



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECCIA

CULTIVO Y USO DEL ALGA TECUITLATL
(Spirulina máxima), ESTUDIO RECAPITULATIVO.

Miguel Angel Mondragón Barragán

Tesis de Licenciatura F. M. V. Z. U. N. A. M.

ASESORES:

M. V. Z. RICARDO NAVARRO FIERRO

Q. F. B. MARIA ISABEL CRESPO A.

CIUDAD UNIVERSITARIA

MEXICO, D. F. 1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNAM
1984
1625
ej. a
P-t 84-111a



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ENSEÑANZA DE LA HISTORIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ENSEÑANZA DE LA HISTORIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ENSEÑANZA DE LA HISTORIA

A Patricia y a Miguel Angel y Yearin,
quienes me motivaron día a día para
alcanzar nuestra primera meta.

Un agradecimiento especial a mi Madre.

**En la imposibilidad de mencionarlas
una a una, a todas las personas que
de una u otra forma contribuyeron a
que llegara este momento.
A ellas mi profundo agradecimiento.**

I N D I C E

Contenido	Página.
I.- Resumen	1
II.- Introducción	2
III.- Antecedentes del tecuitlatl ✓	5
A).- Historia	5
B).- Habitat	9
IV.- Características del tecuitlatl	11
A).- Morfología	11
B).- Capacidad nutritiva	11
1.- Análisis bromatológico	11
2.- Proteínas	13
3.- Lípidos	19
4.- Carbohidratos	20
5.- Pigmentos	20
6.- Toxicidad	22
V.- Producción del tecuitlatl	25
A).- Cultivo comercial	25
1.- Comparación de los medios de cultivo	25
2.- Ventajas de la producción comercial	26
B).- Cultivo experimental	28
1.- Cultivo en condiciones rurales	28
2.- Cultivo en desechos orgánicos	28

C O N T I N U A I N D I C E

Contenido.	Página.
VI.- Usos del tecuitlatl	31
A).- Uso como alimento proteico	31
1.- Uso en la alimentación humana	31
2.- Uso en la nutrición de animales	33
B).- Otros usos del tecuitlatl	36
VII.- Comparación del tecuitlatl con otras fuentes de proteína unicelular.	39
VIII.- Literatura citada	43

INDICE DE CUAROS

Número y título.	Página.
1.- Análisis químico proximal del tecuitlatl.	12
2.- Aminograma del tecuitlatl.	14
3.- Contenido de aminoácidos esenciales en algunas fuentes de proteína unicelular.	17
4.- Coloración requerida en el huevo de plato.	21
5.- Comparación de la producción de proteína del tecuitlatl con algunas fuentes convencionales.	27
6.- Rendimiento de carne esperado en bovinos con distintas raciones.	34
7.- Rendimiento de distintas especies de peces alimentados con 3 tipos de proteína.	37
8.- Calidad nutritiva de algunas fuentes de proteína unicelular.	40

"CULTIVO Y USO DEL ALGA TECUITLATL (spirulina máxima). ESTUDIO RECAPITULATIVO"

Miguel Angel Mondragón Barragán.

Asesores: Ricardo Navarro Fierro.

I.- Resumen:

María Isabel Crespo A.

Se presenta un estudio sobre el tecuitlatl (spirulina máxima) que incluye una breve revisión del uso que le daban los aztecas en la época prehispánica y la razón de llamarla tecuitlatl. También se describe el empleo tradicional del tecuitlatl por parte de la tribu kanembu en Chad.

Se reseñan las características relevantes del habitat del tecuitlatl, para dar paso al análisis de las propiedades biológicas y nutritivas de la spirulina spp.; es un alga cianoficea (azul-verde) en forma de filamento helicoidal. Del 55 al 71% de su materia seca (MS) es proteína cruda (PC) de excelente calidad, cuya composición es comparable al aminograma tipo -- propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), posee un alto contenido de pigmentos (entre 2.9 y 4.3 g. de carotenoides por Kg. MS) que pueden utilizarse con ventaja para lograr la coloración amarilla o naranja necesaria en el huevo y la carne de ave destinada al abasto.

Se examinan y presentan los resultados de algunos estudios sobre toxicidad del tecuitlatl, de los cuales se desprende que es inocuo y puede recomendarse para su empleo en nutrición animal.

Al discutir los aspectos relacionados con la producción del tecuitlatl, se destaca la posibilidad de hacer el cultivo en aguas residuales con desechos orgánicos provenientes de la explotación de animales, obteniendo un doble beneficio, por un lado el tratamiento de las aguas indicadas y -- por otro la producción de un alimento proteico de alta calidad. Se señala que aun faltan investigaciones para aclarar algunos puntos respecto a estos esquemas de cultivo del tecuitlatl.

Se compara al tecuitlatl con otros organismos considerados como fuentes de proteína unicelular, en donde se concluye que aunque algunos organismos tienen una mayor digestibilidad en pruebas experimentales, la fragilidad de la pared celular del tecuitlatl hace a este más meritorio en la alimentación animal. Por otro lado, las facilidades para su cosecha, en relación a los otros organismos, colocan al tecuitlatl en un lugar privilegiado entre las fuentes de proteína unicelular conocidas en la actualidad.

II.- Introducción:

Uno de los problemas más graves en los países en desarrollo es la desnutrición. La producción de cereales no es suficiente para el consumo humano -siendo necesaria la importación de ellos- y parte de los granos disponibles son destinados a la alimentación de animales, sobre todo monogástricos, por lo que en estos países es importante y urgente el desarrollo de nuevas fuentes de alimentación para el ganado, evitando el uso de productos que pueden ser consumidos directamente por el hombre sin descuidar la productividad animal y desarrollando tecnología de producción adecuada a las condiciones particulares en que se lleva a cabo y no adoptando técnicas -generadas en los países industrializados- basadas en el uso de granos que afectan la balanza comercial de las naciones en desarrollo; por tal motivo, los recursos destinados a la investigación sobre recursos alimentarios son cada vez mayores, a la vez que este renglón ocupa un lugar cada vez más importante en las metas que se trazan tanto los gobiernos de los diferentes países, como los organismos internacionales.

Teniendo en cuenta que aun falta mucho por hacer en lo relacionado a la alimentación, debe señalarse, que la investigación realizada en esta área, ha logrado soluciones importantes, aportando elementos que sin duda, han contribuido de manera significativa a la disponibilidad de alimentos para el hombre.

Se han iniciado trabajos tendientes a la obtención de nutrientes a partir de microorganismos -en su mayoría unicelulares- los cuales se caracterizan por su alto contenido en proteína, razón por la cual se les conoce con el nombre genérico de proteína unicelular (PU). Generalmente el resultado del proceso productivo es la célula desecada del organismo cultivado,

con más del 50% de proteína.

Para la obtención de PU se ha considerado el cultivo de algas, bacterias, levaduras, mohos y hongos superiores, organismos que presentan dificultades singulares y sea en cuanto al cultivo se refiere, o bien en lo que respecta a la utilización del producto logrado.

El consumo de las levaduras está limitado por el alto contenido de ácidos nucleicos de estas especies, a su vez el cultivo de las bacterias y de algunas algas, resulta peligroso por la posibilidad de contaminación -- con organismos patógenos.

El cultivo del tecuitlatl ha presentado un menor número de dificultades, por un lado la probabilidad de contaminación con microorganismos patógenos es limitada, por la alcalinidad del agua en la que crece, por otra parte Clement (10) y Wachowicz y Zagrodzki (45) encontraron que el contenido de ácidos nucleicos (4%) es mucho menor que en las levaduras y en las bacterias.

Una característica importante del tecuitlatl es el alto contenido de proteína, (más del 60% de la materia seca) y la excelente calidad de esta (1980). También cabe destacar el contenido de pigmentos (4.3 g/kg MS de beta carotenos) que permite utilizarlo como único aporte de este compuesto para lograr la pigmentación de los productos avícolas, coloración necesaria en algunos países para que el huevo o la carne de ave sea aceptada por el consumidor (1974).

A pesar de lo prometedor de las características del tecuitlatl, se -- han realizado pocos trabajos sobre las características necesarias en el medio de cultivo para lograr la propagación de esta alga en un sistema artificial controlado.

