



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

26
187

LOS TIBICOS, SU CULTIVO Y UTILIZACION POTENCIAL

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



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
OBJETIVO	10
LOS TIBICOS	11
MATERIALES Y METODOS	15
ESTRATEGIA EXPERIMENTAL	17
TRATAMIENTO MATEMATICO	18
ANALISIS QUIMICO	20
RESULTADOS Y DISCUSION	21
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
NOMENCLATURA	32
TABLAS	33
REFERENCIAS	46

RESUMEN

En el año dos mil nuestro país tendrá más de cien millones de habitantes y un déficit protéico del 42.1%; una solución viable a esta carencia se plantea a través del cultivo de microorganismos, en particular de los tíficos que son zoogreas constituidas por bacterias y levaduras.

El método de Kjeldahl se empleó para estimar el contenido de nitrógeno protéico; este análisis reveló, que los tíficos contienen el 89% de humedad, el 2.5% de proteínas y el 8.5% de otros productos celulares en particular dextranas.

Los objetivos de este trabajo fueron la determinación de las condiciones óptimas de cultivo de estas zoogreas para obtener el mayor rendimiento de biomasa en relación con los siguientes parámetros: tipo y cantidad de sustrato, temperatura y tiempo de incubación.

Se probaron nueve sustratos, en cinco diferentes concentraciones y dos tiempos. El sustrato que produjo mayor biomasa fue el piloncillo, seguido por la melaza.

La combinación de los tres factores (temperatura, cantidad de sustrato y tiempo) a la que se obtuvo la mayor producción de tíficos fue: 29°C, 50 gramos de piloncillo en 24 horas.

En el trabajo se dan datos y valores de los parámetros cinéticos importantes, los coeficientes de correlación entre ellos y las ecuaciones que describen el crecimiento (incremento en peso) de la población de tíficos para cada combinación de factores.

INTRODUCCION

Uno de los mayores problemas de México y de los países que las potencias mundiales han clasificado como subdesarrollados, en desarrollo o tercer mundo, es el problema alimentario.

El ser humano requiere para su desarrollo y funcionamiento de una dieta balanceada que contenga ciertas cantidades de los diferentes - elementos nutritivos básicos: carbohidratos, protefnas, lípidos, minerales, vitaminas y agua. Los requerimientos de estos elementos nutritivos varían de acuerdo con la edad, sexo, estado fisiológico, grado de actividad y el clima.

Los cereales en sus distintas variedades, que son la fuente - principal de carbohidratos, han constituido la base alimenticia de todos los grupos humanos a través de la historia.

Las protefnas que contienen los aminoácidos esenciales tradicionalmente se han obtenido de la carne de los animales, entre los que - ocupan un lugar preponderante, el ganado vacuno, aunque también figuran el porcino, caprino, el ovino, las aves y el pescado.

Los lípidos se obtienen de las grasas vegetales o animales, - las vitaminas y las sales minerales se encuentran en casi todos los alimentos de origen natural y también se pueden producir en forma sintética.

El consumo de estos elementos nutritivos en cantidades adecuadas es muy importante al menos en tres etapas de la vida del ser humano: en el periodo prenatal, del nacimiento hasta los 18 meses y en la adolescencia; un insuficiente consumo de calorías y proteínas durante las fases tempranas de la vida, afecta irreversiblemente el esquema normal de maduración bioquímica del individuo, produciendo un retardo en el crecimiento físico además de afectar permanentemente algunos tejidos, tal es el caso del tejido nervioso (sistema nervioso central).

La ONU recomienda que un individuo debe ingerir 2600 calorías y 75 gramos de proteínas para tener un desarrollo sano, (Nolasco y Zamora, 1977). El Instituto Nacional de la Nutrición (INN) recomienda la ingestión de 2750 calorías y 80 gramos de proteínas por persona al día (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1982). México disponía en 1970 de 2620 calorías y 73 gramos de proteínas por persona por día, de acuerdo con estas cifras para ese año teníamos suficiente, incluso hasta más cantidad de calorías por persona al día, pero en el caso de las proteínas se tenía un pequeño déficit del 2.6%. Para 1970 nuestro país disponía de 2085 calorías y 65 gramos de proteínas por persona al día, estos datos nos revelan que para ese año teníamos ya un déficit de 665 calorías y de 16 gramos de proteínas por persona al día, comparados con las recomendaciones hechas por el INN; se calculó para ese mismo año, que 35 millones de mexicanos no alcanzaban a cubrir los requerimientos mínimos nutricionales de los cuales 8.5 millones eran niños.

Escudero et al (1984) estimó que en 1982 se produjeron 1.691,104 toneladas de protefnas, para una población de 74 millones de mexicanos. Suponiendo se mantuvieran las mismas tendencias de producción en los próximos años, el déficit protéico hacia el futuro sería:

ANOS	POBLACION	PRODUCCION NECESARIA DE PROTEINAS (TONELADAS)	DEFICIT PROTEICO CON RESPECTO A 1982
1985	79.295.786	2.315,437	22%
1988	84.703,224	2.473,334	27%
1990	88.237,605	2.576,538	34.4%
2000	100.000,000	2.920,000	42.1%

A partir de los datos y cifras citados anteriormente, es claro que la producción de alimentos es el problema a resolver. La base de la alimentación de nuestro pueblo es el maíz, que aporta más de la mitad de calorías y protefnas de la dieta en el medio rural y en el medio urbano sigue siendo la base de la alimentación, pero disminuye su importancia - en el aporte de calorías y protefnas.

La disponibilidad de los alimentos para los diferentes sectores de la población no es el mismo, puesto que el acceso a ellos varía - de acuerdo con la región y con el sector de la población de que se trate. Hay regiones donde sus habitantes cuentan con más alimentos de los que - necesitan, mientras que en otras regiones los habitantes están casi al - borde de la supervivencia.

El problema de la producción de alimentos tiende a agravarse, no sólo por el aumento de la población, sino por las propias limitaciones en el uso del agua y del suelo. El uso agrícola del suelo refleja claramente lo tradicional de la dieta de nuestro pueblo, ya que el 70% de la superficie cultivable es utilizada para cultivar maíz, frijol, trigo y sorgo, el 30% restante se usa para otros cultivos tales como: algodón, café, jitomate, cacao y frutales. (Todo México, 1985).

Entre las múltiples causas que han contribuido, a que la producción de alimentos sea un problema, está la creciente desviación que se hace del maíz para el consumo humano hacia el ganado y la sustitución que en su cultivo se ha hecho en muchas regiones pues en lugar de sembrar maíz se siembra sorgo para la alimentación animal, cebada para la cerveza, soya para alimentos balanceados, alfalfa para ganado lechero y estos productos se destinan a los sectores de alta capacidad económica. El frijol y el maíz tienen que ser producidos ahora en zonas de temporal -- con rendimientos muy bajos. Todo ésto nos ha llevado a la condición de que hallamos pasado de ser un país exportador de granos a ser un país importador de ellos, en 1965 se importó el 9% de los requerimientos, en 1975 el 67% y en 1980 el 80% (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1982). Este incremento en el volumen de las importaciones ha favorecido la desestabilización de la balanza de pagos y agravado la dependencia de nuestro país.

Habíamos mencionado como una de las causas que ha contribuido a agravar el problema alimentario y nutricional al crecimiento demográfico tan espectacular que ha tenido nuestro país. Actualmente existen 79 millones de mexicanos, si no ocurre ningún cambio en la tasa de fecundidad, 2.9% para el año 2000 seremos 153 millones, y si la tasa se reduce al 1.6% al inicio del siglo XXI seremos 100 millones, lo cierto es que la población crecerá mínimamente en 21 millones a los cuales habrá que proporcionarles alimentos.

El tipo de alimento que consume un pueblo o país, depende fundamentalmente de la región geográfica en donde se ubique, de los hábitos y gustos de los diferentes grupos socioeconómicos que lo integran y podemos decir que estos hábitos y gustos son heredados, por lo tanto susceptibles de modificarse; en la actualidad se observa que el cambio en los patrones de consumo de alimento están dados más por intereses económicos que por un mejoramiento en la calidad nutritiva de la dieta.

Entre los alimentos de consumo más frecuente en nuestro país encontramos: maíz, frijol, trigo, tomate, papa, azúcar, chile, calabaza, haba, quelite, etc., generalmente acompañados con escasa proporción de carne, leche y huevo. Es cierto que hay variaciones regionales y estacionales en la composición de la dieta, pero alimentos con alto valor nutritivo, en especial de proteínas, son escasos.

Los cereales y leguminosas son los alimentos que se encuentran de una manera regular en la mesa del mexicano, la carne es consumida frecuentemente sólo por los habitantes de poblaciones de cierta importancia, lo mismo ocurre con la leche y el huevo; la población rural no tiene - - acceso a estos productos, quedando reservados a los estratos sociales - con mayor poder adquisitivo. Podemos afirmar entonces que menos del 50% de los habitantes de este país tienen acceso a estos productos. El país se encuentra dividido en dos sectores: el que puede consumir proteínas - de origen animal en particular carne de res, de cerdo, leche, huevo, etc. y el pobre que consume maíz, frijol, hierbas y ocasionalmente carne y - huevo.

Siendo los cereales y las leguminosas, la base de la alimentación de las comunidades rurales son también la fuente principal de energéticos y proteínas; desde este punto de vista éstos productos cumplen - muy bien con el primer requisito, son una buena fuente de energéticos en especial de carbohidratos, en cambio su contenido protéico es bajo y de baja calidad nutricional.

Las proteínas animales son consideradas nutricionalmente mejores que las vegetales, porque contienen los aminoácidos esenciales para el hombre y algunos otros animales.

