



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA
FACULTAD DE CIENCIAS
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR
ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

TRABAJO FINAL DE INVESTIGACIÓN (TESIS) QUE PRESENTA

SALOMÓN SHAMOSH HALABE

PARA OPTAR POR EL GRADO DE

MAESTRO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

ASESOR: DRA. MARÍA DEL CARMEN SÁNCHEZ MORA

SINODALES:

MTRA. ANA MARÍA SÁNCHEZ MORA

DRA. LUISA FERNANDA RICO MANSARD

DRA. ADRIANA MURGÍA LORES

DR. JOSÉ LUIS VERA CORTÉS

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO DF, JULIO, 2009

DEDICATORIA

Ante todo a Susana, mi compañera de vida y fuente eterna de inspiración, y a mis hijos Raquel y Joseph por su amor incondicional y por darle sentido a mi vida.

A mis padres y hermanos por ser parte integral de mi formación.

Al Dr. Serge Raynaud de la Ferrière y al Dr. David Juan Ferriz Olivares por iniciarme en los conocimientos de la Filosofía de la Ciencia y por darle trascendencia y sentido a todo aquello que realizo.

En especial, a mis Queridos Maestros la C.P. María Nilda Cerf Arbulú y el Lic. José Miguel Esbarronda Andrade por su sabia orientación en todo momento.

*“La vida
no tiene rivera
el hombre
no tiene puerto
ella se desliza
y nosotros pasamos”.*

Dr. Serge Raynaud de la Ferrière¹, 1948

¹ Pintor y filósofo francés del siglo XX

AGRADECIMIENTOS

A todos mis profesores de la licenciatura, quienes sembraron en mí la vocación y la dedicación por el estudio y la investigación.

A cada uno de mis profesores de la maestría en Filosofía de la Ciencia: Concepción Ruiz, Ekai Txapartegi, Sandra Ramírez, León Olive, Adriana Murguía, José Luis Vera, Ana María Sánchez, Julia Tagüña, Carlos López, Miruna Achim, Gabriela Guzzy y Elaine Reynoso por formar mi pensamiento en torno a la Filosofía y a la Comunicación de la Ciencia.

A mi tutor: María del Carmen Sánchez Mora por su orientación atinada y su sutilidad para conducir mis aspiraciones, y en especial por su apertura y motivación ante el tema del presente trabajo.

A cada uno de mis sinodales: Ana María Sánchez, Luisa Rico, Adriana Murguía y José Luis Vera, quienes hicieron observaciones y comentarios pertinentes para enriquecer y hacer mejor el presente trabajo.

A la coordinación del posgrado por su valioso apoyo en cada trámite y en cada paso administrativo para completar mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología (CONACyT) por su apoyo con la beca a estudiantes inscritos en los programas del Padrón Nacional de Posgrados de agosto 2007 a julio 2009 (becario con registro número 230996/211175), gracias a la cual logré invertir el tiempo necesario para concretar mis estudios y el presente trabajo de investigación (tesis).

A la Universidad Nacional Autónoma de México por mantener abiertas sus puertas para el conocimiento y la investigación.

Por último y de manera especial, a todos y cada uno de mis compañeros de la maestría (generación 2007-2009) por formar parte del camino que comienza al finalizar esta etapa.

“Nuestros hábitos dietéticos, entre los que ocupan un lugar destacado el consumo de carne animal, ejercen una gran repercusión sobre nuestra salud, tanto física como mental, y también sobre el destino de los recursos alimentarios del planeta, la economía, la paz social y el deterioro ecológico” (Vinyes, 2005, p. 13).²

² Frederic Vinyes, médico español.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	2
Agradecimientos	3
Introducción	8
Uso tradicional y taxonomía de <i>Arthrospira maxima</i>	12
CAPÍTULO I	
LA ESPIRULINA EN LA HISTORIA DE MÉXICO	
1.1 El tecuitlatl, un alimento ancestral mexicano	15
1.2 El México prehispánico: uso médico, ceremonial y cotidiano	18
1.3 El tecuitlatl después de la conquista	20
1.4 El tecuitlatl en la época colonial	21
1.5 Del tecuitlatl a la espirulina, su redescubrimiento y su uso en la actualidad	24
CAPÍTULO II	
PROPIEDADES NUTRIMENTALES DE LA ESPIRULINA	
2.1 Espirulina, el alimento más antiguo del futuro	28
2.2 Composición nutrimental de la espirulina	29
2.3 Calidad y cantidad de sus nutrimentos	31
2.4 Comparativos con la leche materna	32
2.5 Potencial de la espirulina como un alimento altamente nutritivo	34
CAPÍTULO III	
LA ESPIRULINA EN LA SALUD	
3.1 Propiedades terapéuticas de la espirulina	37
3.1.1 Provenientes de los testimonios de los usos y costumbres	37
3.1.2 Provenientes de estudios biomédicos realizados en los últimos años	40

CAPÍTULO IV

MEDIO AMBIENTE Y ESPIRULINA

4.1 La importancia de la alimentación ecológica ante la situación climática y demográfica que vive nuestro planeta	43
4.2 Características ecológicas de la espirulina	45
4.3 La espirulina en la responsabilidad con el medio ambiente	47

CAPÍTULO V

EL PROCESO DE COMUNICACIÓN DE LA ESPIRULINA

5.1 Algunas causas del desconocimiento de este alimento tan promisorio para la humanidad	50
5.2 Detalles de la situación actual y el mercado de espirulina	51
5.3 La promoción de sus beneficios en la actualidad	54
5.4 Puntos a considerar sobre una estrategia de comunicación para la espirulina	55
5.4.1 Color, aroma y sabor de la espirulina	55
5.4.2 Formas y maneras de consumo	56
5.5 Propuesta de campaña de comunicación con fines educativos para dar a conocer a la espirulina en la sociedad mexicana	57
Conclusiones	65
Bibliografía	67

Anexos

Anexo I: Mapas de la zona del lago de Texcoco	73
Anexo II: Composición bioquímica de la espirulina	75
Anexo III: Costos ocultos de los alimentos	77
Anexo IV: Recetario	78
Anexo V: Guiones de radio	81

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas:

Tabla 1. Características de <i>A. maxima</i>	14
Tabla 2. Composición bioquímica de <i>A. maxima</i>	29
Tabla 3. Distribución de nutrimentos de <i>A. maxima</i>	30
Tabla 4. Comparativos de la espirulina con otros alimentos	32
Tabla 5. Comparativo nutrimental de la espirulina con la leche materna	33
Tabla 6. Propiedades terapéuticas de la espirulina	42
Tabla 7. Área de tierra necesaria para producir un kilogramo de proteína	46
Tabla 8. Agua necesaria para producir un kilogramo de proteína	46
Tabla 9. Comparativos del rendimiento de cultivos tradicionales con el de espirulina	47

Figuras:

Fig. 1. <i>A. maxima</i> 10x	14
Fig. 2. <i>A. maxima</i> 40x	14
Fig. 3. La cosecha del tecuitlatl	20
Fig. 4. La recolección del tecuitlatl en el siglo XVI	21

“Las respuestas de los nutricionistas no siempre fueron escuchadas, sin embargo, para los intereses económicos e industriales simultáneamente, los ciudadanos son influenciados a consumir alimentos producidos masivamente pero con un menor aporte nutrimental” (Hessenbruch, 2000, p. 81).⁶

INTRODUCCIÓN

La historia de la nutrición es un tema de gran trascendencia que se ha difundido a lo largo del tiempo, principalmente a través de la mirada de la historia de la alimentación; en su producción y su distribución; en la historia de las dietas y los hábitos alimenticios; en la historia de las investigaciones de laboratorio; en la fisiología y en los descubrimientos de nutrimentos; así como en la historia de la sociedad, del clima y de la fertilidad de los suelos y la consecuente obtención de alimentos naturales (Kamminga, Cunningham 1995).

Son muy pocos los trabajos dirigidos hacia dentro de la historia de la nutrición, que vinculan el dominio científico con el social. Menos comunes aún son los trabajos que relacionan la influencia de la alimentación en el pensamiento y en la cultura de los seres humanos, así como en el medio ambiente.

La nutrición, considerada como ciencia en el área de la salud, tiene que ser entendida desde la perspectiva de otras disciplinas como son la filosofía, la historia, la sociología, la antropología y las ciencias de la comunicación, si se busca que sus conocimientos y aplicaciones estén al servicio de la humanidad. Además el investigador serio estará siempre obligado en sus búsquedas a completar su saber con la aplicación del mismo (Raynaud, 1971), ya que la ciencia, desde la perspectiva multidimensional, debe contemplarse como una parte esencial de la persona (Fernández-Rañada, 2003). Esto lleva a reflexionar sobre el siguiente planteamiento: ¿Existe relación entre los alimentos que elegimos consumir y la manera de entender la ciencia? Actualmente está disponible información científica acerca de las propiedades nutrimentales y terapéuticas de los alimentos naturales y al mismo tiempo predomina la información científica referente a los daños en la salud producidos por los alimentos procesados y con alto aporte calórico.

⁶ Hessenbruch Arne, investigador norteamericano en el área de Historia de la Ciencia.

Paradójicamente, cada vez consumimos menos alimentos naturales y la mayoría de los ciudadanos no estamos dispuestos a dejar los llamados alimentos *chatarra*⁷. En la nutrición, especialmente, se abusa del carácter científico de los avances en la tecnología de los alimentos, que se utilizan más que nada para disfrazar a los alimentos con todo tipo de sustancias nocivas que, al final, parece que sólo sirven para aumentar las ventas de los productos y enfermar lenta y silenciosamente a las personas. Pocos son los seres humanos que se alimentan para nutrirse y para vivir sanos. ¿Cómo es que conocemos y hacemos parte de nuestra vida los alimentos que consumimos? La gran mayoría elige sus alimentos por el placer que estos generan y por la desmedida influencia de la publicidad masiva de alimentos, que se ha convertido en la dueña de nuestras decisiones acerca de lo que debemos comer. ¿Cómo influye la comunicación de la ciencia en las decisiones acerca de qué alimentos debemos elegir?

En este trabajo de comunicación de la ciencia se presenta un estudio desde diferentes ángulos de un alimento ancestral mexicano, digno de ser analizado por sus cualidades: la espirulina. El objetivo es proponer estrategias de comunicación para dar a conocer alimentos naturales como éste y así contribuir a la valiosa tarea de poner a las ciencias de la nutrición al servicio de la humanidad. Se eligió este alimento por sus cualidades nutrimentales, terapéuticas y ecológicas, y por su inmensa y versátil proyección hacia el futuro de la vida en la Tierra. Recientemente el uso de microalgas (como la espirulina), para la alimentación humana, ha sido tema de investigación como una posible fuente de alimentos altamente nutritivos, compactos, concentrados, ligeros y de bajo costo; su producción que sólo requiere luz solar, agua, dióxido de carbono y sales inorgánicas (Nature, 1968) presenta un ahorro considerable en mano de obra y extensión de tierra necesitada para el cultivo (Farrar, 1966). En diversos países la investigación que se lleva a cabo al respecto es cada vez mayor, y sus frutos podrán ser de gran ayuda para atender y aliviar los problemas de desnutrición y malnutrición que enfrenta actualmente la humanidad (Ciferri, 1983). El valor nutrimental de las microalgas, especialmente de la espirulina, radica precisamente en la gran variedad de macronutrientes y micronutrientes que contiene, algunos de los cuales no pueden ser sintetizados por el

⁷ Alimentos de bajo contenido nutrimental, en los que predominan los azúcares y las harinas refinadas, grasas saturadas, colorantes, saborizantes y conservadores artificiales.

organismo humano, por lo que se deben incluir en la dieta, así como en algunas de sus propiedades, tales como incrementar los niveles de energía, reducir el estrés premenstrual, incrementar el rendimiento de atletas, mejorar el apetito, ofrecer protección antioxidante (Ramírez, Olvera 2006) y aumentar la capacidad de concentración en el cerebro.

Por su parte, la comunicación de la ciencia es una labor social y cultural indispensable con un claro compromiso ético; en última instancia apela a las preocupaciones y sentimientos de la gente para hacerla partícipe de dos valores fundamentales: el conocimiento racional y el pensamiento crítico como formas de liberación de la humanidad (Sánchez, 2002). Un pueblo bien informado es un pueblo capaz de tomar sus propias decisiones y así ejercer presión y exigir congruencia entre el mensaje de los alimentos que se nos vende y su verdadera calidad nutrimental.

El tema del presente trabajo es abordado desde las siguientes perspectivas:

- Del punto de vista científico de la historia, la nutrición, la medicina y la ecología acerca de la espirulina.
- De la visión de la filosofía de la ciencia, que permite por un lado, entender a la nutrición desde la mirada de otras ciencias sociales (mencionadas anteriormente), y por el otro invita a reflexionar acerca de la trascendencia de la función de las ciencias de la nutrición en la sociedad.
- Del encanto de la comunicación de la ciencia, por su diversidad de enfoques y su capacidad para despertar la curiosidad y la creatividad para vivir una vida mejor, más sana y menos sujeta a los errores producto de la ignorancia (Sabugal, 2002).

Se estudian, en primer lugar, las evidencias que demuestran que los habitantes de Tenochtitlán, antes de la conquista, consumían cantidades considerables de esta alga verde-azulada⁸ a la que llamaban tecuitlatl. La perspectiva histórica de los usos y costumbres de este alimento ancestral se aborda durante la conquista, en la época de la colonia y hasta nuestros días. Más adelante, en los siguientes capítulos, se realiza un

⁸ Pertenece a las cianobacterias del género *Arthrospira*.

análisis detallado de las propiedades nutrimentales, terapéuticas y ecológicas de la espirulina.

Hacia el final se presentan los lineamientos y las directrices para generar estrategias y campañas de comunicación para la espirulina, que sirvan para comunicar sus beneficios a la sociedad y así fomentar un estilo de vida saludable.

USO TRADICIONAL Y TAXONOMÍA DE LA ESPIRULINA (A. MAXIMA).

En la extensa variedad de microalgas encontramos a las cianobacterias (o algas verde-azules), las cuales evolucionaron hace 3.5 mil millones de años. Nuestra atmósfera rica en oxígeno se debe, en gran medida, a los millones de años de actividad fotosintética realizada por las cianobacterias, lo que permitió evolucionar a otras especies dependientes de oxígeno, como la espirulina (Belay, 2008).

Desde 1989 se reconoce que todas las especies de espirulina forman parte del género *Arthrospira*, el cual a su vez pertenece a la clase *Oscillatorioceae* (Vonshak, 1997). Esta última mantiene un linaje muy antiguo con las cianobacterias. Paradójicamente la espirulina dejó de pertenecer al género que le daba su nombre: *Spirulina*.

El término “Spirulina” se ha utilizado indistintamente para referirse principalmente a dos especies: *A. platensis* y *A. maxima*, las cuales son las que mayor importancia han tenido en la economía y en la industria de productos alimenticios, ya que han sido cultivadas, cosechadas y vendidas para elaborar una gran cantidad de productos a los que se les atribuyen propiedades nutritivas y de prevención para la salud (Ramírez et al., 2006).

Esta microalga, que ha sido utilizada en la antigüedad, tanto en África como en Mesoamérica, fue redescubierta en los años sesenta. Había sido un alimento popular en la época de la civilización azteca, en la que fue llamado tecuitlatl (Paniagua-Michel, Dujardin, Sironval 1993).

Tanto en la naturaleza como en los cultivos a gran escala, las especies del género *Arthrospira* forman tricomas helicoidales que varían en su tamaño y en el grado de los espirales de sus giros (ver Figs. 1 y 2). Pudiéndose encontrar desde un número importante de giros hasta filamentos completamente rectos (Belay, 2008). Sus células cilíndricas tienen un ancho de 3 a 12 μ m. Sus tricomas o filamentos tienen un patrón de arreglo en forma de hélice abierta y llegan a medir de 100 a 200 μ m. Estas características dependen en gran medida de las condiciones ambientales y de las concentraciones de sales disueltas en las aguas donde se cultiva la espirulina. Se trata de un organismo unicelular y fotoautótrofo, que a pesar de ser unicelular, se agrupa formando los tricomas o filamentos mencionados anteriormente.

