ en relación a las diferentes densidades de siembra de O. aureus.

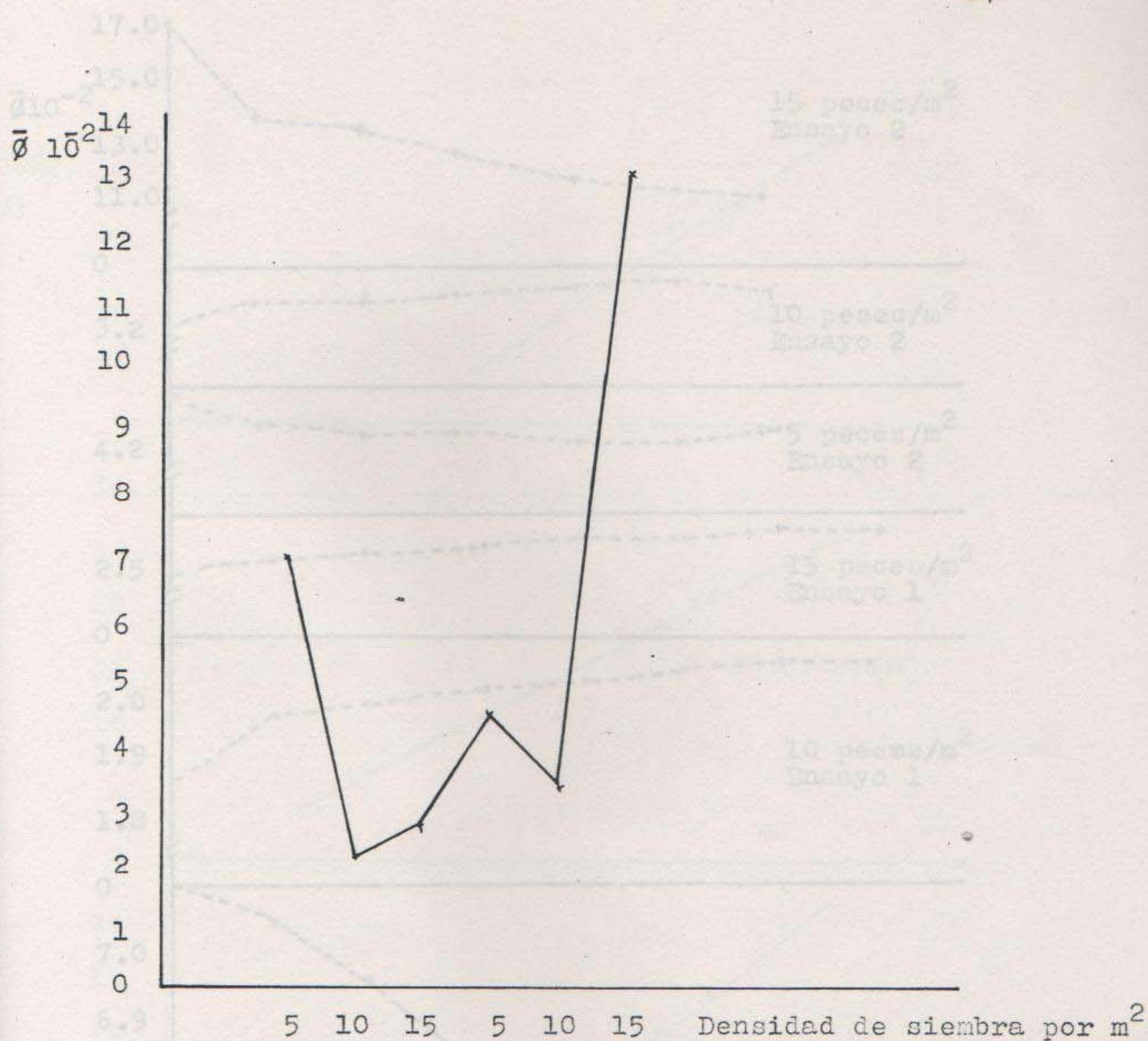


Figura 6. Variaciones de los valores estimados del factor de condición ($\bar{\phi}$) en relación a las diferentes densidades de siembra de *O. aureus*

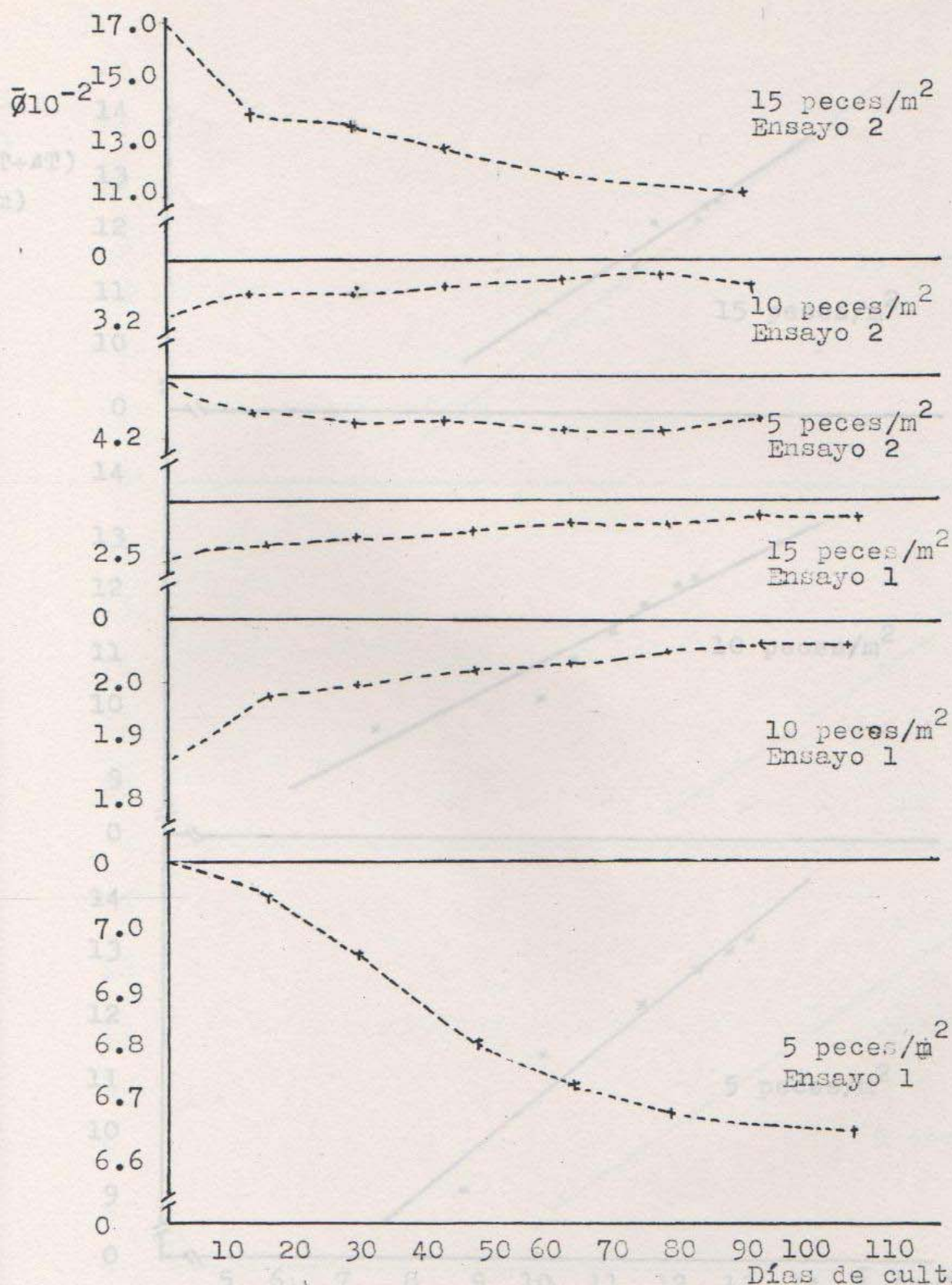


Figura 7. Variación de valores estimados del factor condición corregido ($\bar{\bar{\phi}}$) en función del tiempo de cultivo de *O. aureus* en las diferentes densidades de siembra.

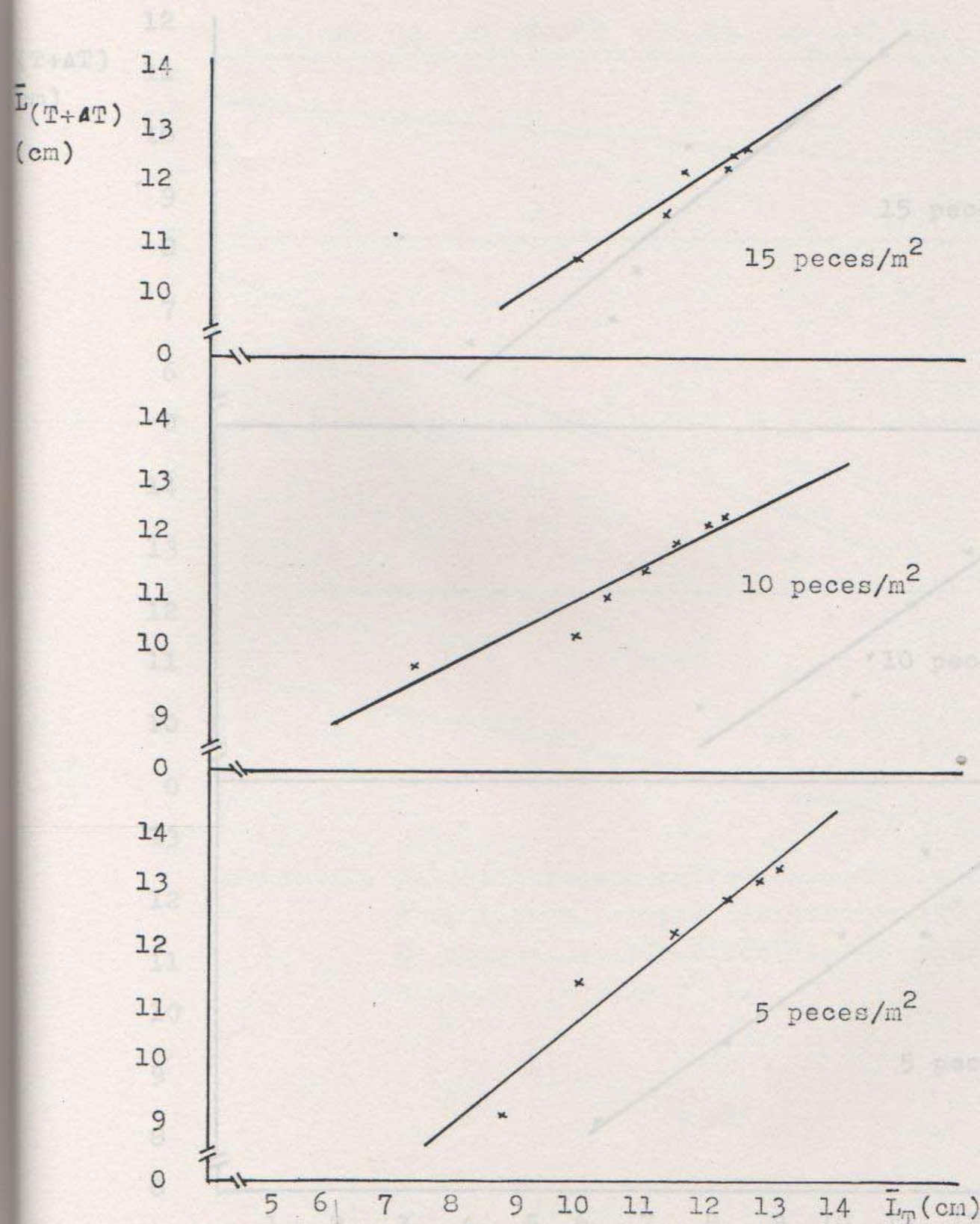


Figura 8. Relación lineal entre el tamaño total promedio en el instante $T+\Delta T$ ($\bar{L}_{T+\Delta T}$) y en el instante T ($\bar{L}_T$) de *O. aureus*, en las diferentes densidades de siembra. Ensayo N°1.

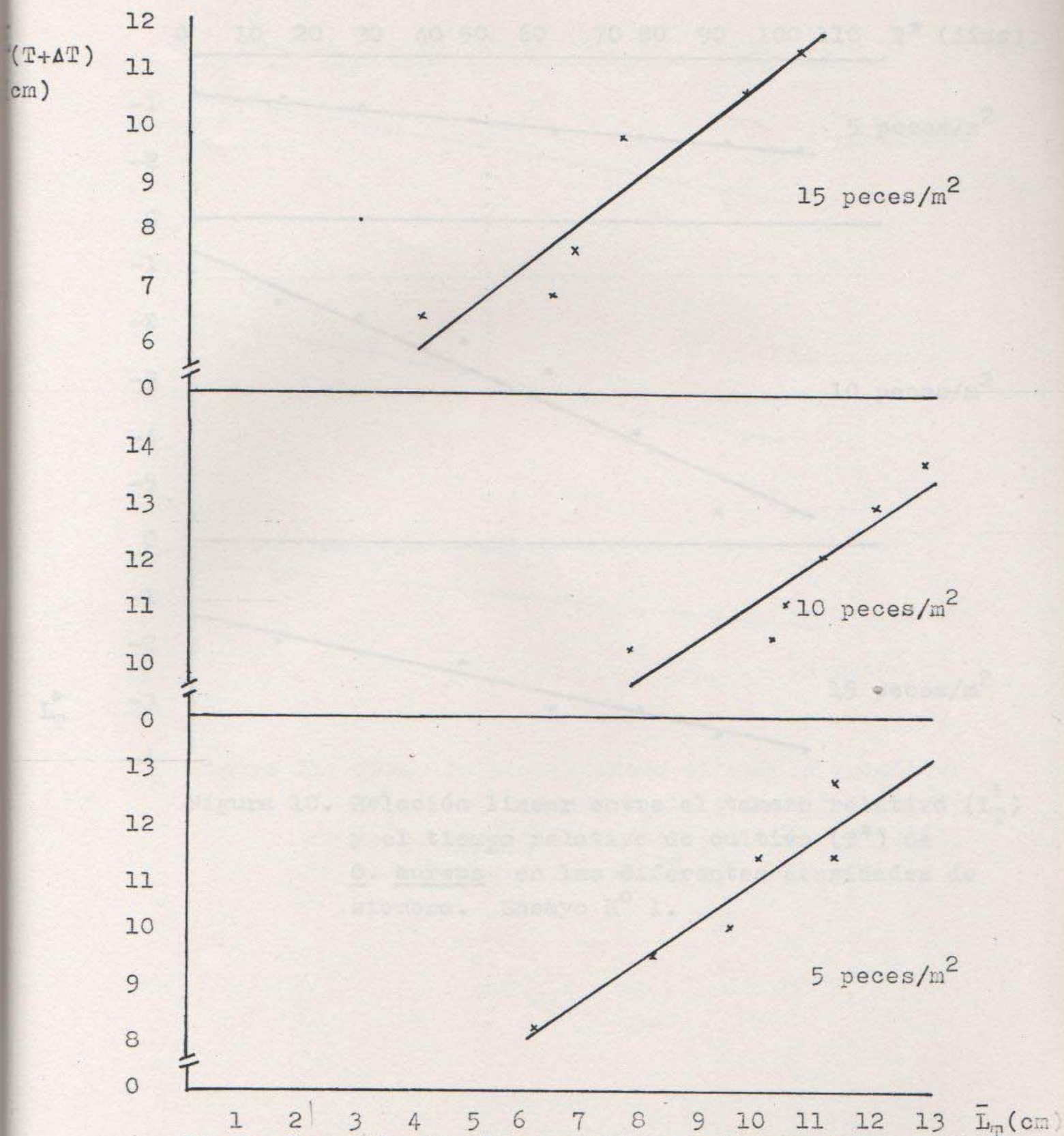


Figura 9. Relación lineal entre el tamaño total medio en el instante $T + \Delta T$ ($\bar{L}_{T + \Delta T}$) y en el instante T ($\bar{L}_T$) de *O. aureus*, en las diferentes densidades de siembra. Ensayo N° 2.