Pudiera pensarse que la solución al bajo consumo de proteína -

animal sería el incremento y fomento de la ganadería y avicultura, pero resulta que los insumos para estas actividades son muy elevados, sobre todo para un país pobre como el nuestro; debemos entonces buscar nuevas alternativas de producción de proteínas de buena calidad o bien disminuir el costo de los insumos para la ganadería y avicultura.

Pensar en una reducción de los costos en los insumos es una utopía, la realidad nos demuestra que los precios se elevan constantemente como una respuesta a la inflación que sufre no sólo nuestro país sino el mundo entero, la respuesta entonces se encuentra en buscar nuevas fuentes de proteínas.

El cultivo de microorganismos no es una idea nueva, desde hace siglos se viene realizando con diferentes objetivos, entre los que destaca en forma preponderante, los que se usaban en la fermentación de las bebidas. Es hasta la segunda guerra mundial que el cultivo intensivo de microorganismos se orientó hacia la producción de proteínas utilizándose éstas como un complemento en la dieta; es en la década de los 50's que el cultivo de los microorganismos como productores de proteínas toma vigor y se les considera como una fuente alternativa de alimento.

En un principio se consideró la posibilidad del cultivo de microorganismos solo para obtener proteínas para elaborar alimentos balanceados para el ganado, después se pensó en la posibilidad de su consumo

directo por el hombre evitando así las pérdidas de energía por integrarlo primero al alimento balanceado y luego esperar a que el animal madure para después llegar al ser humano.

Mucho se ha escrito sobre lo que se ha llamado Single Cell - - Protein (SCP) o sea producción de proteínas por organismos unicelulares. Información al respecto la encontramos en: Tannenbaum y Mateles, (1968); Litchfield, (1983); Batt y Sinskey, (1984).

Nuestro país siendo tecnológicamente dependiente necesita tener alternativas reales que le permitan resolver su problema alimentario en particular el aspecto protéico, ésto se torna relevante si consideramos que para el próximo siglo será necesario alimentar y nutrir a más de 100 millones de mexicanos, por lo tanto el cultivo de microorganismos - bien pudiera ser una solución pues presenta una ventaja excepcional; que el costo de los insumos es bajo.

Los microorganismos que fundamentalmente se han usado como - - fuente de proteínas, son hongos, bacterias y algas. Entre los hongos - que se han empleado comúnmente para este fin destacan los actinomicetos: Paecilomyces varioti, Fusarium graminearum, Penicillium cyclopium y las levaduras Saccharomyces cerevisiae, Candida utilis, Kluyveromyces fragilis. Las bacterias que utilizan hidrocarburos muy simples (uno o dos - carbonos en su molécula) y sus óxidos son muy eficientes en la producción de SCP: Methylophilus methylotrophus y Methylomonas clara son los ejem-

plos clásicos. Las algas Scenedesmus acutus, Chlorella spp y Spirulina maxima, son las especies mas importantes usadas en la producción de protefnas. (Litchfield, 1983).

La necesidad de mejorar la nutrición de las clases económicamente débiles de nuestro país, nos ha permitido reconocer las ventajas - que representa el cultivo de los microorganismos para la obtención de -- protefnas de buena calidad y de bajo costo; sin embargo, el cultivo de - microorganismos que en escala industrial se hace en México no está orien tado hacia la obtención de protefnas, S. cerevisiae normalmente se usa - en la elaboración del pan y la cerveza, S. maxima se vende como un com plemento de las dietas vegetarianas o como alimento para peces de ornato.

En México existen los llamados "tibicos" que son macrocolonias constituidas por bacterias y levaduras que pueden ser una buena altern tiva para la obtención de protefnas microbianas o bien ser utilizados co mo complemento alimenticio para especies pecuarias.

OBJETIVO

El uso potencial de los tibicos como fuente de protefnas micro bianas (SCP) es premisa esencial en el desarrollo de este trabajo. Sien do el objetivo la determinación de las condiciones óptimas de cultivo en cuanto a: tipo de sustrato, temperatura, cantidad de sustratos y tiempo con la finalidad de obtener el mayor rendimiento en biomasa.

LOS TIBICOS

Los tibicos son asociaciones de varios microorganismos (zoo---gleas) que forman masas gelatinosas compactas de color blanquesino o amarillento translúcido u opalescentes, atravezados irregularmente por vetas muy finas de forma irregular y de tamaño variable, desde unos pocos milímetros hasta uno o dos centímetros que se desarrollan en artículos y frutas de nopales (Opuntia spp.), en jugos de frutas y en agua endulzada con piloncillo o azúcar morena. (Ulloa y Herrera 1981).

Los granos de tibicos están compuestos por bacterias y levaduras cuya asociación ha sido interpretada como una simbiosis mutualista - (Moinas et al, 1980) por lo que es muy estable. Estos microorganismos interactúan entre sí mediante un proceso fermentativo, en que unos dependen de los otros, las levaduras utilizarían el azúcar formando alcohol y las bacterias emplean éste, produciendo ácido acético y otras sustancias secundarias. Cuando un líquido azucarado se deja fermentar por tibicos, al primer día o al segundo se obtiene el llamado tepache de tibico que es una bebida refrescante de sabor agradable con un contenido alcohólico bajo, si se deja fermentar más tiempo el contenido de alcohol aumenta y luego el sabor de la bebida cambia hasta ser ácido, debido a la acumulación del ácido acético.

Los diferentes autores que han trabajado con los tibicos coinciden en mencionar que éstos son originarios de México, aún cuando en la actualidad se han dispersado por todo el mundo. (Lutz, 1898; Moinas et al, 1980).

Se han realizado estudios microbiológicos tendientes a aislar e identificar los microorganismos que integran a los tibicos. Se han reportado varias bacterias como integrantes de estas zoogleas; Lutz (1898) Bacillus mexicanus; Moreno y Díaz (1932) Escherichia coli, Proteus vulgaris, Bacillus subtilis, Bacillus graveolens y Acetobacter peroxidans; - Mascott y Terrés (1952) Corynebacterium spp; Hesseltine (1965) Betabacterium vermiforme, Horisberger (1969) Lactobacillus brevis y Streptococcus lactis; Herrera et al (1984) Klebsiella oxytoca. Estrada (1985) realizó un estudio exhaustivo sobre las levaduras identificando tres especies; - Saccharomyces cerevisiae, Pichia membranaefaciens y Brettanomyces intermedius.

Moinas et al (1980) determinó la estructura de los granos de - tibicos durante el proceso de fisión, reconociendo dos capas; la externa compacta densamente poblada por L. brevis, S. lactis y S. cerevisiae to dos ellos embebidos en una dextrana (polisacárido) producida por L. brevis. La capa interna es laxa y esponjosa con un mayor contenido de dextranas que la capa externa.

Las dextranas descritas por Horisberger (1969) son importantes en el mantenimiento de la integridad de los granos, embebidos en ellos - encontramos las bacterias y levaduras que constituyen a los tibicos, una de las características esenciales de estos polisacáridos es que retienen gran cantidad de agua.

El uso de los tибicos en el país se hace a nivel doméstico, de manera similar al que se le da a los búlgaros que fermentan la leche. Según la conseja popular, algunas personas ingieren el líquido fermentado por los tибicos con el propósito de reducir el peso; no obstante hasta el momento no hay evidencia alguna que permita afirmar o rechazar esta creencia; sin embargo, Taboada et al (1986) reporta que aves (pollos y gallinas) y roedores (ratas y conejos) tuvieron un incremento menor en peso, que los grupos control al ser alimentados con mezclas de alimento balanceado con tибicos.

Los aminoácidos que constituyen a las proteínas que integran a S. cerevisiae y P. membranaefaciens fueron determinados por Vaughan et al (1979).

Johnson (1967) señala que E. coli contiene el 33.1% de aminoácidos esenciales de su peso seco y que B. subtilis el 23.8%.

El análisis de la información contenida en los trabajos de Johnson (1967) y Vaughan et al (1979) da una imagen real de la posible utilización de los tибicos como una fuente de proteínas de alto valor nutritivo; si a esta cualidad le aunamos la facilidad de su cultivo, tenemos entonces una alternativa de mejoramiento alimenticio, ya sea para consumo directo del hombre o para la elaboración de alimentos balanceados.

Hasta ahora se ha planteado la problemática de nuestro país - desde el punto de vista alimenticio, nutricional, de baja productividad, de distribución y de crecimiento demográfico, se ha esbozado una posible ayuda en la solución a esta problemática alimenticia mediante la utilización de los tíficos como fuente de proteínas de buena calidad. Es necesario, por lo tanto, determinar las condiciones de cultivo óptimas, en cuanto a tipo de sustrato, temperatura, cantidad de sustrato y tiempo, para obtener la mayor producción de biomasa.

MATERIALES Y METODOS

El sistema de cultivo empleado en el trabajo fue el usual discontinuo en lotes (batch), este sistema se seleccionó por la facilidad de su implementación y porque permite calcular con precisión los parámetros cinéticos que determinan el crecimiento de una población microbiana (Rose, 1979). Este método de cultivo es el comúnmente usado en estudios de laboratorio.

El trabajo experimental se realizó en dos fases, la primera para definir el tipo de sustrato (fuente de carbono) en el que los tibi--cos producen mayor biomasa, en esta etapa se probaron nueve sustratos - que por su origen se dividen en dos grupos, jugos de frutas y substan---cias azucaradas.

Las frutas utilizadas fueron: piña, tuna y betábel. El jugo se obtuvo por medio de un extractor marca Turmix; el jugo de piña se extrajo de las cáscaras y de la parte central (corazón) mientras que el de la tuna se obtuvo de las cáscaras exclusivamente y en el caso del beta--bel se usó el tubérculo completo.

Las substancias azucaradas que se emplearon fueron: piloncillo, melaza, melado, mascabado, azúcar morena y blanca.