Realmente se trata de organismos procariotas (Margulis, Sagan 2002), que poseen una región central donde se localiza una sola molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN) y una región periférica que contiene membranas tilacoidales. Otros componentes celulares son las inclusiones citoplasmáticas tales como los gránulos de glucógeno, de lípidos y de cianoficina. Estos últimos están formados por un polipéptido compuesto de dos aminoácidos (arginina y ácido aspártico), que funciona en la conversión del nitrógeno, lo que genera que la espirulina sea una fuente importante de proteína. En el citoplasma también se encuentran los carboxisomas o cuerpos poliédricos, donde está la RBP-carboxilasa, la principal enzima responsable de la fijación fotosintética de dióxido de carbono.

La reproducción de la espirulina se lleva a cabo por fisión binaria transversal (2002). Estas microalgas se mantienen sin problemas en aquellas zonas donde la fotosíntesis es óptima y la cantidad de nutrimentos es adecuada. Habitan y crecen en forma masiva en cuerpos de agua alcalinos (Ramírez et al., 2006).

Por último, es importante señalar que el nombre espirulina es y seguirá siendo un nombre comercial ya que muchas empresas han invertido cantidades considerables de dinero en la mercadotecnia de *Arthrospira* con el nombre registrado de espirulina (Belay, 2008).

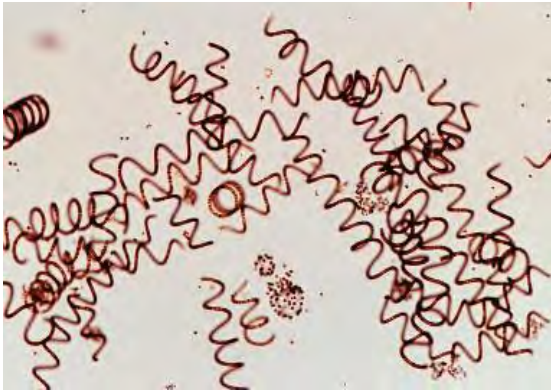


Fig. 1: *A maxima* 10x

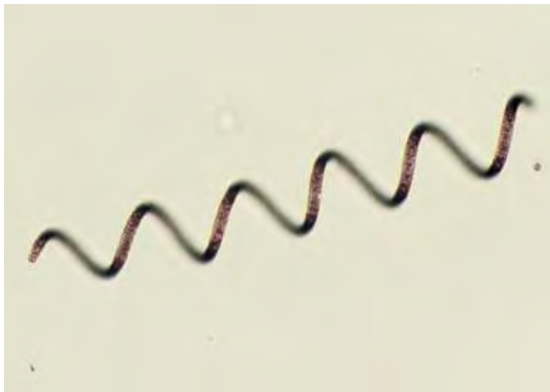


Tabla 1: Características de *A. máxima*

Taxonomía:

Clase: *Cyanophyceae*; Orden: *nostocales*; Familia: *Oscillatoriaceae*; Género: *Spirulina* o *Arthrospira*; especie, *maxima*, *platensis*, *lonar*, *geltieri*.

Mide: 5-10 μ m diámetro, 200-300 μ m longitud, con 5 o 6 torciones, filamentososa, helicoidal diámetro de la hélice 50-60 μ m (Ciferri, 1983).

“Cuando aún era de noche, cuando aún no había día, cuando aún no había luz, se reunieron, se convocaron los dioses allá en Teotihuacan. Dijeron, hablaron entre sí: - Venid acá, oh dioses! ¿Quién tomará sobre sí, quién se hará cargo de que haya días, de que haya luz?” (Portilla, 1993, p. 15).⁶

CAPÍTULO I

LA ESPIRULINA EN LA HISTORIA DE MÉXICO

1.1 El tecuitlatl, un alimento ancestral mexicano.

La altiplanicie central de México ha sido escenario de incontables formas de acción y vida humana, tierra de volcanes y lagos, de fértiles valles y llanuras desérticas. Los especialistas afirman que, juntos, los tiempos prehistóricos y la historia antigua del México central abarcan por lo menos diez mil años. Quienes vivieron en Mesoamérica, no ya sólo los aztecas, sino también sus vecinos texcocanos, tlaxcaltecas, y otros varios más, así como sus predecesores los toltecas, conservaron por medio de la tradición oral y de sus antiguos códices el recuerdo de su pasado (Portilla, 1993).

Las algas, especialmente las microalgas, han sido usadas como alimentos desde tiempos prehistóricos y todavía en la actualidad juegan un papel prominente en las tradiciones culinarias de muchos países, especialmente de Asia (Belay, 2008) y en menor medida en Latinoamérica (Ortiz de Montellano, 2003). La Cultura Maya de la Península de Yucatán vivía en un balance precario en medio de la selva, cuyas condiciones no eran adecuadas para la agricultura. El desarrollo de las granjas de microalgas en la época maya explica cómo una población de dos millones se logró sostener hacia el final del periodo Clásico (900 a. E.C.) a pesar de las condiciones adversas para la agricultura (Challem, 1981).

Además las tribus mayas, quienes se extendían desde Yucatán hasta Centroamérica, usaban microlagas en algunos alimentos como panes o sopas, como parte de su dieta diaria. Los mayas se referían a los alimentos con estas algas como combinaciones recomendables para una vida sana (Hills, 1978).

⁶ Miguel León Portilla, antropólogo e historiador mexicano y autoridad principal en materia del pensamiento y la literatura náhuatl.

Por su parte, la dieta de los aztecas⁷, de quienes se tienen la mayoría de los registros acerca de los usos y costumbres de la espirulina, era completa y balanceada, tanto cuantitativa como cualitativamente, gracias a ciertos alimentos especiales como el llamado tecuitlatl⁸. A pesar de haber permanecido en el olvido, hoy diversos autores sugieren que esta microalga fue uno de los alimentos más importantes que hizo posible el crecimiento de la población en el periodo azteca (Santeley, Rose 1982). El tecuitlatl, hoy conocido como espirulina (*A. maxima*)⁹ era un alimento agradable al paladar de los nativos del centro de México, que gustaba a la mayoría de los españoles que lo consumieron (Farrar, 1966).

El primer registro de la historia que se tiene acerca del consumo de espirulina como alimento para humanos proviene de Bernal Díaz del Castillo, uno de los acompañantes de las tropas de Hernán Cortés, quien reportó en 1521 que la espirulina era cosechada de las aguas del Lago de Texcoco, a la que secaban y vendían en el mercado de Tenochtitlán (Belay, 2008).

Sin embargo, tal como se comentó acerca de los mayas, se han encontrado referencias que hablan del consumo de espirulina aún antes de los tiempos en los que vivieron los aztecas (Furst, 1978).

En el presente trabajo se abordan principalmente los registros en los que se ha encontrado evidencia de que los aztecas consumían espirulina.

Tenochtitlán, la capital de los aztecas, había sido construida en una isla dentro del Lago de Texcoco, cuyas aguas salobres no son aptas para el consumo humano. La isla estaba conectada al resto de las extensiones de Texcoco a través de tres calzadas elevadas. La parte más pequeña del lago mantenía un nivel más alto que el resto del mismo y estaba rodeada por calzadas elevadas lo que mantenía agua con una concentración elevada de sales minerales en este sitio, la cual no necesariamente era potable. Es precisamente esta agua de salmuera¹⁰ la que daba vida al tecuitlatl. El agua para consumo humano provenía de otros sitios ubicados a unos cuantos kilómetros y circulaba a través de un acueducto.

⁷ De los aztecas provienen la mayoría de los registros acerca del consumo de microalgas.

⁸ Nombre nahuatl que se le daba a la espirulina.

⁹ *Arthrospira maxima* es la cepa que crece en Texcoco y en otros lagos de Latinoamérica, mientras que *Arthrospira platensis* es la cepa que se da en África.

¹⁰ Según el Diccionario de la Real Academia Española, la salmuera se refiere a agua cargada de sal o aquella agua que sueltan las cosas saladas.

El tamaño de esta ciudad asombró a Hernán Cortés y a sus acompañantes a su llegada en 1521. Sus estimados acerca de la población siempre fueron ridiculizadas como exageraciones; sin embargo, el reporte de Cortés de sesenta mil familias concuerda razonablemente con la estimación que más tarde realizaría Humboldt (1811). Desde una perspectiva conservadora, eran ciudades mucho más pobladas que las de Europa (Farrar, 1966).

De lo anterior, surge la interrogante acerca de cómo se alimentaba una población tan grande, que además transportaba la carga en las espaldas y en un país cuya agricultura y ganadería resultaban tan primitivas ante los ojos de los recién llegados españoles. Se conocen varias hipótesis, entre las que destacan las siguientes:

En el lago habitaban peces, pero no se sabe de la existencia de animales domésticos, comestibles, y de buen tamaño. El alimento básico y de primera necesidad era el maíz; no obstante, las variedades que se cultivaban en aquella época no tenían altos rendimientos. De acuerdo con algunas de las descripciones de los conquistadores acerca de los utensilios de cerámica que se ofrecían a la venta en el gran mercado de Tenochtitlán, parece que el pueblo, si bien no moría de hambre, sí enfrentaban serias dificultades para obtener recursos alimenticios (Taylor, 1861). Vale la pena mencionar que la presión para cubrir estas necesidades básicas llevó, entre otras cosas, a la invención de las famosas chinampas, mejor conocidas como jardines flotantes (Coe, 1964).

Una de las hipótesis menos estudiadas, que vislumbra la posibilidad de entender la interrogante acerca de las formas de alimentación de los habitantes de Tenochtitlán es el hallazgo de uno de los alimentos peculiares de los aztecas, que encontraron los españoles. Fue esta sustancia de color verde y con tonos azulados llamada tecuitlatl, la que se recogía en el salobre Lago de Texcoco y se le vendía en los mercados. Se la comía con maíz o con una salsa hecha de una mezcla de chiles y tomates (Ortiz de Montellano, 2003).

Pocos autores hacen referencia acerca de los usos y costumbres del tecuitlatl, alimento ancestral mexicano. Prescott, al escribir en su famoso libro acerca de la Conquista de México señala, por lo menos en dos ocasiones, referencias breves acerca de un *limo o cieno* que se cosechaba de la superficie del lago y era consumido por los habitantes de Tenochtitlán (Prescott, 1866, p. p. 284 y 536).

Cabe señalar que Prescott se refería, como primera autoridad en la materia, al historiador y religioso mexicano del siglo XVIII Francisco Javier Clavijero, quien menciona más de una vez al tecuitlatl (Clavijero, 1807, p. 431):

“No satisfechos de alimentarse de cosas vivientes, ellos también comían una cierta sustancia, como el barro, que flota sobre las aguas del lago, y que secaban al Sol para preservarlo, y hacer uso de éste como queso, al que se parecía en sabor y en gusto. Ellos le daban a esta sustancia el nombre de Tecuitlatl o excremento de las piedras” (p. 431).

No obstante, Clavijero es considerado como una fuente secundaria cuando uno se encuentra con las referencias del conquistador español y cronista de Indias Bernal Díaz del Castillo. Él fue uno de los primeros españoles en entrar a la gran Tenochtitlán. Sus memorias escritas durante los últimos días de su vida, marcadas por un lenguaje simple pero vigoroso, son un clásico de la literatura iberoamericana (Díaz del Castillo, 1955). En su amplia visión de vida y su experiencia de visitar los mercados de la época, Bernal Díaz deja espacio, aunque sea breve, para referirse a este *limo* o *cieno*:

“... pues pescadores y otros que vendían unos panecillos que hacen de una como lama que cogen de aquella gran laguna, que se cuaja y hacen panes de ello que tienen un sabor a manera de queso” (p. 279).

1.2 El México prehispánico: uso médico, ceremonial y cotidiano.

“Los aztecas según la tradición, vinieron hacia acá los últimos, desde la tierra de los chichimecas de las grandes llanuras” (Códice Matritense del real Palacio, 1906).

Al hablar de la alimentación de la cultura de Anáhuac es necesario marcar la diferencia, que en la actualidad casi no se percibe, entre los alimentos cotidianos y los alimentos ceremoniales o festivos. Varios autores hacen referencia a siete alimentos básicos que formaban el universo nutrimental de los mexicas: maguey (*metl*), nopal (*nopalli*), chile (*chilli*), maíz (*cintli*), frijol (*etl*), calabaza (*ayotl*) y amaranto (*huautli*) (Quevedo, Leyva 2004).

La espirulina (*tecuitlatl*), cuyo nombre en náhuatl hace referencia a aquello que se extrae de las rocas, “ha sido consumida en el Valle de México desde antes del comienzo del periodo colonial español” (Kamminga et al., 1955, p. 232) y tal vez, más que formar parte del grupo de alimentos que se consumían todos los días, se le asociaba con alimentos

ceremoniales, por su uso especial en las festividades. Algunos autores relacionan esta microalga con alimentos de los dioses, por lo que se presume que el consumo del tecuitlatl estaba relacionado con ciertos rituales de la época. Otros se refieren a que también era consumido por mensajeros, guerreros y gobernantes quienes tenían exigencias mayores en su rendimiento.

Una búsqueda ardua entre otras Crónicas del siglo XVI, revela referencias al respecto. Hernán Cortés (1877, p. p. 22-24) en sus cartas dirigidas a la Corona Española no menciona este *limo*, excepto en una referencia que hace acerca de la recolección de sal de las orillas del lago en ciertas festividades, en la que se puede ubicar la costumbre de consumir el tecuitlatl en épocas especiales.

Resulta interesante comentar que Hernán Cortés, a su regreso, luego de los tiempos de la conquista y ya en su retiro en España, aportó diversos materiales que forman parte de los textos de un libro escrito por un eclesiástico e historiador español, quien destacó como cronista de la conquista española, a pesar de que nunca cruzó el Atlántico ni visitó el Nuevo Mundo: Francisco López de Gómara. Este humanista, se quedaba en casa de Hernán Cortés como capellán y escuchaba con atención todo lo que decían aquellos que por allí pasaban, para crear varios libros escritos de oídas y a gusto de su patrono (Guzmán, 1989).

Gómara, en su famoso texto *La Historia General de las Indias y todo lo acaescido en ellas desde que se ganaron hasta agora y la Conquista de Mexico y de la Nueva España*, escribe lo siguiente acerca del tecuitlatl:

“... y aun tierra; porque con redes de malla muy menuda abarren en cierto tiempo del ano una cosa molida que se cria sobre la agua de las lagunas de Méjico y se cuaja, que ni es yerba, ni tierra, sino como cieno. Hay de ello mucho y cogen mucho; y en eras, como quien hace sal, lo vacian, y allí se cuaja y seca. Hácenlo tortas como ladrillos, y no solo las venden en el mercado, mas llévanlas tambien á otros fuera de la ciudad y lejos. Comen esto como nosotros el queso, y así tiene un saborcillo de sal, que con chilimoli es sabroso. Y dicen que á este cebo vienen tantas aves á la laguna, que muchas veces por invierno la cubren por algunas partes” (López de Gomara, 1826, p. 348).

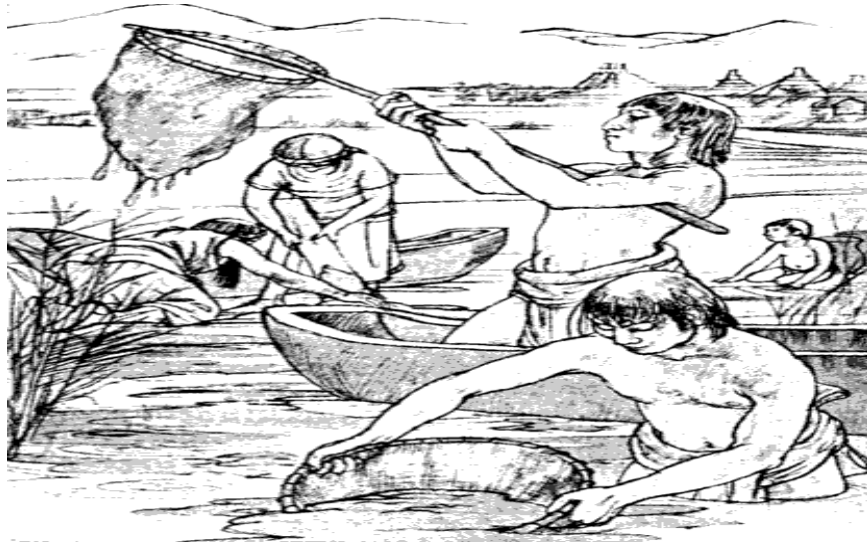


Fig. 3: La cosecha del tecuitlatl (Furst, 1978, p. 60).