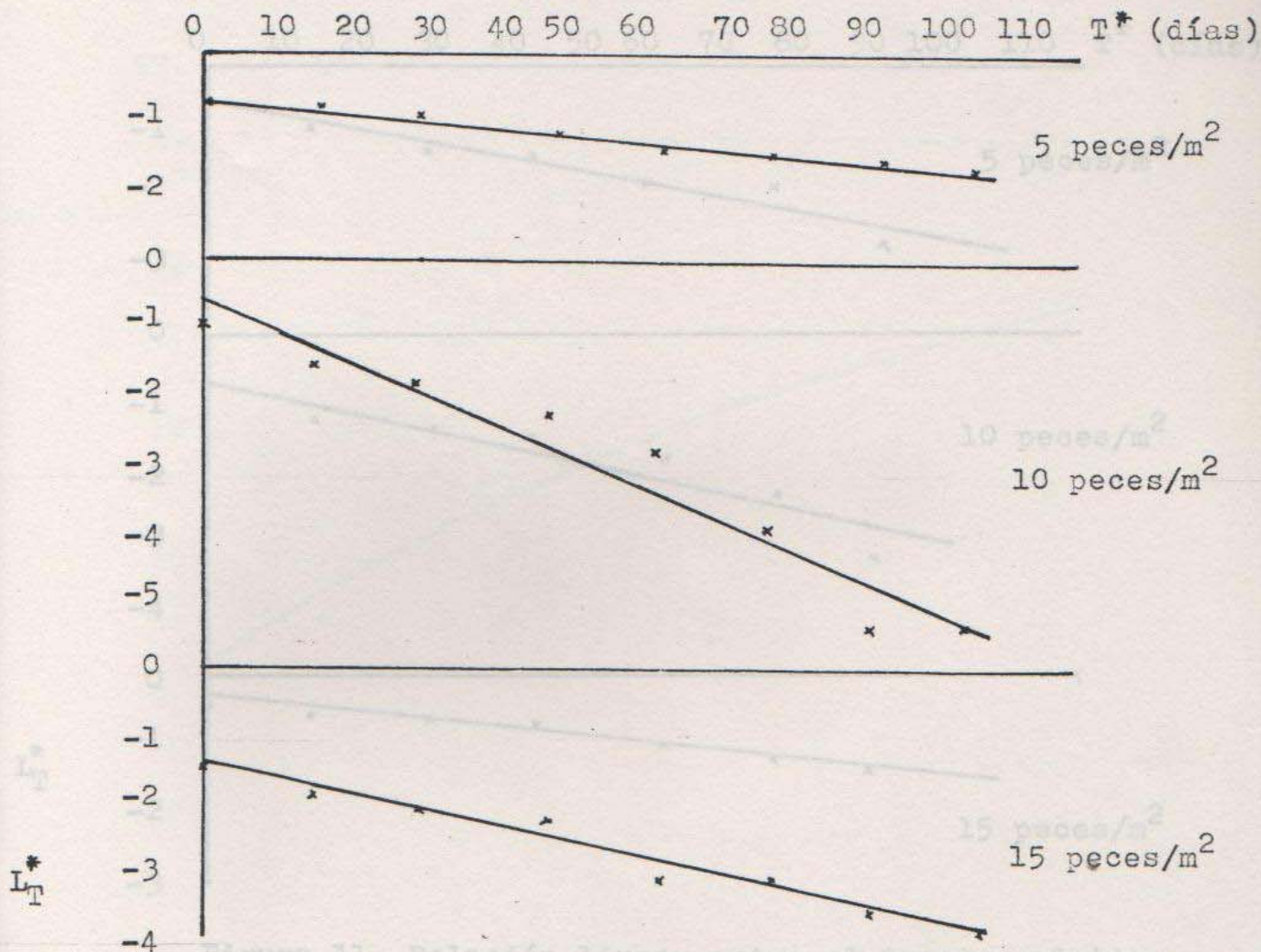


Figura 10. Relación lineal entre el tamaño relativo (L_T^*) y el tiempo relativo de cultivo (T^*) de O. aureus en las diferentes densidades de siembra. Ensayo N° 1.

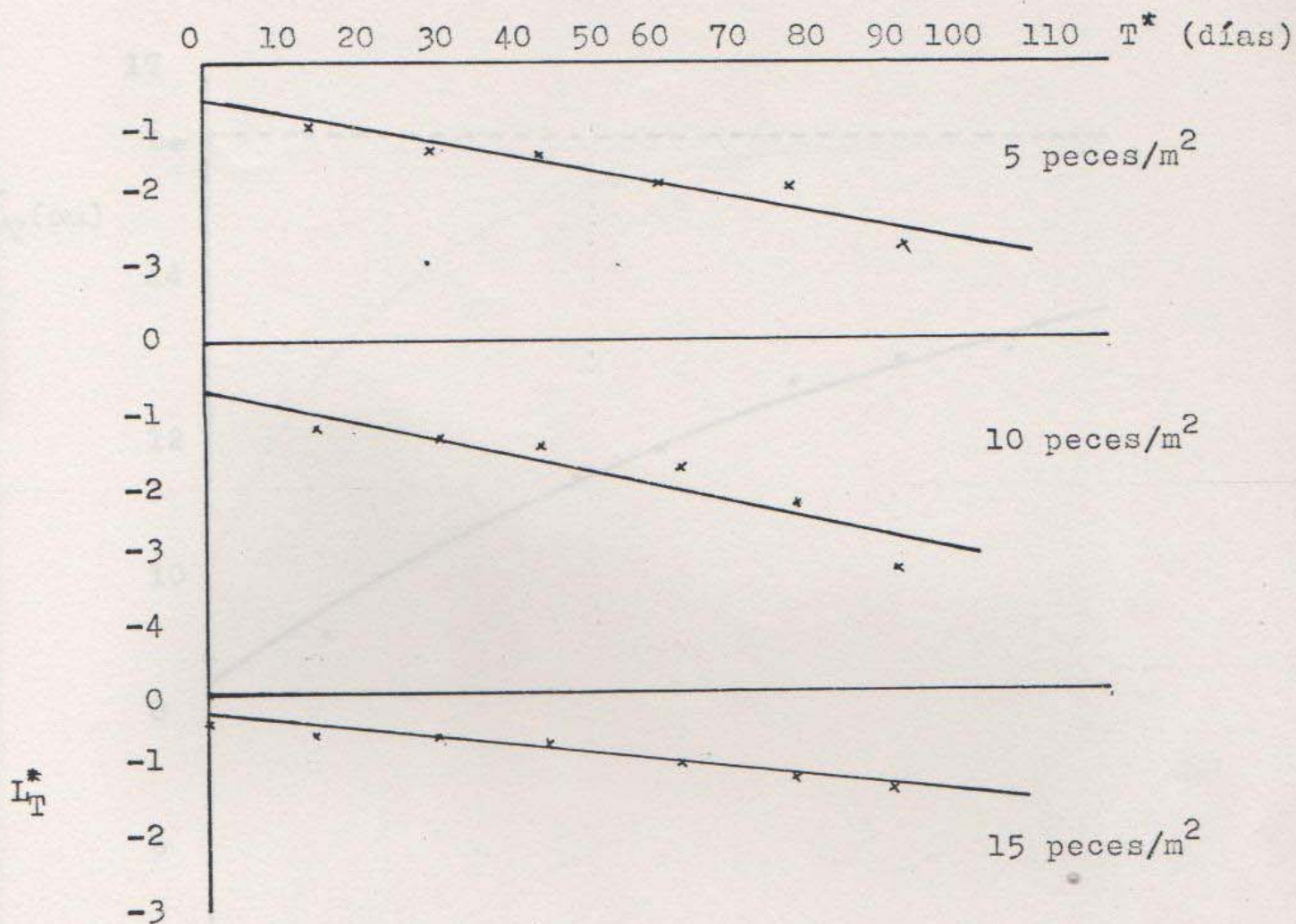


Figura 11. Relación lineal entre el tamaño relativo (L_T^*) y el tiempo relativo de cultivo (T^*) de *O. aureus* en las diferentes densidades de siembra. Ensayo N° 2.

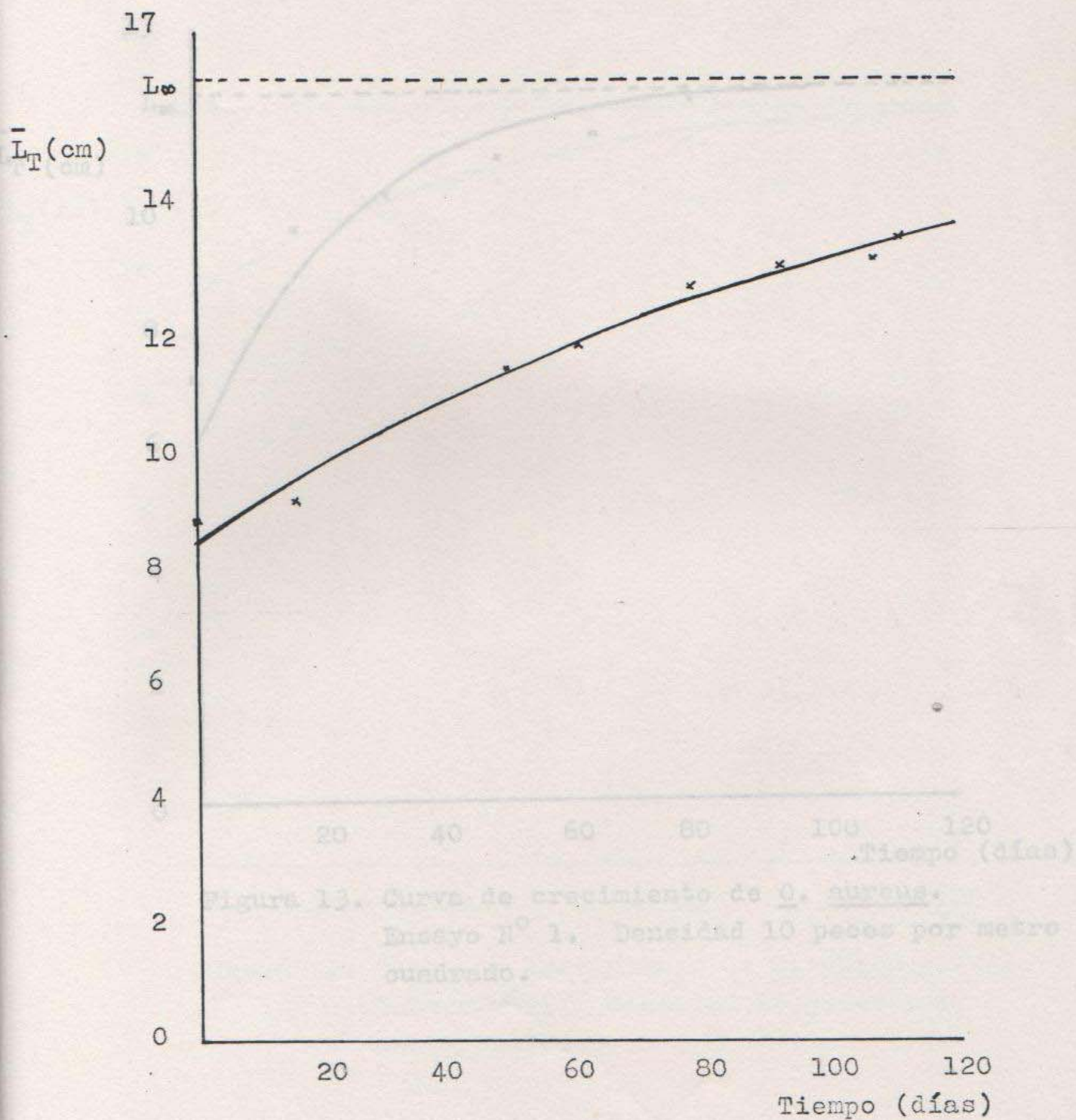


Figura 12. Curva de crecimiento de *O. aureus*.
 Ensayo N° 1. Densidad de 5 peces por metro cuadrado.