Los medios de cultivo que se prepararon contuvieron 7,5, 12,5, 20.5, 25 y 30 gramos de jugo de fruta o sustancia azucarada según fuera el caso, siempre diluidos en 100 ml. de agua destilada; estos medios fue ron inoculados con 25 gramos de tибicos. El cultivo se realizó a temperatura ambiente en frascos de 170 ml. de capacidad a dos tiempos de observación 48 y 72 horas.

Los tибicos y sustratos se pesaron en una balanza granataria - marca Ohaus con exactitud de un décimo de gramo. El agua destilada se midió en probeta.

La segunda fase experimental se enfocó, hacia la determinación de las mejores condiciones de cultivo de los tибicos. Se prepararon - diez medios de cultivo que contenían: 7.5, 12.5, 20.5, 25, 30, 35, 40, - 45, 50 y 55 gramos de sustrato (piloncillo) en 100 ml. de agua destilada; se probaron siete temperaturas (ambiente, 23°, 26°, 29°, 32°, 35° y 38°C) y tres tiempos 24, 48 y 72 horas. A 96 y 120 horas únicamente es tuvieron los cultivos que se mantuvieron a temperatura ambiente.

Los cultivos que necesitaron estar a temperatura constante se mantuvieron en estufas para laboratorio marca Mg modelo 100.

Los frascos de cultivo (unidades experimentales) se prepararon de acuerdo al esquema general siguiente:

- a) Lavado de los frascos y etiquetado, anotando tipo de sustrato, concentración (gramos de sustrato), temperatura, fecha y hora.
- b) Pesado del sustrato de acuerdo a las cantidades especificadas en el experimento, vaciado del mismo en los frascos de cultivo.
- c) Medición de 100 ml. de agua destilada en la probeta y vaciado en el frasco de cultivo.
- d) Agitado de la mezcla para disolver los sustratos sólidos y homogeneizar el medio de cultivo.
- e) Pesado del inóculo (25 gramos de tibicos) y vaciado en el frasco.
- f) Tapado del frasco de cultivo con gasa.

Cuando el tiempo previsto en el experimento hubo transcurrido, el contenido de los frascos se vació en una coladera de 36 mallas por centímetro cuadrado, los tibicos ahí retenidos se dejaron escurrir tres minutos y se pesaron sobre un papel encerado.

ESTRATEGIA EXPERIMENTAL

Para resolver el problema planteado en la primera fase del tra

bajo experimental se propuso la implementación de un diseño factorial de tres variables con tratamientos fijos (Modelo I). En este diseño se probaron nueve sustratos, cinco concentraciones y dos tiempos, cada combinación de tres factores se repitió cuatro veces dando un total de 360 unidades experimentales.

En la resolución del problema de la fase dos, se utilizó un diseño experimental muy similar al anterior, pero en este caso se probaron diez concentraciones, siete temperaturas y tres tiempos, cada combinación de tres factores se replicó cuatro veces haciendo un total de 840 unidades experimentales.

TRATAMIENTO MATEMATICO

Los resultados del trabajo experimental se emplearon para calcular los parámetros cinéticos que inciden en la producción de biomasa por los tópicos; estos parámetros únicamente se determinaron para los cultivos que se realizaron en la segunda fase experimental.

$\mu (h^{-1})$, la tasa específica de crecimiento se calculó por la ecuación:

$$\mu = \frac{\ln [1+a (S_0 - S)]}{t}$$

$$a = \frac{Y}{X}$$

Ong (1983)

μ_{\max} (h^{-1}), la tasa específica máxima de crecimiento, se estimó mediante la ecuación:

$$\ln X = \mu_{\max} t + \ln X_0$$

Pirt (1975)

En este caso la representación gráfica de $\ln X$ con respecto al tiempo es de gran ayuda, puesto que la pendiente de la recta es el valor de μ_{\max} .

La biomasa producida se computó por medio de la ecuación:

$$X_p = X - X_0$$

S_c (g) la cantidad de sustrato consumido se obtuvo a partir de la ecuación:

$$S_c = \frac{X - S_0}{X_{\infty}}$$

Y (g), es el rendimiento y se obtuvo por medio de la relación:

$$Y = \frac{X_p}{S_c}$$

P (g/hl) es la productividad y se calculó por la ecuación:

$$P = \frac{X_p}{t}$$

La ecuación $X = X_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$ se utilizó para describir el crecimiento (incremento) en peso de la población de tibicos a cualquier tiempo, suponiendo que el peso máximo X_{∞} se pudiera mantener constante. Esta ecuación es una modificación a la propuesta por Von Bertalanffy. (Richards, 1959; Gulland, 1971).

Los coeficientes de correlación, r se estimaron por las fórmulas:

$$m = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{N}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}}$$

$$b = \frac{\sum y - m \sum x}{N}$$

$$r = \frac{m \sigma_x}{\sigma_y}$$

propuestas por Sokal y Rohlf (1969).

Los cálculos se efectuaron en una calculadora programable TI-SR-51-11.

ANALISIS QUIMICOS

El contenido de nitrógeno total se determinó por el método de Kjeldahl, este análisis lo realizaron, el Departamento de Control Analítico de la Facultad de Química y el Laboratorio de Análisis Químicos para Alimentación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ambos pertenecientes a la UNAM.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la primera fase experimental se encuentran reunidos en las tablas 1 a 3. La tabla 1 contiene los datos relativos a los sustratos que se probaron, las concentraciones (gramos de sustrato en 100 ml. de agua) y los tiempos a los que se hicieron los cultivos, del análisis de esta tabla se puede deducir que el piloncillo es el mejor sustrato seguido de la melaza.

El único sustrato que a las 72 horas todavía favoreció el crecimiento de los tибicos fue el piloncillo, en los demás casos hubo una disminución en el rendimiento, esto se debe a que la población de microorganismos en ese tiempo sobrepasó la fase de crecimiento y estabilidad entrando en etapa de declinación; gráfica 1.

En la tabla 2 se resumieron los datos de tибicos producidos en piloncillo a 10 concentraciones (gramos sustrato/100 ml.) y 5 tiempos a temperatura ambiente; en este caso la declinación en la producción se presenta de manera generalizada a las 120 horas; sin embargo, en las concentraciones de 7.5 y 12.5 gramos este fenómeno se presenta a las 72 horas.

En la tabla 3 se encuentran los datos de tибicos producidos en melaza (segundo mejor sustrato) en 10 concentraciones y dos tiempos; la mayor producción corresponde a los 50-55 gramos de sustrato en 72 horas.

La menor producción está asociada a las concentraciones de 7.5 y 12.5 - gramos, porque el contenido de azúcares es más bajo.

El estudio comparativo de las tablas 2 y 3 permite reconocer - las diferencias en producción de tibicos entre la melaza y piloncillo. - A las 48 horas estas diferencias son de 6.5 gramos en promedio y a 72 ho - ras de 17 gramos.

Los costos de producción son un factor determinante en la ren - tabilidad de un cultivo y los microorganismos no son la excepción; a con - tinuación se enlistan los sustratos y el costo por gramo de tibicos pro - ducidos:

SUSTRATO	COSTO POR GRAMO EN PESOS* MONEDA NACIONAL
Piloncillo	0.11
Melaza	0.02
Melado	1.86
Mascabado	0.46
Azúcar morena	0.27
Azúcar blanca	0.33
Betabel	0.73
Tuna	0.78
Piña	0.37

* Calculados a precios de diciembre de 1985.

La melaza es el sustrato de menor costo por gramo de tибicos - producidos y el que le sigue es el piloncillo, la diferencia entre estos dos es elevada, cuesta cinco veces más producir un gramo de tибicos con piloncillo que con melaza; se estimó que por cada gramo de piloncillo - consumido se producía en promedio 1.3 gramos de tибicos, en cambio para la melaza es de 1.1 gramos en 48 horas, la diferencia es de 0.2 gramos - de tибicos producidos; esta mínima diferencia lleva a la conclusión de - que ambos sustratos favorecen en forma similar el desarrollo de los tibi-
cos.

La segunda fase experimental se realizó empleando como sustra-
to al piloncillo, debido a que en esta ciudad es más fácil de conseguir
que la melaza.

La tabla 4 contiene los datos obtenidos al cultivar los tibi-
cos en siete temperaturas diferentes, tres tiempos y 10 concentraciones,
con 25 gramos de inóculo en 100 ml. de agua y cuatro repeticiones; las -
cifras que aparecen en las tablas son los promedios.

Los datos del rendimiento (Y) se encuentran en la tabla 5, el
análisis permite concluir que el máximo rendimiento 1.93, se presenta a
las 72 horas a 23°C y 25 gramos de piloncillo; sin embargo, valores cer-
canos al máximo los encontramos a las 24 horas a 29°C y 25 - 30 gramos -
de piloncillo. Esto significa que a 23°C hay que esperar 72 horas para

alcanzar el máximo rendimiento, en cambio a 29°C habría que esperar 24 - horas para obtener un rendimiento de 1.44 muy cercano al máximo.

En el caso de un cultivo industrial, habría que estudiar la conveniencia del incremento de la temperatura en el cultivo de los tibicos para obtener el mejor rendimiento en el menor tiempo; los costos darían la pauta a seguir.

En la tabla 6 se encuentran agrupados los datos de sustrato - consumido (S_c) por los tibicos bajo diferentes condiciones de cultivo, - se puede observar de manera generalizada que a las 24 horas y 7.5 gramos de sustrato la eficiencia en el consumo es muy alta, en contraste en el mismo tiempo, pero con 50 - 55 gramos de piloncillo la eficiencia en el consumo del sustrato es baja. A 48 y 72 horas a la misma concentración, la eficiencia aumenta.