1.3 El tecuitlatl después de la conquista

Fray Toribio de Benavente, misionero franciscano e historiador de la Nueva España, se caracterizó por ser uno de los defensores de los indígenas en los tiempos de la conquista. Mejor conocido como el mote de Motolinía (pobrecito o desdichado en náhuatl) vivió entre los *mexicas* por muchos años; conocía y hablaba su lengua y compartió sus costumbres, además de participar de sus ritos alimenticios. Sus memorias escritas aproximadamente en el año de 1541 parecen ser notas de un primer borrador de su famosa obra *Historia General* en la que su versión acerca de la preparación del tecuitlatl es más rica y detallada que la de Gómara:

“Críanse sobre el agua de la lagunas de México unos como limos muy molidos y á cierto tiempo del ano que están más cuajados, cógenlos los indios con unos redejoncillos de malla muy menuda, hasta que hinchen los acales ó barcos dellos, y á la ribera hacen sobre la tierra ó sobre arena unas eras muy llanas con su borde de dos ó tres brazas¹¹ en largo y poco menos de ancho, y échanlos allí á secar; echan hasta que se hace una torta de gordor de dos dedos y en pocos días se secar hasta quedar en gordor de un ducado escaso; y cortada aquella torta como ladrillos anchos, cómenlo mucho los indios y tienense buenos; anda esta mercaderia por todos los mercaderes de la tierra, como entre nosotros (el queso); los que son de la sala de los indios es bien sabroso, tiene un saborcillo de sal” (Toribio de Motolinia, 1903, p. 327).



Fig. 4: Recolección del tecuitlatl en el siglo XVI (Ortiz de Montellano, 2003, p. 129).

Otro gran autor, cuyos textos son considerados entre los documentos más valiosos para la reconstrucción de la historia del México antiguo antes de la llegada de los conquistadores españoles, es el fraile franciscano Bernardino de Sahagún. Él conocía de cerca de los nativos, tanto así que su obra *Historia Universal*, en la que trata acerca de religiones y costumbres sociales, fue escrita por primera vez en náhuatl cerca del año 1550. La versión en español fue publicada 30 años más tarde y sólo se publicó hasta 1830. Su contribución acerca del tecuitlatl a pesar de ser breve no deja de ser interesante:

“Hay unas urrosas¹² que se crían sobre el agua que se llaman tecuitlatl; son de color azul claro; después hacen unas tortas de ello, y tostadas las comen” (Sahagún, 1831, p. 351).

1.4 El tecuitlatl en la Época Colonial.

En la época de la colonia, una de las más reconocidas autoridades fue la del naturalista Francisco Hernández, quien fue enviado por el Consejo de Indias para reportar acerca de la flora, la fauna y los minerales de la Nueva España y su posible explotación económica.

¹¹ Una braza equivale a 1-7 metros.

¹² Urrosa se refiere a una especie de rompecabezas, no es una palabra del idioma español y puede provenir de alguna lengua mexicana o de una traducción inadecuada.

Estos reportes fueron compilados entre 1570 y 1577, pero los manuscritos fueron extraviados y no se logró una publicación razonable sino hasta 1790 (Farrar, 1966).

En aquellos textos no se menciona el tecuitlatl, pero existe un compendio de las notas no publicadas en el que sí menciona el *cieno* en un capítulo que aparece bajo el título de *minerales*. Las notas se mantienen en manuscritos en español (Barreiros, 1929):

“Brotan el tecuitlatl, que es muy parecido al limo, en algunos sitios del vaso del lago mexicano, y gana al punto la superficie de las aguas de donde se saca o se barre con redes o se apila con palas. Una vez extraído y secado un poco al sol y sobre yerbas frescas hasta que se seca perfectamente, y se guarda luego como el queso por un año. Se come cuando es necesario con maíz tostado o con las comunes tortillas de los indios. Cada venero de este limo tiene su dueño particular, a quien rinde a veces una ganancia de mil escudos de oro anuales. Tiene sabor de queso y así lo llaman los españoles, pero menos agradable y con cierto olor a cieno; cuando reciente es azul o verde; ya viejo es color de limo verde tirando a negro, comestible sólo en muy pequeña cantidad, y esto en vez de sal o condimento del maíz. En cuanto a las tortillas que se hacen de él, son alimento malo y rústico, de lo cual es buena prueba el hecho de que los españoles, que nada desaprovechan de lo que sirve al regalo del paladar, sobre todo en estas tierras, jamás han llegado a comerlas” (Ortiz de Montellano, 2003, p. 130).

Los españoles estaban confundidos evidentemente acerca de cuál debía ser la categoría más adecuada del tecuitlatl; no podían identificarla como planta (al no tener microscopios), a pesar de que se multiplicaba y más bien la dejaban en el campo de los minerales, pues en esa época se mantenía la creencia de que los minerales procreaban también (Farrar, 1966).

A pesar de la invasión europea, la alimentación precolombina trascendió a nuestros días. Esta alimentación pertenece a una de las cuatro culturas consideradas como base de la humanidad, la sumeria, la egipcia, la china y la anahuáca. La unidad agrícola conocida como *milpa* generó a los siete guerreros de la alimentación, mencionados anteriormente junto con una extensa variedad de alimentos nutritivos como las verdolagas, los quelites, el cilantro, las pipizcas, los pápalos, los hongos de temporada y demás vegetales que, hasta nuestros días, forman parte de nuestra tradición y cultura. Los cronistas y relatores españoles fueron cautivados por la exquisitez de los manjares de la época y por la abundancia de productos, para ellos exóticos, que se ofrecían en los mercados (Quevedo et al., 2004).

Resulta interesante conocer lo que sucedió durante la época de la colonia con los usos y las costumbres del tecuitlatl, que con el paso del tiempo se usaba cada vez menos.

La población nativa diezmó a causa de brotes repetidos de viruela, con lo que en aquellos primeros años de la ocupación española, en los que reinaba la confusión, milenarias tradiciones se perdieron (Farrar, 1966).

En cierto momento desconocido, probablemente cerca del año 1550, la práctica de cosechar y preparar el tecuitlatl tuvo que haber terminado; al punto que otros relatores de Indias como Acosta (1880), quien estuvo en México durante los años 1586 y 1587 ya no menciona al tecuitlatl.

Es así que los registros en la historia de este alimento ancestral se fueron perdiendo. Thomas Gage (1928), un general británico y fraile dominico que se convirtió en un predicador puritano, hace comentarios del tecuitlatl que parecen indicar que éste se seguía usando durante su estadía en México en los años 1625 y 1626. No obstante, al hacer una evaluación más profunda de sus escritos se puede demostrar que más bien son un plagio de los textos de Gómara.

Friedrich Heinrich Alexander, el Barón de Humboldt (1811), naturalista y explorador prusiano, no menciona en sus escritos al tecuitlatl. Sin embargo, esto puede deberse a que para los primeros años del siglo XIX, el desagüe del lago estaba ya muy avanzado y éste tan sólo ocupaba una fracción de lo que solía ser en los tiempos de la conquista (Farrar, 1966).

Después de la conquista y de acuerdo a las referencias y a los datos de la época, para los aztecas el tecuitlatl, a pesar de haber sido consumido antes y durante la conquista y sin efectos secundarios reportados, empezó a caer en el olvido (1966).

La explicación acerca de qué ocurrió con el tecuitlatl, después de la conquista, aún permanece en el misterio. Parece que el sabor fuerte y característico del tecuitlatl no fue la causa de su desaparición como alimento durante la colonia, ya que en casi todas las referencias se menciona que el sabor era agradable al paladar y se le compara con el queso que se comía en España.

Los informes del uso del tecuitlatl fueron disminuyendo con el tiempo, a medida que los lagos se desecaban y menguaba su importancia, y la identidad de la sustancia nutritiva se perdió con el transcurrir del tiempo.

Por otro lado se sabe, de acuerdo a algunos escritos y reportes provenientes de la expedición belga Saharán, que los africanos, en las cercanías del Lago Chad, también tenían el hábito del consumo de esta microalga verde-azulada, cuya especie hoy se sabe que es *Arthrospira platenses* (Leonard, 1966). Es así que la clave para su identificación no vino de México, sino de un científico belga, Jean Leonard (1966), quien descubrió que unas tortas azules llamadas *dihe*, que comen los pueblos de las orillas del lago Chad¹³, en el centro del África Occidental, estaban compuestas de la misma sustancia de algas que eran recogidas de la superficie del lago, secadas al sol en forma de panes, para luego comerlas con una salsa de tomates (es importante notar la semejanza con la descripción de Motolinía). Y lo más curioso es que, parece que todos estos ingredientes se introdujeron en Chad después de la conquista de México (Ortiz de Montellano, 2003).

Los naturalistas citan el tecuitlatl hasta el siglo XVI, pero no más tarde. Probablemente, su uso desapareció poco después de la llegada de los conquistadores, que desecaron los grandes lagos del valle de México para establecerse en los terrenos así ganados (Henrikson, 1994).

1.5 De tecuitlatl a espirulina, su redescubrimiento y uso en la actualidad.

Hasta los años sesenta predominaba un escaso conocimiento acerca de las propiedades terapéuticas y nutrimentales de la espirulina, y en la mayoría de los hogares mexicanos se había dejado de consumir. Sin embargo, parece que siempre permaneció un vago recuerdo en la memoria colectiva de los mexicanos, lo que ha impedido que se olvide por completo. La disminución notable en el consumo de la microalga puede deberse a que se dejó de cosechar de la superficie del lago de Texcoco. El crecimiento desordenado y acelerado de la zona metropolitana ha afectado seriamente la ecología de este ecosistema natural en el que la microalga creció desde tiempos inmemoriales.

La espirulina se convirtió, con el transcurrir de los años, en un alimento poco conocido y casi olvidado. Inclusive, durante mucho tiempo, en la Colonia, resultó imposible identificar el crecimiento de esta alga en las aguas del lago de Texcoco. Los esquemas del desagüe del lago de 1607 a 1789 y precisamente los de 1885 a 1900 fueron seguidos de

¹³ Los kanembous en África mantuvieron el consumo de este alimento a lo largo del tiempo.

una gran expansión demográfica que alteraron radicalmente las tierras del ecosistema del Valle de México. Es así que el desuso del tecuitlatl pudo haber sido la consecuencia de la propia contaminación del lugar que ya no garantizaba la pureza del alimento (Farrar, 1966).

A pesar de su desaparición, casi por completo, hubo un hecho que propició el reencuentro con la microalga, el cual se detalla a continuación:

Fue hasta 1967 que se volvió a poner atención en la microalga, cuando en los tanques de evaporación de la industria Sosa Texcoco S.A. se observó que una especie desconocida de color verde-azul crecía, en la superficie, en grandes cantidades (Ramírez et al., 2006). Irónicamente, el renacimiento de las granjas de cosecha de espirulina en el lago de Texcoco se produjo por un curioso accidente. Desde 1943 se formó la empresa Sosa Texcoco para extraer carbonato de sodio de las aguas alcalinas del lago. Una espesa capa, cuyo crecimiento era desconocido para sus acuicultores, cubría de verde-azulado la superficie de los estanques del lago (Challem, 1981). Sin saberlo la compañía, los estanques de destilación que ellos habían construido para ese propósito, sirvieron después para replicar las condiciones del crecimiento óptimo de la nativa espirulina. La empresa mexicana Sosa Texcoco S.A., a finales de los años sesenta, identificó una especie de alga verde-azul, no reconocida que crecía en el evaporador, mejor conocido como el *caracol*, en el lago de Texcoco, cuya ubicación se puede observar en los mapas (Cruickshank, 1998, p. 29 p. 121) en el Anexo I. Este hallazgo, que pronto se convirtió en una molestia, fue reportado en su momento al Instituto Francés del Petróleo¹⁴, entidad que brindaba asistencia tecnológica a Sosa Texcoco. Después de un intenso intercambio de información, el Instituto informó a Sosa Texcoco que se trataba de un alimento ancestral, mismo que había sido identificado por el investigador belga Jean Leonard, mencionado anteriormente. Este alimento era consumido por la tribu de los Kanaembous en el norte de África. Esto motivó a ambas entidades a llevar a cabo estudios y experimentos encaminados al aprovechamiento del tecuitlatl, el cual fue identificado oficialmente como *Spirulina maxima* (ahora *Arthrospira maxima*). Como producto de estas investigaciones

¹⁴ El Instituto Francés del Petróleo brindaba servicios y asistencia tecnológica a la empresa mexicana.

instalaron una planta de procesamiento en las orillas del *Caracol* del lago de Texcoco con una producción cercana a las 500 toneladas de espirulina seca al año (Sasson, 1997).

Sosa Texcoco S.A. se convirtió en una empresa que producía sales y alga espirulina. La empresa se ubicaba en el municipio de Ecatepec en el Estado de México, cerca de la colonia Jardines de Morelos. Esta empresa llegó a emplear hasta dos mil trabajadores.

A pesar de los esfuerzos de Sosa Texcoco en la comunicación de las propiedades nutrimentales y curativas de la microalga y al tratar de mezclar la espirulina con otros alimentos populares para introducirla en los desayunos escolares del DIF, no hubo el tiempo necesario para difundir con éxito estas propiedades, debido al cierre inesperado de la empresa. Uno de los intentos más famosos consistió en la elaboración de una receta que combinaba donas de chocolate con espirulina, las cuales no terminaron de satisfacer las necesidades gustativas del paladar de los niños mexicanos. Además, al hornear las donas, se ignoró el hecho de que muchos de los nutrientes de la espirulina se deterioran con el calentamiento a altas temperaturas. No obstante, el factor más importante que afectó en las incipientes estrategias de comunicación de la espirulina en Sosa Texcoco fue el estallido de la famosa huelga, que ocasionó el cierre definitivo de la empresa, unos años más tarde (1997).

El día 23 de septiembre de 1993 estalló la huelga que duró varios años y, cuyo fallo, al final fue a favor de los trabajadores. La empresa permanecía en quiebra por lo que no pudo reabrir sus puertas y hasta el día de hoy permanece cerrada. Han habido diversos planes para las 800 hectáreas cuadradas que conformaban la propiedad de la empresa (ver mapas que se encuentra en el Anexo I); desde la construcción del Aeropuerto Internacional de la ciudad de México, hasta diversos proyectos para la construcción de escuelas y bibliotecas. Sin embargo, la empresa se privatizó y sus terrenos han sido ocupados por grandes empresas constructoras, como la que se encargó de la construcción de la zona habitacional conocida como Las Américas (Mexican Labor News, 1999).

Sosa Texcoco era la empresa más importante del mundo en lo que se refiere a producción de microalgas. Su desaparición afectó severamente a la comercialización y comunicación de este alimento. Con el cierre de Sosa Texcoco, las empresas que se dedicaban a comercializar la espirulina se vieron en la necesidad de importarla de otros países lo que

influyó, con el paso del tiempo, en la escasez del producto, ya que cada vez menos empresas tenían disponible este alimento ancestral.

Por segunda ocasión en la historia de este alimento en México, la espirulina se enfrentaba a la indeseable posibilidad de permanecer en el olvido.

No es sólo que se dejó de comunicar, más bien la microalga en México se dejó de consumir. No había espirulina, ni granjas que la produjeran, ni empresas que la vendieran. Aquel que deseaba adquirir la espirulina en México debía importarla de otros países. Algunos consumidores frecuentes de la espirulina de Sosa Texcoco acudían con frecuencia a sus instalaciones con el objeto de conseguir el alimento para su consumo personal. La empresa estaba en huelga y el acceso a las instalaciones era cada vez más restringido. Sin embargo, luego de hacer amistad con el personal de la empresa, lograron conseguir la espirulina que se había quedado en forma de polvo seco, en las bodegas. Esta espirulina no era de la mejor calidad y se terminó, al cabo de unos meses. No había más producto disponible en México. La escasez ocasionó que un grupo de investigadores y empresarios mexicanos, consumidores asiduos de este alimento se interesaran en el cultivo y la cosecha. Este evento marcó el comienzo de un proyecto que forma parte de uno de los esfuerzos más importantes para rescatar la producción, comercialización y difusión de la espirulina. Es importante señalar que estos investigadores y empresarios han participado en diversos proyectos con el Gobierno para tratar de rescatar la producción de este alimento ancestral en nuestro país. No obstante, debido a la contaminación ambiental de la zona del lago de Texcoco y al crecimiento indiscriminado de la ciudad de México. Actualmente este grupo emprendedor cultiva y cosecha la espirulina en uno de los ecosistemas más puros del planeta, el desierto de Atacama, al norte de Chile (Honorable Cámara de Diputados, 2004).