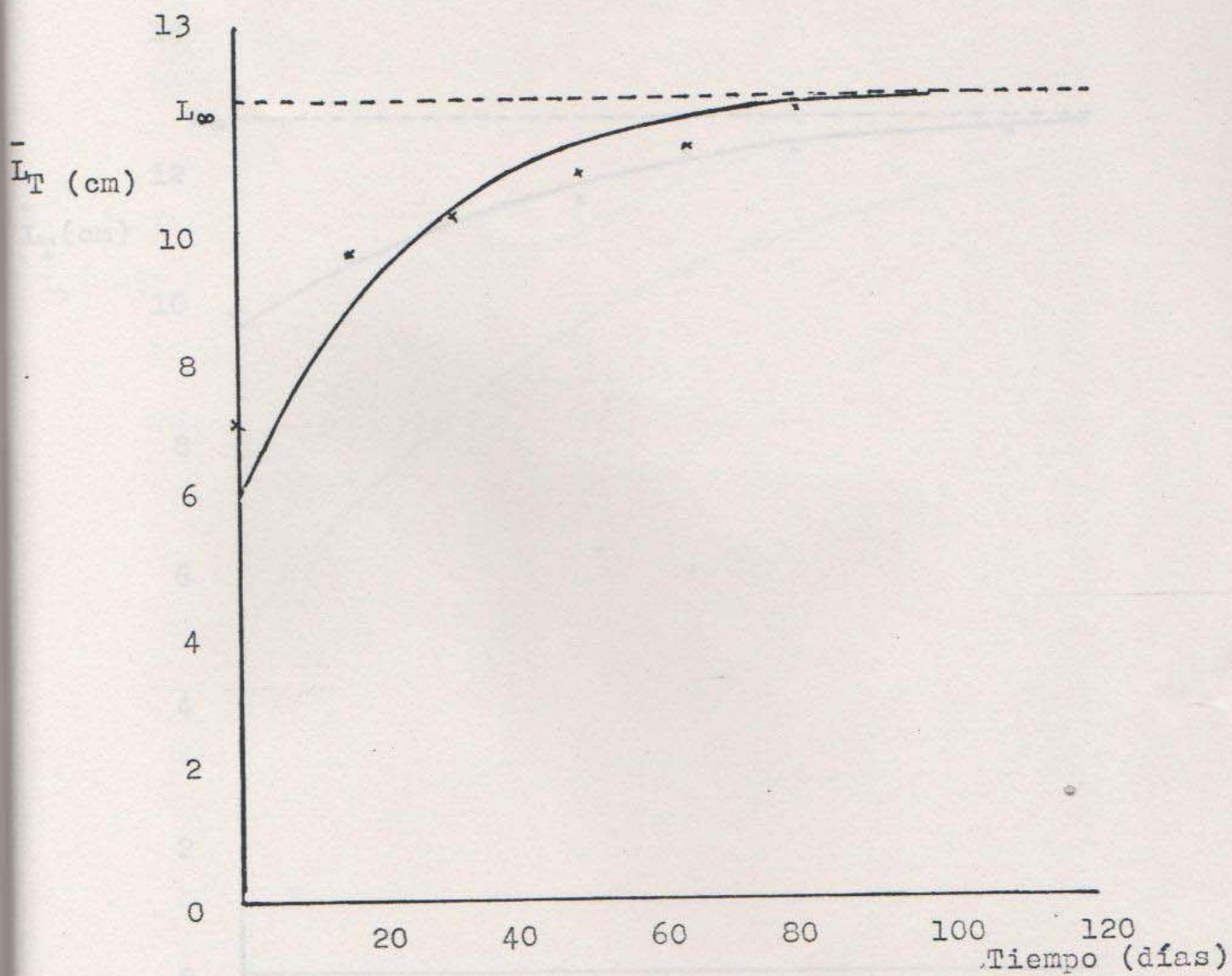


Figura 13. Curva de crecimiento de *O. aureus*.
 Ensayo N° 1. Densidad 10 peces por metro cuadrado.

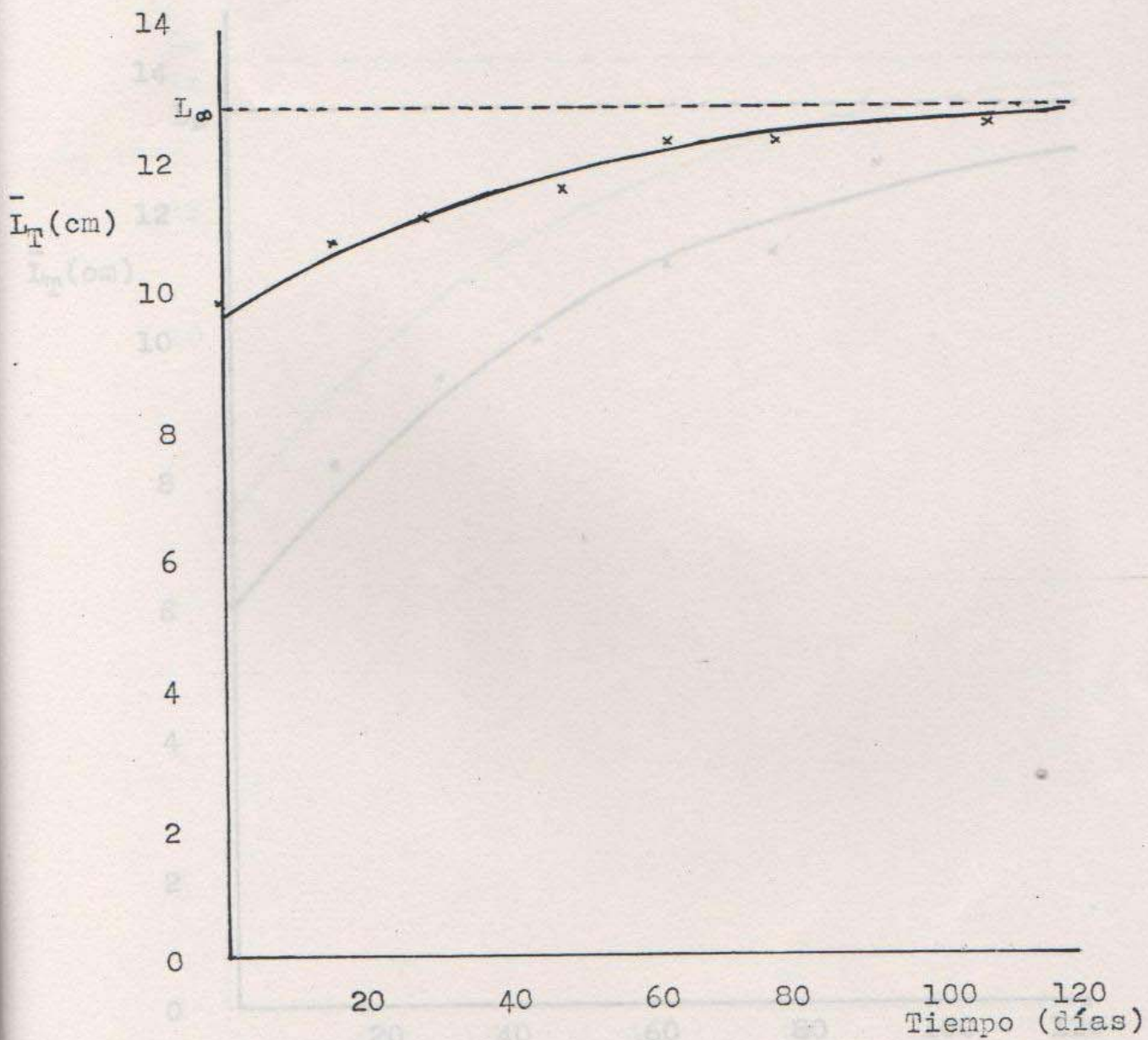


Figura 14. Curva de crecimiento de *O. aureus*.

Ensayo N° 1. Densidad 15 peces por metro cuadrado.

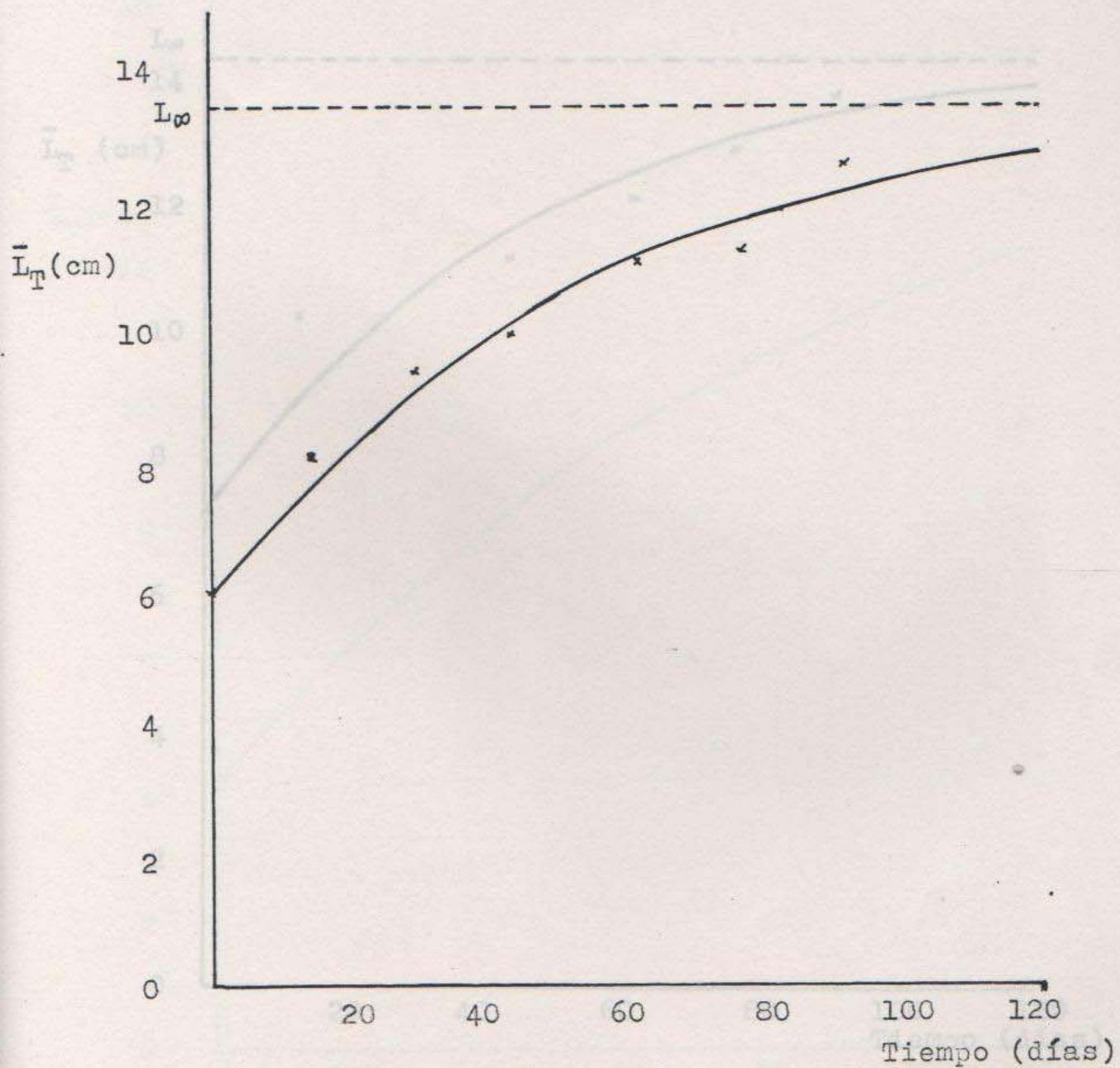


Figura 15. Curva de crecimiento de O. aureus.
Ensayo N° 2. Densidad 5 peces por
metro cuadrado.

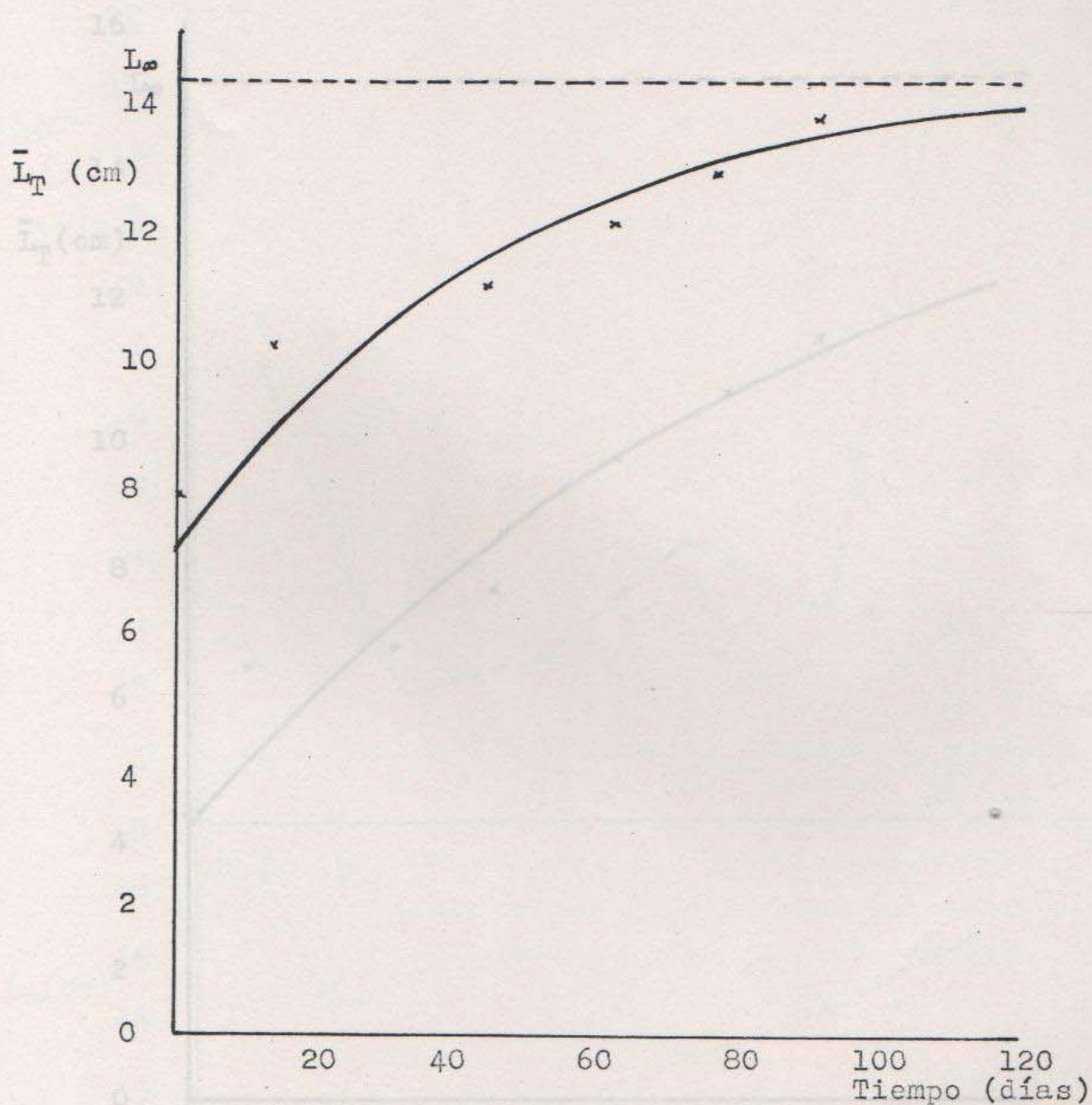


Figura 16. Curva de crecimiento de O. aureus.
Ensayo N° 2. Densidad 10 peces por
metro cuadrado.