La tabla 7 contiene las cifras correspondientes a la cantidad de biomasa producida (X_p) en peso húmedo; esta tabla es muy elocuente y muestra como la temperatura influye en la producción de biomasa. La biomasa producida a las 24 horas, 29°C y 40 gramos de sustrato fue de 44 - gramos, en cambio a 48 horas, 32°C y 50 gramos de piloncillo, la producción de biomasa es de 56.1 gramos que corresponde al valor máximo; de - acuerdo con la necesidad de optimizar (producir más en el menor tiempo y costo), es mejor mantener el cultivo de tibicos a 24 horas, 29°C y 40 -- gramos de piloncillo, esta recomendación se fundamenta en el hecho que -

para obtener una biomasa de 12.1 gramos más de t**ibicos** se tiene que espe**rar** 24 horas más, aumentar la temperatura en 3°C y el sustrato en 10 gra**mos**.

Los valores de μ , la tasa específica de crecimiento, se en**cu**entran contenidos en la tabla 8, este parámetro cinético es de gran im**portancia** porque define el crecimiento de una población de microorganismos. Su conocimiento implica el poder determinar la velocidad con la que crece esa población.

Existen varias ecuaciones propuestas por diferentes autores (Monod, 1949; Fenc**l**, 1966; Pirt, 1975) que permiten el cálculo de este parámetro; la ecuación seleccionada fue propuesta por Ong (1983) y se es**cogió** porque toma en cuenta para su resolución a otros parámetros cinéticos.

El valor más alto de la tasa específica de crecimiento corresponde a 29°C, 50 gramos de piloncillo y 24 horas, aunque valores próximos a éste se encuentran a la misma temperatura a 35, 40 y 45 gramos de piloncillo y 24 horas.

Los datos de productividad (P) se encuentran en la tabla 9, de su análisis se concluye que la mayor productividad se obtiene a los 29°C, 50 gramos de piloncillo y 24 horas con un valor de 1.91 g/h. La productividad es un dato asociado íntimamente a la biomasa producida X_p (ver -

sección de tratamiento matemático), por esta razón los valores máximos de (P) y (Xp) corresponden a la misma combinación de factores.

Los valores de la cantidad máxima de tibicos que se pueden producir (X_{00}), se presentan en la tabla 10 y se puede observar que estos valores están relacionados con la cantidad de piloncillo (sustrato) proporcionados a los tibicos, a medida que aumenta la cantidad de sustrato también aumenta X_{00} . En la tabla, las cifras marcadas con asterisco fueron tomadas de la temperatura ambiente, debido a que la cantidad disponible de datos experimentales no permiten el cálculo de X_{00} .

En la tabla 11 se encuentran los valores de la tasa específica de crecimiento máximo (μ_{max}) estos valores son muy dispares entre sí, no existe homogeneidad entre ellos, esto se debe a que en su cálculo se conjugan las cifras obtenidas para los diferentes tiempos, ajustándose todos a una recta, lo que trae como consecuencia una estimación muy particular de μ_{max} para cada combinación de factores. La interpretación de estos datos es difícil y poco clara, cualquier afirmación o conclusión que se hiciera habría que tomarla con mucha precaución.

Habiendo calculado los diferentes parámetros cinéticos y construido las tablas se determinó por medio del coeficiente de correlación (r), la relación que guardan entre sí, estos parámetros; tabla 12.

Los factores que tienen una alta correlación son:

La cantidad inicial de sustrato con la cantidad máxima de tibicos producida.

La producción de tibicos (biomasa) con la tasa específica de crecimiento.

La cantidad inicial de sustrato con la cantidad de sustrato -- consumido.

La producción de tibicos (biomasa) con la productividad.

La cantidad de sustrato consumido con la cantidad máxima de tibicos.

La tabla 13 es un listado de las ecuaciones que mejor se ajustan a los datos experimentales y que describen el crecimiento de la población de los tibicos para las condiciones de temperatura y concentración de piloncillo.

Los cultivos que se hicieron no tuvieron cuidados especiales; es decir, no se esterilizó el medio de cultivo, no hubo necesidad de -- construir o utilizar un fermentador, no se les agregó sustancia alguna -- para regular el pH como es costumbre en estos casos. Entre las bacterias

constituyentes de los tibicos se encuentra una fijadora de nitrógeno, - Klebsiella oxytoca que fue aislada por Herrera et al (1984), por lo que no se consideró necesario agregar nitrógeno al medio de cultivo. Esta - condición de cuidados mínimos en el cultivo de los tibicos tiene gran importancia, porque los cultivos a gran escala resultarían baratos y fáci- les de llevar a la práctica.

El contenido de nitrógeno protéico de los tibicos se determinó por el método de Kjeldahl, este análisis lo realizaron en la Facultad de Química de la UNAM, reportando un contenido de 2.75% de proteínas y el - 88% de humedad; en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de- terminaron que los tibicos contienen el 2.25% de proteínas y 90% de humedad, la diferencia entre ambos reportes es mínima y podemos concluir que el contenido protéico de los tibicos es elevado. El 8.5% restante está constituido por dextranas principalmente y otros compuestos celulares.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la introducción se hizo referencia a que para el año 2000 - nuestro país tendría un déficit del 42.1% de proteínas y se propuso el - cultivo de los microorganismos, en especial de los tíficos como una de - las múltiples alternativas de solución a esta carencia.

Este trabajo se enfocó hacia la determinación de los valores - de los principales factores que inciden en la producción de biomasa por los tíficos.

Los datos experimentales permiten afirmar que el piloncillo es el mejor sustrato para el cultivo de los tíficos; sin embargo, la melaza es el sustrato alternativo por su menor costo y porque sus rendimientos son ligeramente inferiores al piloncillo.

La combinación de factores a los que se obtienen la mayor productividad (P), cantidad de biomasa (X_p), eficiencia en sustrato consumido (S_c), tasa específica de crecimiento (μ), es:

29°C, 50 gramos de piloncillo en 24 horas.

Las relaciones entre los parámetros cinéticos que inciden en el crecimiento de los tíficos, con altos valores en el coeficiente de - correlación son:

La cantidad inicial de sustrato con la cantidad máxima de tibicos.

La producción de biomasa con la tasa específica de crecimiento.

La cantidad inicial de sustrato con la cantidad de sustrato - consumido.

La producción de biomasa con la productividad.

La productividad con la tasa específica de crecimiento.

Esto permitirá junto con otros estudios establecer las condiciones de un cultivo industrial.

El contenido protéico de los tibicos es elevado, 2.5% en promedio y de acuerdo con los datos citados en este trabajo, estas proteínas son de alto valor nutritivo.

Es conveniente seguir esta línea de investigación con el objeto de mejorar los medios de cultivo y su mantenimiento, con la finalidad de establecer un cultivo continuo.

Es necesario hacer estudios encaminados a incrementar el conte

nido protéico de los tибicos por adición de sales nitrogenadas al medio de cultivo, control del pH y del oxígeno disuelto.

Desde el punto de vista biológico es importante esclarecer la relación que se da entre bacterias y levaduras que conforman a los granos de tибicos, relación entendida como una dependencia simbiótica y alimmenticia entre ellos.

Estudios sobre el mantenimiento, integración y reproducción - del grano de tибico son necesarios.

Hacia el futuro, la fabricación de tибicos con variedades de - levaduras y bacterias, seleccionadas de acuerdo a nuestras necesidades (protefnas, alcohol, ácido acético, etc.) o bien la integración de ellos con microorganismos específicamente clonados con características deseadas, son campo fértil para la ingeniería genética.

Hay mucho por hacer e investigar, este trabajo es sólo el principio.

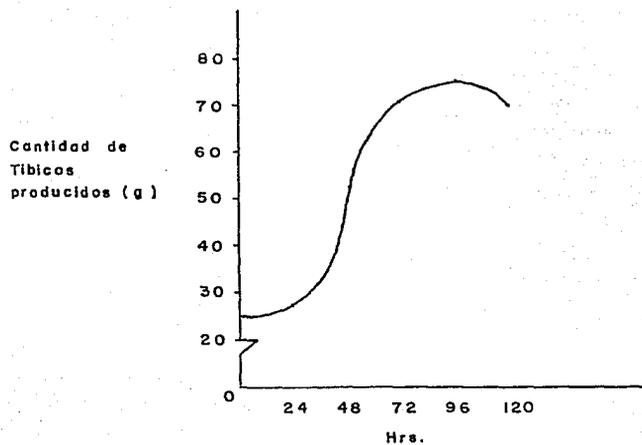
NOMENCLATURA

- X₀: Concentración inicial de tībicos, g/l.
- X: Concentración de tībicos producidos a un tiempo, g/l.
- X_p: Biomasa producida, g/l.
- X_∞: Cantidad máxima de tībicos (teórica) producida a una concentración determinada, g.
- S₀: Concentración inicial de sustrato, g/l.
- S: Concentración final de sustrato, g/l.
- S_c: Cantidad de sustrato consumido, g.
- μ: Tasa específica de crecimiento, h⁻¹.
- μ_{max}: Tasa específica de crecimiento máxima, h⁻¹.
- Y: Rendimiento, g de tībicos producidos/g. de sustrato consumido.
- P: Productividad, g de tībicos/hl.
- t: Tiempo, h.

Todos los cálculos en este trabajo están referidos a 100 ml.

GRAFICA 1

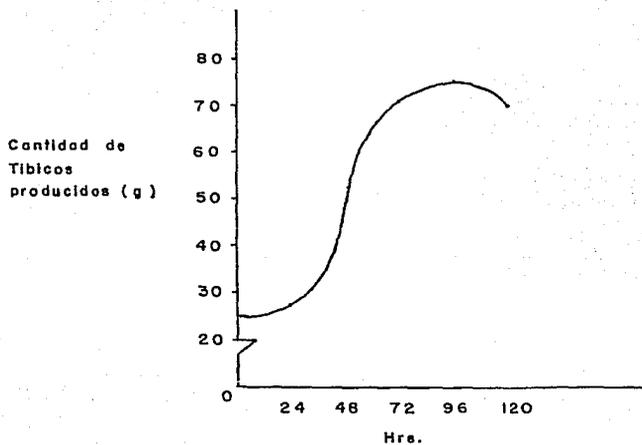
CURVA GENERAL DE INCREMENTO EN BIOMASA DE LOS TIBICOS



DATOS: 45 g. de piloncillo a temperatura ambiente.