“La cantidad de proteína que contiene esta alga es extraordinariamente alta y es un magnífico alimento en términos de su valor nutricional. En comparación con la clorela, la espirulina tiene un contenido mucho más alto en proteína. De hecho, setenta por ciento de su masa en peso seco es proteína de alta calidad” (Hills, 1981).¹⁵

CAPÍTULO II

PROPIEDADES NUTRIMENTALES DE LA ESPIRULINA

2.1 Espirulina, el alimento más antiguo del futuro.

La espirulina es un alga verde-azul considerada por Adams (2005) como uno de los alimentos más sorprendentes en la actualidad, por sus propiedades nutrimentales y por sus usos terapéuticos. Esta microalga, que crece en lagos de agua fresca y salobre, es una de las formas de vida más simples y primitivas que existen. Su presencia en la Tierra es anterior a la de cualquier vegetal o animal que conocemos. Contiene una gran variedad de nutrimentos que van desde vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales, aminoácidos, hidratos de carbono, ácidos nucleicos, antioxidantes, hasta diversos tipos de pigmentos y fito-químicos de valor significativo para la nutrición y la salud del ser humano (Tietze, 1999).

“No contiene azúcares refinados, grasas saturadas, ni colesterol. Es una fuente rica en proteínas de alta digestibilidad, contiene altos niveles de las vitaminas del complejo B y es un alimento rico en mucopolisacáridos” (Michka, 1992, p. 126).

En la espirulina encontramos cerca del 95% de los nutrimentos considerados indispensables en la nutrición humana, lo que la convierte en un alimento ideal para el ser humano.

Las microalgas, aunque se usaron en la antigüedad, son relativamente nuevas fuentes de nutrición, cuyo uso va en aumento en el extenso y confuso campo de la alimentación que ha abierto la civilización industrial. No obstante, éstas han sido usadas por diversos pueblos y culturas de América Latina y África. Su consumo tiende a aumentar significativamente, en todo el planeta, ante la crisis de alimentos que ya comenzamos a enfrentar (Pitchford, 2004). La espirulina además de ser considerada como un superalimento ayuda en la prevención y en el tratamiento de diversas enfermedades.

¹⁵ Christopher Hills, Investigador pionero de la espirulina.

Asimismo, para muchos gobiernos, es la llave para resolver la malnutrición global que afecta a nuestro mundo (Adams, 2005).

Dado que la seguridad de la espirulina como alimento ha sido demostrada científicamente para consumo humano y animal en diversos estudios, todo tipo de investigaciones en aspectos terapéuticos y nutrimentales de la espirulina se pueden llevar a cabo sin ningún tipo de riesgo (Chamorro, Barrón, Vázquez 2008).

2.2 Composición nutrimental de la espirulina.

La espirulina ha llamado la atención de investigadores y expertos en alimentación humana por su alto contenido de macro y micro-nutrientes (Morales del León, Babinsky, Bourges, Camacho 2000).

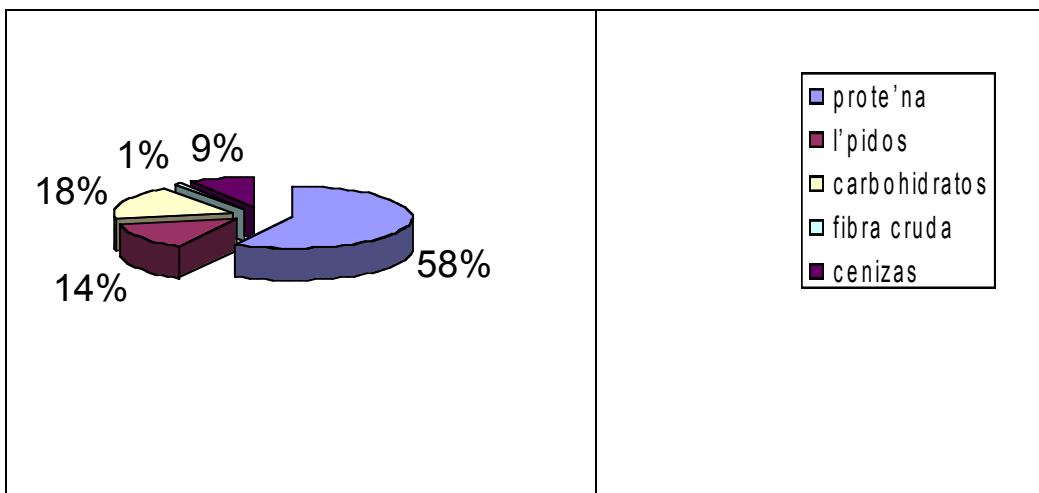
“Los análisis realizados sobre la composición bioquímica del género *Arthrospira* revelan un alto contenido de proteínas, vitaminas, ácidos grasos, minerales, carbohidratos, ácidos nucleicos y pigmentos” (Cohen, 1997, p. 176), tal como se puede observar en las tablas 2 y 3:

Tabla 2: Composición bioquímica de *A. maxima*

COMPOSICIÓN QUÍMICA	VALORES MÍNIMOS	VALORES MÁXIMOS
Lípidos	6%	7%
Carbohidratos	13%	16.50%
Proteína cruda (% N x 6.25)	60%	71%
Humedad	4%	7.00%
Cenizas	6.4%	9.00%
Fibra cruda	0.1%	0.90%
Clorofila A	6.10g/kg	7.60g/kg

En todos los análisis bioquímicos de la composición nutrimental de la espirulina se presentan diferencias en los valores de cada sustancia medida y de cada muestra. Esto se debe especialmente a que la espirulina es un alimento natural, por lo que puede variar, de acuerdo a la estación del año y a las condiciones locales (origen, tipo de cepa, calidad del cultivo y medio ambiente), en los contenidos reportados de sus nutrientes (Hills, 1981). En el Anexo II se encuentra el detalle de la composición bioquímica de nutrientes de la espirulina, con sus valores mínimos y máximos (1981).

Tabla 3: Composición bioquímica de *A. maxima* (Torres-Duran, Paredes-Carbajal, Mascher, Zamora-González, Díaz-Zagoya 2006, p. 480).



De acuerdo a las tablas anteriores y al detalle de nutrimentos que se presenta en el Anexo II, en la composición nutrimental típica de la espirulina encontramos, entre otros nutrimentos los siguientes:

- Proteína compuesta de cadenas cortas de aminoácidos indispensables y no indispensables, lo que la convierte en una proteína completa y fácil de digerir.
- Casi todas las vitaminas. Es considerada como la fuente natural más rica en tocoferoles, además contiene todo el complejo B y betacaroteno como precursor de vitamina A.
- Minerales y oligoelementos, como el calcio, magnesio, fósforo, potasio, sodio, hierro, zinc, selenio, molibdeno y cromo, entre otros.
- Ácidos grasos esenciales y ácido gamalinolénico, este último sólo presente en la leche materna y en la espirulina.
- Carbohidratos de fácil absorción, como la glucosa y la ramnosa.
- Antioxidantes, entre los que destacan la ficocianina, el betacaroteno y los tocoferoles.

2.3 Calidad y cantidad de sus nutrimentos.

Entre las principales características de este alimento destacan las siguientes:

- Es de origen natural, crece en la superficie de lagos salobres ubicados en desiertos muy áridos caracterizados por su clima extremo. La espirulina se cultiva a partir de inóculos, con los que se mantiene el cuidado y la pureza de la cepa y se cosecha a través de mallas filtrantes y procesos de secado.
- Es un alimento concentrado por su contenido de macro y micronutrimentos los cuales pueden llegar a superar o a igualar a las recomendaciones diarias establecidas.
- Es uno de los alimentos más compactos ya que bastan raciones de 2 a 5 gramos por día para proporcionar, al ser humano, sus beneficios nutrimentales y sus efectos terapéuticos.
- Es un alimento ligero. Presenta un alto coeficiente de asimilación y digestión el cual supera el 95%.

Además es importante considerar que la espirulina es un alimento altamente nutritivo, pero de bajo contenido calórico. Sólo tiene 19 kcal en cada 5 gramos. En la tabla 4 podemos observar algunos comparativos interesantes acerca de los contenidos de cada nutrimento presente en la espirulina con otros alimentos de uso frecuente (SpiralSpring, 2005):

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

Tabla 4: Comparativos de la espirulina con otros alimentos

Tiene 1.26 veces más calcio que el queso. Pero, sin colesterol.
Tiene 4.15 veces más calcio que la soya.
Tiene 8.40 veces más calcio que la leche fresca. Pero, sin colesterol.
Tiene 22 veces más hierro que el hígado de res.
Tiene 32 veces más hierro que el frijol negro.
Tiene 34 veces más hierro que las espinacas.
Tiene 1.65 veces más proteínas que la soya.
Tiene 2.47 veces más proteínas que la leche entera en polvo. Pero, sin colesterol.
Tiene 2.70 veces más proteínas que el filete de res.
Tiene 2.99 veces más proteína que los frijoles, ambos sin colesterol.
Tiene 3.25 veces más proteínas que el hígado. Pero, sin colesterol.
Tiene 1.60 veces más betacaroteno que el hígado de res.
Tiene 15.2 veces más betacaroteno que los duraznos.
Tiene 21.0 veces más betacaroteno que las zanahorias.
Tiene 3.9 veces más Vit.B1 que la carne de puerco.
Tiene 1.6 veces más Vit.B1 que los piñones.
Tiene 13.4 veces más Vit.B1 que el hígado de res.
Tiene 1.4 veces más Vit.B2 que el hígado de res.
Tiene 3.3 veces más Vit.B2 que la leche entera en polvo.
Tiene 10.2 veces más Vit.B2 que los champiñones.
Tiene 21 veces más Vit.B2 que el filete de res.
Tiene 1.2 veces más Vit.B3 que el atún en aceite.
Tiene 1.5 veces más Vit.B3 que la pechuga de pollo con piel.
Tiene 2.5 veces más Vit.B3 que el filete de res.
Tiene 1.3 veces más Vit.B6 que el plátano.
Tiene 3 veces más Vit.B6 que la papa.
Tiene 3.4 veces más Vit.B6 que el filete de res.
Tiene 5.7 veces más Vit.B6 que la sandía.
Tiene 3.2 veces más Vit.B12 que el huevo.
Tiene 7.8 veces más Vit.B12 que la leche entera en polvo.

2.4 Comparativos con la leche materna.

Al analizar la tabla nutrimental de la espirulina se ha encontrado una similitud significativa, en calidad y cantidad, cuando se le compara con la tabla nutrimental de la leche materna.

En diversos países como Cuba y Venezuela, la espirulina se ha convertido en el primer alimento natural que se recomienda dar a los bebés después de la lactancia. En la tabla 5 podemos observar el comparativo de nutrimentos presentes en 10g de espirulina contra los presentes en 100g de leche materna (Sociedad Española de Hipertensión, 2005).

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

Tabla 5: Comparativo nutrimental de la espirulina y la leche materna

Nutrimento	Espirulina Aporte por 10g	Leche materna aporte por 100g
Energía (kcal)	39	68,4
Proteína (g)	5,8	1,15
Hidratos de carbono (g)	2,3	7
Fibra (g)	0,36	0
Grasa total (g)	0,72	4,03
Ácidos grasos saturados (g)	0,26	2,031
Ácidos grasos monosat (g)	0,067	1,5
Ácidos grasos polisat (g)	0,285	0,435
Colesterol (mg)	0	25
Alcohol (g)	0	0
Agua (g)	0,4	87,8
Calcio (mg)	12	29
Hierro (mg)	2,8	0,058
Yodo (µg)	0	5,1
Magnesio (mg)	19,5	3,2
Zinc (mg)	0,2	0,134
Selenio (µg)	0,72	3,3
Sodio (mg)	104	13
Potasio (mg)	136	47
Fósforo (mg)	11	15
Vit. B1, Tiamina (mg)	0,23	0,015
Vit. B2, Riboflavina (mg)	0,36	0,038
Eq. Niacina (mg)	2,8	0,517
Vit. B6, Piridoxina (mg)	0,036	0,014
Ácido fólico (µg)	9	8
Vit. B12, Cobalamina (mg)	0,025	0,05
Vit. C, Ac. Ascórbico (mg)	0	6,5
Retinol (µg)	57	69,5
Caroteno β-caroteno (µg)	342	300
Vitamina D (µg)	0	0,07
Vit. E, Tocoferoles (µg)	0,5	0,27

2.5 Potencial de la espirulina como un alimento altamente nutritivo.

“La ciencia nos puede decir la mejor manera de salvar a los habitantes de un país azotado por una hambruna, la sequía o una epidemia, cuáles son los alimentos adecuados, la forma de evitar la deshidratación o las medidas necesarias para frenar los contagios. Pero, la decisión de ir en su ayuda no es científica, sino ética” (Fernández-Rañada, 2003, p. 129).¹⁶

Se han llevado a cabo diversos estudios acerca de las propiedades de la espirulina para combatir la desnutrición y la malnutrición infantil, pues esta última constituye un problema de salud pública, cuya presencia se da principalmente en los países que están en vías de desarrollo (Simpore, Kabore, Zongo 2006).

La deficiencia de hierro en nuestros días es uno de los problemas de nutrición más importantes en el mundo. Ésta puede ser causada no sólo por una alimentación deficiente en hierro, sino por una pobre biodisponibilidad y baja asimilación del hierro que proviene de la dieta. La fortificación de alimentos con hierro, así como el uso de suplementos con altas dosis de hierro tiende a reducir significativamente la deficiencia. Al comparar la biodisponibilidad del hierro de la espirulina con el de la carne, la levadura, la harina de trigo y los preparados de sulfato ferroso, agregando ácido ascórbico como referencia se ha encontrado una formación del compuesto ferritina 27% más alta proveniente de las dietas con espirulina. Lo anterior permite recomendar a la espirulina como una fuente adecuada de hierro con alta biodisponibilidad para el ser humano (Puyfoulhoux, Rouanet, Besancon, Baroux, Baccou 2001).

Los resultados de estudios realizados principalmente en África, para determinar el impacto de la espirulina en el status nutricional de niños con malnutrición indican que las dietas con espirulina y otros cereales pueden corregir la pérdida de peso en un plazo más corto de tiempo comparado con otros alimentos. La espirulina favorece la rehabilitación nutricional de forma más efectiva que la simple adición de proteínas y energía en la dieta de los niños (Simpore, Kabore, Zongo 2006).

Por otro lado, un 60% de la espirulina es proteína de alta calidad debido a su fácil digestibilidad y a la presencia de más del noventa y cinco por ciento de los aminoácidos. Además, en los cultivos acuáticos en los que crece la microalga, ésta es capaz de absorber la mayor cantidad de micronutrientes. Así que es un alimento rico en

¹⁶ Antonio Fernández-Rañada, físico español.

minerales como el calcio, el fósforo, el magnesio, el hierro y el potasio. Es la fuente natural más rica en tocoferoles (vitamina E), contiene veinte veces más betacaroteno (precursor de vitamina A) que la zanahoria y es fuente importante de todas las vitaminas del complejo B (Fox, 1996).

La naturaleza ha privilegiado a esta alga verde-azul con hidratos de carbono complejos los cuales no desgastan al páncreas y aumentan la calidad de vida del paciente diabético. Aparte de la leche materna es el único alimento natural rico en ácido gamalinolénico, sustancia que presenta propiedades antioxidantes (1996).

Por último, pero no menos importante, estudios recientes demuestran que la espirulina es el alimento natural con mayor actividad antioxidante. Esto se debe a su gran concentración de tocoferoles y betacaroteno, pero principalmente a su contenido de un pigmento azul llamado ficocianina que atrapa a más del noventa por ciento de las especies reactivas que producen estrés oxidativo en nuestras células.

La biodisponibilidad de los nutrimentos provenientes de alimentos naturales, actualmente se compara con la de los suplementos alimenticios que producen muchos laboratorios en el mundo. Las vitaminas y minerales de los alimentos naturales, como la espirulina, están enlazados a complejos de proteínas, hidratos de carbono y lípidos. El organismo humano reconoce estos complejos de nutrimentos como provenientes de alimentos, lo que favorece su asimilación (Rashmi, Usha 1998). Por el contrario, la mayor parte de los complementos, son combinaciones sintéticas de vitaminas y minerales aislados según las normas de las farmacopeas. Suelen formularse con el fin de poder afirmar, que en teoría, aportan un alto porcentaje de los requerimientos nutrimentales de la dieta diaria recomendada. Pero tales vitaminas y minerales, en muchas ocasiones se encuentran en forma de sales y pueden tener una estructura química totalmente distinta a la hallada en los alimentos, lo que trae complicaciones en su asimilación.