El rendimiento del tecuitlatl, en producción extensiva ha sido estimado en $15 \text{ g/m}^2/\text{día}$ por Durand-Chastell y Clement (14), Clement (10) refiere $12 \text{ g/m}^2/\text{día}$ (43.8 ton/ha al año), este rendimiento es considerado suficiente para el cultivo a gran escala por Guerin-Dumartrait y Moyse (20), quienes han determinado, en forma teórica, que el crecimiento puede alcanzar - los $42 \text{ g/m}^2/\text{día}$.

Fundamentado en los hechos arriba señalados, el objetivo de este trabajo es hacer un estudio recapitulativo acerca del cultivo y el uso del tecuitlatl, a través del cual se reuna y se conjugue la información más relevante de los estudios disponibles al respecto.

III.- Antecedentes del tecuitlatl.

A).- Historia.

Los aztecas, que llegaron a constituir una de las civilizaciones más desarrolladas de la América precolombina; se establecieron alrededor del año 1325 en una isla rocosa del lago de Texcoco. Su alimentación no era muy variada, teniendo como principales componentes maíz, frijol, fruta y aves.

La estancia de los aztecas, durante su migración, en zonas húmedas, los orientó a la búsqueda de fuentes nutritivas en el lago de Texcoco, con las cuales complementar y variar su comida.

En un mapa del lago, fechado en 1550, atribuido a Alonso de Santa Cruz, se ven numerosas embarcaciones pescando, no peces y plantas comunes-que no pueden vivir en ese medio, demasiado alcalino- sino el tecuitlatl, que flota en la superficie.

De acuerdo con Durand-Chastell (15), Francisco Hernández, médico y naturalista español, es autor de la siguiente crónica: en algunos sitios del vaso del lago mexicano, brota el tecuitlatl que gana al punto la superficie de las aguas, de donde se saca con redes o se apila con palas. Una vez secado un poco al sol, le dan los indios forma de tortas pequeñas y lo ponen sobre hierbas frescas, se guarda luego hasta por un año. Se come con las tortillas comunes, tiene sabor a queso y cierto olor a cieno. Es comestible solo en cantidades reducidas y esto en vez de sal para condimentar el maíz.

Por su parte Sahagun (34) menciona que Fray Toribio de Benavente, conocido como Motolinia, quien llegó al Valle de México en 1524, tres años después de la caída del imperio azteca, hizo la siguiente descripción: So

bre las aguas del Valle de México crece una especie de lodo muy fino; en --
cierta época del año, cuando este es más espeso, los indios lo colectan --
con redes muy finas, hasta que sus acales o canoas se llenan. Sobre la --
tierra o la arena de las cercanías forman capas alisadas, de 2 a 3 brazas-
(5.4 - 5.1 m.) de largo y un poco menos de ancho, permitiendo el secado al
sol, hasta que se forma una torta de dos dedos (5.6 cm.) de altura, en po-
cos días se seca reduciéndose el grosor, hasta quedar de espesor similar -
al de un azulejo. Los indios lo comen mucho y le aprecian bastante. Qui-
en compartía los condimentos empleados por los indios encontrará que tiene-
mucho sabor y un gusto ligeramente salado.

Tecuitlatl es una palabra nahuatl que significa excremento de piedra,
sin embargo esto no implica un sentido negativo en la expresión. Los azte-
cas llamaban a un hongo que crece sobre el maíz, muy apreciado por ellos, -
cuitlacoche, esto es excremento durmiente; mientras que al oro se le decía
teucuitlatl -excremento de los dioses- o tonotihuicuitl que significa ex-
cremento del sol; más aun, el emperador Moctezuma dió a su hijo el nombre-
de Cuitlahuac, que podría traducirse como lleno de excremento.

Esta alga crece en otros países, donde se consume desde hace mucho --
tiempo, tal es el caso de los kanembus, quienes obtienen la mayor parte de
la proteína a partir de la spirulina platensis*; esperan a que los vientos-
la acerquen a la orilla, momento en que la recojen, concentrándola en una-
masa espesa. Las mujeres la llevan en una especie de calabazas hasta unos

* A lo largo de este trabajo se designa como tecuitlatl tanto a la spiru-
lina máxima como a la spirulina platensis.

hoyos excavados en la arena, donde dejan el alga hasta que ha perdido la mayor parte de la humedad. Después se completa la desecación al sol sobre unas planchas y se corta la torta resultante en trozos pequeños. Los kanembus llaman a este producto dihe y lo comen con una salsa espesa, preparada a base de tomate, chile y otras especies.

La similitud entre este guiso y la salsa azteca chilmolli es clara. El tomate y el chile son nativos de México, ambos llegaron al continente africano como resultado del tráfico de esclavos. Durand-Chastell (13) y Furst (17) piensan que es muy probable que el tecuitlatl haya seguido la misma ruta, ya que a veces se la llevan en los viajes a Africa con el propósito de contar con un alimento que, además de ocupar poco espacio, permitiera sostener en buen estado a los esclavos durante el viaje a América.

Al correr de los años, mientras los kanembus siguen utilizando el tecuitlatl como fuente de proteína, en el México colonial cayó en el olvido, siendo hasta fines de los años 60 que se le ha vuelto a poner atención.

Furst (17) escribe: el primer intento por dar una clasificación científica al tecuitlatl se realizó en la década de los 40, por el arqueólogo-sueco Sigvald Linfe. Aunque el potencial nutritivo del alga no fue apreciado en ese tiempo.

La identificación definitiva se realizó en Africa, a raíz del interés mundial por desarrollar fuentes alternativas de proteína desatado en los años 50. El alga africana se clasificó como spirulina platensis, mientras que a la mexicana se le llamó spirulina máxima o bien spirulina zeitlieri.

De acuerdo con Furst (17), en 1968 el Instituto Francés del Petróleo (IFP) empezó a interesarse por el alga empleada por los kanembus para preparar el dihe, iniciando experimentos con el objeto de conocer el poten--

cial nutritivo de ésta.

Leonard (25) en su informe de la expedición a través del Sahara patrocinada por el gobierno belga, escribe sobre el tecuitlatl, señalando algunos oasis del Sahara en los que se desarrolla éste vegetal.

Estos descubrimientos, aunados al interés por desarrollar alimentos de alto valor proteico, originaron una serie de investigaciones sobre el tecuitlatl, entre las que destacan las impulsadas por el IFP, junto con las que se han llevado a cabo en Sosa Texcoco.

Durand-Chastell (15) describe la producción del tecuitlatl en el México actual: Sosa Texcoco, industria dedicada a la obtención de sosa en el lago de Texcoco, tuvo algunos problemas con un alga que se desarrolla en ese lago. Al tener conocimiento de que los aztecas la consumían empezaron a buscar la manera de aprovecharla, posteriormente el IFP ofreció su colaboración y se inició una serie de investigaciones sobre el tecuitlatl, --- principalmente en lo que se refiere al proceso del alga para consumo humano.

En concreto, se ha instalado una planta para procesar el tecuitlatl cosechado en las orillas del Caracol del lago de Texcoco, con una producción cercana a las 500 toneladas de alga seca al año.

Se ha evaluado de manera exhaustiva, la posible toxicidad del alga, encontrándose que resulta inocua, esto es lógico si se tiene en cuenta que el tecuitlatl forma parte de la dieta común para algunas gentes desde hace muchos años, sin causarles problema alguno. Estas investigaciones han llevado a la aprobación oficial del gobierno mexicano para comercializar alimentos basados en el tecuitlatl obtenido del lago de Texcoco.

La demanda actual de ésta alga rebasa la capacidad de producción, por

lo que deben desarrollarse metodologías que permitan aumentar su disponibilidad. Además, es muy posible que la difusión de las características nutritivas del tecuitlatl proveque un aumento sustancial en la demanda registrada.

B).- Habitat.

En las zonas áridas y semi-áridas que poseen valles cerrados ocurren fenómenos particulares, el agua se recoge en cuencas sin salida al mar y las sales disueltas en esas aguas se concentran, dando lugar a la formación de lagunas saladas o alcalinas.

Cuando las rocas de uno de estos valles están formadas por sedimentos marinos, se originan lagos salados -con base en cloruros- si predominan -- las rocas volcánicas se da lugar a lagunas alcalinas -con alto contenido de carbonatos-. El caso más general es una combinación de sedimentos marinos y formaciones volcánicas en las rocas y, por lo tanto, una mezcla de cloruros y carbonatos en las aguas retenidas en la cuenca acuífera.