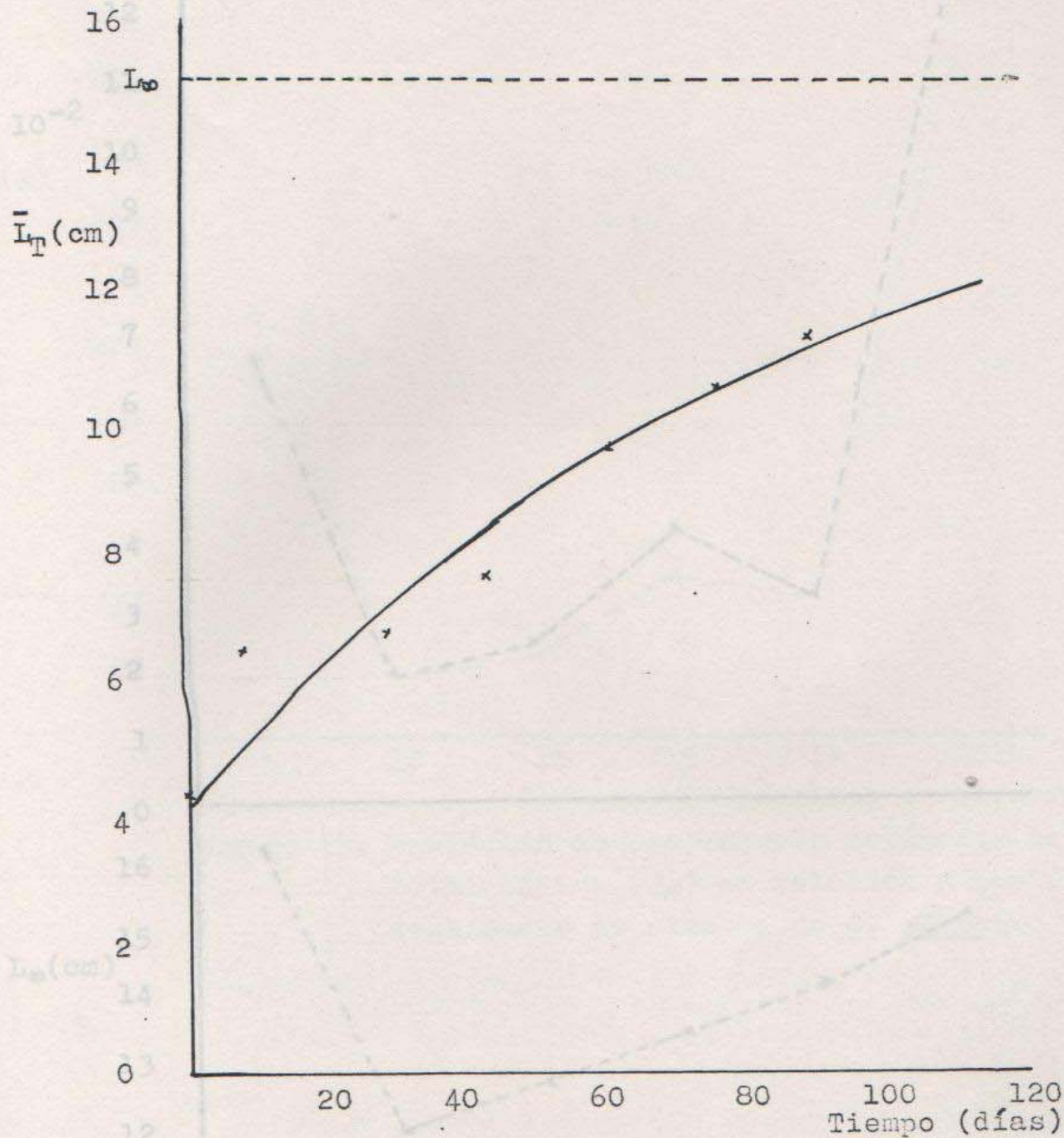


Figura 17. Curva de crecimiento de O. aureus.
Ensayo N° 2. Densidad 15 peces por metro cuadrado.

Figura 18. Variación de los valores estimados del tamaño máximo (L_∞) y del factor de condición medio ($\bar{K}$) en relación a las diferentes densidades de siembra de O. aureus.

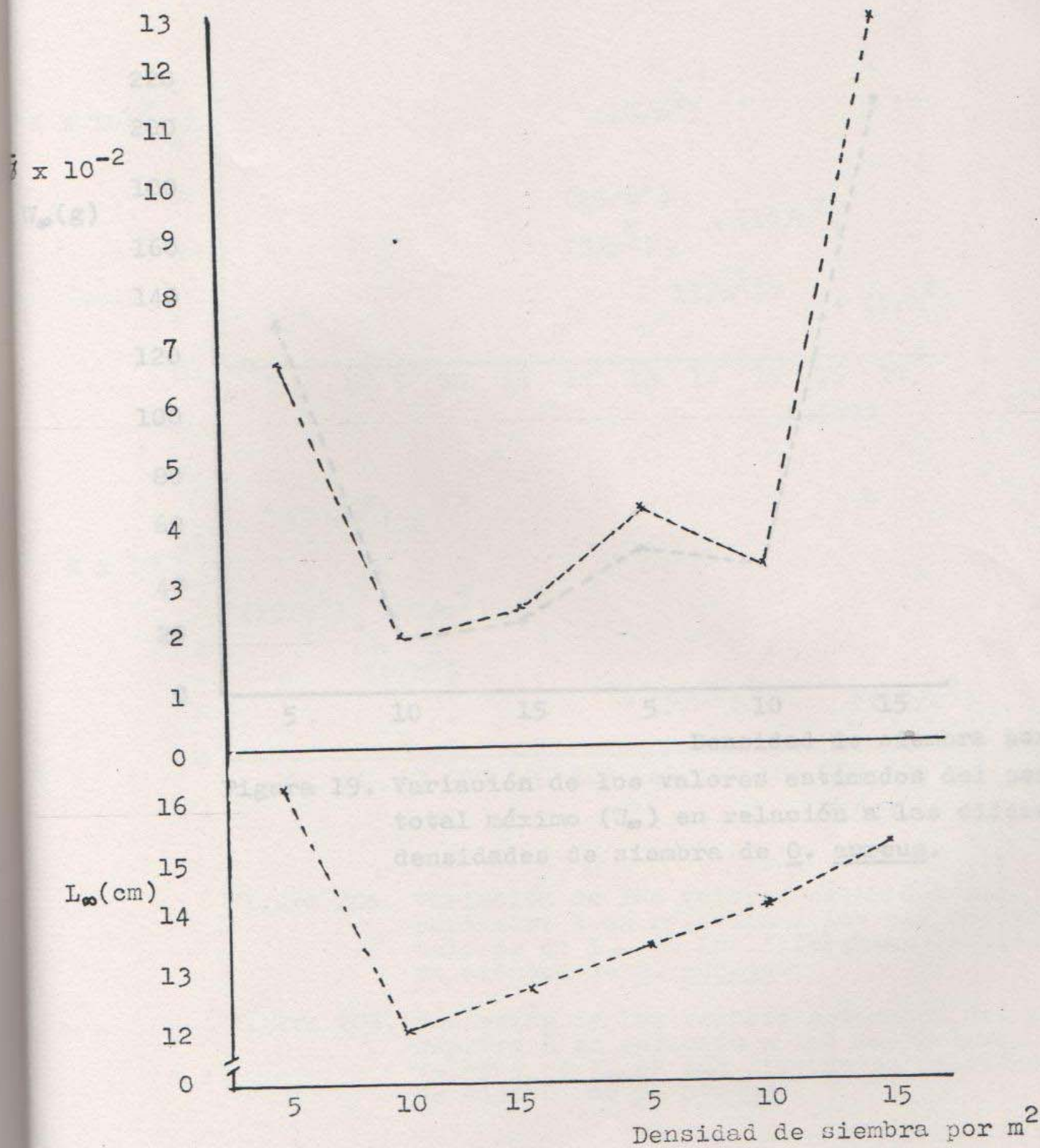


Figura 18. Variación de los valores estimados del tamaño máximo (L_{∞}) y del factor de condición medio ($\bar{P}$) en relación a las diferentes densidades de siembra de O. aureus.

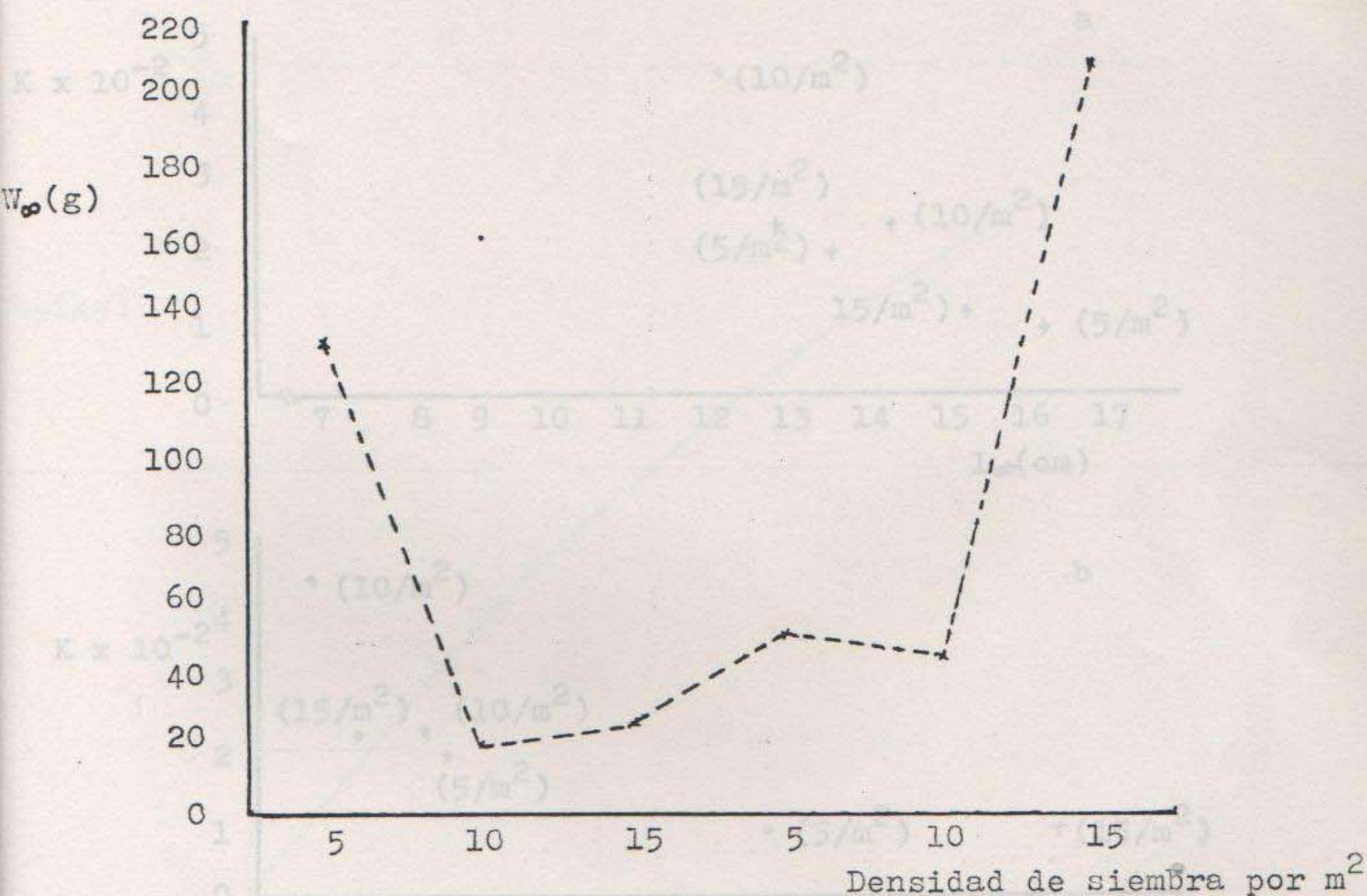


Figura 19. Variación de los valores estimados del peso total máximo (W_{∞}) en relación a las diferentes densidades de siembra de O. aureus.

Figura 20a. Variación de los valores estimados del parámetro K en relación a los respectivos valores de L_{∞} en las diferentes densidades de siembra de O. aureus.

Figura 20b. Variación de los valores estimados del parámetro K en relación a los respectivos valores de W_{∞} en las diferentes densidades de siembra de O. aureus.