Los agentes quelantes de los alimentos naturales, que facilitan la absorción, normalmente faltan en los preparados de laboratorio y abundan en alimentos como la espirulina.

Los preparados sintéticos suelen ignorar los efectos antagonistas y sinérgicos que afectan a la absorción y las reacciones metabólicas, propios de las vitaminas y minerales.

Lo más adecuado es que los nutrimentos procedan de fuentes naturales, porque el organismo está preparado para absorberlos mejor de tales fuentes.

“La naturaleza misma es el mejor médico. La naturaleza cura mientras que el médico únicamente asiste.”

Hipócrates

CAPÍTULO III

LA ESPIRULINA EN LA SALUD

3.1 Propiedades terapéuticas de la espirulina.

3.1.1 Provenientes de los testimonios de los usos y costumbres.

A través de los usos y costumbres de la espirulina en la historia, se ha probado que su consumo constante, nos puede ayudar a prevenir y a tratar un número importante de enfermedades y malestares, haciendo que su inclusión en nuestra dieta diaria sea una necesidad. A continuación se presentan las más relevantes propiedades curativas conocidas por su uso, y en los casos en los que se cuenta con información científica al respecto, se incluye el soporte biomédico en las citas:

En la depresión, estrés y ansiedad

La depresión es un trastorno multifactorial que afecta la bioquímica del cerebro y las emociones y se presenta como un estado de abatimiento e infelicidad el cual puede ser transitorio o permanente. Es un síndrome o conjunto de síntomas que afectan principalmente la esfera afectiva.

La ingesta constante de espirulina contribuye a resolver el desorden afectivo que se produce por la depresión y la ansiedad en el ser humano. La espirulina contiene triptófano, un aminoácido indispensable que el cuerpo convierte en serotonina, neurotransmisor reconocido por sus efectos relajantes (Starr, Mc Millan 2003). La serotonina mejora el estado de ánimo y reduce las posibilidades de insomnio y estrés. Además el triptófano es precursor de la niacina o vitamina B3, la cual participa en la producción de hormonas relacionadas con el estrés. La espirulina no sólo es un alimento rico en triptófano (Hills, 1981), sino que en una ración diaria equivalente a 5g contiene más del diez por ciento de la ingesta diaria recomendada de niacina (Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2001).

Además la espirulina es uno de los alimentos naturales con mayor contenido de vitaminas

del complejo B, que contribuyen a prevenir el estrés y promueven la relajación en el Sistema Nervioso Central. Por último, el potasio es un mineral vital que ayuda a normalizar los latidos del corazón, envía oxígeno al cerebro y regular el balance de agua corporal (Starr et al., 2003). Cuando estamos estresados, nuestro ritmo metabólico aumenta, y como consecuencia reduce nuestro nivel de potasio. Este nivel puede ser regulado con la ayuda de alimentos ricos en potasio como la espirulina.

En los problemas digestivos y su efecto en la flora intestinal

La espirulina es un alimento alcalino que tiene un efecto antiácido natural en el cuerpo y así previene diversas enfermedades que proliferan con la acidez. En las granjas de cultivo, logra crecer y desarrollarse un medio alcalino con un pH mayor a 9.5. Esto hace que sea un alimento fresco que protege al aparato digestivo de gastritis y úlceras.

Neutraliza el exceso de ácido y reduce la irritación al cubrir la mucosa del estómago, fortalece los epitelios que revisten el tracto digestivo, favorece la absorción en el intestino delgado, crea un ambiente inhóspito para el crecimiento de amibas y otras bacterias patógenas, posee un efecto hepatoprotector (Tórres-Durán et al., 1998) y promueve la proliferación de la flora intestinal (Kulshreshtha, Zacharia, Jarouliya, Bhadauriya, Prasad 2008). Los testimonios de los que la consumen con frecuencia aseveran que evita diarreas y previene el estreñimiento. Asimismo investigadores mexicanos han encontrado que la espirulina es eficaz en la regulación metabólica (Baños, Pérez-Torres, El Hafidi 2008).

En la protección de la piel con espirulina

El complejo vital de nutrimentos de la espirulina contiene una concentración alta de ficocianina, un pigmento azul que inhibe la respuesta inflamatoria de histamina (Ramírez, Ledón, González 2002). Además la concentración de aminoácidos, vitaminas, minerales, elementos traza, ácidos grasos esenciales, clorofila, betacaroteno y otros antioxidantes, brinda los siguientes beneficios en los epitelios:

- Aumenta la resistencia natural de la piel.
- Contribuye al balance hidrolipídico de la piel.

- Aporta a la piel todos los componentes necesarios lo que se traduce en un efecto revitalizante del tejido epitelial.
- Ayuda a remover las células muertas de las capas más superficiales de la piel.
- Fija los tejidos y les da vitalidad.
- Suaviza, aclara, desmancha y humecta la piel.
- Protege contra radiaciones solares y de otros tipos.

En el deporte y rendimiento físico

En la investigación biomédica se ha probado que el consumo de 5g de espirulina (una cucharada o 10 tabletas), provee suficiente energía para realizar un trabajo extenuante de 90 minutos. Por esta razón, en Cuba la espirulina se ha convertido en el alimento oficial de los atletas olímpicos.

Sólo la creatina y la espirulina han mostrado un papel importante como antioxidantes previniendo el daño celular y a la vez como retardadores del agotamiento físico (Lu, Hsieh, Hsu, Yang, Chou 2006).

Los equipos olímpicos de China y de Cuba consumen espirulina diariamente durante sus entrenamientos y antes de sus competencias. Esto se debe a que la espirulina tiene un efecto que promueve un estado óptimo de salud y un mejor desempeño en la actividad física (2006).

Los polisacáridos contenidos en la espirulina se han estudiado, en cuanto a su capacidad, como moléculas bioactivas que retardan el cansancio y prolongan la resistencia en ratones. Diversos estudios comparan la respuesta metabólica al ejercicio agudo en ratones alimentados con dietas estándar contra dietas basadas en espirulina y recomiendan a la espirulina como una fuente de proteína adecuada para los deportistas (Puggina, Aparecida, Wilson dos Santos 2004).

Las concentraciones plasmáticas de malondialdehído, uno de los productos terminales de la peroxidación lipídica, disminuyeron considerablemente luego de la suplementación de la dieta con espirulina. La actividad de la superóxido dismutasa sanguínea (SOD), un poderoso antioxidante que además es efectivo en los procesos inflamatorios, aumentó en forma significativa luego de la ingesta regular de espirulina. Los niveles en sangre de glutatión peroxidasa, una de las principales enzimas antioxidantes del citoplasma de

células vivas, aumentaron en forma considerable luego del consumo en la dieta de espirulina. La concentración de la enzima lactato deshidrogenasa, responsable de la remoción de lactato producido luego del rápido consumo anaeróbico de glucosa debido a la contracción muscular, disminuyó considerablemente en las personas que utilizan espirulina en su dieta (Lu et al., 2006).

Estos resultados sugieren que el consumo de espirulina previene el daño en el músculo esquelético y a su vez retrasa el tiempo de agotamiento durante el ejercicio físico (Puggina et al., 2004).

Las ventajas del consumo de espirulina en los deportistas y en los estudiantes han sido poco estudiadas. Sin embargo, hay un amplio horizonte hacia el cual los investigadores deben mirar, ya que un alimento natural como la espirulina evita los efectos secundarios y la dependencia que presentan la mayoría de los productos consumidos en la actualidad por los atletas y por los estudiantes para aumentar su rendimiento.

3.1.2 Provenientes de estudios biomédicos realizados en los últimos años (Karkos, Leong, Karkos CD, Sivaji, Assimakopoulos 2008).

Los radicales de oxígeno se consideran altamente responsables en los cambios producidos por el envejecimiento (Barja, 2004), el cual eleva diversos indicadores de estrés oxidativo en varias regiones del cerebro (Goyarzu, Malin, Lau, Tagliatela, Moon 2004). Se ha sugerido que los antioxidantes atenúan cambios neuroquímicos durante el envejecimiento (2004). La espirulina es uno de los alimentos con mayor actividad antioxidante (Romay, Remírez, González 2001), (Romay, González, Ledón, Remírez, Rimbau 2003). Es fuente rica en diversos nutrimentos indispensables, por lo que su principal uso es como suplemento alimenticio (Belay, 2002); sin embargo en los últimos años se le han atribuido diversas propiedades farmacológicas (Chamorro, Salazar, Gómez, Pereira dos Santos, Ceballos 2002): estimula el sistema inmunológico (Romay et al., 2003), lo que lleva a la inhibición del desarrollo del cáncer y de la infección viral (Hirahashi, Matsumoto, Hazeki, Saeki, Ui 2002), disminuye los niveles aumentados de lípidos en pacientes con síndrome nefrótico hiperlipidémico (Samuels, Mani, Iyer, Neyac 2002), reduce la peroxidación lipídica inducida por tetracloruro de carbono y en modelos

experimentales de inflamación ejerció efectos antiinflamatorios reduciendo el edema y la liberación de histamina (Romay et al., 2001).

La espirulina contiene fitoquímicos como los ácidos fenólicos, los tocoferoles y el betacaroteno (Ann, 2004), los cuales son conocidos por sus propiedades antioxidantes (Miranda, Cintra, Barros, Manzini-Filho 1998) y ejercen cierto tipo de efectos contra algunas patologías como el cáncer y el envejecimiento celular (Ann, 2004). La ficocianina, otro de los fitoquímicos presentes en la microalga, es una biliproteína que se extrae de las algas verdeazules como la espirulina, y posee una estructura muy similar a la de la bilirrubina (Romay et al., 2003). La ficocianina es un reconocido antioxidante endógeno (Romay et al., 2001), además posee efectos antiinflamatorios, neuro y hepatoprotectores (Tórres-Durán et al., 1998), los cuales están íntimamente relacionados con su actividad antioxidante ya que es capaz de remover radicales alcoxílicos, peroxílicos e hidroxílicos y de reaccionar con peroxinitrito e hipoclorito (Romay et al., 2003). Todo lo anterior puede deberse a las propiedades de la ficocianina de atrapar especies reactivas de oxígeno (2003), que al exceder la capacidad antioxidante de la célula, pueden ocasionar daños en lípidos, proteínas y ADN (Miyamoto, Koh, Park, Fujiwara, Sakiyama 2003). Los antioxidantes y las dietas ricas en alimentos con una alta capacidad de absorción de radicales libres de oxígeno revierten el envejecimiento relacionado con la disminución de la función de receptores cerebelosos beta-adrenérgicos (Gemma, Mesches, Sepesi, Choo, Holmes 2002). El cerebro humano es un órgano complejo que funciona a partir de sustancias presentes en la dieta, como los aminoácidos indispensables que se usan en la producción de neurotransmisores y neuromoduladores, y como los ácidos grasos omega-3 que contribuyen a una función cerebral adecuada (Bourre, 2004) ambos presentes en la espirulina (Chamorro et al., 2002).

El Dr. Germán Chamorro (2002), del Instituto Politécnico Nacional, publicó una investigación en la que recopila catorce efectos terapéuticos de la espirulina, entre los que destacan los siguientes: antialérgico, antianémico, anticoagulante, antihepatotóxico, antiinflamatorio, antiparasitario, antiviral, cardiovascular, hipoglicemiante, hipolipidémico e inmunoestimulante. En la tabla 6 se describen brevemente estas propiedades terapéuticas de la espirulina, que han sido estudiadas en la literatura biomédica:

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

Tabla 6: Propiedades terapéuticas de la espirulina.

EFEECTO.	MODELO.	RESUMEN DE RESULTADOS.
1.- Antialérgico.	Rata.	La inoculación intraperitoneal inhibió varios tipos de reacciones alérgicas. In vitro previno la producción de tNF alfa por macrófagos peritoneales. Resultados similares se obtuvieron con la proveniente de otra fuente.
2.- Antianémico.	Rata.	Sola o en combinación con gluten de trigo, aumentó el contenido de hierro y hemoglobina durante la primera semana de la gestación y en la lactación.
3.- Anticancerígeno.	Células. Ratón.	Siete administraciones intravenosas de 100µg de Ca-SP cada una, obtenido del alga, causaron marcada disminución de tumor pulmonar colonizado con células B16-B6. Redujo el citocromo P450 hepático, inducción de la glutathion-S-transferasa hepática; sin embargo, la actividad de la glutathion-S-transferasa extrahepática, no presentó cambios. Aumentó el tiempo de supervivencia de ratones BALB/c inoculados con el linfosarcoma L517BY.
4.- Anticoagulante.	Cofactor heparina. Fibroblastos.	Un polisacárido aislado del alga aumentó en más de mil veces la actividad antitrombina del cofactor II de la heparina. El mismo polisacárido incrementó la producción de activador del plasminógeno, en una línea celular de fibroblastos humanos.
5.- Antigenotóxico.	Células.	Extractos acuosos y orgánicos inhibieron la frecuencia de micronúcleos en células meióticas de <i>Tradescantia</i> , inducida por la hidrazida maleico.
6.- Antihepatotóxico.	Rata.	La <i>Spirulina</i> , el extracto oleoso y la fracción del alga exenta de grasa previnieron el hígado graso inducido por tetracloruro de carbono. La ficocianina proveniente del alga protegió contra la hepatotoxicidad producida por tetracloruro de carbono y pulegona.
7.- Antiinflamatorio.	Ratón. Ratón y rata. Ratón. Rata.	La ficocianina, obtenida de <i>Spirulina</i> redujo la inflamación producida por peróxido. La ficocianina, obtenida de la cianobacteria mostró actividad antiinflamatoria en cinco modelos experimentales. Extractos de ficocianina obtenidos de <i>Spirulina</i> inhibieron el edema en oído y las concentraciones de LTB ₄ inducidos por ácido araquidónico. La ficocianina, obtenida de <i>Spirulina</i> redujo la actividad de la mieloperoxidasa e inhibió la infiltración celular inflamatoria y el daño en colon.
8.- Antiparasitario.	Ratón.	En ratones inoculados con <i>Plasmodium chabaudi</i> no se observó efectos en la parasitemia pero tampoco desarrollaron recrudescencia.
9.- Antitóxico.	Rata.	Redujo la toxicidad del plomo sobre testículos, peso corporal y diámetro tubular.
10.- Antiviral.	Células humanas. Virus.	Un extracto acuoso inhibió en 50% la producción de HIV-1 en líneas de células humanas, células mononucleares y células de Langerhans. El Ca-Spirulan inhibió la replicación de HIV-1 y HSV-1 en líneas de células humanas. El reemplazo del ion Ca por iones de Na y K en la molécula de Ca-SP, conservó su actividad antiviral.
11.- Cardiovascular.	Anillos aórticos.	Administrada durante dos semanas al 5% en la dieta, mostró efectos sobre las respuestas vasomotoras dependientes del endotelio en anillos de aorta. Administrada durante seis semanas al 5% en la dieta, previno los efectos vasomotores de una dieta rica en fructosa(60%) en anillos de aorta de rata. El extracto alcohólico aumento la síntesis de NO por el endotelio y de un prostanoide vasoconstrictor por células no endoteliales.
12.- Hipoglicemiante.	Rata.	El extracto metanólico causó disminución del área bajo la curva de glucosa en animales diabéticos, sugiriendo efecto hipoglicemiante. Sin embargo, el extracto diclorometanólico produjo efecto hiperglicemiante en normales y diabéticos, mostrando la existencia de principios antagónicos en el alga.
13.- Hipolipidémico.	Rata.	Disminución del colesterol hepático incrementado por el tetracloruro de carbono.
14.- Inmunoestimulante.	Ratón. Pollo. Gatos.	La incorporación a la dieta de ratones normales mejoró las respuestas de anticuerpos a eritrocitos de carnero. La administración simultánea oral con un antígeno, incrementó la respuesta de IgA en intestino. La administración de un extracto a cultivos de macrófagos peritoneales de pollo aumentó su capacidad fagocítica. La incorporación a la dieta de pollos, mejoró su respuesta secundaria de anticuerpos anti-eritrocitos de carnero, la respuesta mitogénica a PHA, la actividad fagocítica de macrófagos y la actividad NK. La adición de extracto a cultivos de macrófagos de gato aumentó su capacidad fagocítica.