Entre los pocos organismos capaces de crecer en un medio tan hostil se cuenta el tecuitlatl. El desarrollo de ésta especie se lleva a cabo en aguas muy alcalinas, con un ph entre 9 y 11 y con una concentración alta de bióxido de carbono, condiciones que caracterizan a las lagunas alcalinas, donde el contenido de carbonatos proporciona la posibilidad de disponer del bióxido de carbono requerido por el alga. Otro requisito importante es una gran cantidad de luz solar sobre el medio en que se encuentre el alga.

Todo lo anterior se tiene en Texcoco y en Chad. El lago de Texcoco, a 2200 m. sobre el nivel del mar, recibe un promedio de 140 kcal/cm²/año,

así la temperatura del agua es más elevada que en el ambiente. El tecu--
tlatl se obtiene ahora de los vasos exteriores del Caracol, un inmenso eva
porador solar de 3,200 m. de diámetro y 900 ha. de superficie.

IV.- Características del tecuitlatl.

A).- Morfología.

El tecuitlatl es un alga cianoficea (azul-verde) en forma de filamento helicoidal, a ésta configuración en espiral se debe el nombre de spirulina. Cada filamento contiene de 250 a 400 células y mide entre 200 y 300 micras de largo y de 5 a 10 micras de ancho.

Debido a su agrupación multicelular, algunos investigadores, como Durand-Chastell (13), creen inconveniente que se le clasifique entre las --- fuentes de PU. Sin embargo, como el nombre genérico de PU se utiliza para indicar un concepto particular en nutrición, más que para ilustrar la morfología del organismo empleado, en este trabajo y de acuerdo con Litchfield (26) la consideramos una fuente de PU, en atención a que forma parte del grupo de soluciones al problema alimenticio basadas en microorganismos.

B).- Capacidad nutritiva.

Antes de iniciar la revisión de la capacidad nutritiva debe recordarse que todos los análisis se hacen sobre el tecuitlatl desecado, que es la presentación usada con fines alimenticios.

1.- Análisis bromatológico.

El análisis bromatológico se utiliza como un medio para conocer la -- composición química gruesa de un alimento, y con ello obtener una idea general sobre el potencial del producto.

Como puede verse en el cuadro 1, el análisis químico proximal del tecuitlatl se caracteriza por un alto contenido proteico.

El análisis bromatológico indica una gran variabilidad en el conteni-

C U A D R O 1

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DEL TECUITLATL.

Referencia	Durand-Chastell (13)	Sautier y Tre- molier (37).	Vermorel <u>et.</u> <u>al.</u> (42).	Narasimha <u>et.</u> <u>al.</u> (29).	Miller (27)
proteína cruda	60 - 71%	55.5 - 73.7%	59.2 - 80.7%	58.5%	65%
fibra cruda	0.1 - 0.9%	-	-	5%	-
lípidos	6 - 7%	10.05 - 12.7% X diferencia.	-	6.5%	2%
carbohidratos	13 - 16%	17.4 - 21.9%	-	8.5%	20%
energía bruta (kcal/g)	-	-	4.96 - 5.53%	-	-
cenizas	6.4 - 9%	3.8 - 7.4%	4.05 - 10.52%	9%	-
humedad	4 - 7%	0.8 - 7%	6.84 - 9.19%	6.5%	-

do de proteína cruda, cenizas y humedad, Litchfield (26) indica que la composición del medio de cultivo tiene una influencia determinante sobre los nutrientes de cualquier fuente de PU. Además los diferentes procesos de -secado a que se somete el tecuitlatl también afectan el resultado del análisis químico proximal, por lo tanto, es importante analizar el alga que -se utilice para nutrición en un momento dado.

2.- Proteínas.

La característica más relevante del tecuitlatl es el alto contenido -de proteína. Como resultado de un gran número de análisis, Sosa Texcoco - (40) informa haber cuantificado 60% de proteína cruda (PC), basado en materia seca (MS) como valor mínimo, sin embargo Vermorel et. al. (42) traba--jando con alga procedente del lago de Texcoco encontraron en la muestra -- más baja 59.2% PC MS, por su parte Sautier y Tremolier (37) registraron de 55.5 a 73.7% PC MS en una serie de muestras de tecuitlatl. El valor máxi--mo encontrado por Sosa Texcoco (40) fue de 71% PC MS, mientras que Vermo--rel et. al. (42) obtuvieron un máximo de 80.7% PC MS. Al analizar alga --procedente de Africa (s. platensis), Narasimha et. al. (29) determinaron -un 58.5% PC MS.

Durand-Chastell (15) hace notar que la proteína del tecuitlatl mues--tra un aminograma (proporciones de los diferentes aminoácidos) muy similar al de la yema de huevo, considerado el aminograma tipo por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), como -puede verse en el cuadro 2 existe una gran similitud del aminograma del tecuitlatl con el patrón de la FAO - OMS (16). Wachowics y Zagrodzki (45) -señalan a la metionina y a la cistina como principales AA limitantes, en -

C U A D R O 2

AMINOGRAMA DEL TECUITLATL.

Aminoácidos esenciales.	Durand-Chastell (13)*		Vermorel <u>et. al.</u> (42)**		Narasimha <u>et. al.</u> (29)**	Patrón FAO - OMS (16).
	Mínimo (%)	Máximo (%)	Mínimo g/16gN	Máximo g/16gN	g/16gN	g/16gN
Fenilalanina	2.77	3.95	3.90	4.30	3.63	6.08
Isoleucina	3.69	4.13	5.45	5.96	4.93	4.00
Leucina	5.56	5.80	7.90	8.40	7.95	7.04
Lisina	2.96	4.00	3.95	4.95	4.34	5.44
Metionina	1.59	2.17	1.85	2.05	1.99	-
Met.-Cistina	2.15	2.84	2.60	3.05	2.78	3.52
Treonina	3.18	4.17	4.30	4.65	4.02	4.00
Triptofano	0.82	1.13	1.25	1.30	0.88	0.96
Valina	4.20	6.00	5.90	6.00	5.70	4.96

Continua.

CONTINUA CUADRO 2

Aminoácidos	Durand-Chastell (13)*		Vermorel <u>et. al.</u> (42)**		Narasimha <u>et. al.</u>	Patrón
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	(29)**	FAO - OMS (16).
No esenciales.	(%)	(%)	(%)	(%)	g/16gN	
Alanina	4.97	5.82	6.25	6.70	6.91	-
Arginina	4.46	5.98	6.90	7.60	6.24	-
Ac. Aspártico	5.97	6.43	9.35	10.40	8.97	-
Cistina	0.56	0.67	0.75	1.00	0.78	-
Glisina	3.17	3.46	4.50	4.80	4.63	-
Ac. Glutámico	8.29	8.94	14.85	16.10	15.10	-
Histidina	0.89	1.08	1.50	1.70	1.11	-
Prolina	2.68	2.97	3.05	3.25	-	-
Serina	3.18	4.00	4.30	4.55	3.65	-
Tirosina	-	-	3.85	4.20	3.46	-

* corresponde a spirulina máxima.

** corresponde a spirulina platensis.

tanto que Decken (11) solo menciona a la metionina como AA limitante.

La proporción de AA esenciales en esta alga al compararse con la de otras fuentes de PU resulta superior, tal como puede verse en el cuadro 3, donde se anota, con el propósito de contrastarlo, el aminograma tipo FAO - OMS (16).

Varios autores se han ocupado de la calidad nutritiva de la PU, como la obtenida del tecuitlatl; empleando las tres técnicas de evaluación en vivo consideradas más indicativas en la actualidad, a saber proteína digestible (PD), razón de eficiencia proteica (REP) y valor biológico (VB). En estudios con animales también se ha cuantificado la conversión alimenticia.

Al referirse al tecuitlatl, Litchfield (26) indica de 84 a 86% PD, con una REP entre 2.19 y 2.09 y VB de 72. Mientras que Durand-Chastell (13) encontró 83 - 84% PD y 2.20 a 2.60 de REP al evaluar muestras de spirulina máxima.