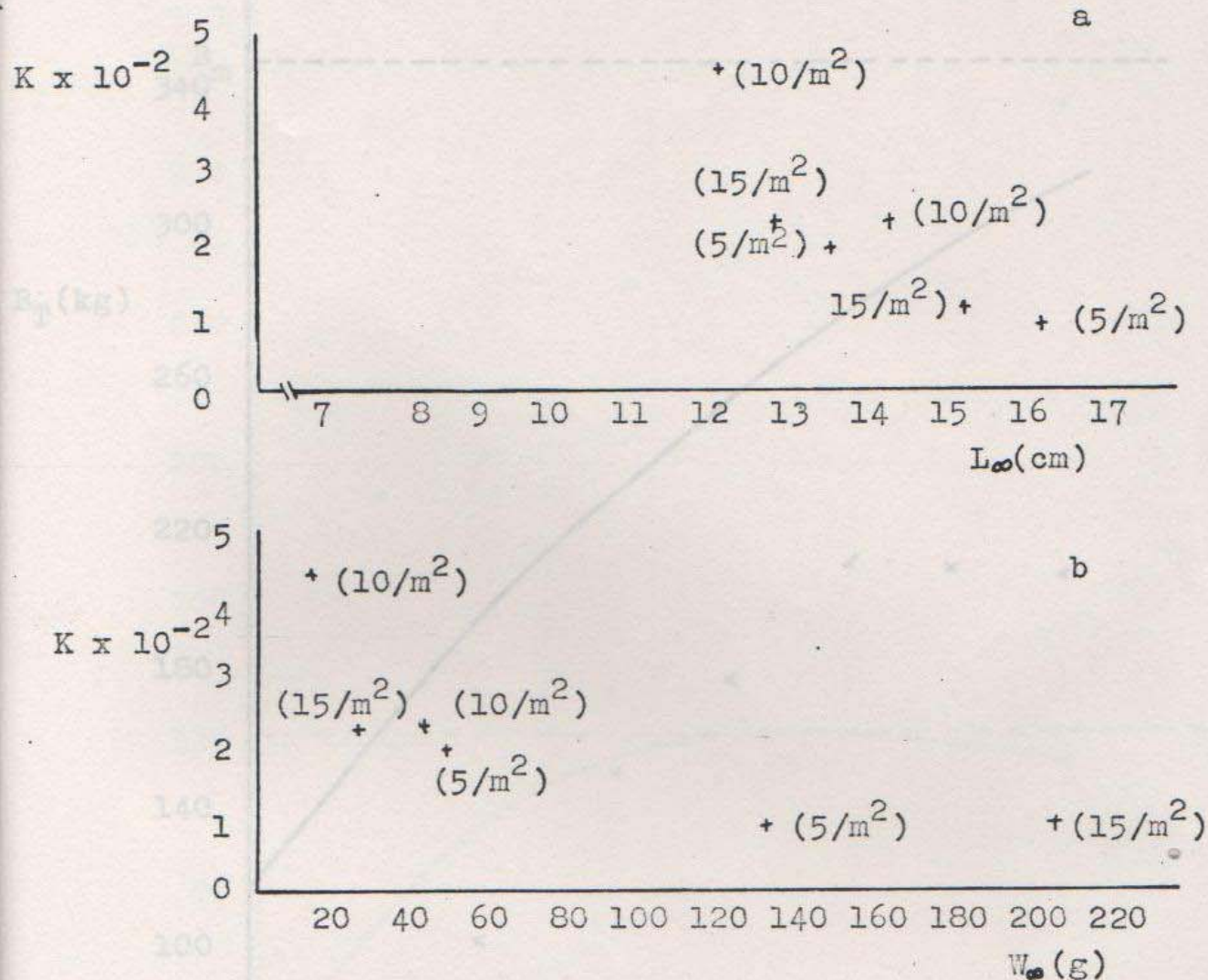


Figura 20a. Variación de los valores estimados del parámetro K en relación a los respectivos valores de L_{∞} en las diferentes densidades de siembra de O. aureus.

Figura 20b. Variación de los valores estimados del parámetro K en relación a los respectivos valores de W_{∞} en las diferentes densidades de siembra de O. aureus.

Figura 21. Curva de biomasa (B_p) de O. aureus.
 Ensayo 1º 1. Densidad 5 peces por metro cuadrado.

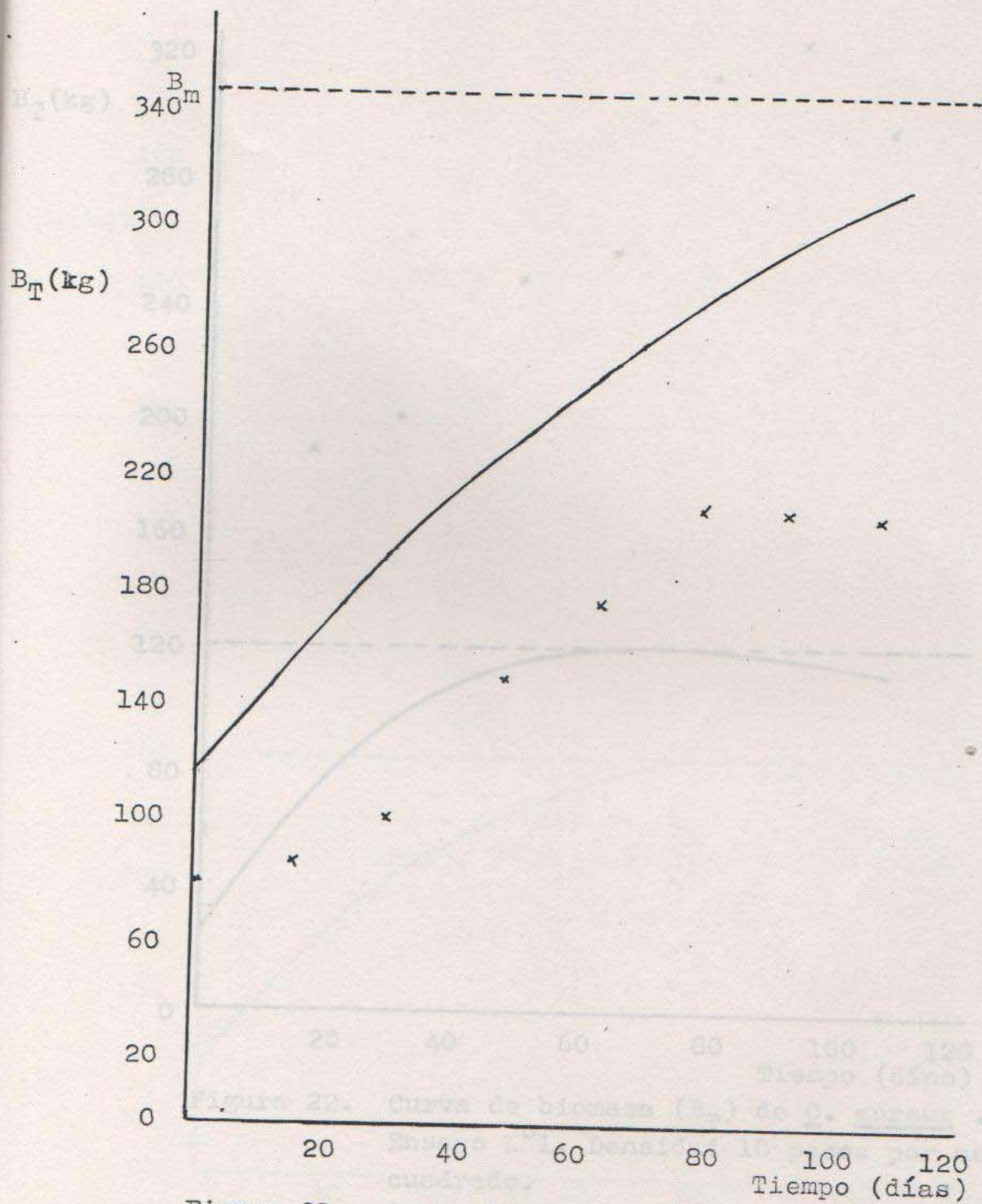


Figura 21. Curva de biomasa (B_T) de O. aureus.
 Ensayo n° 1. Densidad 5 peces por metro cuadrado.

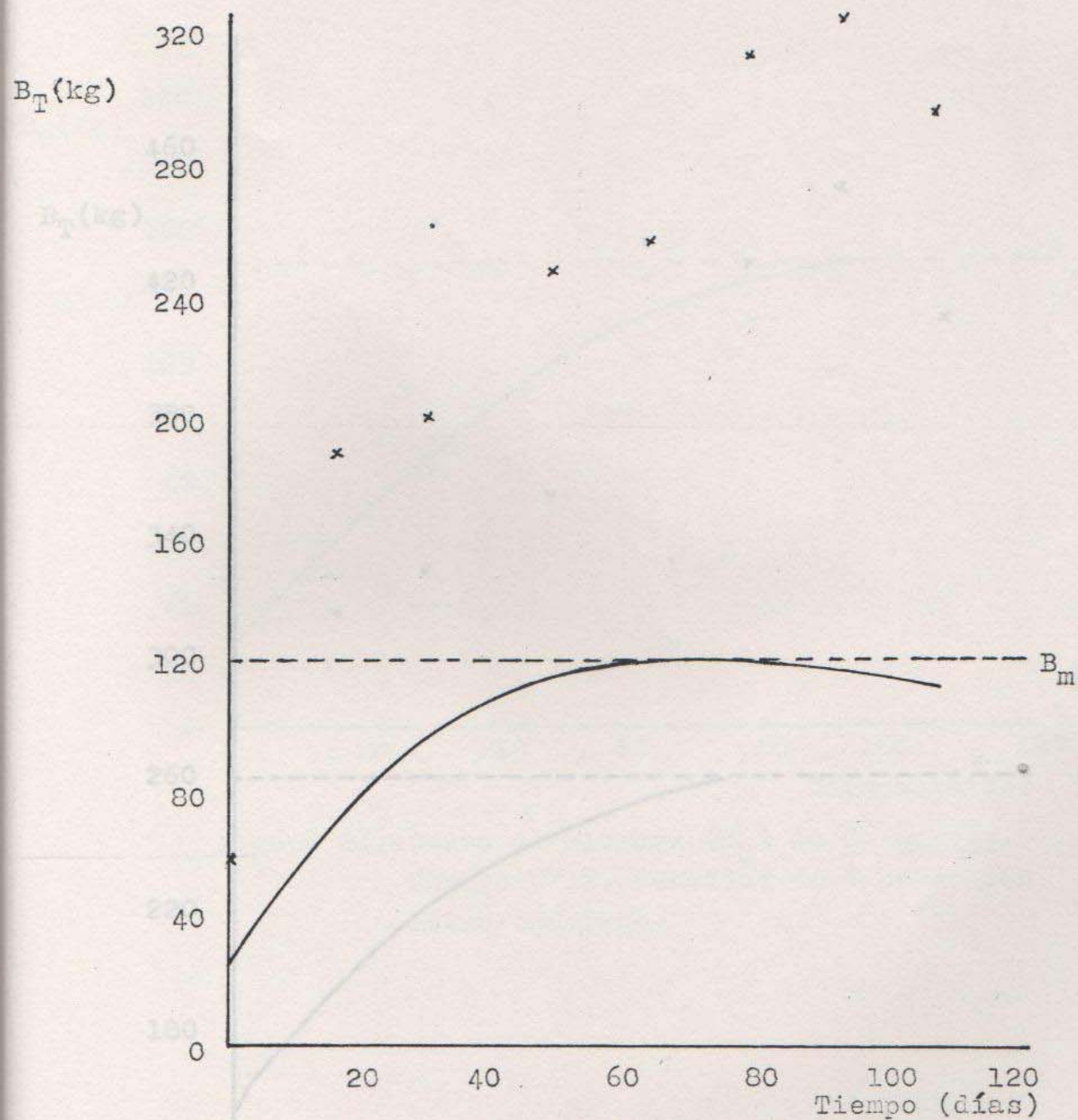


Figura 22. Curva de biomasa (B_T) de O. aureus.
Ensayo N°1. Densidad 10 peces por metro cuadrado.

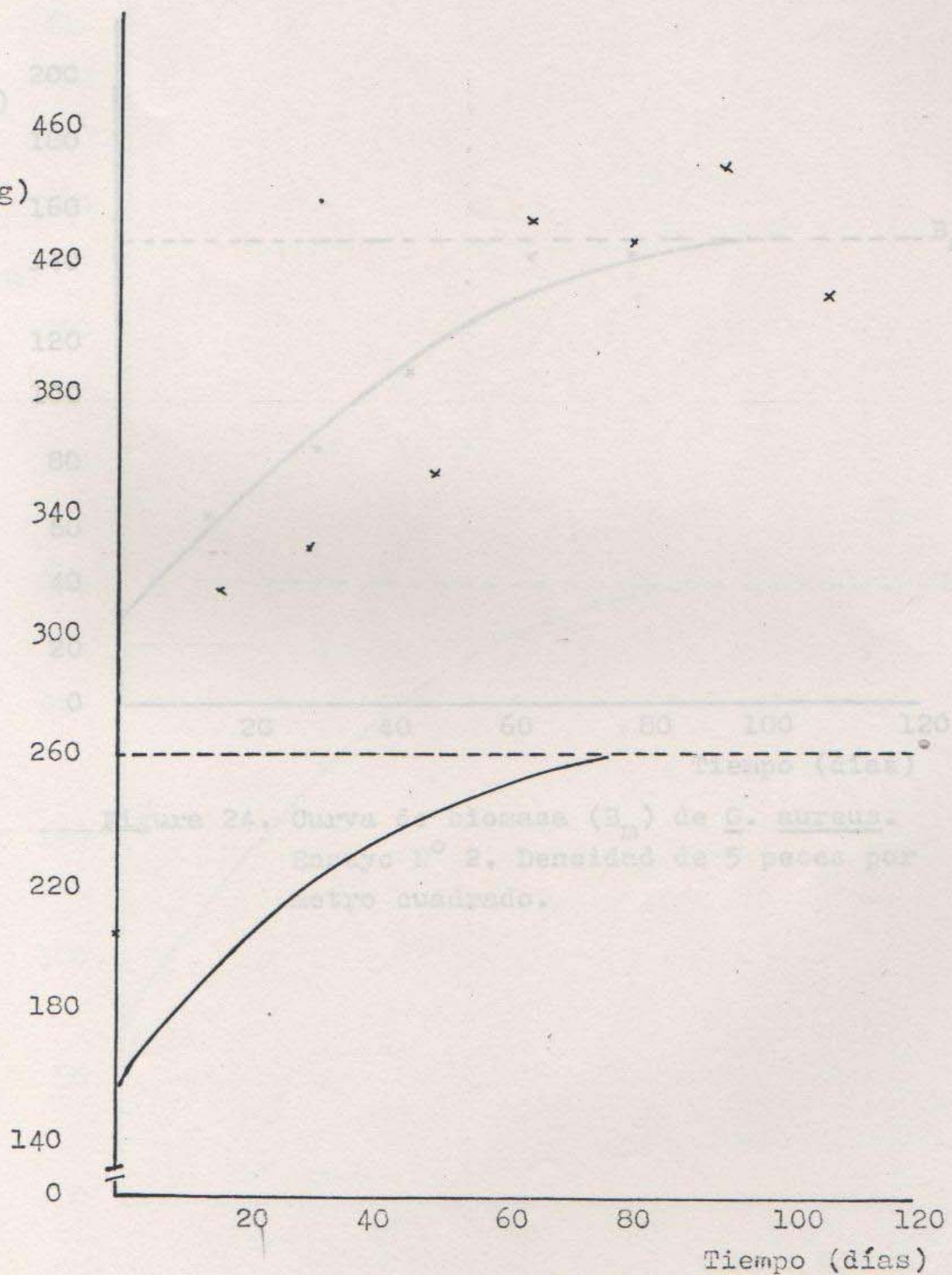


Figura 23. Curva de biomasa (B_T) de O. aureus.
 Ensayo N°1. Densidad 15 peces por metro cuadrado.