“La naturaleza es esta fuerza fatal que dirige todo lo que se puede percibir, desde la brizna de hierba hasta el Sol, es la misteriosa potencia contra la que el hombre esta en lucha continuamente” (Raynaud, 1971, p. 602).¹⁷

CAPÍTULO IV

MEDIO AMBIENTE Y ESPIRULINA

4.1 La importancia de la alimentación ecológica ante la situación climática y demográfica que vive nuestro planeta.

El deseo de una parte de la sociedad de vivir en armonía con la naturaleza, en lugar de degradarla, transformó el concepto, en un principio algo esotérico de la ecología, en una palabra familiar y estimuló un gran interés por esta rama de la biología. El término ecología deriva de las palabras griegas *oikos* (casa o morada) y *logos* (estudio o tratado). Así, la ecología es el estudio del hogar, o, según su definición contemporánea, la ciencia que explora las interrelaciones entre los organismos y su ambiente vivo (biótico) y no vivo (abiótico). El naturalista alemán Ernst Haeckel fue el primero que, en 1866, definió y utilizó en este sentido el término ecología (Ricklefs, 1996).

Toda la humanidad vive en un mismo planeta: la Tierra. Los seres humanos formamos parte de ella, por lo tanto, cualquier cosa que le ocurra a ella, repercutirá sobre nosotros. No hay nada de extraño cuando se compara la Tierra a un Ser viviente; la cuestión de la forma no tiene importancia, porque es el hombre el que adolece de una deformación de espíritu, la cual le hace ver a todo ser viviente a su imagen (Raynaud, 1971).

La ecología y el impacto de la actividad humana en el planeta han alcanzado una enorme trascendencia en los últimos años. El creciente interés del hombre por el ambiente en el que vive se debe fundamentalmente a la toma de consciencia sobre los problemas que afectan al planeta y exigen una pronta solución. Los seres vivos están en permanente contacto entre sí y con el ambiente físico en el que viven. Ni los problemas que trata la ecología son nuevos ni la ecología es sólo una moda pasajera. Conviene analizar algunos puntos importantes, los cuales tienen que ver con los efectos de la alimentación en la ecología:

¹⁷ Dr. Serge Raynaud de la Ferrière, Filósofo y pintor francés del siglo XX.

- Producir un sólo kilo de carne supone utilizar una extensión de terreno que, empleada en la obtención de vegetales, produciría muchísimo más alimento y de una calidad superior. Enormes extensiones del Amazonas son expoliadas diariamente en favor de la ganadería para el consumo humano.
- Producir ese mismo kilo de carne implica el gasto de cientos de litros de agua, en un momento en el cual el agua supone uno de los bienes más preciados, dada la escasez cada vez más frecuente del líquido elemento.
- Casi un 40% de la cosecha mundial de cereales se destina a la alimentación de animales.
- “Para producir un kilo de carne se necesitan siete kilos de granos” (Fernández-Rañada, 2003, p. 137).
- “Setecientos millones de seres humanos están seriamente subalimentados. Muchos más si usamos como vara de medir el estilo de vida occidental” (2003, p.135).
- Diez personas podrían ser alimentadas con el cereal que alimenta a una vaca.
- Los alimentos convencionales destruyen el ecosistema del planeta, contaminación por pesticidas, herbicidas y toxinas es una realidad que vivimos día a día.

Los puntos anteriores invitan a reflexionar acerca de que la alimentación vegetariana además de ser importante para la salud, representa una de las formas más apropiadas para cuidar el planeta y prevenir el calentamiento global debido al efecto de los gases de invernadero. Según un reciente informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el sector ganadero genera más gases de efecto invernadero –el 18 por ciento, medidos en su equivalente en dióxido de carbono (CO₂)– que el sector del transporte. También es una de las principales causas de la degradación del suelo y de los recursos hídricos (FAO, 2006).

Somos parte de la Naturaleza. La Naturaleza nos provee de los requerimientos materiales para la vida, absorbe nuestros desechos y nos da servicios para nuestro sustento como la estabilización climática, todo lo cual hace que la Tierra sea habitable para el hombre (Wackernagel, Rees 2001).

En los siguientes apartados del presente capítulo se presenta la importancia de la espirulina en el cuidado del medio ambiente.

4.2 Características ecológicas de la espirulina.

Generalmente los microorganismos no pueden tolerar valores extremos de pH. En condiciones muy alcalinas o ácidas se hidrolizan ciertos componentes microbianos o se desnaturalizan algunas enzimas. Sin embargo, hay bacterias alcalófilas (también llamadas alcalófilas) que toleran, o incluso necesitan, condiciones extremas de pH para su crecimiento (Atlas, Bartha 2002). La espirulina es una auténtica alcalófila que tolera pH alcalinos¹⁸. Esta capacidad de la espirulina de reproducirse en situaciones extremas la convierte en uno de los alimentos que menos recursos requiere para su producción. Crece en lagos salobres, con lo que no compite con otras fuentes de alimento ni las desplaza. De hecho, convierte en recurso una limitación. “Es a prueba de sequías, ya que no depende de las lluvias, y permanece estable hasta una año después de secarla” (Ortiz de Montellano, 2003, p. 132), de manera que se la puede cosechar y preparar cuando es abundante y almacenarla para las épocas de escasez (Atlas et al., 2002).

Como se mencionó en los capítulos anteriores, la espirulina es uno de los alimentos más antiguos, más nutritivos y más saludables de la Tierra, al que además se le atribuyen las siguientes características ecológicas:

- Con 60% más proteína que cualquier alimento convencional la espirulina da 20 veces más proteína por acre que los frijoles de soya y 200 veces más que la carne.
- La espirulina utiliza de cien a cuatrocientos veces menos agua que cualquier fuente de proteína convencional.
- El agua utilizada no necesariamente debe ser potable, es salobre y además es reciclada y utilizada nuevamente para producir más espirulina.
- La espirulina está considerada como una de las microalgas con mayor capacidad de producción de oxígeno (Earthrise, 2009). En este sentido es más eficiente que los árboles ya que compone 6.3 toneladas por hectárea por año, produciendo 16 toneladas de oxígeno¹⁹.

¹⁸ Aunque su pH óptimo está cercano al valor neutro.

¹⁹ Los árboles en promedio componen entre 1 a 4 toneladas de carbono por hectárea por año.

- Los cultivos de espirulina, además de ser altamente rendidores (se cultivan y se cosechan durante las cuatro estaciones del año) ahorran importantes cantidades de terreno y de agua, tal como se puede observar en las tablas 7 y 8.

Tabla 7: Área de tierra necesaria para producir un kilo de proteína (Henrikson, 1994).

Tipo de alimento	Metros cuadrados	Calidad del suelo
Espirulina	0,6	No fértil
Soya y maíz	16 a 22	Fértil
Carne de vacuno	190	Fértil

Tabla 8: Agua necesaria para producir un kilo de proteína (1994).

Tipo de alimento	Litros	Calidad del agua
Espirulina	2,100	Salobre
Soya y maíz	9,000 a 12,000	Potable y fresca
Carne de vacuno	105,000	Potable y fresca

Por último, resulta importante mencionar que el testimonio de Motolinía y Hernández acerca de la abundancia de la espirulina en la época prehispánica es verosímil, ya que, como se mencionó en el capítulo I, el rendimiento potencial de las algas es dos veces mayor que el de cualquier planta terrestre. Como se puede observar en la tabla 9 los estudios demuestran que la espirulina, en condiciones óptimas, puede dar hasta 20g/m² de peso seco, por día, de producto comestible (Ortiz de Montellano, 2003).

Tabla 9: Comparativos del rendimiento de algunos cultivos tradicionales con el de la espirulina.

Cosecha	<i>*Redimiento: ton/ha anual</i> Peso seco*	Proteína cruda
Trigo	4	0,5
Maíz	7	1
Soya	6	2,4
Espirulina	50	5

(Ciferri, 1981, P. 811).

El simple hecho de cambiar nuestra cultura alimenticia y de consumo, el seleccionar nuestros alimentos y los productos que utilizan con un criterio ecológico, de salud, de armonía con la naturaleza, tiene repercusiones ambientales regionales y globales (Cerf, Esborronda 2007).

4.1 La espirulina en la responsabilidad con el medio ambiente.

Muchos de los cambios acelerados que experimentamos actualmente en el mundo, traen un mejoramiento aparente de la calidad de vida. No obstante, esos cambios van afectando progresivamente los sistemas ecológicos de soporte de la Tierra, lo que a largo plazo va a significar un deterioro considerable en la calidad de vida. “Desde cualquier escala o perspectiva con la que pretendamos observar la superficie de la Tierra, el deterioro del medio ambiente es alarmante” (Ricklefs, 1996, p. 5).

La ecología microbiana es la ciencia que examina específicamente las relaciones entre los microorganismos y sus ambientes biótico y abiótico. El desarrollo de la ecología microbiana representó un enfoque global a la calidad ambiental que reconocía la aportación de todos los organismos vivos, incluidos los microorganismos, al mantenimiento del equilibrio ecológico. La actual popularidad de la ecología microbiana y el rápido desarrollo de este campo del conocimiento reflejan el interés público por la ecología y el reconocimiento científico del papel esencial de los microorganismos en los ecosistemas (Atlas et al., 2002).

La biomasa microbiana puede producirse no tan sólo como sustrato para la obtención de combustibles, sino que puede servir para el consumo humano y animal en forma de

alimentos. La biomasa microbiana tiene un futuro prometedor como aditivo para alimentos, ya que normalmente contiene un gran porcentaje de proteínas de elevada calidad. La dieta humana de muchos países desarrollados o en vías de desarrollo se basa esencialmente en los cereales y es pobre en proteínas en general, y en ciertos aminoácidos en particular. “Algunos microorganismos, como la espirulina, pueden transformar en proteínas y con un gran rendimiento, materiales relativamente económicos como las melazas y residuos nitrogenados” (2002, p. 610).

Las algas y las cianobacterias presentan ventajas como potenciales fuentes de proteína unicelular ya que para su producción tan sólo se requieren sol y nutrientes inorgánicos (Bennemann, Weisman, Oswald 1977). Responsables de más del 50% de la fotosíntesis del planeta, éstas son los más efectivos fijadores de bióxido de carbono del planeta, con rendimientos más de cinco veces superiores a los de los cultivos agrícolas más productivos. Además de formar uno de los grupos ecológicos más variados de la biosfera, dichos microorganismos utilizan el bióxido de carbono (gas de efecto invernadero) como fuente de carbono y lo convierten en carbono orgánico incorporándolo a su biomasa.

Como resultante del proceso fotosintético las células de la espirulina y otras microalgas excretan productos diversos tales como polímeros de naturaleza orgánica. Una opción para el aprovechamiento tanto de la biomasa como de estos productos fotosintéticos, generados mediante la fijación de bióxido de carbono, es su reutilización como fuentes de energía, al tratarse de materiales combustibles con un alto valor energético. El aprovechamiento como bio-combustible de los productos fotosintéticos supone también un reciclaje de carbono, contribuyendo a la reducción del consumo de los combustibles fósiles (Andalucía Investiga, 2006).

Además, la tecnología resultante de esta investigación podría aplicarse en industrias con importantes emisiones de bióxido de carbono, tales como centrales térmicas, fábricas de cemento y ladrillos, industria cerámica y, eventualmente, a cualquier proceso que conlleve la combustión de combustibles fósiles, como carbón, petróleo y derivados o gas natural.

Asimismo es importante mencionar la alternativa, en el futuro, del reverdecimiento de desiertos con algas microscópicas. En unos años será imposible repoblar con árboles de forma permanente extensiones grandes del planeta, si quienes viven en sus inmediaciones

están obligados a talar los bosques para sobrevivir. Para que la repoblación forestal tenga éxito, será imprescindible producir alimentos nuevos. En las zonas donde los recursos naturales se están agotando, las microalgas pueden proporcionar a los pobladores oportunidades económicas con una utilización del suelo y agua considerablemente menor que la agricultura tradicional (Henrikson, 1994).

El manejo de los recursos bióticos, en el sentido de propiciar una calidad razonable para el sustento de la vida humana, depende de principios ecológicos inteligentes, no precisamente enfocados a resolver o prevenir problemas ambientales, sino dirigidos a proporcionar la información adecuada que se requieren en la práctica y el pensamiento económico, político y social (Ricklefs, 1996).

“Es la comunicación la que modifica la sociedad, así se trate de dos personas o de una comunidad, de un gran conjunto o de un pueblo, de una tribu o de una familia.” (Ferriz, 1994, p. 23)²⁰

CAPÍTULO V

EL PROCESO DE COMUNICACIÓN DE LA ESPIRULINA

5.1 Algunas causas del desconocimiento de este alimento tan promisorio para la humanidad.

La espirulina, vendida como complemento alimenticio saludable, parece que está muy lejos de convertirse en económicamente competitiva con otros productos alimenticios. No obstante, hay que considerar un aspecto importante al evaluar el costo relativo. En efecto, si se tienen en cuenta los costos ocultos de la producción normal de alimentos, el costo real de éstos está muy por encima del precio del mercado. Poco se conoce acerca de que la espirulina puede ayudar desde el punto de vista del uso de los recursos, ya que como se comentó en el capítulo anterior, los transforma en proteína con más eficacia que los cereales y la carne producidos tradicionalmente, y conserva el suelo, el agua y el medio ambiente. El precio de la espirulina sí refleja los costos reales de producción, tal como se puede observar en el Anexo III (Henrikson, 1994, p. 145). Otro aspecto que no se toma en cuenta es que el consumo constante de espirulina mejora la salud y reduce los gastos médicos, al contrario de la dieta habitual rica en carne y productos procesados.

Además después de haber analizado las propiedades que definen a la espirulina como un superalimento, vale la pena reflexionar acerca de cuáles son las razones de su escasa difusión y publicidad. Gracias al hecho de que la mayoría de las grandes empresas farmacéuticas y alimenticias transnacionales no pueden obtener utilidades atractivas de la espirulina (al no ser patentable), los beneficios terapéuticos y nutrimentales de este alimento han permanecido en el desconocimiento por parte de los profesionales del área de la salud y el público en general. Esta situación resulta desafortunada ya que el consumo frecuente de espirulina no sólo previene diversas enfermedades, sino que además podría ser considerada como una herramienta definitiva para combatir los problemas de malnutrición y desnutrición que afectan al planeta.

²⁰ Dr. David J. Ferriz Olivares, Epistemólogo y compositor sinfónico del siglo XX.

5.2 Detalles de la situación actual y el mercado de la espirulina.

Como ya se comentó en el primer capítulo, el cierre de la empresa Sosa Texcoco afectó seriamente la disponibilidad y la accesibilidad de la espirulina en México y en otros países del mundo. A mediados de 1993 se produjeron fuertes conflictos de tipo laboral en la ex Sosa Texcoco que también afectaron el funcionamiento de la empresa Espirulina Mexicana. Anteriormente ésta ya había experimentado algunos inconvenientes técnicos debido a problemas externos relacionados con la contaminación ambiental de Ciudad de México. En septiembre de ese año comenzó una huelga global que implicó el cierre total de la planta de espirulina, que hasta ahora está paralizada, con un nivel de deterioro muy severo.

Desde 1976, una empresa japonesa se interesó seriamente en la espirulina como alimento saludable (*health-food*) y desarrolló una producción piloto, alcanzando a producir 4 toneladas con las cuales realizaron múltiples evaluaciones químicas, bioquímicas, microbiológicas y nutricionales, las que arrojaron resultados positivos que motivaron la construcción de una planta de producción de 5.000 m² con reactores cubiertos totalmente con invernaderos de vidrio. A partir de 1978 comenzaron la producción comercial colocando el producto directamente en el mercado japonés de los *health-food*, para ese año Sosa Texcoco la empresa estatal mexicana ya producía 150 toneladas, las cuales se introdujeron en Estados Unidos, Europa y Japón. Entre 1975 y 1980 el precio de la espirulina a granel en México subió de US\$5,00 a US\$12,00 por kilogramo.

Durante el final de la década de los ochenta, cuando la espirulina se había posicionado en el mercado internacional de los *health-food*, comenzó la experimentación productiva en varios países. Se desarrollaron diversas campañas publicitarias para promover el producto tanto para consumo humano como para la alimentación de animales, aves y peces ornamentales, consiguiéndose aumentar significativamente la demanda. Para 1985 el precio a granel se remontaba a un promedio de US\$17,00/Kg, estableciéndose un piso de US\$12,00/Kg para el producto mexicano y un techo de US\$22,00 para productos de origen, tailandés, taiwanés y de California.