Litchfield (26) recalca que la adición de metionina o su análogo -hidroximetionina- permite obtener una REP y un VB similar al de las proteínas animales, sobre este punto, las investigaciones de Decken (11) indican que la adición de metionina al tecuitlatl desecado eleva en forma sustancial su calidad proteica, llegando incluso a alcanzar el estandar de referencia de la combinación de caseína y metionina.

Narasimha et. al. (29) luego de analizar el aminograma, hacen notar que el contenido de lisina y triptofano permiten al tecuitlatl complementar la deficiencia de estos AA en la proteína obtenida de los cereales, -- por lo que podría ser un buen suplemento al ingerir una dieta rica en granos. Sin embargo Adrian (2) encontró que el contenido de lisina se afecta al someter el alga a tratamiento térmico, señalando que el proceso en auto

C U A D R O 3

CONTENIDO DE AMINOACIDOS ESENCIALES EN ALGUNAS FUENTES DE PROTEINA UNICELULAR.

Fuente de P.U.	Substrato	Val	Leu	Ile	Phe	Met + Cys	Tryp	Thr	Lys
FAO - OMS*	-	50	70	40	61	35	10	40	54
S. platensis*	-	57	80	49	36	28	9	40	43
S. máxima*	-	65	80	60	50	18	14	46	46
Chlorella									
pyrenoidosa*	-	27	12	17	21	6	4	19	24
Scenedesmus									
actus*	-	70	66	42	36	21	12	58	50
Ulothrix sp*	-	26	14	6	34	-	-	18	15
Uronema									
gigas*	-	68	105	40	47	-	-	40	65
Alga									
Chlorella									
sorokiniana	CO ₂	51	40	34	27	18**	14	32	78
Actinobacter	n-alkanes	54	65	43	36	29	28	41	52
Methylophilus	metanol	52	68	43	34	30	09	46	59
Candida	n-alkanes	54	70	45	44	29	14	49	70
lipolytica									
(toprina)									

CONTINUA CUADRO 3

Fuente de P.U.	Substrato	Val	Leu	Ile	Phe	Met + Cys	Tryp	Thr	Lys
<i>Candida lipolytica</i>	gas y aceite	58	78	53	48	27	13	54	78
<i>Candida utilis</i>	sulfito	38	76	38	86	11**	24	54	48
<i>Kluyveromyces (saccharomyces)</i>	suero de leche	54	61	40	28	19**	14	58	69
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	melaza	55	79	55	45	41	12	48	82
<i>Aspergillus niger</i>	extracto de frijol de algarroba	52	57	42	38	37	21	50	59
<i>Fusarium</i>	almidón	66	60	40	40	30	-	46	69
<i>Gliocadium</i>	residuos de almidón	47	62	38	30	23	14	43	53
<i>Trichoderma viride</i>	paja de cebada	44	58	35	87	29	-	49	44

* De acuerdo con Narasimha (29). El resto de los datos se tomaron de Litchfield (26).

** Incluye solo el contenido de Metionina, no el de Cystina.

clave disminuye en menor proporción el contenido de lisina al compararlo - con el tratamiento térmico seco. Concluyendo que la lisina es menos termo estable en el tecuitlatl que en las levaduras.

Durand-Chastell (13) discute en detalle la comparación entre la proteína vegetal y la de los animales, señalando que la principal diferencia entre ambas, suponiendo aminogramas similares, radica en los productos asociados a una y otra. La proteína animal se obtiene en forma relativamente pura, siendo de fácil digestión y metabolización, por el contrario, la mayoría de las plantas sintetizan proteína asociada con celulosa o con productos tóxicos -como los taninos-, lo que la hace poco digestible; por lo que es necesario resaltar que estas objeciones no son aplicables en el caso del tecuitlatl, pues las paredes celulares se componen de mucoproteínas y no posee productos tóxicos.

Sobre este punto es importante señalar que Gacek et. al. (18) al administrar a varios grupos de patos, raciones basadas en suspensiones de células vivas de 13 algas diferentes registraron digestión en solo 6 de ellas, encontrando la mejor digestibilidad en el tecuitlatl. Sin duda, la composición de la pared celular es decisiva en este resultado.

Aquí queda clara una ventaja del tecuitlatl sobre otras algas: debido a la constitución de su pared celular, no requiere de los procesos drásticos de secado que se emplean en otras algas con objeto de romper la pared celular y que, como Decken (11) señala deterioran la calidad de la proteína contenida en el microorganismo.

3.- Lípidos.

En cuanto a grasas se refiere, el tecuitlatl posee una cantidad mode-

rada, predominando los ácidos grasos esenciales y entre estos el ácido gama linoleico. Hudson y Karis (23) refieren que encontraron 10% de grasas insaturadas y solo 1% de componentes saturados.

Sosa Texcoco (40) indica que el contenido de ácido gama linoleico, -- esencial en la alimentación de los peces, confiere un valor especial a esta alga como nutriente en la piscicultura.

4.- Carbohidratos.

Quillet (33) al realizar un estudio sobre los carbohidratos del tecultlatl, encontró que posee un 15% MS de estos. Siendo la ramosa el que se encuentra en mayor cantidad (10%).

5.- Pigmentos.

La adición de pigmentos a la ración de las aves es una necesidad para la avicultura en los países donde el consumidor exige una coloración amarilla o naranja en el huevo y en la carne de ave. El color requerido varía de una región a otra, como puede verse en el cuadro 4.

Añadir colorante a la ración de las aves afecta la economía del avi--cultor, pero la aceptación del producto logrado obliga a usarlos, Buenrostro (9), considera que los pigmentos representan un 15% del costo en el --alimento avícola en México por lo que es importante encontrar alimentos --que provean el color en forma económica e inocua.

Los resultados obtenidos por Buenrostro (9), en concordancia con los de otros autores indican que el uso de pigmentos artificiales es inconve--niente por su alto precio, por la dificultad para lograr el resultado de--seado y por su posible toxicidad.

C U A D R O 4

COLORACION REQUERIDA EN EL HUEVO DE PLATO.

Pais	Color óptimo (yema)	Rango aceptable.
Argentina	8	7 - 12
Brasil	11	8 - 15
Chile	11	10 - 12
Irlanda	9	7 - 10
México	11	9 - 12
Perú	9	7 - 12
España	13	11 - 13
E.U.A.	9	7 - 10
Venezuela	8	7 - 11

Tomado de Buenrostro (9).

Lo anterior permite valorar el alto contenido de carotenoides en el tecuitlatl -de 2.9 a 4.3 g/kg, Durand-Chastell (13)- de los cuales casi la mitad está formada por beta caroteno y la mayor parte del resto son xantofilas de gran capacidad colorante.

Estudios realizados por Peraza et. al. (31) y por Silverio (38) han puesto en evidencia la capacidad colorante del tecuitlatl. Montalvo (28) concluye que la pigmentación lograda es similar a la obtenida con la harina de flor de zempazuchil y superior a la de los productos artificiales.

Además, de acuerdo con los resultados de Blum et. al. (7), el añadir 15% de tecuitlatl a la ración para gallinas provoca un aumento en el número de huevos obtenidos durante el ciclo de postura, aunque estos huevos -- tienden a ser un poco más ligeros.

6.- Toxicidad.

Durand-Chastell (13) hace referencia a una serie de experimentos, patrocinados por el gobierno mexicano, a través de los cuales se ha realizado un estudio exhaustivo de la posible toxicidad del tecuitlatl, llegando a la conclusión que su uso es inofensivo.

Sin embargo, Becker (6) resalta la dependencia entre la toxicidad del alga y la calidad tanto del medio de cultivo, como de las condiciones de crecimiento; coincidiendo con Aaronson et. al. (1) al enfatizar la importancia de constatar la inocuidad del producto específico antes de emplearlo como alimento para el hombre.

Boudene et. al. (8) analizaron el contenido de minerales tóxicos en el alga y realizaron pruebas biológicas en ratas durante 30 semanas. No encontraron diferencia significativa al evaluar las canales con respecto -

al grupo testigo en cuanto a los tóxicos analizados, sin embargo el contenido de arsénico fue más alto en la carne de las ratas alimentadas con tecuitlatl.