GRAFICA 1

CURVA GENERAL DE INCREMENTO EN BIOMASA DE LOS TIBICOS



DATOS: 45 g. de piloncillo a temperatura ambiente.

T A B L A I

BIOMASA (Xp) PRODUCIDA. TEMPERATURA AMBIENTE.

HRS	SUSTRATO	CANTIDAD INICIAL DE SUSTRATO				
		7.5	12.5	20.5	25	30
48	PILONCILLO	13.7	22.1	30.4	31.9	34.6
	MELAZA	6.5	12.4	19.8	22.0	24.4
	MELADO	8.9	12.0	17.5	18.9	19.1
	MASCABADO	7.5	9.8	10.2	13.3	13.0
	Az. MORENA	7.8	9.8	11.7	12.0	13.0
	Az. BLANCA	5.0	7.8	9.3	10.6	10.9
	BETABEL	2.0	3.2	5.6	6.8	8.0
	TUNA	2.9	5.6	6.8	7.6	6.4
	PIÑA	0.9	1.3	5.6	3.6	5.6
	PILONCILLO	12.7	21.4	31.8	38.6	44.9
72	MELAZA	6.1	10.5	15.1	20.6	22.3
	MELADO	9.4	12.0	17.4	12.8	16.4
	MASCABADO	2.9	2.7	3.0	1.9	1.5
	Az. MORENA	6.2	8.2	10.7	10.8	12.5
	Az. BLANCA	6.3	7.9	8.4	7.4	8.1
	BETABEL	2.2	1.7	2.9	1.3	3.7
	TUNA	2.6	2.2	1.8	1.7	4.7
	PINA	1.7	2.9	3.8	3.9	1.1

T A B L A 2

PRODUCCION DE TIBICOS X. SUSTRATO PILONCILLO.

HRS	CANTIDAD INICIAL DE PILONCILLO									
	7.5	12.5	20.5	25	30	35	40	45	50	55
24	26.0	26.4	25.8	25.9	27.2	28.7	28.5	27.1	29.0	27.0
48	38.7	47.1	55.4	56.9	59.6	55.5	51.0	52.6	50.9	48.0
72	37.7	46.4	56.8	63.6	69.9	72.9	74.0	70.5	72.7	74.7
96	30.4	38.4	47.4	51.9	56.1	73.0	74.9	75.5	75.3	75.2
120	34.2	41.9	51.8	54.8	57.1	65.9	68.7	70.3	72.0	73.8

T A B L A 3

PRODUCCION DE TIBICOS X. SUSTRATO MELAZA.

HRS	CANTIDAD INICIAL DE MELAZA									
	7.5	12.5	20.5	25	30	35	40	45	50	55
48	31.5	37.4	44.8	47.0	49.4	47.3	48.2	50.0	49.6	50.1
72	31.1	35.5	40.1	45.6	47.3	50.0	51.0	50.4	53.9	53.9

TABLA 4

PRODUCCION DE TIBICOS X. SUSTRATO PILONCILLO

HRS	CIS	TEMPERATURA						
		AMBIENTE	23°C	26°C	29°C	32°C	35°C	38°C
2 4	7.5	26.0	32.8	33.6	35.4	34.2	29.6	28.0
	12.5	26.4	37.6	38.7	40.4	38.4	32.2	30.6
	20.5	25.8	43.2	46.2	49.7	45.9	35.3	35.3
	25	25.9	48.0	51.5	53.3	50.9	35.5	36.0
	30	27.2	46.7	50.4	57.8	55.6	43.4	35.7
	35	28.7	35.9	45.3	68.0	47.8	35.6	45.8
	40	28.5	34.9	50.3	60.0	48.7	42.2	54.2
	45	27.1	35.8	49.8	69.8	48.8	43.7	58.8
	50	29.0	34.2	47.1	70.9	50.8	44.2	55.7
	55	27.0	33.4	44.7	62.0	47.0	43.8	55.7
4 8	7.5	38.7	33.9	34.2	38.4	36.3	30.9	30.8
	12.5	47.1	40.0	39.8	44.7	44.9	33.3	34.5
	20.5	55.4	53.6	48.8	54.0	48.8	38.6	38.6
	25	56.9	56.9	54.2	59.0	64.4	41.3	41.0
	30	59.6	59.8	54.6	62.4	66.3	51.9	44.2
	35	55.5	73.4	54.4	71.8	68.0	43.7	54.2
	40	51.0	72.4	55.9	74.4	77.6	48.7	56.6
	45	52.6	73.8	55.3	75.2	75.1	58.0	59.6
	50	50.9	72.3	53.6	73.1	81.1	54.9	61.6
	55	48.0	66.5	51.7	73.0	78.0	59.0	64.4
7 2	7.5	37.7	36.0	35.0	36.1	28.6	27.1	27.0
	12.5	46.4	45.4	42.7	43.8	32.4	29.0	29.0
	20.5	56.8	51.4	51.2	48.5	36.8	35.2	34.3
	25	63.6	63.3	56.8	53.9	42.3	38.0	35.4
	30	69.9	66.7	62.1	70.3	39.0	39.3	37.6
	35	72.9	77.0	58.1	73.5	59.9	58.1	41.4
	40	74.0	76.2	59.7	78.7	65.4	56.8	42.2
	45	70.5	79.1	64.2	77.5	69.5	66.9	48.1
	50	72.7	77.6	67.4	78.8	72.4	61.9	40.9
	55	74.7	77.2	68.3	77.1	70.6	67.6	41.2

CIS. Cantidad inicial de Tibicos en 100 ml. de agua (Concentración).

TABLA 5

RENDIMIENTO Y

		TEMPERATURA						
HRS	CIS	AMBIENTE	23 °C	26 °C	29 °C	32 °C	35 °C	38 °C
2 4	7.5	0.199	1.145	1.21	1.52	1.39	0.804	0.555
	12.5	0.20	1.34	1.245	1.44	1.32	0.845	0.692
	20.5	0.086	1.17	1.25	1.38	1.263	0.81	0.81
	25	0.091	1.53	1.4	1.4	1.333	0.775	0.8
	30	0.02	1.15	1.3	1.44	1.368	1.054	0.745
	35	0.286	0.67	0.769	1.355	1.06	0.561	1.01
	40	0.256	0.54	0.851	1.4	1.016	0.775	1.12
	45	0.146	0.535	0.886	1.13	0.919	0.775	1.08
	50	0.236	0.422	0.774	1.05	0.87	0.652	0.945
	55	0.1158	0.376	0.673	0.868	0.733	0.615	0.862
4 8	7.5	1.83	1.26	1.27	1.8	1.611	0.988	0.975
	12.5	1.79	1.5	1.31	1.66	1.673	0.941	1.04
	20.5	1.52	1.48	1.33	1.49	1.353	0.978	0.978
	25	1.468	1.78	1.45	1.51	1.6	1.04	1.03
	30	1.44	1.44	1.4	1.52	1.55	1.29	1.08
	35	1.22	1.46	0.927	1.4	1.404	0.807	1.2
	40	1.06	1.25	0.936	1.46	1.415	0.925	1.17
	45	0.988	1.17	0.974	1.175	1.255	1.03	1.09
	50	0.872	1.02	0.88	1.07	1.186	0.817	1.02
	55	0.749	0.933	0.788	0.956	1.06	0.826	0.958
7 2	7.5		1.47	1.35				
	12.5		1.8	1.45				
	20.5	1.55		1.4				
	25	1.59	1.93	1.51				
	30	1.59	1.55	1.53	1.63			
	35	1.458	1.49	0.976	1.414		1.074	
	40	1.382	1.28	0.983	1.5		1.064	
	45	1.216	1.21	1.08	1.2		1.134	
	50	1.124	1.06	1.03	1.106		0.894	
	55	1.040	1.01	0.968	0.983		0.903	

T A B L A 6

CANTIDAD DE SUSTRATO CONSUMIDO Sc.

		TEMPERATURA						
HRS	CIS	AMBIENTE	23 °C	26 °C	29 °C	32 °C	35 °C	38 °C
2 4	7.5	5.025	6.81	7.1	6.84	6.61	5.72	5.41
	12.5	6.99	9.4	11.0	10.7	10.7	8.52	8.1
	20.5	9.29	15.56	16.9	17.9	16.54	12.72	12.72
	25	9.88	15.0	19.0	20.34	19.43	13.55	13.74
	30	10.93	18.83	19.63	22.8	22.36	17.45	14.36
	35	12.92	16.20	26.4	31.73	21.53	18.88	20.63
	40	13.65	18.2	29.72	31.36	23.33	22.21	25.96
	45	14.36	20.16	28.0	39.66	25.9	24.13	31.2
	50	16.92	21.8	28.54	43.76	29.64	29.47	32.5
55	17.27	22.32	29.27	42.63	30.0	30.57	35.62	
4 8	7.5	7.58	7.04	7.2	7.42	7.01	5.97	5.95
	12.5	12.3	10.0	11.3	11.84	11.89	8.82	9.14
	20.5	19.96	19.3	17.9	19.45	17.58	13.9	13.91
	25	21.72	17.85	20.1	22.52	24.58	15.76	15.73
	30	23.96	24.1	21.27	24.63	26.66	20.87	17.77
	35	25.0	33.2	31.73	33.5	30.63	23.17	24.41
	40	24.43	37.8	33.0	33.82	37.17	25.63	27.11
	45	27.91	41.56	31.1	42.73	39.85	32.0	31.63
	50	29.69	46.0	32.48	45.12	47.31	36.6	35.94
55	30.69	44.44	33.85	50.18	49.88	41.18	41.19	
7 2	7.5		7.48	7.4				
	12.5		11.35	12.2				
	20.5	20.46		18.74				
	25	24.27	19.85	21.0				
	30	28.1	26.89	24.2	27.75			
	35	32.837	34.8	33.9	34.3		30.81	
	40	35.45	39.8	35.3	35.77		29.9	
	45	37.41	44.55	36.1	44.0		36.94	
	50	42.42	49.45	40.85	48.64		41.27	
55	47.77	51.6	44.72	53.0		47.18		

T A B L A 7

CANTIDAD DE BIOMASA Xp (Tibicos producidos).