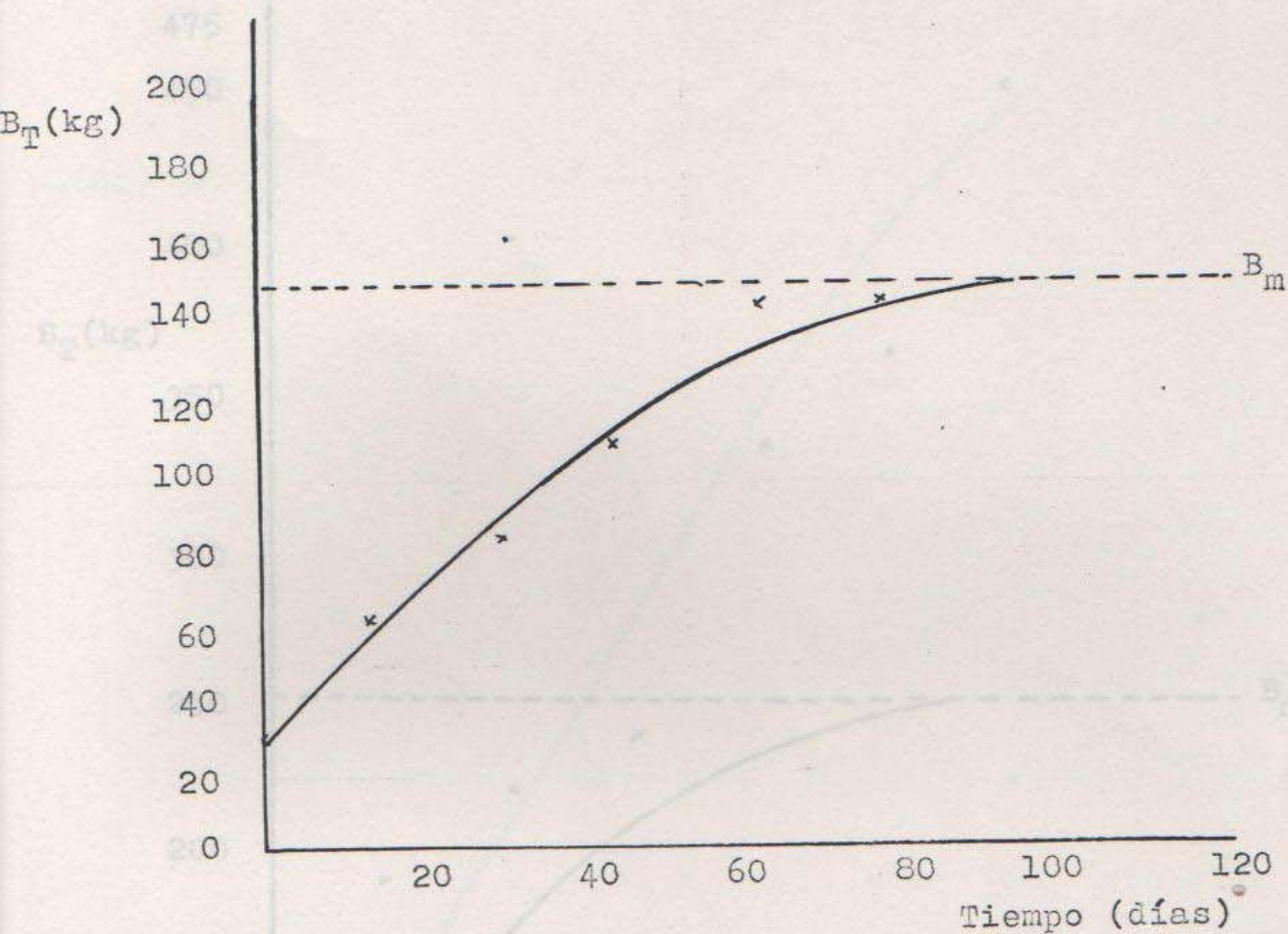


Figura 24. Curva de biomasa (B_m) de *O. aureus*.
Ensayo N° 2. Densidad de 5 peces por metro cuadrado.

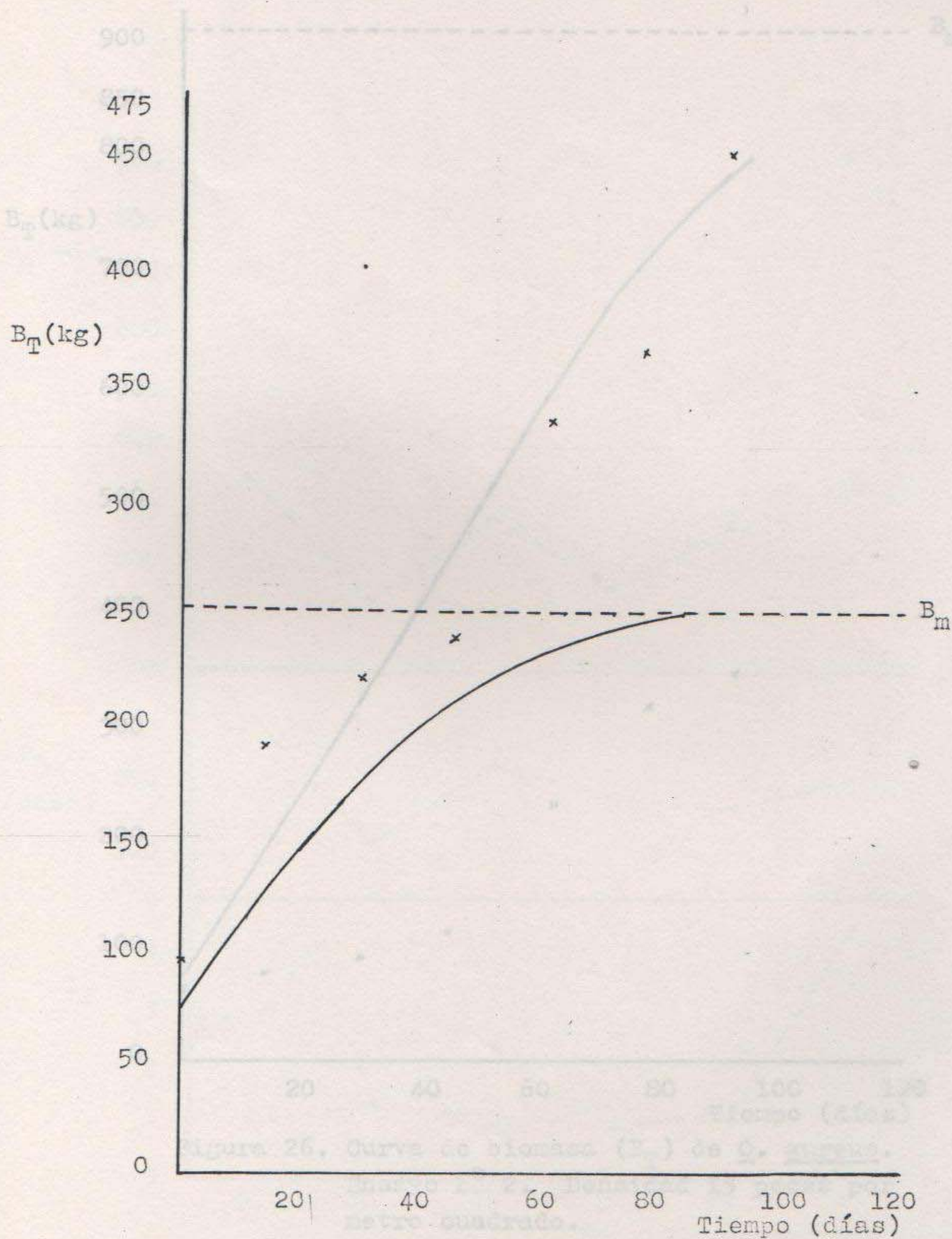


Figura 25. Curva de biomasa (B_T) de O. aureus.
 Ensayo N° 2. Densidad 10 peces por metro cuadrado.

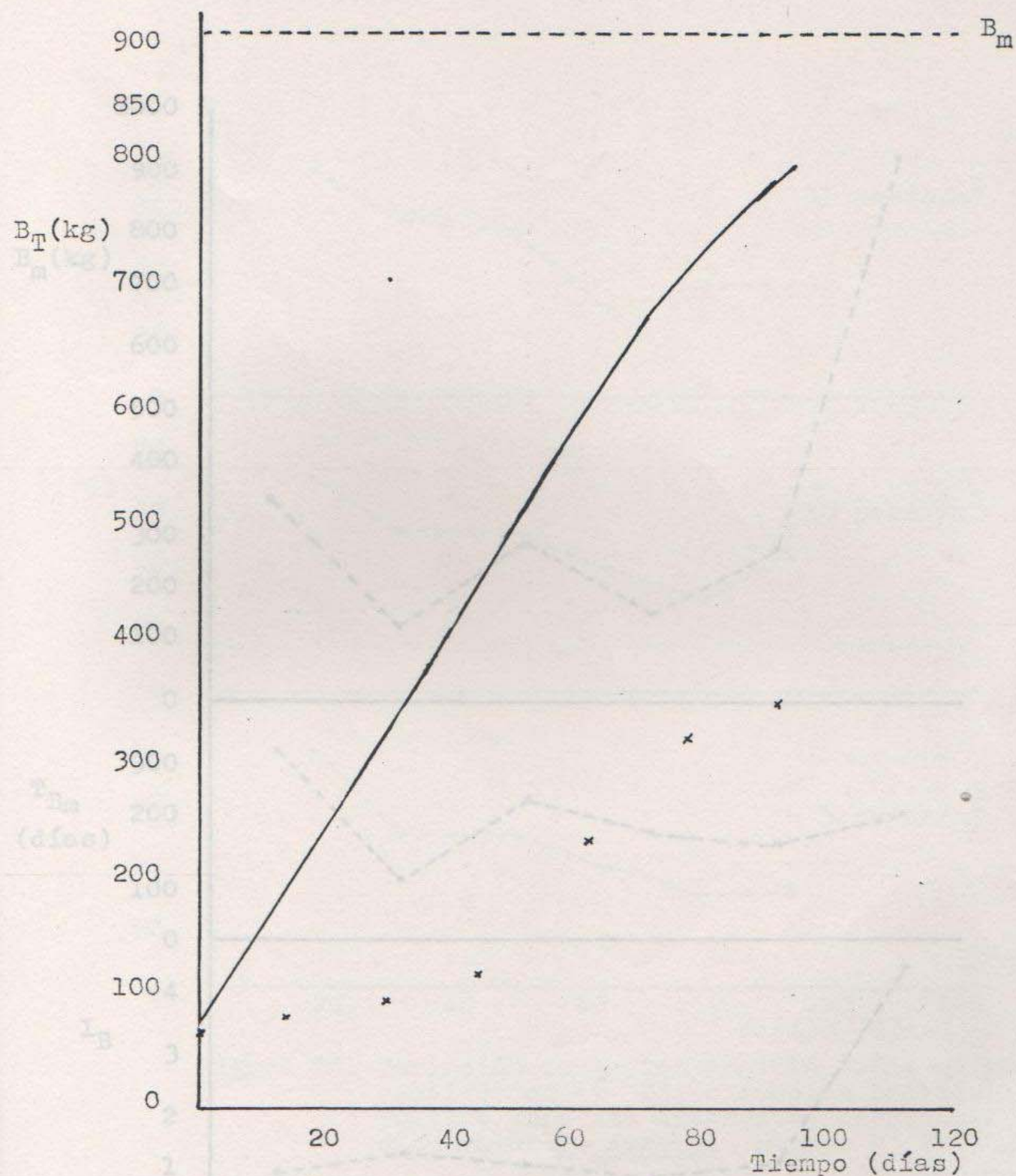


Figura 26. Curva de biomasa (B_T) de O. aureus.
Ensayo N° 2. Densidad 15 peces por
metro cuadrado.

Figura 27. Variación de los valores estimados de las
curvas de crecimiento (B_m), tiempo de vida media (T_{50}) e índice de rendimiento de peces (I_B)
para O. aureus en las diferentes densidades
de siembra.

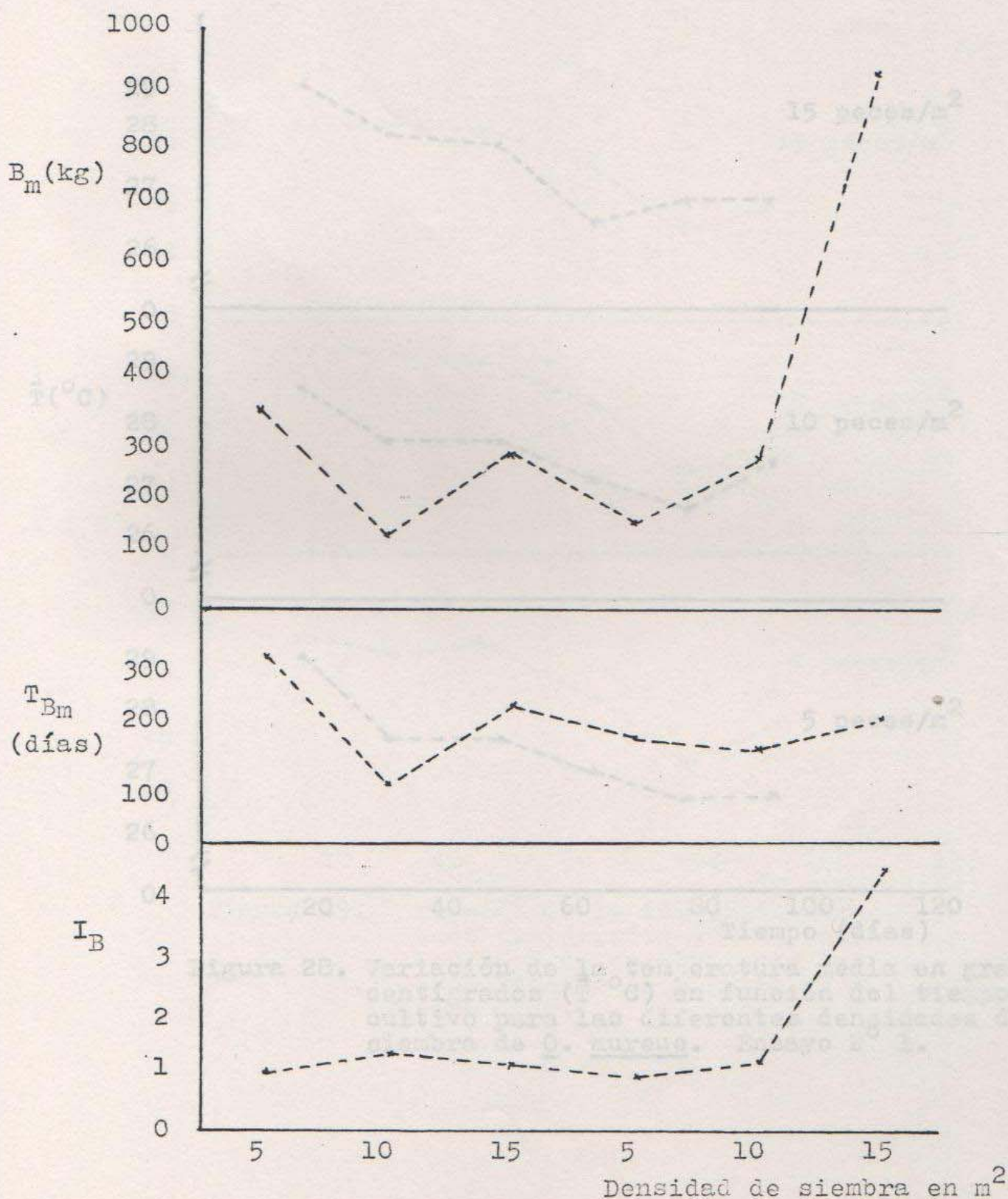


Figura 27. Variación de los valores estimados de biomasa máxima (B_m), tiempo de biomasa máxima (T_{Bm}) e índice de rendimiento en biomasa (I_B) para *O. aureus* en las diferentes densidades de siembra.