Delpeuch et. al. (12) señalan que los kanembus consumen de 9 a 13 g.- al día de alga en forma constante, sin tener por ello ningún problema; a su vez Sautier y Fremoliere (37) alimentaron a un grupo de personas desnutridas con el tecuitlatl sin detectar efectos indeseables. En cuanto a su uso en animales, Fevrier y Seve (15) la utilizaron durante varios años en una ración para cerdos, encontrando que no causa problemas, sin embargo -- consideran que no debe usarse para proporcionar más del 25% de la proteína en la dieta. Barragán (5) señala la inocuidad de este producto para los borregos.

Uno de los principales problemas que se ha encontrado al utilizar PU, es el alto contenido de ácidos nucleicos -que pueden causar cálculos renales o gota-; sobre éste punto Clement (10), Wachowicz y Zagrodzki (45) y Durand-Chastell (15) coinciden al señalar que el contenido de ácidos nucleicos en el tecuitlatl -a lo más 4% MS- es mucho menor al de otros productos de PU (según Litchfield (26) algunas bacterias llegan al 16% MS y en las levaduras se ha determinado hasta 11% MS), por lo que no limita el uso del tecuitlatl para alimentación.

Litchfield (26) informa que el 3% de ácidos nucleicos es un nivel adecuado, mencionando los diferentes procesos químicos y enzimáticos que se han desarrollado para disminuir el porcentaje de ácidos nucleicos en aquella PU que los tiene en exceso, como algunas levaduras y bacterias.

Waslein et. al. (46) informan que la ingestión de un máximo de 2 g. - diarios de ácidos nucleicos es un excelente nivel de seguridad para adul--

tos sanos. Con lo que hasta 50 g. al día de tecuitlatl permitirían mantenerse dentro de este estricto límite, aportando de 30 a 40 g. de proteína.

V.- Producción del tecuitlatl.

A).- Cultivo comercial.

Las algas pueden desarrollarse como organismos autótrofos, empleando la fotosíntesis o en forma heterotrófica utilizando carbono orgánico y --- energía, en ausencia de luz. Litchfield (26) señala que la investigación sobre el cultivo de algas se ha enfocado al aprovechamiento de su capacidad fotosintética y de manera especial al crecimiento en aguas residuales.

Aunque algunos investigadores como Ogawa et. al. (30), han detectado que el crecimiento de las algas es mejor cuando se cultivan en condiciones heterotróficas con un aporte artificial de energía, son evidentes las ventajas económicas de realizar el cultivo a través de sistemas que utilizan la fotosíntesis y con ello la energía solar.

1.- Comparación de los medios de cultivo.

Por otro lado, Kosarik et. al. (24) se ocupan de comparar el rendimiento del tecuitlatl en un medio artificial en el uso de aguas residuales, encontrando mayor desarrollo en el medio sintético -2g/lit en 12 días- que en las aguas de desecho -0,77 g/lit en 9 días-. Sin embargo, aun con esta - diferencia el factor económico puede hacer más indicado el cultivo en agua residual.

Al comparar el cultivo en aguas residuales con el de medios sintéticos, Litchfield (26) señala que la preparación artificial requiere la inclusión de sales amoniacales o nitratos como fuente de nitrógeno, mientras de otro modo se dispone de fuentes adecuadas de nitrógeno junto con fósforo y otros minerales para el crecimiento del alga. Sin embargo, el mismo autor hace hincapie en el riesgo de contaminación con bacterias patógenas, -

sobre todo al usar el alga chlorella que excreta sustancias promotoras del crecimiento bacteriano.

2.- Ventajas de la producción comercial.

El rendimiento del tecuitlatl, en producción extensiva ha sido estimado en $15 \text{ g/m}^2/\text{día}$ por Durand-Chastell y Clement (14), Clement (10) refiere $12 \text{ g/m}^2/\text{día}$, este rendimiento es considerado suficiente para el cultivo a gran escala por Guerin-Dumartrait y Moyse (20), quienes han determinado, - en forma teórica, que el crecimiento puede alcanzar los $42 \text{ g/m}^2/\text{día}$. Las bases de este cálculo son que esta alga requiere 25 fotones de luz para -- asimilar 1 molécula de CO_2 -10% de eficiencia energética y que la actividad fotosintética alcanza los 0.015 mol/hr de CO_2 asimilado por mg. de tecuitlatl. Los resultados de Al'bitskaya et. al. (5) confirman la estrecha relación entre la cantidad de luz que incide en el medio de cultivo y el crecimiento del alga.

$12 \text{ g/m}^2/\text{día}$ de tecuitlatl desecado representan una cosecha de 43.8 -- ton/ha al año, considerando entre 60 y 80% PC MS, esto significa de 26.5 a 35 ton/ha al año de proteína de muy buena calidad; de tal modo, la productividad supera por amplio margen el rendimiento de otros cultivos: Salas - (55) consigna de 0.05 a 0.4 ton/ha PC MS en una cosecha para el cultivo de maíz empleando tecnología avanzada. Vincent (43) se ocupa de comparar la producción de proteína a partir de diversas fuentes, como se muestra en el cuadro 5.

Litchfield (26) luego de realizar una revisión completa de las fuentes de PU disponibles en la actividad, concluye que el tecuitlatl reúne el mayor número de características deseables, tanto económicas como biológi--

C U A D R O 5

COMPARACION DE LA PRODUCCION DE PROTEINA DEL TECUITLATL CON ALGUNAS FUENTES CONVENCIONALES.

Fuente de proteína.	Rendimiento (kg de proteína seca por ha al año).
tecuitlatl	24,300
trebol (hoja)	1,680
pastizales	670
cacahuate	470
chicharo	395
trigo	300
leche (ganado en pastoreo)	100
carne (ganado en pastoreo)	60

Tomado de Vincent (43).

cas. Sin embargo la limitación más importante en este cultivo es la alta alcalinidad necesaria en el medio de cultivo, lo que restringe su crecimiento natural a una reducida zona geográfica en América y en Africa Central.

B).- Cultivo experimental.

1.- Cultivo en condiciones rurales.

Durand-Chastell (13) refiere que la primera instalación para el cultivo experimental del tecuitlatl se construyó en 1973 en la India, en un proyecto promovido por Ripley D. Fox a través de una asociación francesa para el desarrollo de nuevos productos alimenticios. El principal objetivo de este proyecto en la India es el desarrollar pequeñas unidades para la algocultura rural, y así producir un complemento dietético en el punto mismo donde es más necesario. Narasimha et. al. (29) refieren que se han desarrollado unidades productivas de 200 a 500 lt en el Instituto de Investigaciones Agrícolas de la India, como continuación del proyecto mencionado.

2.- Cultivo en desechos orgánicos.

Soong (39) describe un sistema integral de producción ideado en Taiwan, que aprovecha el contenido de compuestos orgánicos en el estiércol de los cerdos, al provocar una digestión anaeróbica de las heces se consigue un medio rico en ácidos orgánicos y sales inorgánicas. Para la construcción de los fermentadores, los taiwaneses han desarrollado un plástico "rojo lodo", que se ha probado durante 5 años a la intemperie, con resultados satisfactorios.

La fermentación anaeróbica se realiza en dos fases, durante la primera se forman ácidos orgánicos ($2\text{CH}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$), mientras que en la segunda se produce metano ($\text{CH}_3\text{COOH} \longrightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$) el líquido resultante de la fermentación incompleta posee una buena fuente de carbono orgánico para el tecuitlatl a partir de los ácidos mencionados. Durante este proyecto han encontrado que añadiendo sal común al fermento se evita la pérdida de NH_3 , además la adición de NaHCO_3 en pequeñas cantidades tiene un efecto importante sobre el crecimiento del tecuitlatl en el fermento descrito, superando incluso al desarrollo en los medios de cultivo sintéticos.

Mientras el metano producido se usa para generar electricidad, el alga se emplea en la alimentación de peces, camarones o bien de los mismos-cerdos.

En síntesis el flujo de producción para una empresa con el sistema descrito, según Soong (39), es el siguiente: una granja con 10,000 cerdos produce 41 m^3 de estiércol al día, al introducir este material a un fermentador anaeróbico de 4.230 m^3 -aquí es importante el plástico "rojo lodo"- se obtiene por un lado: $780 \text{ m}^3/\text{día}$ de gas y por otro 84 ton/día de materia fermentada. El gas puede generar $2,000 \text{ kWh/día}$ de electricidad, la cual a su vez se emplea para remover y airear el agua para algocultura y cría de peces.