HRS	CIS	TEMPERATURA						
		AMBIENTE	23 °C	26 °C	29 °C	32 °C	35 °C	38 °C
2 4	7.5	1.0	7.8	8.6	10.4	9.2	4.6	3.0
	12.5	1.4	12.6	13.7	15.4	13.4	7.2	5.6
	20.5	0.8	18.2	21.2	24.7	20.9	10.3	10.3
	25	0.9	23.0	26.5	28.3	25.9	10.5	11.0
	30	2.2	21.7	25.4	32.8	30.6	18.4	10.7
	35	3.7	10.9	20.3	43.0	22.8	10.6	20.8
	40	3.5	9.9	25.3	44.0	23.7	17.2	29.2
	45	2.1	10.8	24.8	44.8	23.8	18.7	33.8
	50	4.0	9.2	22.1	45.9	25.8	19.2	30.7
	55	2.0	8.4	19.7	37.0	22.0	18.8	30.7
4 8	7.5	13.7	8.9	9.2	13.4	11.3	5.9	5.8
	12.5	22.1	15.0	14.8	19.7	19.9	8.3	9.5
	20.5	30.4	28.6	23.8	29.0	23.8	13.6	13.6
	25	31.9	31.9	29.2	34.0	39.4	16.3	16.2
	30	34.6	34.8	29.6	37.4	41.3	26.9	19.2
	35	30.5	48.4	29.4	46.8	43.0	18.7	29.2
	40	26.0	47.4	30.9	49.4	52.6	23.7	31.6
	45	27.6	48.8	30.3	50.2	50.1	33.0	34.6
	50	25.9	47.3	28.6	48.1	56.1	29.9	36.6
	55	23.0	41.5	26.7	48.0	53.0	34.0	39.4
7 2	7.5		11.0	10.0				
	12.5		20.4	17.7				
	20.5	31.8		26.2				
	25	38.6	38.3	31.8				
	30	44.9	41.7	37.1	45.3			
	35	47.9	52.0	33.1	48.5		33.1	
	40	49.0	51.2	34.7	53.7		31.8	
	45	45.5	54.1	39.2	52.5		41.9	
	50	47.7	52.6	42.4	53.8		36.9	
	55	49.7	52.2	43.3	52.1		42.6	

T A B L A 8

TASA ESPECIFICA DE CRECIMIENTO μ

		TEMPERATURA						
HRS	CIS	AMBIENTE	23 °C	26 °C	29 °C	32 °C	35 °C	38 °C
2 4	7.5	0.001634	0.01131	0.0123	0.01448	0.01304	0.007035	0.004725
	12.5	0.00227	0.01700	0.01820	0.0200	0.01790	0.01054	0.008428
	20.5	0.001310	0.02279	0.02551	0.02863	0.02530	0.01437	0.01437
	2 5	0.001462	0.02713	0.03019	0.03168	0.02962	0.01461	0.01519
	3 0	0.003492	0.02599	0.02931	0.03494	0.03329	0.02297	0.01484
	3 5	0.005743	0.01502	0.02476	0.04168	0.02702	0.01471	0.02525
	4 0	0.005451	0.01381	0.02912	0.04224	0.02778	0.02182	0.03224
	4 5	0.003359	0.01494	0.02872	0.04279	0.02787	0.02327	0.03560
	5 0	0.006173	0.01305	0.02638	0.04346	0.02953	0.02375	0.03338
5 5	0.003205	0.01206	0.02421	0.03784	0.02629	0.02336	0.03338	
4 8	7.5	0.009097	0.006343	0.006493	0.008917	0.007765	0.004413	0.004347
	12.5	0.01315	0.009791	0.009688	0.01208	0.01219	0.005972	0.006713
	20.5	0.01655	0.01587	0.01393	0.01603	0.01392	0.009046	0.009051
	2 5	0.01712	0.01708	0.01609	0.01789	0.01968	0.01050	0.01040
	3 0	0.01806	0.01813	0.01634	0.01906	0.02032	0.01522	0.01186
	3 5	0.01661	0.02245	0.01620	0.02200	0.02084	0.01163	0.01614
	4 0	0.01481	0.02210	0.01675	0.02271	0.02359	0.01389	0.01706
	4 5	0.01549	0.02250	0.01653	0.02294	0.02289	0.01751	0.01806
	5 0	0.01481	0.02201	0.01533	0.02140	0.02451	0.01638	0.01880
5 5	0.01359	0.02037	0.01512	0.02231	0.02367	0.01789	0.01973	
7 2	7.5	0.005062	0.005062	0.004669				
	12.5		0.008295	0.007431				
	20.5	0.01137		0.009966				
	2 5	0.01296	0.01290	0.01137				
	3 0	0.01423	0.01362	0.01262	0.01434			
	3 5	0.01486	0.01559	0.01170	0.01497		0.01171	
	4 0	0.01507	0.01543	0.01208	0.01591		0.01140	
	4 5	0.01439	0.01596	0.01305	0.01576		0.01367	
	5 0	0.01482	0.01569	0.01370	0.01594		0.01259	
	5 5	0.01519	0.01564	0.01395	0.01564		0.01381	

T A B L A 9

PRODUCTIVIDAD P

HRS	CIS	T E M P E R A T U R A						
		AMBIENTE	23°C	26 °C	29 °C	32 °C	35 °C	38 °C
2 4	7.5	0.04116	0.3250	0.3583	0.4333	0.3833	0.1916	0.1250
	12.5	0.05833	0.525	0.5708	0.6416	0.5583	0.3000	0.2333
	20.5	0.03333	0.7583	0.8833	1.02916	0.8708	0.4291	0.4291
	2 5	0.0375	0.9583	1.1041	1.1791	1.07916	0.4375	0.4583
	3 0	0.09166	0.9041	1.05833	1.3666	1.2750	0.7666	0.4458
	3 5	0.1541	0.4541	0.8458	1.7916	0.9500	0.4416	0.8666
	4 0	0.1458	0.4125	1.05416	1.8333	0.9875	0.7166	1.2166
	4 5	0.0875	0.4500	1.03333	1.8666	0.9916	0.7791	1.4083
	5 0	0.1666	0.3833	0.9208	1.9125	1.0750	0.8	1.2791
5 5	0.08333	0.3500	0.8208	1.5416	0.9166	0.7833	1.2791	
4 8	7.5	0.2854	0.1854	0.1916	0.2791	0.2354	0.1229	0.1208
	12.5	0.4604	0.3125	0.3083	0.4104	0.4145	0.1729	0.1979
	20.5	0.6333	0.5958	0.4958	0.6041	0.4958	0.2833	0.2833
	2 5	0.6645	0.6645	0.6083	0.7083	0.8208	0.3395	0.3375
	3 0	0.7208	0.7250	0.6166	0.7791	0.8604	0.5604	0.4000
	3 5	0.6354	1.0008	0.6125	0.9750	0.8958	0.3895	0.6083
	4 0	0.5416	0.9875	0.6437	1.02916	1.09583	0.4937	0.6583
	4 5	0.575	1.0166	0.6312	1.04583	1.04375	0.6875	0.7208
	5 0	0.5395	0.9854	0.5958	1.0020	1.1687	0.6229	0.7625
5 5	0.4791	0.8645	0.5562	1.0000	1.1041	0.7083	0.8208	
7 2	7.5		0.1527	0.1388				
	12.5		0.2833	0.2458				
	20.5	0.4416		0.3638				
	2 5	0.5361	0.5319	0.4416				
	3 0	0.6236	0.5791	0.5152	0.6291			
	3 5	0.6652	0.7222	0.4597	0.6736		0.4597	
	4 0	0.6805	0.7111	0.4819	0.7458		0.4416	
	4 5	0.6319	0.7513	0.5444	0.7291		0.5819	
	5 0	0.6625	0.7305	0.5888	0.7472		0.5125	
5 5	0.6902	0.7250	0.6013	0.7236		0.5916		

T A B L A I O

CANTIDAD MAXIMA DE TIBICOS X_{∞}

		TEMPERATURA						
C I S	AMBIENTE	23 °C	26 °C	29 °C	32 °C *	35 °C	38 °C *	
X ∞	7.5	38.8	36.1	35.3	38.8*	38.8	38.8*	38.8
	12.5	47.2	50.0	44.0	47.2*	47.2	47.2*	47.2
	20.5	56.9	56.9	56.0	56.9*	56.9	56.9*	56.9
	25	65.5	79.7	67.5	65.5*	65.5	65.5*	65.5
	30	74.6	74.4	77.0	76.0	74.6	74.6*	74.6
	35	77.7	77.4	60.0	75.0	77.7	66.0	77.7
	40	83.5	76.6	67.7	88.0	83.5	76.0	83.5
	45	84.8	79.9	80.0	79.2	84.8	81.5	84.8
	50	85.7	78.45	82.5	81.0	85.7	75.0	85.7
	55	86.0	82.3	84.0	80.0	86.0	78.8	86.0

* VALORES TOMADOS DE LA TEMPERATURA AMBIENTE.