Para 1996 el precio promedio alcanzaba los US\$25,00/Kg, estableciéndose una banda en cuyo piso continuaba la espirulina de México (que quedó almacenada en las bodegas de

Sosa Texcoco) con US\$17,00/Kg y un techo de US\$33,00/Kg para productos norteamericanos (California y Hawaii). En algunos casos estos precios llegaban a los US\$40,00/Kg cuando se vendían cantidades inferiores a 5 toneladas. Esta figura de precios se mantuvo hasta 1998.

Durante 1999 se dejó sentir la ausencia del principal productor del mundo²¹ en el mercado internacional, el cual además mantenía el piso de la oferta. El precio promedio subió a los US\$35,00/Kg, provocándose un "desabastecimiento" en el mercado europeo y norteamericano, lo cual hizo subir los precios y se solicitó espirulina a todo aquel que pudiera producir.

En el año 2000, el precio de la espirulina a granel se remontó especulativamente a niveles de US\$60,00/Kg en el mercado europeo, y valores levemente inferiores en el norteamericano. Estos precios y la creciente demanda motivaron que todos los productores se pusieran en campaña para aumentar su capacidad de producción. Las inversiones más importantes se desarrollaron en California y Hawaii, donde la Earthrise Farms Co. invirtió alrededor de US\$23 millones y Cyanotech Corp. US\$25 millones en sus respectivas expansiones de capacidad productiva.

Otras importantes inversiones se realizaron durante 1995 en India y la República Popular China. Durante 2001 las expansiones en la capacidad productiva y las nuevas plantas de India y China se hicieron notar con un fuerte aumento en la oferta y durante el último trimestre de ese año comienza la oferta a bajo precio de la espirulina china e hindú, haciendo caer los precios a niveles de US\$15,00/Kg como promedio, existiendo un piso de US\$12,50 y un techo de US\$17,50 por Kg de producto a granel como oferta sobre 1 tonelada.

Paralelamente en México, ante la escasez creciente de espirulina a finales de los noventa, un grupo de investigadores mexicanos provenientes de diversas áreas del conocimiento, entre las que destacan medicina, biología, nutrición, odontología, ingeniería bioquímica, psicología, economía y filosofía, se reunieron por primera vez. La visión multidisciplinaria del grupo logró tener una comunicación estrecha y efectiva gracias a sus motivaciones comunes de rescatar los usos y costumbres de la alimentación ancestral,

²¹ La empresa Espirulina Mexicana de Sosa Texcoco.

a través de la reincorporación, en la alimentación humana, del alimento más completo de la Tierra: la espirulina (Honorable Cámara de Diputados, 2004).

La pregunta crucial era dónde producir espirulina de la más alta calidad. Comenzaron en Texcoco cerca de los terrenos que pertenecían a la empresa Sosa Texcoco. Apoyados por académicos de la UNAM y de la UAM se percataron de las limitaciones de producir en Texcoco. El crecimiento desmedido de la mancha urbana y la consecuente contaminación del lago de Texcoco frenaron sus sueños y expectativas de rescatar la producción mexicana (2004).

La tenacidad de este grupo se mantuvo a pesar de la falta de resultados obtenidos en Texcoco y se fue consolidando gracias a su estilo de vida disciplinado para mantener la congruencia que debe haber entre la alimentación y la salud, característica fundamental de la espirulina. Esto los mantuvo ocupados en la investigación acerca de los múltiples beneficios de la microalga en la salud humana (2004). Un buen día un artículo (Navarro, 2003, p. A25), publicado en las primeras planas de los principales diarios mexicanos, que hablaba acerca del desierto de Atacama²², ubicado al norte de Chile, llevó a este grupo a incursionar en tierras chilenas para rescatar el cultivo y la cosecha de espirulina de alta calidad.

Todos los esfuerzos realizados previamente en Texcoco, fueron retomados y se enfocaron en producir a gran escala *A maxima*. En Mayo de 2004, comenzaron con las reparaciones, labores de limpieza, modificaciones y optimización de la planta de producción de espirulina. Los trabajos se extendieron hasta noviembre de ese mismo año, mes en el cual se obtuvieron las primeras cosechas.

Dentro de las optimizaciones productivas lograron concretar la colocación de invernaderos sobre los reactores de cultivo, a fin de maximizar y estandarizar la productividad.

Es así que esta empresa ha ido ganando espacio en el exigente mercado europeo y poco a poco se posiciona como una de las más serias y confiables que comercializa espirulina de

²² El desierto de Atacama es uno de los lugares más parecidos de la Tierra al planeta Marte. En este desierto se llevan a cabo estudios cuyo objetivo, a largo plazo, es colonizar, a través de microalgas la superficie marciana para generar vida.

buena calidad. Hoy, a través de la incursión en el mercado de México, Chile, Estados Unidos y Canadá, se han visto materializados aquellos sueños que les permitieron nacer.

5.3 La promoción de sus beneficios en la actualidad.

En su difusión, la espirulina ha sido definida como un suplemento o complemento nutricional para el consumo humano y animal. Una de las características que la clasifica como tal, es el alto contenido y la calidad de sus proteínas (60 a 70% de su peso seco), además de una interesante presencia de vitaminas y minerales biodisponibles.

No obstante, la espirulina es un alimento que va más allá de ser vista como un suplemento alimenticio más. La investigación acerca de sus múltiples propiedades motiva a una promoción más amplia y ambiciosa, que lejos de encasillarla, permita darla a conocer de forma integral.

Los siguientes puntos, entre otros, destacan y deben ser explotados en la promoción de la microalga:

- Con fines educativos en programas nutricionales para el control del exceso de peso y la obesidad y para evitar el consumo masivo de *alimentos chatarra*. Así como para el tratamiento de problemas de la alimentación como la anorexia y la bulimia.
- Con fines ecológicos al ser uno de los alimentos de mayor rendimiento en su producción y que menos recursos naturales utiliza.
- Con fines sociales promoviendo sus propiedades para erradicar la desnutrición y al mismo tiempo para incentivar los hábitos alimenticios y estilos de vida sanos.
- Con fines de salud pública. La investigación clínica ha demostrado una serie de propiedades terapéuticas de la espirulina, lo cual lleva a recomendar el consumo sistemático de este producto en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, de la anemia, la hipercolesterolemia, arteriosclerosis y diabetes, así como en el tratamiento de largo plazo en pacientes que han sufrido exposición a la radioactividad, infecciones a la piel y estrés premenstrual. Además de lo anterior, se le reconoce como un agente útil en el tratamiento de cáncer y SIDA debido a su excelente propiedad de fortalecer el sistema inmunológico.
- Con fines industriales para el desarrollo tecnológico. Otros usos actuales de la

espirulina son: la extracción de pigmentos, la extracción de enzimas de restricción usadas en ingeniería genética, la obtención de ciertos productos farmacéuticos naturales y como alimento con propiedades nutracéuticas²³.

- Con fines cosméticos, existen líneas de productos de belleza que incluyen a esta alga y/o sus extractos en la composición de fórmulas especializadas para la piel.

De acuerdo a los puntos anteriores se recomienda que más que difundir a la espirulina como suplemento o complemento nutricional, ésta debe ser dada a conocer como un alimento natural²⁴, quizá el más completo de la Tierra.

5.4 Puntos a considerar sobre una estrategia de comunicación para la espirulina.

5.4.1 Color, aroma y sabor de la espirulina.

Las siguientes características de la espirulina, además de las que han sido descritas en los capítulos anteriores, son especialmente importantes al diseñar una campaña de comunicación para la microalga:

El producto es un polvo fino de color verde azulado oscuro e intenso, secado por atomización, la densidad media es de 0,5 g/cc y el tamaño de partícula varía entre 10 y 90 micrones. Su color verde azulado se debe a la concentración de pigmentos en la microalga. Contiene ficocianina (azul), carotenos (naranja) y clorofila (verde). La mezcla de estos tres pigmentos le da una tonalidad intensa a la espirulina, que domina el tono de cualquier alimento con el que se combine.

Su aroma proviene de la mezcla de aminoácidos que contienen azufre y nitrógeno con la cianocobalamina (vitamina B12). Esto le da un olor suigéneris que recuerda a vegetales marinos.

El sabor de la espirulina es neutro con un ligero matiz amargo-salado. Proviene de la alta concentración de sales presentes en el cultivo donde crece la microalga. Al ser cosechada la mayoría de las granjas productoras de espirulina la someten a un lavado especial con agua fresca. Al mezclarse con otros alimentos como jugos y licuados de frutas este sabor casi no se percibe.

²³ Nutracéutico se refiere a las propiedades terapéuticas de los nutrientes contenidos en ciertos alimentos.

²⁴ Por alimento natural me refiero a aquellos alimentos que después de haber sido cosechados pueden ser consumidos directamente por el ser humano, en el sentido de que han sido procesados lo menos posible.

Por otro lado, el alto contenido de ácidos grasos esenciales en la espirulina ocasiona que el polvo no se pueda mezclar tan fácilmente con líquidos. Se recomienda no utilizar cucharas para disolver el polvo, sino recurrir a los vasos agitadores o la licuadora, con lo que se obtiene una mezcla homogénea.

Actualmente los seres humanos, influidos por la publicidad masiva de alimentos, estamos acostumbrados a excesos en el azúcar, la sal, el picante y los condimentos. En la industria de los alimentos predomina el uso de colorantes y saborizantes artificiales que se agregan para llamar la atención del consumidor. Esto nos ha convertido en esclavos de los sabores, las texturas y los colores de los alimentos. Sólo comemos lo que nos brinda placer momentáneo entre la lengua y el paladar, sin importarnos los efectos en nuestra salud.

La comunicación de la información anterior es indispensable. El conocimiento de las causas de las características de los alimentos nos ayuda a entender el porqué de la naturaleza de sus colores, aromas y sabores. El *sabor agradable* de un alimento es relativo y subjetivo y está relacionado con la cultura y con nuestros hábitos de alimentación. Nuestras papilas gustativas deben ser educadas para evitar las dependencias a estos factores en la alimentación diaria.

Si la comunicación toma en cuenta los puntos anteriores y además es clara y precisa, al permitir que el consumidor conozca las razones mencionadas anteriormente, va a ser más fácil popularizar el consumo de espirulina. Al comunicar la espirulina al público que no la conoce es importante destacar; en cuanto a su aroma, sabor y color; que huele a concentrado de nutrimentos, que sabe a lo que le pongas y que es del color del bosque más intenso.

5.4.2 Formas y maneras de consumo.

La espirulina puede ser consumida por personas de cualquier edad, sin distinción de sexo ni actividad. Es recomendable para bebés desde el momento que termina la lactancia, mujeres embarazadas, niños y jóvenes, deportistas y adultos mayores.

Se recomienda mezclar espirulina con alimentos frescos y naturales para enriquecer su valor nutrimental.

La ración diaria recomendada de espirulina para un adulto mayor es de 5g, equivalente a una cucharada sopera de polvo. Para un niño es la mitad y para los bebés 1g es suficiente.

Si al consumir espirulina la persona percibe un sabor demasiado fuerte, algunos productores, recomiendan seguir los siguientes pasos y continuar con el consumo:

En la primera semana consumir un tercio de la ración, en la segunda aumentar a dos tercios y así en la tercera semana consumir la ración completa. De esta manera las papilas gustativas se van acostumbrando poco a poco al nutritivo sabor de la espirulina.

En el Anexo IV se presenta un recetario (Spirulina Solarium, 2008) con consejos prácticos y fáciles de preparar.

5.5 Propuesta de campaña de comunicación con fines educativos para dar a conocer a la espirulina en la sociedad mexicana.

Como resultado se proponen las directrices para realizar una campaña de difusión, enfocada a divulgar los conocimientos nutrimentales, médicos, ecológicos e históricos acerca de la espirulina.

En primer lugar la campaña debe tomar en cuenta los siguientes puntos, que permiten tener una visión general acerca de los estilos de vida de los habitantes promedio de la ciudad de México:

- La elección de qué alimentos se deben consumir se basa principalmente en el placer que estos puedan producir en cuanto a su sabor, aroma y apariencia. Sin duda estas características son importantes en la alimentación. Sin embargo, las tres son características subjetivas y relativas que dependen de la cultura y de los usos y costumbres de la alimentación. Cualquier alimento, a pesar de su sabor, aroma y apariencia puede gustar o no. Esto no depende del alimento, sino de lo que se aprende y de la cultura. No es conveniente dejar que los alimentos sean los que decidan si los comemos o no. Más bien es el conocimiento que se tenga acerca del alimento el que debe regir en la decisión. En el caso de la espirulina si se sabe el porqué de sus características y los efectos de éstas en la salud humana; qué hay detrás de ese tono verde azulado intenso y de su aroma concentrado, entonces al consumirla se aprende a disfrutar de ella. Al ciudadano promedio le llama la atención únicamente lo que tenga colores y sabores que para él son atractivos. Por ejemplo, le atrae el sabor dulce o picante pero, no necesariamente sabe qué ingredientes se

utilizaron en la industria para generar estas características y sus efectos en la salud. Para popularizar la espirulina se debe informar con detalle el porqué de sus características.

- La publicidad desmedida de alimentos es la que rige los hábitos alimenticios de la población. Ésta se basa principalmente en atraer la atención del consumidor a través de empaques llamativos y una imagen diseñada para atrapar los sentidos. Se podría intentar la misma estrategia con la espirulina y tal vez se logren ventas atractivas. Sin embargo, la publicidad de la espirulina debe aprovechar, ante todo, la información acerca de sus propiedades: es altamente nutritiva, se han reportado múltiples beneficios para la salud, su cultivo y cosecha fomentan el cuidado de los recursos naturales y del medio ambiente; y además resulta interesante difundir el hecho de que ha sido consumida en el México antiguo. Por esto no se recomienda, para la espirulina, una campaña de anuncios de radio o televisión, sino más bien una campaña de divulgación a través de entrevistas, cápsulas informativas, reportajes y documentales. El resultado no va a ser el mismo. Las campañas de anuncios están hechas para tener respuestas a corto plazo y aumentar en forma rápida las ventas (se pone de moda el producto y las personas lo compran incluso sin saber por qué). Mientras que la publicidad a través de la información no está enfocada a aumentar las ventas, sino a brindar información y la respuesta que se obtiene se verá reflejada en un plazo más largo.

Es cierto que los dos puntos anteriores pueden servir para comunicar cualquier alimento. Sin embargo, resultan de especial trascendencia para la espirulina, por sus características y por la riqueza en información que se tiene de ella.

Lineamientos para aprovechar y resaltar las propiedades de la espirulina en su comunicación:

a. Históricos

Es uno de los alimentos más antiguos de la Tierra.

Su presencia en la Tierra es anterior a la de cualquier vegetal o animal que conocemos.

Es un alimento ancestral de México que ha sido consumido especialmente por lo aztecas.

La dieta de los aztecas, enriquecida con espirulina y de acuerdo a las referencias de la época, era completa y balanceada.

Fue considerada como un alimento importante en la dieta de Mesoamérica.

México fue el país que la dio a conocer al mundo.

La espirulina, aunque se usó en la antigüedad, es una nueva fuente de nutrición, cuyo uso va en aumento en el extenso y confuso campo de la alimentación que ha abierto la civilización industrial.

b. Nutrimientales

Contiene una gran variedad de nutrimentos que va desde vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales, aminoácidos, hidratos de carbono, ácidos nucleicos, antioxidantes, hasta diversos tipos de pigmentos y fito-químicos de valor significativo para la nutrición y la salud del ser humano.

No contiene azúcares refinados, grasas saturadas, ni colesterol.

Es una fuente rica en proteínas de alta digestibilidad, contiene altos niveles de las vitaminas del complejo B y es un alimento rico en mucopolisacáridos.

En la espirulina encontramos cerca del 95% de los nutrimentos considerados indispensables en la nutrición humana, lo que la convierte en un alimento ideal para el ser humano.

Para muchos gobiernos, es la llave para resolver la desnutrición y la malnutrición global que afecta al mundo.

La seguridad de la espirulina como alimento ha sido demostrada científicamente para consumo humano y animal en diversos estudios.

No sólo contiene cantidades importantes de proteína, lípidos e hidratos de carbono, sino que además estos macronutrimentos son de alta calidad para el ser humano: la proteína es completa por contener todos los aminoácidos indispensables y de fácil digestibilidad

debido a que sus enlaces peptídicos forman cadenas cortas, sus grasas son principalmente mono y polinsaturadas y sus hidratos de carbono son complejos y de bajo índice glucémico²⁵.