Las heces fermentadas y el bióxido de carbono proveen nutrientes suficientes para 20 hectáreas de estanques con tecuitlatl, donde se cosechan 4 ton/día de alga, la que suministra alimento bastante para 120 hectáreas de embalses destinados a la piscicultura (tilapia aurea) con una producción diaria de 4 toneladas de pescado.

En conclusión, el tecuitlatl presenta un vasto campo para la investi

gación sobre el desarrollo de sistemas de cultivo del alga misma o como parte de sistemas integrales de producción agropecuaria similares al -- descrito.

VI.- Usos del tecuitlatl.

Considerando la revisión hecha hasta este punto, resulta claro que el uso principal del tecuitlatl es en la alimentación, tanto del hombre como de los animales domésticos. Sin embargo, como se describe más adelante, - también es un producto de singular importancia en otras áreas.

A).- Uso como alimento proteico.

Sin duda que las características encontradas en el tecuitlatl lo hacen un elemento de aporte proteico a la ración en que se emplea. Tal como se describe en el capítulo IV el porcentaje de proteína varía de 55 a 80%, lo cual, en forma directa, lo hace ser un concentrado proteico.

1.- Uso en la alimentación humana.

Es claro que uno de los problemas más graves para la humanidad, a mediano y largo plazo, será el desbalance entre la producción de alimentos y la demanda de estos. Aunque en la actualidad ya se tiene este tipo de problemas, lo más alarmante es su tendencia a incrementarse.

Entre los componentes de los alimentos para el hombre el que presenta mayores dificultades para su producción, es la proteína, por esto es tan importante desarrollar productos que aporten proteína de buena calidad a la alimentación humana.

Tal como se ha mencionado, una de las principales características del tecuitlatl es su alto contenido de proteína.

Durand-Chastell (13) resalta la excelente calidad de esta proteína, - ya que la proporción de los distintos AA es muy similar al patrón propuesto por la FAO - OMS (16) como proporciones ideales para el consumo humano.

Litchfield (26) indica que la adición de metionina al tecuitlatl permite lograr una proteína de calidad comparable a la proteína animal, Decker (11) coincide en este punto con el investigador citado.

Algunos investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México-Gaceta, UNAM (19)- resaltan la importancia de este nutriente, al indicar que los habitantes del Valle de México sobrevivieron a la época de hambre de 1448 a 1451 gracias a la disponibilidad del tecuitlatl.

Se han realizado muchos estudios destinados a poner de manifiesto la posible toxicidad de esta alga, la mayoría han resultado satisfactorios, sin embargo los datos más confiables al respecto surgen de los grupos humanos que lo han consumido durante generaciones sin presentar intoxicación, tanto los aztecas, como incluso en la actualidad, los kanembus, quienes según Delpeuch (12) consumen hasta 15 g de tecuitlatl.

A saber, el único riesgo potencial del tecuitlatl es su contenido de ácidos nucleicos. Si bien en este punto tiene mucha ventaja sobre otras fuentes de PU, no debe olvidarse que puede llegar a causar problemas. Aun así Waslein (46) informa que un adulto puede consumir hasta 2 g. al día de ácidos nucleicos, como un estricto margen de seguridad.

Considerando el contenido de estos ácidos en el tecuitlatl (4%) se puede consumir hasta 50 g. al día sin riesgo alguno, logrando un aporte de 30 a 40 g. de proteína.

Es importante recordar que la toxicidad del alga cultivada y la calidad del medio de cultivo se hacen en estrecha relación, como lo concluye Becker (6).

2.- Uso en la nutrición de animales.

La necesidad que tienen los animales monogástricos de consumir alimentos con un alto nivel de proteína, ha dado lugar a la necesidad de idear nuevos métodos para obtener raciones que cumplan con estos requerimientos y a la vez sean baratas e inocuas para los animales.

Aunque su composición hace al tecuitlatl más indicado para la alimentación de monogástricos los estudios sobre su uso en rumiantes han resultado satisfactorios.

Barragán (5) concluye que puede usarse como única fuente de proteína en la alimentación de borregos. A su vez, Priestley (32) confirma el potencial del alga como fuente proteica para los rumiantes; incluso compara la eficiencia productiva del pastoreo con la de varias algas, como puede verse en el cuadro 6 el rendimiento esperado de los animales alimentados con tecuitlatl supera a los otros.

La utilización del tecuitlatl en la producción de cerdos ofrece un amplio potencial. Fevrier y Seve (15) lo usaron en la alimentación de cerdos durante varios años sin encontrar efectos indeseables. Sin embargo, estos autores señalan que no debe usarse para administrar más del 25% de la proteína total de la ración.

Aaronson et. al. (1) destacan al papel que pueden desempeñar las algas en el tratamiento de aguas residuales, proporcionando un producto de buena calidad nutritiva como resultado del proceso; con lo cual queda clara la importancia de esquemas integrales de uso de las microalgas en producción animal, por ejemplo el sistema descrito por Soong (39) que se menciona en el capítulo de producción. La obtención de alimentos para los monogástricos en sistemas de este tipo ofrece un innegable atractivo desde

C U A D R O 6

RENDIMIENTO DE CARNE ESPERADO EN BOVINOS CON DISTINTAS RACIONES*

Fuente de protefna.	kg de protefna de carne de res por ha al año.
Tecuitlatl	2,430
Algas filamentosas	2,000
Chlorella	1,570
Ulothrix	166
Pastos	67

* Considerando una conversión de 10:1.

Modificado de Priestley (32).

el punto de vista económico.

Además de la proteína, la avicultura puede obtener del tecuitlatl la pigmentación necesaria de la yema del huevo para plato y de la carne de pollo. La coloración amarilla en estos productos se requiere en algunos países para lograr su aceptación por parte del consumidor, tal como se muestra en el cuadro 5.

Un buen número de autores, entre los que se cuentan Buenrostro (9),^{*} Montalvo (28), Peraza et. al. (31) y Silverio (38) se han ocupado de la capacidad del tecuitlatl para pigmentar los productos avícolas, sus resultados muestran el potencial colorante del alga. Al compararlo con los pigmentos artificiales y con la flor de zempazuchil, los autores concluyen en favor del tecuitlatl.

Además de acuerdo con los resultados de Blum et. al. (7), administrar una ración con 15% de tecuitlatl a las gallinas de postura, redundó en un aumento del número de huevos por ciclo de postura, aunque estos tienden a ser un poco más ligeros.

Los estudios destinados a validar el empleo del tecuitlatl en la acuicultura han dado resultados interesantes. Sandbank y Hepher (36) explican que la harina de pescado ha sido, hasta ahora insustituible en las dietas para peces. La harina de pescado tiene dos problemas importantes: ha subido de precio en forma notable y no puede producirse más que cierta cantidad límite; problemas que podrían afectar el crecimiento y desarrollo de la industria piscícola.

Como lo indican Hepher et. al. (21), Andrews y Page (4) y Viola (44), la mayoría de los intentos realizados para sustituir a la harina de pescado en las raciones para peces han provocado un efecto detrimental en la -

tasa de ganancia de peso de los animales.

Sin embargo Sandbank y Hepher (36) encontraron un efecto favorable - en el rendimiento de la piscicultura al usar el tecuitlatl como fuente de protefina. El cuadro 7 sintetiza los resultados de estos investigadores, - quienes concluyen que el tecuitlatl ha sido la única fuente proteica de - origen vegetal que tiene las condiciones biológicas y económicas para sustituir a la harina de pescado.

Por otro lado, el ácido graso de la cadena omega-3 (ácido linoleico) contenido en el tecuitlatl y que es indispensable en el cultivo de peces, moluscos y crustáceos, lo hace un producto de gran aplicación en esta industria.

B).- Otros usos del tecuitlatl.

Aunque resulta claro que la forma de empleo del tecuitlatl reúne características biológicas y económicas más atractivas, algunos autores se han ocupado de investigar su potencial como base para la producción de algunas sustancias químicas.

Tel-or et. al. (41) encontraron que la gran solubilidad de la protefina del tecuitlatl en agua y la fragilidad de su pared celular permiten la concentración y purificación de varias enzimas de valor comercial, por -- ejemplo citocromos y ferredoxina, además de la obtención de protefina y -- pigmentos en forma aislada.