T A B L A I I

TASA ESPECIFICA DE CRECIMIENTO MAXIMA μ_{MAX}

		TEMPERATURA						
C I S	AMBIENTE	23 °C	26 °C	29 °C	32 °C	35 °C	38 °C	
μ_{max}	7.5	0.01657	0.001939	0.0008504	0.003389	0.002483	0.001790	0.003971
	12.5	0.02410	0.003927	0.002049	0.004214	0.006515	0.001400	0.004998
	20.5	0.0164	0.008987	0.002141	0.003157	0.002552	0.003723	0.003723
	25	0.01871	0.005764	0.002040	0.004234	0.009802	0.006305	0.005621
	30	0.01966	0.007426	0.004349	0.003190	0.007333	0.007452	0.008898
	35	0.01942	0.01589	0.005184	0.001620	0.01468	0.01020	0.007016
	40	0.01987	0.01626	0.003569	0.002740	0.01941	0.006189	0.001805
	45	0.01991	0.01651	0.005291	0.002180	0.01796	0.001179	0.0005630
	50	0.01914	0.01706	0.00746	0.002200	0.01949	0.007016	0.004195
	55	0.0212	0.02869	0.008832	0.004541	0.02110	0.009041	0.006047

T A B L A 1 2

COEFICIENTES DE CORRELACION r

		T E M P E R A T U R A						
HRS.	VI - VD	AMBIENTE	23 °C	26 °C	29 °C	32 °C	35 °C	38 °C
24		0.6247	0.7073	-0.1067	-0.5807	-0.2926	-0.0540	0.8581
48	Xp - Y	-0.2173	-0.3658	-0.5674	-0.8171	-0.6991	-0.05122	0.2929
72		-0.6186	-0.5755	-0.5332	-0.6328		-0.2404	
24		0.9998	0.9990	0.9983	0.9951	0.9973	0.9987	0.9965
48	Xp - μ	0.9973	0.9947	0.9984	0.9959	0.9948	0.9958	0.9959
72		0.9993	0.9954	0.9951	0.9990		0.9998	
24		0.7132	0.1340	0.7683	0.9550	0.7743	0.9485	0.9105
48	Xp - X∞	0.4698	0.9036	0.8408	0.9715	0.9858	0.9535	0.9528
72		0.5436	0.9435	0.9800	0.7483		0.7173	
24		0.1914	-0.4638	0.3327	-0.6178	0.4550	0.4097	-0.4008
48	Xp - μ max	-0.03027	0.7658	0.5560	-0.4915	0.9191	0.4372	-0.1801
72		0.8995	0.8100	0.8477	-0.007762		-0.3636	
24		0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
48	Xp - P	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
72		0.9999	0.9999	0.9999	0.9999		0.9999	
24		0.1336	-0.7056	-0.7926	-0.8545	-0.6719	-0.4753	0.7039
48	Sc - Y	-0.9336	-0.6853	-0.8184	-0.8140	-0.8563	-0.3647	0.1254
72		-0.9412	-0.8261	-0.8164	-0.9866		-0.7538	
24		0.6852	-0.02269	0.6889	0.9167	0.7728	0.8997	0.9763
48	Sc - Xp	0.541	0.9179	0.8372	0.9290	0.9584	0.9456	0.9844
72		0.8376	0.9209	0.9206	0.7232		0.8182	
24		0.6890	-0.0230	0.7074	0.9142	0.7073	0.9987	0.9746
48	Sc - μ	0.5803	0.6988	0.8320	0.9290	0.9375	0.9377	0.9723
72		0.8302	0.8938	0.9189	0.7232	0.	0.8215	
24		0.9545	0.8874	0.8334	0.8807	0.9698	0.8894	0.9130
48	Sc - X∞	0.9677	0.8058	0.8244	0.8697	0.9527	0.8776	0.9178
72		0.9188	0.8189	0.8644	0.2243		0.5077	
24		0.2001	0.8189	0.8042	0.2936	0.8587	0.5397	-0.2668
48	Sc - μ max	0.1386	0.9071	0.8276	-0.3269	0.9394	0.5162	-0.1485
72		0.2661	0.9293	0.9158	0.3521		0.07368	
24		0.6852	-0.0227	0.6888	0.9167	0.7728	0.8997	0.9763
48	Sc - P	0.5413	0.9179	0.8372	0.9290	0.9584	0.9456	0.9844
72		0.7069	0.9209	0.9206	0.7233		0.8183	
24		0.6216	0.7065	-0.1402	-0.6021	-0.3329	-0.08829	0.8792
48	μ - Y	-0.2644	-0.3124	-0.3587	-0.8097	-0.6611	-0.04223	0.3422
72		-0.6091	-0.5103	-0.5017	-0.6466		-0.2471	
24		0.2004	-0.4651	0.3847	0.2250	0.4855	0.4282	-0.3540
48	μ - μ max	0.00928	0.7550	0.5628	-0.4649	0.8891	0.4821	-0.1520
72		0.9028	0.7786	0.7351	-0.01736		-0.3644	

T A B L A 1 2 (c o n t i n u a c i ó n)

C O E F I C I E N T E S D E C O R R E L A C I O N r

HRS	VI - VD	T E M P E R A T U R A						
		AMBIENTE	23 °C	26 °C	29 °C	32 °C	35 °C	38 °C
24	Y - X _∞	0.07916	-0.4611	-0.5057	-0.5663	-0.8058	-0.1794	0.8317
48		-0.9414	-0.1932	-0.4987	-0.4702	-0.7397	-0.0021	0.4080
72		-0.7895	-0.3542	-0.4340	-0.06955		-0.05151	
24	Y - μ _{max}	0.1471	-0.8796	-0.8148	0.009089	-0.9157	-0.4377	-0.4311
48		-0.1464	-0.7175	-0.7989	0.1768	-0.7345	-0.2598	-0.5667
72		-0.5916	-0.8073	-0.7062	-0.3037		-0.5122	
24	P - Y	0.6248	0.7074	-0.1067	-0.5807	-0.2926	-0.0540	0.8581
48		-0.2171	-0.3681	-0.3674	-0.8171	-0.6991	-0.05122	0.2929
72		-0.6186	-0.5754	-0.5332	-0.6330		-0.2405	
24	P - μ	0.9998	0.9990	0.9983	0.9951	0.9973	0.9985	0.9964
48		0.9973	0.9944	0.9984	0.9959	0.9948	0.9958	0.9959
72		0.9993	0.9954	0.9951	0.9990		0.9998	
24	P - μ _{max}	0.1914	-0.4638	0.3327	-0.6178	0.4550	0.4097	-0.4008
48		-0.03026	0.7659	0.5546	-0.4915	0.9191	0.4371	-0.1801
72		0.8995	0.8100	0.8477	-0.007767		-0.3636	
24	X _∞ - μ	0.1177	0.4794	0.7808	0.9648	0.7955	0.9588	-0.5624
48		0.5077	0.2571	0.8426	0.9742	0.9852	0.9742	0.9733
72		0.9434	0.9651	0.4019	0.7281		0.7086	
24	X _∞ - P	0.7137	0.1340	0.7683	0.9552	0.7743	0.9485	0.9105
48		0.4697	0.9044	0.8407	0.9715	0.9860	0.9534	0.9528
72		0.9436	0.9436	0.9800	0.7483		0.7122	
	X _∞ μ _{max}	0.1865	0.7074	0.2532	-0.4214	0.8955	0.5036	-0.06628
24	CIS - Y	0.0970	-0.8564	-0.8129	-0.8600	-0.9210	-0.4871	0.7426
48		0.993	-0.6622	-0.8104	-0.9468	0.7728	-0.3539	0.1901
72		-0.9560	-0.7842	-0.7624	-0.9574		-0.7450	
24	CIS - X _p	0.6525	-0.3071	0.5759	0.8946	0.6274	0.8953	0.9458
48		0.2708	0.8877	0.7535	0.9378	0.9517	0.9460	0.9868
72		0.8161	0.9272	0.9390	0.7687		0.7726	
24	CIS - S _c	0.9942	0.9435	0.9524	0.9884	0.9757	0.9946	0.9832
48		0.9531	0.9834	0.9510	0.9943	0.9968	0.9923	0.9915
72		0.9948	0.9935	0.9903	0.9912		0.9617	
24	CIS - μ	0.6574	-0.3112	0.6030	0.8939	0.6531	0.8976	0.9560
48		0.3160	0.8322	0.7515	0.9041	0.9330	0.9475	0.9848
72		0.8099	0.9078	0.9130	0.7743		0.7751	
24	CIS - P	0.652	-0.3071	0.5759	0.8946	0.6273	0.8953	0.9459
48		0.2707	0.8894	0.7535	0.9378	0.9517	0.9459	0.9868
78		0.8161	0.9272	0.9390	0.7688		0.7726	
	CIS - μ _{max}	0.2032	0.9250	0.9272	-0.3087	0.8562	0.5502	-0.1145
	CIS - X _∞	0.959	0.8580	0.9095	0.9031	0.959	0.9140	0.959

TA B L A 13

ECUACIONES QUE DESCRIBEN EL INCREMENTO EN BIOMASA DE LOS TIBICOS.