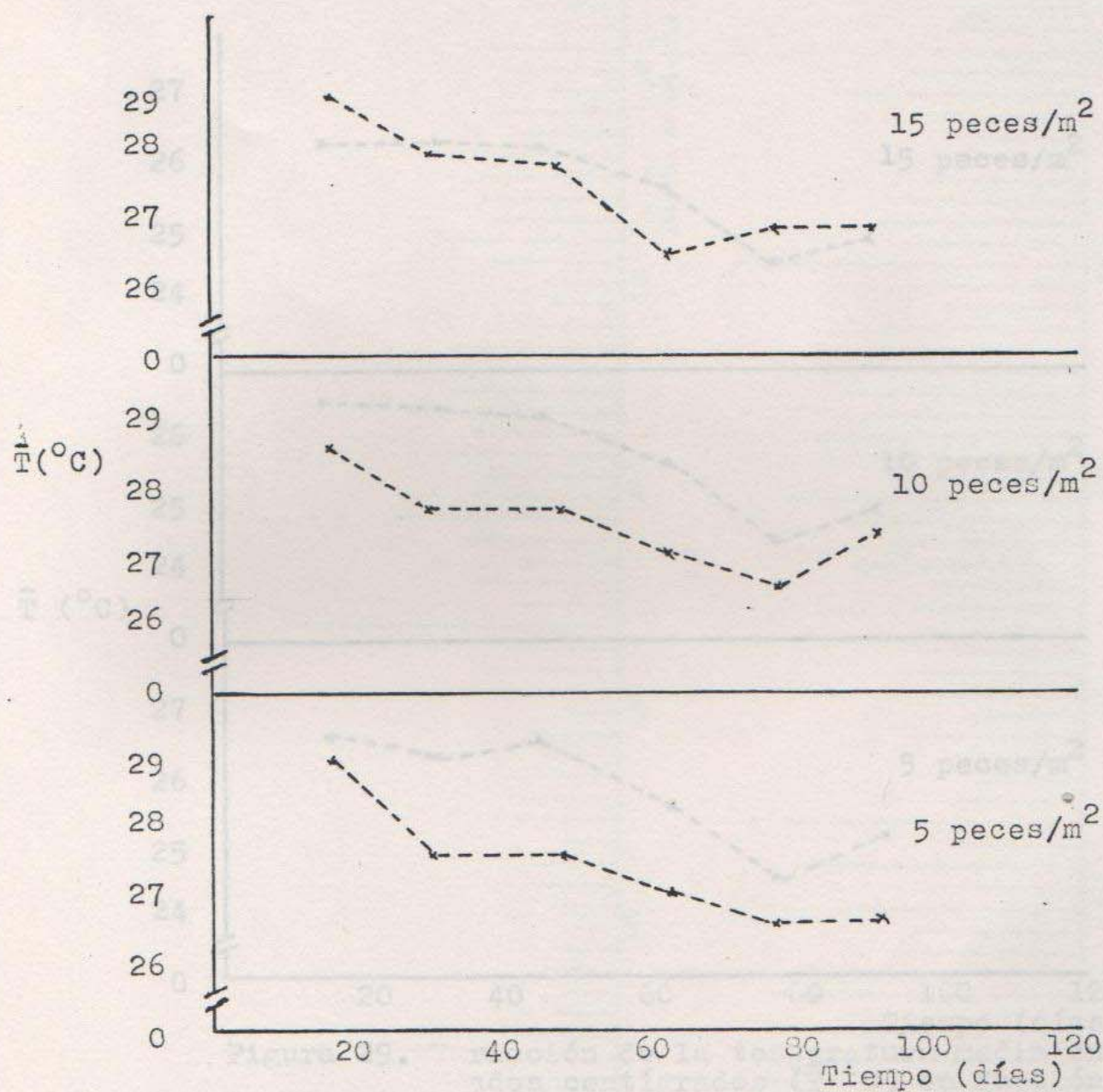


Figura 28. Variación de la temperatura media en grados centígrados ($\bar{T}^{\circ}\text{C}$) en función del tiempo de cultivo para las diferentes densidades de siembra de *O. aureus*. Ensayo N° 1.

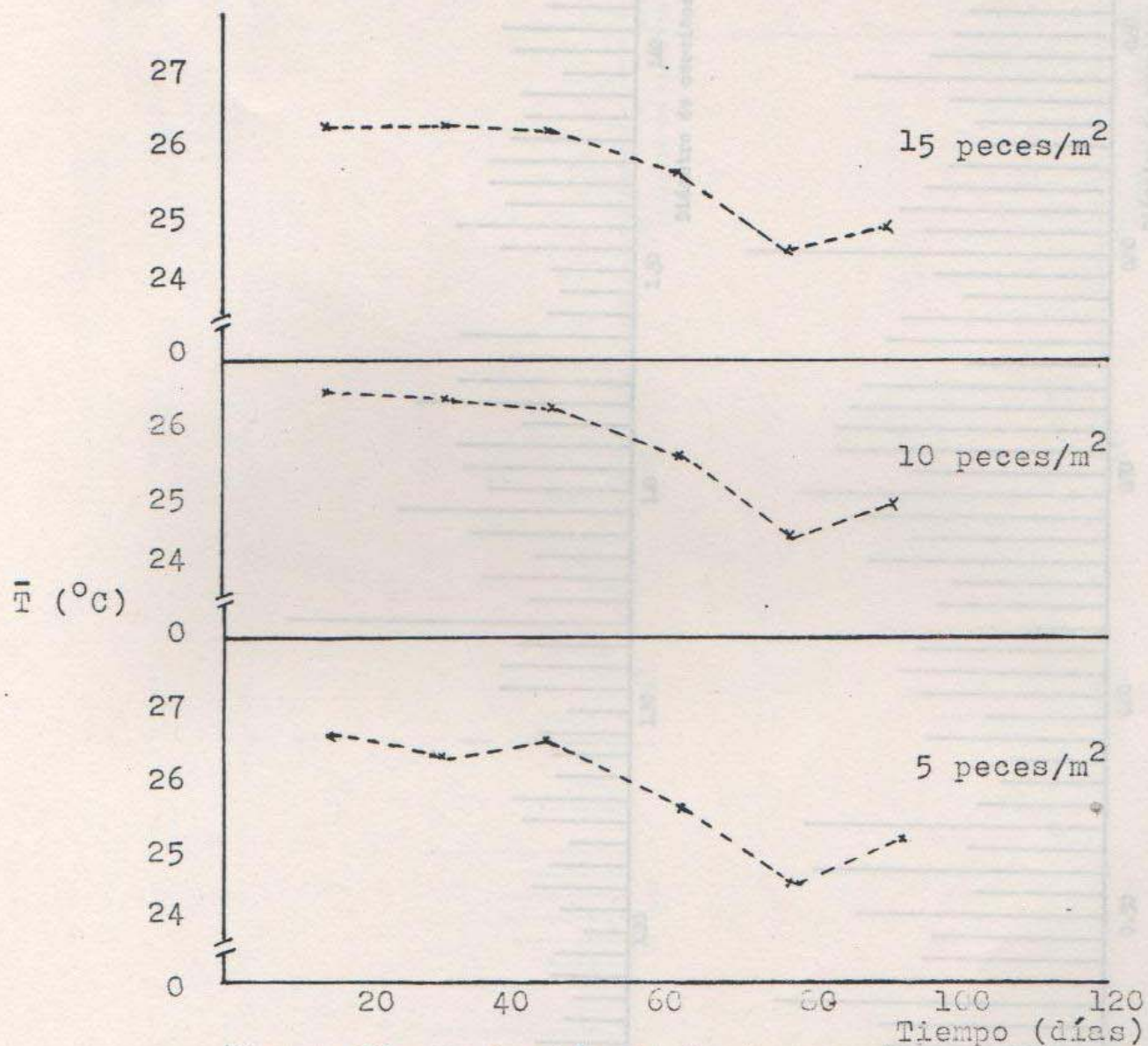


Figura 29. Variación de la temperatura media en grados centígrados ($\bar{T}$ °C) en función del tiempo de cultivo para las diferentes densidades de siembra de *O. aureus*. Ensayo N° 2.

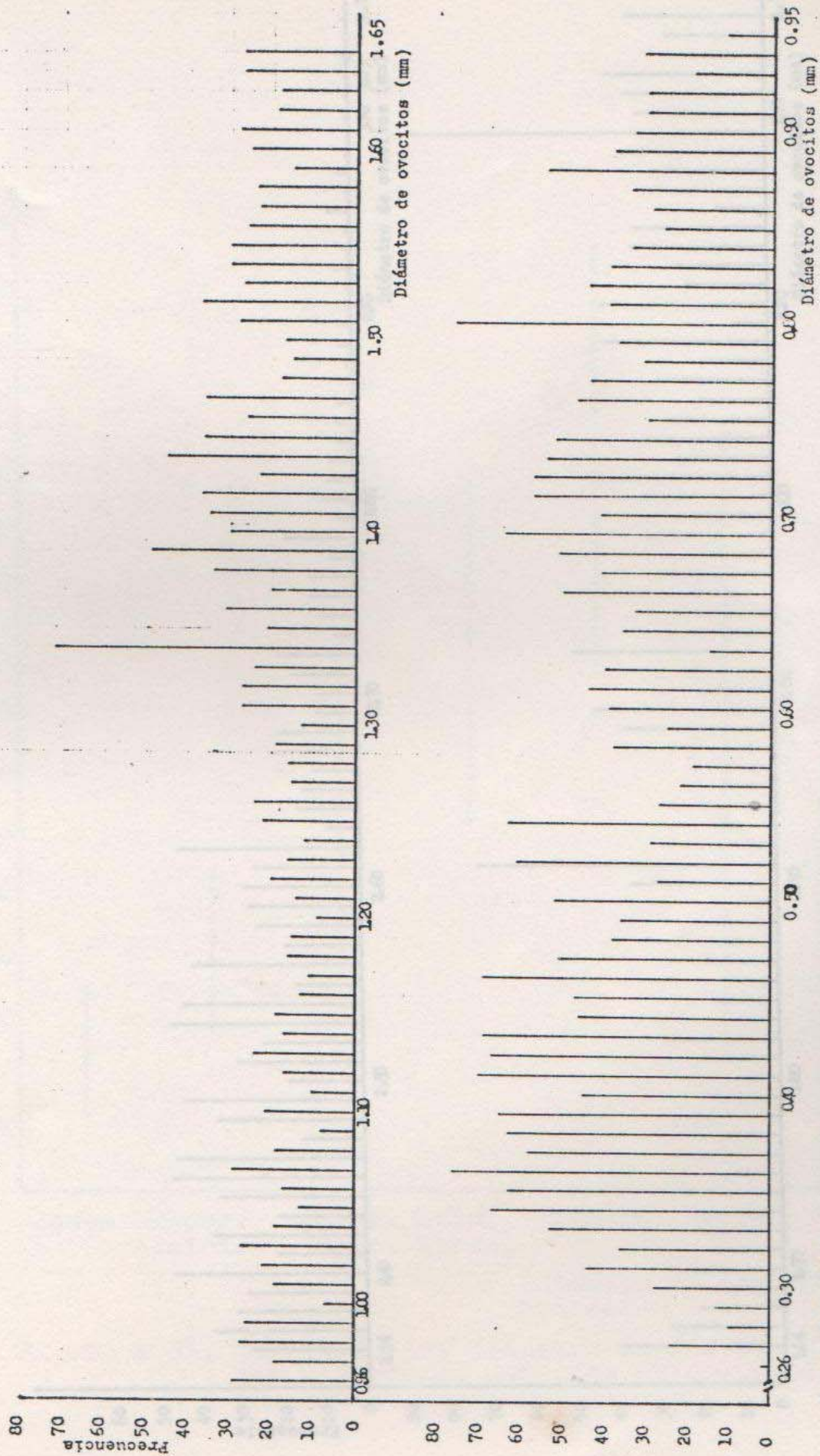


Figura 30 a. Variación del diámetro de los ovocitos estudiados en Eónidas de *Oreochromis aureus* con respecto a sus frecuencias.