Otros autores describen diversos métodos para la utilización del tecuitlatl en la producción de químicos, ninguno de los cuales es de importancia económica significativa.

Incluso se ha propuesto el uso medicinal del tecuitlatl, Hill (22) -

C U A D R O 7

RENDIMIENTO DE DISTINTAS ESPECIES DE PECES ALIMENTADOS CON 3 TIPOS DE
PROTEINA.

Especie.	Fuente proteica.		
	Harina de pescado.	Harina de sosa.	Tecuitlatl desecado.
Carpa común	4877*	3073	5405
Tilapia aurea	886	861	1028
Carpa plateada	1013	928	1018
Carpa de cabeza grande	119	140	168
Total anual	6895	5002	7619

* Rendimiento expresado en kg/ha al año.

Modificado de Sandbank y Hopher (36).

reune un buen número de trabajos al respecto; sin embargo la mayoría de -
ellos carecen de una base sólida para las conclusiones que presentan, por
lo que surgen dudas en relación a la validez de los efectos descritos.

VII.- Comparación con otras fuentes de proteína unicelular:

El cuadro 8 muestra los valores obtenidos durante la evaluación en vivo de las principales fuentes de PU, en todos los casos el trabajo se realizó empleando el producto desecado. Es interesante observar que la REP y el VB se ven favorecidos al adicionar metionina en la ración.

Aunque se observan resultados más favorables para la calidad biológica de la proteína en algunas levaduras, deben recordarse las limitaciones en su uso debidas al contenido de compuestos tóxicos e indeseables.

El tecuitlatl puede compararse favorablemente con otras algas, de acuerdo con Durand-Chastell (13) la constitución de la pared celular -mucoproteínas- a diferencia de la de otras algas -celulosa- le permite ser usada en nutrición sin dificultades digestivas, Narasimha et. al. (29) encontraron un VB superior en el tecuitlatl al compararlo con las algas scene--desmus y chlorella.

Soong (39) hace notar que la morfología del tecuitlatl es una característica de singular importancia para los costos de producción: la aglutinación en forma multicelular y la tendencia a flotar permiten la cosecha directa; esto no sucede con otras algas, para las que resulta necesario centrifugar el medio de cultivo o utilizar algún otro método de colecta, lo cual incide en los costos causando un aumento importante en el precio del producto terminado.

De aquí que el cultivo de tecuitlatl pueda lograrse en condiciones -- más económicas que otras PU, empleando una tecnología más simple.

C U A D R O 8

CALIDAD NUTRITIVA DE ALGUNAS FUENTES DE PROTEINA UNICELULAR

Fuente de P.U.*	Animal experimental.	% en la ración.	% de metionina	% de P.D.	REP	VB	Conversión alimenticia.
Tecuitlatl	Rata	10	0	84	2.3-2.6	72	-
Algas							
Chlorella	Rata	10	-	86	2.19	-	-
sorokiniana	Rata	+0.2	10	86	2.90	-	-
Bacterias							
Acinetobacter	Rata	-	0	83.4	-	67	-
cerificans							
Methylophilus	Pollo de engorda	9.8	0	-	-	-	2.30
methylophilus	Cerdo	6.7	0	-	-	-	3.13
Levaduras							
Candida	Rata	-	0	96	-	61	-
lipolytica	Rata	+0.3	-	96	-	91	-
	Pollo de engorda	10	0	88	-	-	2.58
	Cerdo	7.5	0	92	-	-	3.04

CONTINUA CUADRO 8

Fuente de P.U.*	Animal experimental	% en la ración	% de metionina.	% de P.D.	REP	VB	Conversión alimenticia.
<i>C. lipolytica</i>	Rata	-	0	94	-	54	-
	Rata	-	+0.3	95	-	96	-
<i>Candida utilis</i>	Rata	-	0	85.88	0.9-1.4	32-48	-
	Rata	-	+0.5	90	2.0-2.3	88	-
<i>Kluyveromyces fragilis</i>	Rata	-	0	-	-	-	1.5
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Rata	-	0	80-90	1.7	58-69	-
Hongos							
<i>Aspergillus niger</i>	Pollo de engorda	20	0	-	2.50	-	2.02
<i>Fusarium graminearum</i>	Rata	10.5	0	-	1.89	-	-
<i>Fusarium moniliforme</i>	Puerco	40	0	-	-	-	1.76
<i>Fusarium moniliforme</i>	Rata	-	0	-	1.15	-	-
<i>Fusarium moniliforme</i>	Rata	-	6.3	-	2.38	-	-

CONTINUA CUADRO 8

Fuente de P.U.*	Animal experimental	% en la ración	% de metionina.	% de P.D.	REP	VB	Conversión alimenticia.
Gliocladium deliquescens	Rata	-	0	-	-	49	-
Trichoderma viride	Rata	-	0	-	-	48	-

* Todas las fuentes de proteína unicelular se evaluaron desecadas.

P.D. (%) porcentaje de proteína digestible.

REP razón de eficiencia proteica.

VB valor biológico.

Tomado de Litchfield (26).

VIII.- Literatura citada.

- 1.- Aaronson, S., Berner, T. and Dubinsky, Z.: Microalgae as a source of chemicals and natural products. In Shelef, G. and Soeder, C. J. (editors) *Algae Biomass*. North-Holland Biomedical Press, Elsevier. 575 - 601 (1980).
- 2.- Adrian, J.: Evolution de la lysine des algues spirulines soumises a des traitements thermiques varies. *Ann. Nutr. Alim.* 29: 605 - 615 (1975).
- 3.- Al'bitskaya, O. N., Zaitseva, G. N., Pakholsa, M. J.; Goronkova, O. I., Silakova, G. S. and Ermokina, T. M.: Physiological and biochemical peculiarities of a culture of spirulina platensis *mikrobiologiya* 43: 649 - 655 --- (1974).
- 4.- Andrews, S. W. and Page, J. W.: Growth factors in the fishmeal component of catfish diets. *J. Nutr.*, 104: 1091 - 1096 (1974).
- 5.- Barragán Meza, D.: Efecto y evaluación del alga espirulina (spirulina-geitleri) como fuente de proteína para rumiantes. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. U.N.A.M. México, (1975).
- 6.- Becker, E. W.: Comparative toxicological studies with algae in India, Thailand and Peru. In Shelef, G. and Soeder, C. J. (editors) *Algae Biomass*. North-Holland Biomedical Press. 767 - 786 (1980).
- 7.- Blum, J. C., Guillaumin, S. et Calet, C.: Valeur alimentaire des algues spirulines pour la poule pondense. *Ann. Nutr. Alim.* 29: 675 - 682 (1975).

- 8.- Boudene, C., Collas, E. et Jenkins, C.: Recherche et dosage de diverses toxiques minéraux dans les algues spirulines de différentes origines, et évaluation de la toxicité à long term chez le rat d'un lot d'algues spirulines de provenance mexicaine. Ann. Nutr. Alim. 29: 577 - 588 (1975).
- 9.- Buenrostro Pablos, J.: Efecto de la utilización de pigmentos en la alimentación de las aves. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. U.N.A.M. México, (1982).
- 10.- Clément, G.: Production et constituants caractéristiques des algues -- spirulina platensis et maxima. Ann. Nutr. Alim. 29: 477 - 488 (1975).
- 11.- Decken Von Der A.: Nutritional evaluation of the microalgae. In Shelef G. and Soeder C. J. (editors) Algae Biomass. North-Holland Biomedical Press. Elsevier 661 - 666 (1980).
- 12.- Delpuch, F., Joseph, A. et Cavalier, C.: Consommation alimentaire et apport nutritionnel des algues bleues (oscillatoria platensis) chez quelques populations du Kanem (tchad). Ann. Nutr. Alim. 29: 497 - 516 (1975).
- 13.- Durand-Chastell, H.: Production and use of spirulina in Mexico. In Shelef, G. and Soeder, C. J. (editors) Algae Biomass. North-Holland Biomedical Press. Elsevier (1980).
- 14.- Durand-Chastell, H. and Clement, G.: Spirulina food for tomorrow. Proc. IX Int. Congr. Nutr. C - 3 - 6 México D.F. (1972).