ECUACION GENERAL $X = X_{\infty} [1 - e^{-K(t - t_0)}]$

T E M P E R A T U R A			
CIS	AMBIENTE	23 °C	26 °C
7.5	$X = 38.8 [1 - e^{-0.202(t - 18.5)}]$	$X = 36.1 [1 - e^{-0.0728(t - 2.7)}]$	$X = 35.3 [1 - e^{-0.0361(t + 56)}]$
12.5	$X = 47.2 [1 - e^{-0.222(t - 20.3)}]$	$X = 50.0 [1 - e^{-0.0206(t - 39)}]$	$X = 44.0 [1 - e^{-0.0293(t + 43)}]$
20.5	$X = 56.9 [1 - e^{-0.119(t - 18.5)}]$	$X = 56.9 [1 - e^{-0.0593(t - 0.005)}]$	$X = 56.0 [1 - e^{-0.0149(t + 92)}]$
25	$X = 65.5 [1 - e^{-0.0637(t - 16)}]$	$X = 79.7 [1 - e^{-0.0137(t + 43.2)}]$	$X = 67.5 [1 - e^{-0.0084(t + 147)}]$
30	$X = 74.6 [1 - e^{-0.0481(t - 14.6)}]$	$X = 74.4 [1 - e^{-0.0266(t + 13)}]$	$X = 77.0 [1 - e^{-0.012(t + 60)}]$
35	$X = 77.7 [1 - e^{-0.0356(t - 8.85)}]$	$X = 77.4 [1 - e^{-0.0967(t - 17.5)}]$	$X = 60.0 [1 - e^{-0.0426(t + 8.5)}]$
40	$X = 83.5 [1 - e^{-0.0283(t - 8.7)}]$	$X = 76.6 [1 - e^{-0.0968(t - 17.9)}]$	$X = 67.7 [1 - e^{-0.0162(t + 60)}]$
45	$X = 84.8 [1 - e^{-0.026(t - 8.8)}]$	$X = 79.9 [1 - e^{-0.0835(t - 17)}]$	$X = 80.0 [1 - e^{-0.0135(t + 45)}]$
50	$X = 85.7 [1 - e^{-0.0253(t - 7.6)}]$	$X = 78.4 [1 - e^{-0.0823(t - 17)}]$	$X = 82.5 [1 - e^{-0.1775(t + 19)}]$
55	$X = 86.0 [1 - e^{-0.0262(t - 9.6)}]$	$X = 82.3 [1 - e^{-0.0471(t - 13)}]$	$X = 84.0 [1 - e^{-0.0191(t + 11)}]$

CIS	29 °C	32 °C	35 °C
7.5	$X = 38.8 [1 - e^{-0.0892(t + 3.3)}]$	$X = 38.8 [1 - e^{-0.0254(t + 60)}]$	$X = 38.8 [1 - e^{-0.0064(t + 20)}]$
12.5	$X = 47.2 [1 - e^{-0.9367(t + 22.5)}]$	$X = 47.2 [1 - e^{-0.0559(t + 6)}]$	$X = 47.2 [1 - e^{-0.0032(t + 34)}]$
20.5	$X = 56.9 [1 - e^{-0.0378(t + 31)}]$	$X = 56.9 [1 - e^{-0.0064(t + 23)}]$	$X = 56.9 [1 - e^{-0.0069(t + 116)}]$
25	$X = 65.5 [1 - e^{-0.0262(t + 40)}]$	$X = 65.5 [1 - e^{-0.1077(t - 10)}]$	$X = 65.5 [1 - e^{-0.0089(t + 63)}]$
30	$X = 76.0 [1 - e^{-0.0242(t + 31)}]$	$X = 74.6 [1 - e^{-0.0345(t + 16)}]$	$X = 74.6 [1 - e^{-0.0132(t + 42)}]$
35	$X = 75.0 [1 - e^{-0.0321(t + 50)}]$	$X = 77.7 [1 - e^{-0.0469(t - 3.6)}]$	$X = 66.0 [1 - e^{-0.0281(t - 0.7)}]$
40	$X = 88.0 [1 - e^{-0.0148(t + 78)}]$	$X = 83.5 [1 - e^{-0.0739(t - 12)}]$	$X = 76.0 [1 - e^{-0.0118(t + 43)}]$
45	$X = 79.2 [1 - e^{-0.0356(t + 36)}]$	$X = 84.8 [1 - e^{-0.0546(t + 8.3)}]$	$X = 81.5 [1 - e^{-0.0198(t + 15)}]$
50	$X = 81.0 [1 - e^{-0.0317(t + 36)}]$	$X = 85.7 [1 - e^{-0.0844(t - 13.4)}]$	$X = 75.0 [1 - e^{-0.0171(t + 28)}]$
55	$X = 80.0 [1 - e^{-0.0381(t + 15)}]$	$X = 86.0 [1 - e^{-0.066(t - 12)}]$	$X = 78.8 [1 - e^{-0.0237(t + 10)}]$

CIS	39 °C
7.5	$X = 38.8 [1 - e^{-0.0125(t - 78.3)}]$
12.5	$X = 47.2 [1 - e^{-0.0111(t + 70)}]$
20.5	$X = 56.9 [1 - e^{-0.0069(t + 11)}]$
25	$X = 65.5 [1 - e^{-0.0081(t + 75)}]$
30	$X = 74.6 [1 - e^{-0.0103(t + 39)}]$
35	$X = 77.7 [1 - e^{-0.0127(t + 46)}]$
40	$X = 83.5 [1 - e^{-0.0036(t + 27)}]$
45	$X = 84.8 [1 - e^{-0.0013(t + 88)}]$
50	$X = 85.7 [1 - e^{-0.0091(t + 91)}]$
55	$X = 86.0 [1 - e^{-0.0141(t + 50)}]$

REFERENCIAS

1. BATT, C.A. y J. SINSKEY. 1984. Use of biotechnology in the production of single cell protein. Food Technology 2: 108-111.
2. ESCUDERO, J.C.; F. MORANTE y O. ISUNZA. 1984. Proyecciones de las necesidades nutricionales y de alimentación en México. Div. - Nut. Inst. Nal. Nut. 66: 1-75.
3. ESTRADA-CUELLAR, L. 1985. Estudio de las levaduras de los tibicos y de la madre del vinagre. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 47 pp.
4. FENCL, Z. 1966. -Theoretical Analysis of Continuous Culture. In Malek, I. y Z. Fencl (Ed.) Theoretical and Methodological Basis of Continuous Culture of Microorganisms. Academic Press. - - London. 420 pp.
5. GULLAND, J.A. 1971. Manual de Métodos para la Evaluación de las Poblaciones de Peces. Acribia, Zaragoza, España. 164 pp.
6. HERRERA, T.; C. SALINAS y S. PALACIOS. 1984. Estudio de cepas de Klebsiella oxytoca (Flügge) Lautrop, fijadoras de nitrógeno, - aisladas de las zoogreas llamadas "tibicos". Rev. Lat-amer. Microbiol. 27 (3) (en prensa).

7. HESSELTINE, C.W. 1965. A millennium of fungi, food and fermentation. Mycologia 57: 149-197.
8. HORISBERGER, M. 1969. Structure of the dextran of the tibi grains. Carbohydr. Res. 10: 379-385.
9. JOHNSON, M.J. 1967. Growth of microbial cells on hydrocarbons. - Science 155: 1515-1519.
10. LITCHFIELD, J.M. 1983. Single cell protein. Science 219: 740-746.
11. LUTZ, M.L. 1898. Recherches biologiques sur la constitution du tibi. Compt. Rend. Soc. Biol. 5: 1124-1126.
12. MASCOTT Y TERRES, M. 1952. Contribución al conocimiento de las levaduras de los tibicos del arroz. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 60 p.p.
13. MOINAS, M.; M. HORISBERGER y H. BAUER. 1980. The structural organization of the tibi grain as revealed by light, scanning and transmission microscopy. Arch. Microbiol. 128: 157-161.
14. MONOD, J. 1949. The growth of bacterial cultures Ann. Rev. Microbiol. 3: 371-394.

15. MORENO Y DIAZ, M.P. 1932. Contribución al estudio bacteriológico y al análisis químico del vinagre que produce el tábico. Tesis Profesional, Facultad de Química y Farmacia, Universidad Nacional Autónoma de México. 56 pp.
16. NOLASCO, M. y C. ZAMORA. 1977. La dieta básica para el consumo nacional. En Navarrete, I.M.; I. Restrepo y C. Zamora (compiladores). Alimentación Básica y Desarrollo Agroindustrial. - Fondo de Cultura Económica, México, 420 pp.
17. ONG, S.L. 1983. Least squares estimation of batch culture kinetic parameters. Biotech. Bioeng. 25: 2347-2358.
18. PIRT, S.J. 1975. Principles of Microbe and Cell Cultivation. - Blackwell Scientific Publications, London, 365 pp.
19. RICHARDS, F.J. 1959. A flexible growth function for empirical use. Jour. Exp. Bot. 10 (29): 290-300.
20. ROSE, A.H. 1970. Microbial biomass. In Rose, A.H. (Ed.) Economic Microbiology. Vol. 4, Academic Press. New York, 456 pp.
21. SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1982. Sistema Alimentario Mexicano. En Legislación y Documentos Básicos. Dirección General de Documentación y Análisis de la Sra. Prog. Pres. México, 515 pp.

22. SOKAL, R. y J. ROHLF. 1969. Biometry. W.H. Freeman and Co. San Francisco, 776 pp.
23. TABOADA, J.; M. ULLOA; L. ESTRADA-CUELLAR y J. DIAZ-GARCÉS. 1986. Estudio de las levaduras de los tibicos, y pruebas de alimentación con aves y roedores utilizando estas zoogreas en la dieta. Rev. Lat-amer. Microbiol. (en prensa).
24. TANNENBAUM, S. y R. MATELES. 1968. Single Cell Protein. Science Journal 4 (5): 87-91.
25. TODO MEXICO. COMPENDIO ENCICLOPEDICO. 1985. Enciclopedia de México, S.A. México, 645 pp.
26. ULLOA, M. y T. HERRERA. 1981. Estudio de Pichia membranaefaciens y Saccharomyces cerevisiae, levaduras que constituyen parte de las zoogreas llamadas tibicos en México. Bol. Soc. Méx. Mic. 16: 63-75.
27. VAUGHAN, M.A.; M. MILLER y A. Martini. 1979. Amino acid composition of whole cells of different yeast. Jour. Agric. Food - Chem. 27: 982-992.