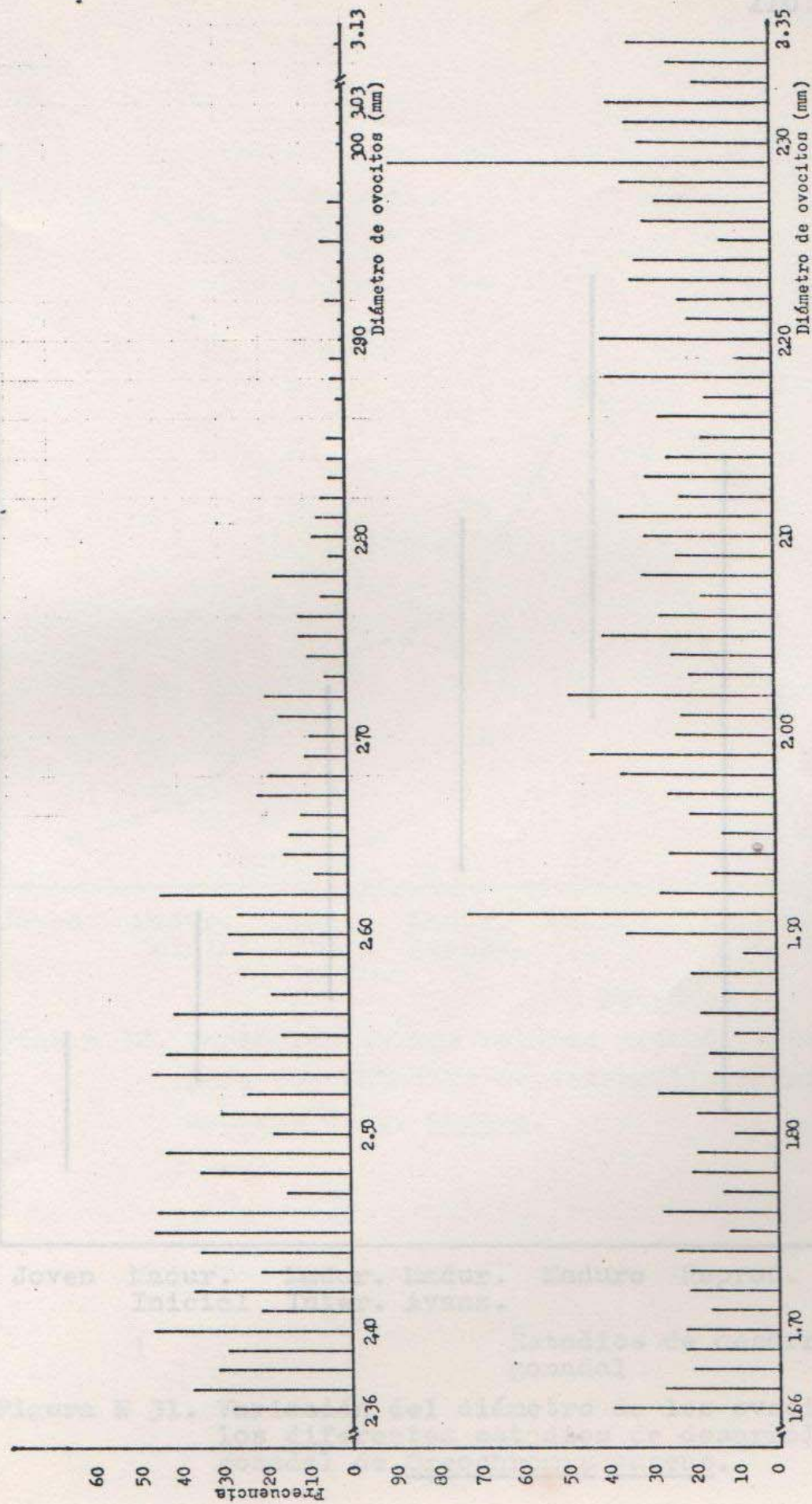


Figura N° 30 b. Variación del diámetro de los ovocitos estudiados en gónadas de *Oreochromis aureus* con respecto a sus frecuencias.

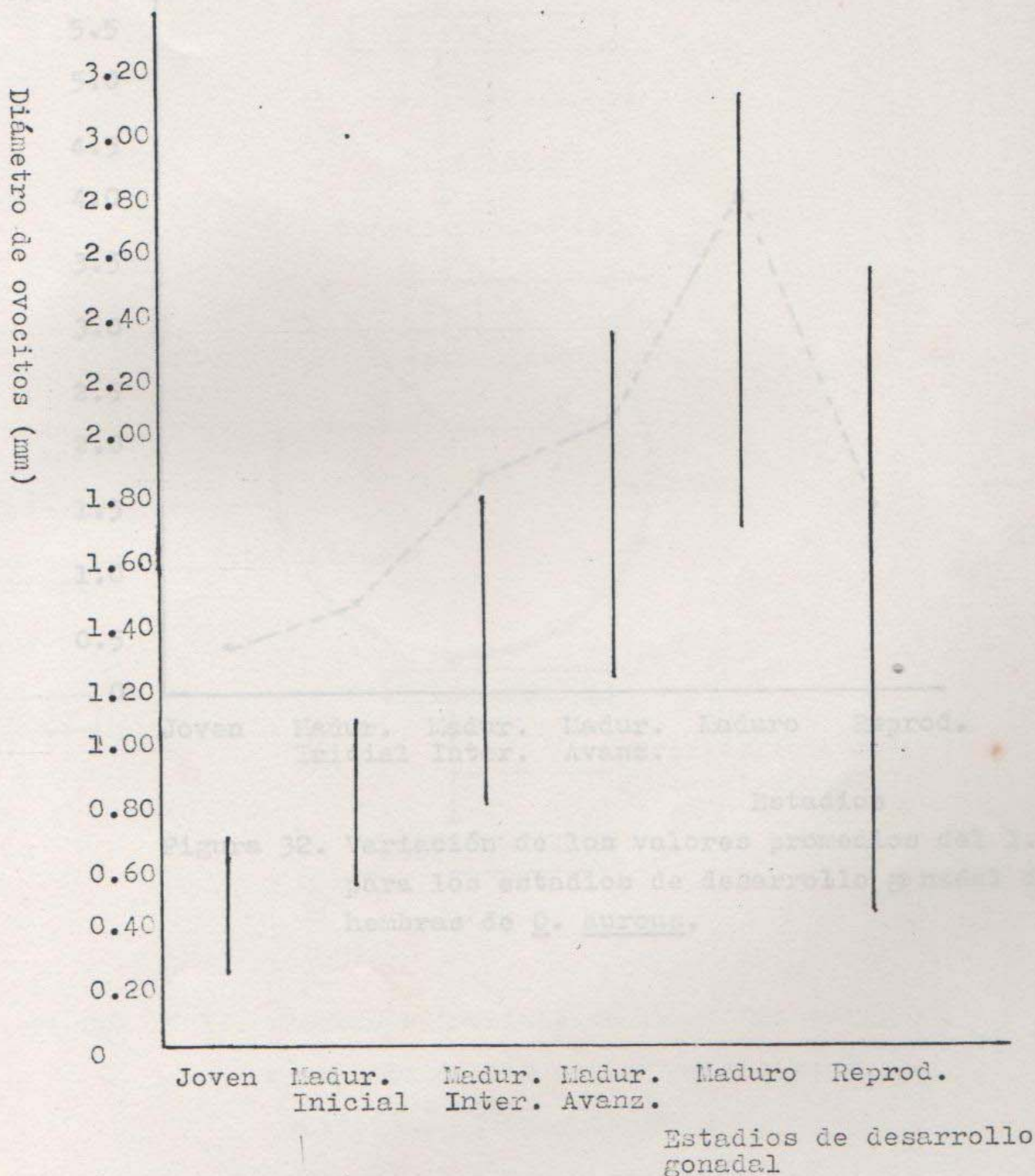


Figura N 31. Variación del diámetro de los ovocitos para los diferentes estadios de desarrollo gonadal de Oreochromis aureus.

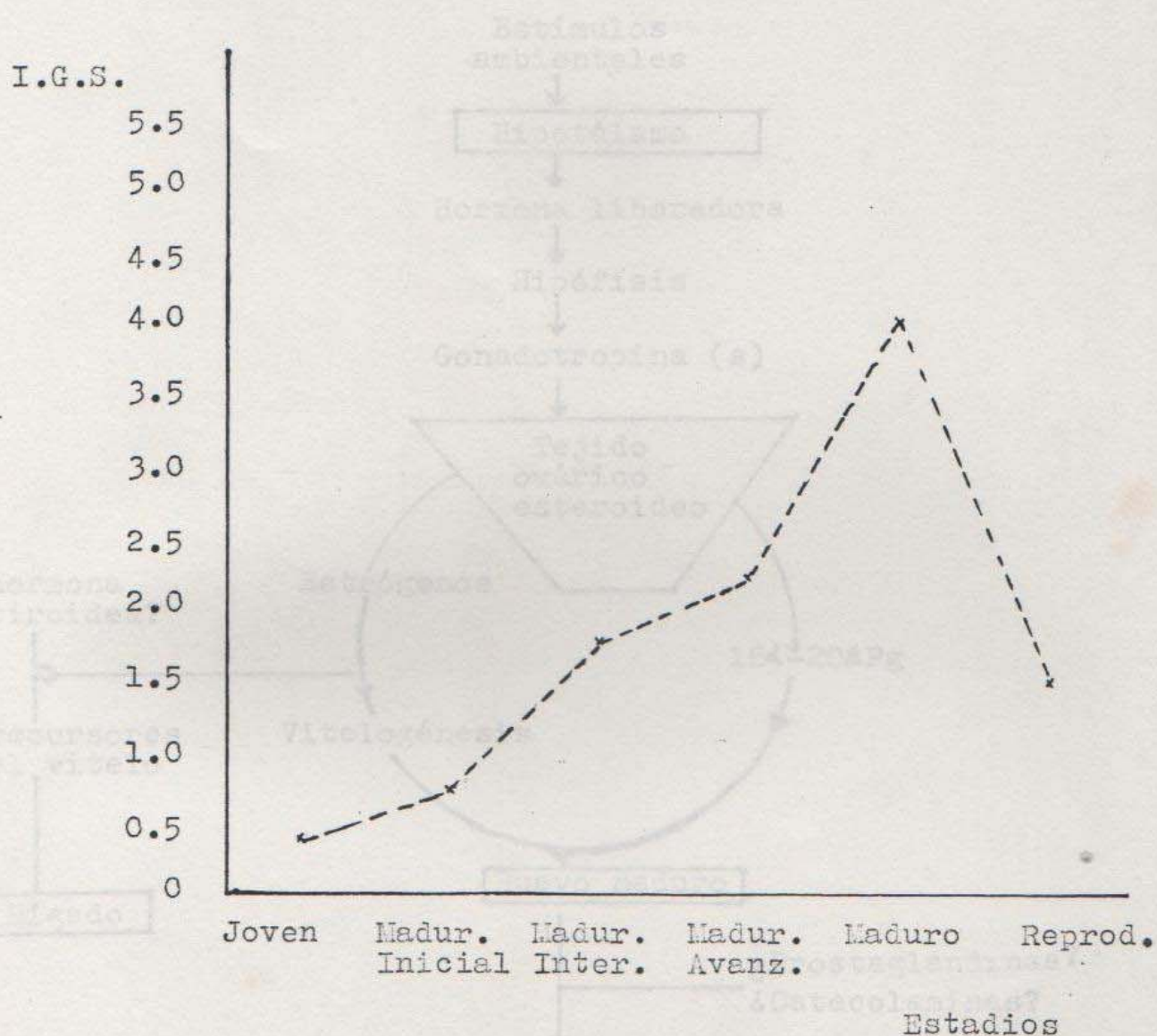


Figura 32. Variación de los valores promedios del I.G.S. para los estadios de desarrollo gonadal de hembras de O. aureus.

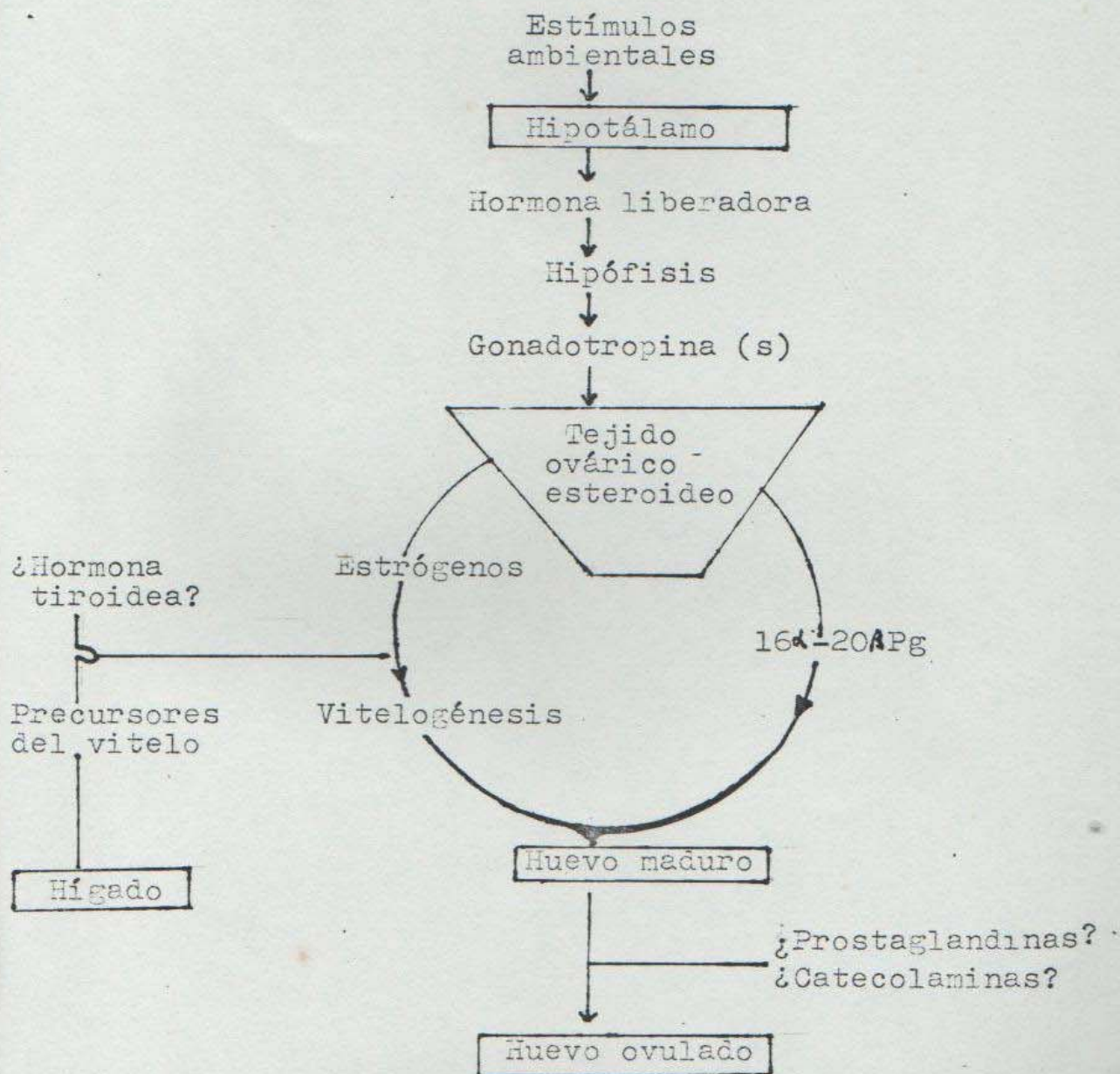


Figura N° 33. Enlaces endocrinos de la cadena entre la recepción de los estímulos ambientales y la ovulación. Tomado de Harvey and Hoar (1980)