- 15.- Fevrier, C. et Seve, B.: Essais d'incorporation de spiruline (spirulina maxima) dans le aliments des porcins. Ann. Nutr. Alim. 29: 625 - 650 (1975).
- 16.- Food and Agriculture Organization and World Health Organization.: Energy and protein requirements (joint report FAO - WHO). Nutrition report series, 52. FAO, Rome. (1973).
- 17.- Furst, P. T.: Spirulina. A nutritious alga, once a staple of aztecs diets, could feed many of the world's hungry people. Hum. Nat. 3: 60 - 65 (1978).
- 18.- Gacek, K., Bednarz, T. and Nowak, M.: Effect of different species of algae in diets for ducks. Acta Agraria et Silv. Zoot. 14: 33 - 42 (1974).
- 19.- Gaceta UNAM.: Las algas comestibles del Valle de México, aprovechables a nivel industrial. Gaceta UNAM, séptima época, II (23), Ciudad Universitaria (1984).
- 20.- Guerin-Dumartrait, E. et Moyses, A.: Caracteristiques biologiques des spirulines. Ann. Nutr. Alim. 29: 489 - 496 (1975).
- 21.- Hopher, B., Chervinski, J. and Tagari, H.: Studies on carp nutrition. III.- Experiment on the effect on fish yield of dietary protein source and concentration. Bawidgeh. 23: 11 - 37 (1971).
- 22.- Hill, CH.: The secrets of spirulina. University of the trees press, Boulder Creek, Cal. (1980).

- 23.- Hudson, B. J. F. and Karis, I. G.: The lipids of the alga spirulina.
J. Sci. Food Agric. 25: 759 - 763 (1974).
- 24.- Kosarik, N., Nguyen, H. I. and Bergoughon, M. A.: Growth of spirulina maxima algae in efluentes from secondary waste treatment plants. Biotech--
nol. Bioeng. 16: 881 - 896 (1974).
- 25.- Leonard, J.: The 1964 - 65 Belgian Trans-Saharan expedition. Nature.
209: 126 - 146 (1966).
- 26.- Litchfield, J. H.: Production of single-cell protein for use in food or
feed. In: Microbial Technology Vol 1, 2^o ed. Academic press inc, (1978).
- 27.- Miller, S. A.: Nutritional factors in single-cell protein, in : Mate-
les, R. I. and Tannemaum (editors). Single-cell protein. M. I. T. Press.
Cambrige M. A. (1968).
- 28.- Montalvo Velarde, I.: Evaluación química y biológica de los pigmentos
de la spirulina. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química U.N.A.M. Méxi-
co (1974).
- 29.- Narasimha, N. C. R., Venkataraman, G. S., Duggal, S. K. and Eggum, B.O.
Nutritional quality of the blue-green alga spirulina platensis geitler.
J. Sci. Food Agric. 33: 456 - 460 (1982).
- 30.- Owaga, T., Kozasa, H. and Terui, G.: Studies on the growth of spiruli-

na platensis II. Growth kinetics of an autotrophic culture. J. Ferment. Tech. 50: 143 - 149 (1972).

31.- Peraza, C., Bouchain, M. y Zaragoza, L.: Evaluación del valor nutritivo de la harina de alga espirulina para el pollo de angorda. Primer congreso nacional ANECA (memorias). Guadalajara, Jal. México (1976).

32.- Priestley, G.: Algal Proteins. In: Berch, G. G., Parker, K. J. and Morgan, W. T. (editors) food from waste. Applied Science publishers, London (1976).

33.- Quillet, M.: Recherches sur les substances glucidiques elaborées par les spirulines. Ann. Nutr. Alim. 29: 553 - 561 (1975).

34.- Sahagun, Fray Bernardino de: The florentine codex, general history of the things of New Spain. University of Utah Press, Utah, (1963).

35.- Salas Lisci, R. C.: Situación actual del alga spirulina en la alimentación. Tesis de Licenciatura. Esc. de Química, Univ. La Salle México (1981).

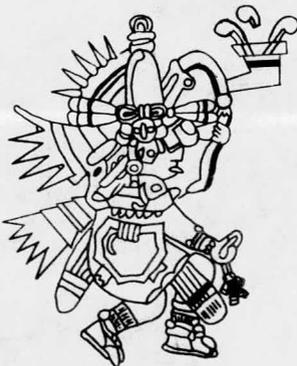
36.- Sandbank E.: Environmental Engineering Research Center, Technion-Israel Institute of Technology Haifa (Israel) and Hopher, B. Fish y acuaculture Research Station, Dor (Israel). Microalgae grown in wastewater as an ingredient in the diet of warmwater fish. In Shelef, G. and Soeder, C. J. (editors) Algae Biomass. North-Holland Biomedical Press Elsevier. 697 - 705 (1980).

- 37.- Sautier, C. et Tremolier, J.: Valeur alimentaire des algues spiruli-
nes chez l'homme. Ann. Nutr. Alim. 29: 517 - 554 (1975).
- 38.- Silverio, V. F.: Evaluación de la alga espirulina como fuente de pig-
mentos en dietas para pollos de engorda. Tesis de Licenciatura. Universi-
dad Autónoma de Chapingo. México (1976).
- 39.- Soong, P.: Production and development of chorella and spirulina in
Taiwan. In: Shelef, G. and Soeder, C. J. (editors). Algae Biomass. North-
Holland Biomedical Press, Elsevier. (1980).
- 40.- Sosa Texcoco, S. A. (Dirección comercial): Alga spirulina. Un produc-
to natural. Sosa Texcoco edición 4.8, México, (1978).
- 41.- Tel-or, E., Boussiba, S. and Richmond, A. E.: Products and chemicals
from spirulina platensis. In: Shelef, G. and Soeder, C. J. (editors) Algae
Biomass. North-Holland Biomedical Press. Elsevier. 611 - 618 (1980).
- 42.-Vermorel, M., Toullec, G., Dumond, D., Pion, R.: Valeur protéique et
énergétique des algues bleues spirulines supplémentés en acides aminés; uti-
lisation digestive et métabolique par le rat en croissance. Ann. Nutr.
Alim. 29: 553 - 561 (1975).
- 43.- Vincent, W. A. : Algae and Lithotrophic Bacterias as food sources,
symp. sol. Gen. Microbiol. 21: 47 - 76 (1971).

- 44.- Viola, S.: Experiments on nutrition of carp Growing in cages, 2: partial substitution of fishmeal. Bawidgeh, 28: 40 - 48 (1975).
- 45.- Wachowics, M. and Zagrodzki, S.: Evaluation of protein contained in spirulina platensis algae based on the content of nucleic acid and amino-acid composition. Acta Alimentaria Polonica 2 : 33 - 41 (1976).
- 46.- Waslein, C. I., Calloway, D. H. and Morgen, S.: Uric acid production of men graded amounts of egg protein and yeast nucleic acids. Am. J. Clin. Nutr. 21: 892 - 897 (1968).

QUETZALCOATL

Quetzalcóatl, fue quizás el más complejo y fascinante de todos los Dioses mesoamericanos. Su concepto primordial, sin duda muy antiguo en el área, parece haber sido el de un monstruo serpiente celeste con funciones dominantes de fertilidad y creatividad. A este núcleo se agregaron gradualmente otros aspectos: la leyenda lo había mezclado con la vida y los hechos -- del gran Rey sacerdote Topiltzin, cuyo título sacerdotal era el propio nombre del Dios del que fue especial devoto. En el momento de la conquista, Quetzalcóatl, considerado como Dios único desempeñaba varias funciones: Creador, Dios del viento, Dios del planeta Venus, héroe cultural, arquetipo del sacerdocio, patrón del calendario y de las actividades intelectuales en general, etc. Un análisis adicional es necesario para poder desentrañar los hilos aparentemente independientes que entran al tejido de su complicada personalidad.



IMPRESO EN LOS TALLERES DE:
EDITORIAL QUETZALCOATL, S. A.
MEDICINA No. 37 LOCALES 1 Y 2 (ENTRADA POR PASEO DE LAS
FACULTADES) FRENTE A LA FACULTAD DE MEDICINA DE C. U.
MEXICO 20, D. F. TELEFONOS 658-71-66 Y 658-70-88