Es considerada como la fuente natural más rica en tocoferoles, además contiene todo el complejo B y betacaroteno como precursor de vitamina A.

Contiene un surtido extenso de minerales y oligoelementos, como el calcio, magnesio, fósforo, potasio, sodio, hierro, zinc, selenio, molibdeno y cromo, entre otros.

Es el alimento natural con mayor capacidad antioxidante.

La espirulina es un alimento natural, concentrado, compacto y ligero.

Es el alimento natural más parecido, en cantidad y calidad de nutrimentos, a la leche materna.

La biodisponibilidad de los nutrimentos provenientes de alimentos naturales como la espirulina supera la de los suplementos alimenticios que producen los laboratorios en el mundo. El consumo frecuente de espirulina nos permite dejar de consumir la mayoría de los suplementos alimenticios. La naturaleza la privilegió con casi todos los nutrimentos.

Se recomienda consultar la tabla 4 que se encuentra en el capítulo II del presente trabajo.

c. Biomédicos

La deficiencia de hierro en nuestros días es uno de los problemas de nutrición más importantes en el mundo. Por su alto contenido de este mineral, además de la vitamina B 12, el ácido fólico y la proteína, la espirulina se recomienda para todas aquellas personas que padecen anemia.

La espirulina ayuda en la prevención y en el tratamiento de diversas enfermedades. Especialmente se recomienda para la prevención de las enfermedades cardiovasculares, ya que se le han reconocido efectos para bajar los niveles sanguíneos de azúcar, colesterol y triglicéridos.

Por su alto contenido de nutrimentos fortalece el sistema inmunológico, por lo que es un alimento recomendado para bebés y niños, así como para coadyuvar en el tratamiento de enfermedades como el cáncer y el síndrome de inmunodeficiencia adquirida.

Contribuye a prevenir el estrés y promueve la relajación en el Sistema Nervioso Central.

²⁵ Se refiere a que no sobrecarga la actividad del páncreas al no disparar los niveles de azúcar en sangre.

La espirulina es un alimento alcalino que tiene un efecto antiácido natural en el cuerpo y así previene diversas enfermedades que proliferan con la acidez, además favorece a la proliferación de la flora intestinal.

Para todas aquellas personas que se encuentran tomando medicamentos, la espirulina posee efectos hepatoprotectores y antinefrotóxicos, es decir, protege la regeneración del hígado y de los riñones. Todos los medicamentos tienen efectos secundarios que principalmente afectan a estos órganos. El consumo frecuente de espirulina fortalece su regeneración.

Aporta a la piel todos los componentes necesarios lo que se traduce en un efecto revitalizante del tejido epitelial.

En el deporte se ha probado que el consumo de 5g de espirulina (una cucharada o 10 tabletas), provee suficiente energía para realizar un trabajo extenuante de 90 minutos. Los polisacáridos contenidos en la espirulina se han estudiado, en cuanto a su capacidad, como moléculas bioactivas que retardan el cansancio y prolongan la resistencia física.

Los antioxidantes y las dietas ricas en alimentos como la espirulina, con una alta capacidad de absorción de radicales libres de oxígeno, revierten el envejecimiento celular.

Se recomienda consultar la tabla 6 que se encuentra en el capítulo III del presente trabajo.

d. Medioambientales

La capacidad de la espirulina de reproducirse en situaciones extremas la convierte en uno de los alimentos que menos recursos requiere para su producción.

Crece en lagos salobres, con lo que no compite con otras fuentes de alimento ni las desplaza. De hecho, convierte en recurso una limitación.

Es a prueba de sequías, ya que no depende de las lluvias, y permanece estable hasta una año después de secarla, de manera que se la puede cosechar y preparar cuando es abundante y almacenarla para las épocas de escasez.

La espirulina da 20 veces más proteína por acre que los frijoles de soya y 200 veces más que la carne.

Utiliza de 100 a 400 veces menos agua, en su cultivo y cosecha, que cualquier fuente de proteína convencional. Además el agua utilizada no necesariamente debe ser potable, es salobre y además es reciclada y utilizada nuevamente para producir más espirulina.

La espirulina está considerada como una de las microalgas con mayor capacidad de producción de oxígeno cuando se compara con otros vegetales.

Los cultivos de espirulina, además de ser altamente rendidores (se cultivan y se cosechan durante las cuatro estaciones del año) ahorran importantes cantidades de terreno y de agua. Se recomienda consultar las tablas 7 y 8 que aparecen en el capítulo IV.

Por último, se expone el formato de un programa para radio o televisión:

Nombre del programa:

“Espirulina, el alimento más antiguo del futuro”

Sus perspectivas en la nutrición, en la salud y en el medio ambiente.

Se propone este nombre para el programa ya que permite tener una visión integral de la alimentación desde una perspectiva que actualmente se ha perdido y que consiste en establecer las relaciones y las implicaciones de la alimentación con el medio ambiente, la nutrición, la salud y la historia de los alimentos en nuestro país.

Formato del programa de radio:

1. Cápsulas informativas: Se propone lanzar de una a tres cápsulas diarias, con una duración de 60 a 90 segundos cada una, en la que se aborde la temática en cuestión.
2. Entrevistas a especialistas: Se propone entrevistar a especialistas en el tema, tanto de la UNAM como de otras instituciones de prestigio. Las entrevistas tendrán una duración de 3-5 minutos cada una y se lanzará una por día.
3. Participación en vivo en programas de radio y televisión que manejan temas de actualidad. Los cuales estarían muy interesados en brindarnos unos minutos para difundir un tema tan relevante en nuestros días.

Este formato permite tener materiales variados y listos para ser difundidos a través de las estaciones de radio de la UNAM, así como a través de otras estaciones y canales culturales y comerciales. Es un formato de alto impacto.

Auditorio o público al que va dirigido:

Público en general, pero principalmente estudiantes universitarios, amas de casa, deportistas, intelectuales y ejecutivos.

Los públicos antes mencionados influyen e impactan, en la actualidad, de manera importante en las decisiones alimentarias de las familias. Por lo tanto se pretende que las cápsulas y las entrevistas aparezcan al aire en durante la mañana o al anochecer, que es cuando un mayor número de personas con este perfil escuchan la radio o la televisión.

En el anexo V se presentan ejemplos de guiones de radio producidos para difundir la espirulina.

Formato para las entrevistas en televisión:

Participan los siguientes actores:

Un conductor, un divulgador de la ciencia y tres investigadores en diferentes áreas (nutrición, ciencias biomédicas y ecología).

1. El conductor hace una introducción del tema en cuestión, menciona de qué se va a hablar.
2. El conductor entrevista al divulgador quien explica la importancia de dar a conocer el tema al público en general, a través de definir los conceptos fundamentales. ¿Qué es la espirulina? ¿Cuál es su origen en la historia de México? ¿De dónde proviene y como se obtiene esta microalga?
3. A su vez el divulgador entrevista al primero de los investigadores acerca de las propiedades nutrimentales de la espirulina. Se explica la calidad y la cantidad de los nutrimentos presentes en la microalga así como su biodisponibilidad en el ser humano.
4. El mismo divulgador continúa entrevistando al segundo investigador acerca de las propiedades terapéuticas de la espirulina. ¿Cuáles son los beneficios de la microalga en la salud humana? ¿Qué temas están siendo investigados actualmente en la Facultad de Medicina de la UNAM y en otras instituciones del país?
5. Por último el divulgador entra en contacto con el tercer investigador quien presenta las propiedades ecológicas de la espirulina. ¿Cuáles son los alimentos que más impactan en la ecología de nuestro planeta? ¿Cuáles son las

- características que hacen de la espirulina un alimento ecológico tan importante para el futuro de la humanidad?
6. Para el cierre, el conductor presenta imágenes acerca de las formas y las maneras de consumir espirulina. ¿Cuáles son las combinaciones más adecuadas? ¿Cómo se debe mezclar? ¿Cuál es la ración diaria de espirulina recomendada para los niños y cuál para los adultos?
 7. Se invita al público a evitar la comida chatarra y los alimentos procesados. A preferir lo natural. A consumir cereales frutas y verduras y a tener en la despensa de su casa espirulina, el alimento más antiguo del futuro.

CONCLUSIONES

Después de la llegada de los españoles a Mesoamérica, los usos y costumbres del consumo popular de espirulina se fueron perdiendo. Aunque la causa de su desuso permanece incierta, entre las razones principales se encuentran las siguientes:

1. A pesar de que el tecuitlatl era un alimento agradable al paladar de los nativos del centro de México y que gustaba a la mayoría de los españoles que lo consumieron, estos últimos, por razones ajenas a la espirulina, desecaron los grandes lagos del valle de México para establecerse en los terrenos conquistados.
2. La disminución notable en el consumo de la microalga puede deberse a que se dejó de cosechar de la superficie del lago de Texcoco. Con el paso del tiempo, las nuevas generaciones ya no la conocen.
3. Permanece la hipótesis entre los pobladores del lago de Texcoco acerca de que el tecuitlatl era un alimento sagrado, del cual los guerreros obtenían ciertos poderes y una fuerza especial. Al cuestionarlos sobre el destino del tecuitlatl, durante la colonia, ellos hacen referencia a que los españoles lo fueron prohibiendo con el paso del tiempo para mantener el control.
4. El crecimiento desordenado y acelerado de la zona metropolitana ha afectado seriamente la ecología de este ecosistema natural en el que la microalga creció desde tiempos inmemoriales.

La espirulina es un micro-organismo comestible, fotosintético, filamentoso, de forma espiralada y multicelular. Es la fuente de nutrición más completa y concentrada que existe en la naturaleza. Contiene un amplio espectro de nutrimentos profilácticos y terapéuticos que incluyen las vitaminas del complejo B, un amplio surtido de minerales, proteínas y ácido gama-linolénico; antioxidantes poderosos como el beta-caroteno, la vitamina E, y oligoelementos; y una cantidad importante de compuestos bio-activos inexplorados como la ficocianina.

Por su aparente habilidad para estimular la fisiología del cuerpo humano, la espirulina presenta propiedades terapéuticas, entre las que destacan la antioxidante, antimicrobiana, anticancerígena, antiinflamatoria, antialérgica, hipoglicémica e hipolipidémica. Asimismo el consumo de espirulina parece incrementar la micro flora intestinal.

Actualmente existen muchas investigaciones reportadas en la literatura médica que analizan el potencial de la espirulina en la salud.

La espirulina es un ser vivo que también destaca por su responsabilidad con el cuidado del medio ambiente y la ecología, que va desde el ahorro en recursos, como el agua y la tierra, necesarios para producir un kilogramo de proteína de espirulina, hasta su capacidad para generar oxígeno a la atmósfera.

Existen muy pocas campañas de comunicación en medios masivos, como la radio, cuyo objetivo consista en promover las propiedades de alimentos naturales.

El color, el sabor y el aroma de la espirulina pueden ser cualidades que limiten su difusión. No obstante, si se divulga adecuadamente la información, estos limitantes se pueden convertir en grandes oportunidades tal como se expone en la propuesta de campaña contenida en el presente trabajo.

La espirulina es un alimento natural con múltiples cualidades que, para ser difundido en medios masivos de comunicación, requiere de la perspectiva de diversas disciplinas como la nutrición, la medicina y la ecología; además de la historia, la filosofía, la sociología y la comunicación de la ciencia. Lo anterior con el objeto de que se de a conocer de manera integral y afecte positivamente en el bienestar de las personas que lo consuman.

Luego de realizar una revisión detallada de la historia de los hábitos de consumo de la espirulina en México y un estudio de sus propiedades nutrimentales, terapéuticas y ecológicas, se propone una campaña de comunicación para dar a conocer los beneficios de este alimento ancestral mexicano.

De esta forma la campaña aquí propuesta pretende ofrecer una perspectiva y una visión más amplia acerca de la importancia del consumo de la espirulina en la historia para mejorar la dieta, la salud y el cuidado de la ecología, lo que redundará en múltiples beneficios para la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA EN ORDEN ALFABÉTICO

- Acosta, J. (1880). *Historia natural y moral de las Indias*. traducción de Grimston, 1604, Hakluty Society, Londres.
- Adams, M. (2005). *Superfoods for optimum health: Chlorella and Spirulina*. Truth Publishing Ltd. Nueva York.
- Andalucía Investiga. (2006). *Científicos españoles plantean reducir las emisiones de CO2 a través de microalgas*. Obtenida el 10 de noviembre de 2008. <http://www.madrimasd.org/informacionIDI/noticias/noticia.asp?id=25714>
- Ann, N.Y. (2004). *Aging, exercise, and phytochemicals: promises and pitfalls*. Acad Sci 2004;1019:453-461.
- Atlas, M.R., Bartha R. (2002). *Ecología microbiana y Microbiología ambiental*. Pearson Educación S.A. Madrid.
- Ayala, F. (1999). *Proyecto Solarium Chile 5760*. Solarium Biotechnology S.A., Iquique.
- Baños, G. Pérez-Torres, I. El Hafidi, M. (2008). *Medicinal agents in the metabolic síndrome*. Cardiovasc Hematol Agents Med Chem. Oct;6(4):237-52.
- Barja, G. (2004). *Free radicals and aging*. Trends Neurosci 27:595-600.
- Barreiros, A.J. (1929). *Los trabajos inéditos del Dr. Francisco Hernández sobre la gea y la fauna mejicanos*. Madrid.
- Belay, A. (2008). *Spirulina (Arthrospira): Production and quality assurance*. En Gershwin M.E., Belay A. Spirulina in Human Nutrition and Health. CRC Press, Taylor & Francis Group, Florida, p. 2.
- Belay, A. (2002). *The potential application of Spirulina as a nutritional and therapeutic supplement in health management*. Journal of the American Nutraceutical Association 2002;5:26-48.
- Belay, A. (2008). *Spirulina (Arthrospira): production and quality assurance*. en *Spirulina in human nutrition and health*, CRC Press, Florida, p. 19
- Bennemann, J.R., Weissman, J.C., Oswald, W.J. (1977). *Energy production by microbial photosynthesis*. Nature 268:19-23
- Bourre, J.M. (2004). *The role of nutritional factors on the structure and function of the brain: an update on dietary requirements*. Rev Neurol (Paris) 2004;160:767-792.
- Cerf, M.N., Esborronda, J.M. (2007). *Educación para el Talento y la Paz*. Fundación ELIC, Primera edición, México D.F.
- Challem, J. (1981). *Spirulina, Green gold of the future*. Keats Publishing Inc., Connecticut.

Chamorro, G., Barrón, B., Vázquez, J. (2008). *Toxicologic Studies and Antitoxic Properties of Spirulina*. En Gershwin M.E., Belay A. (2008) Spirulina in Human Nutrition and Health, CRC Press, Taylor & Francis Group, Florida.

Chamorro, G., Salazar, M., Gómes, K., Pereira dos Santos, C., Ceballos, G., Fabila, L. (2002). *Actualización en la farmacología de Spirulina (Arthrospira). un alimento no convencional*. Arch Latinoamer Nutr 2002:52:232-238.

Ciferri, O. (1981). *Let them eat algae*. New Scientist, Estados Unidos, pp. 810-812

Ciferri, O. (1983). *Spirulina, the edible microorganism*. Microbiol. Rev. 47-4:551-78

Clavijero, P.S. (1807). *The history of Mexico*. traducido por Cullen C., segunda edición, J. Johnson, tomo I, p. 431, Londres.

Códice Matritense del Real Palacio. (1906). *Textos en náhuatl de los indígenas informantes de Sahagún*. Editorial Francisco del Paso y Troncoso, Vols. VI (2ª parte) y VII, Fototipia de Hauser y Menet, Madrid.

Coe, M.D. (1964). *The chinampas of Mexico*. Sci. Amer. 211:90

Cohen, Z. (1997). *The chemicals of Spirulina*. En *Spirulina platenses (Arthrospira): physiology, cell biology and biotechnology*. Taylor & Francis, Londres, pp. 175-203

Cortés, H. (1877). *Don Fernando*. carta segunda, Biblioteca de Autores Españoles, Madrid, pp. 22-24

Cruickshank, G. (1998). *Proyecto Lago de Texcoco, Rescate Hidro-ecológico*. Comisión Nacional del Agua. Segunda edición, México D.F. p. 29 p. 121

Díaz del Castillo, B. (1955). *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*. Biblioteca Porrúa, México D.F.

Earthrise. (2009). *La Spirulina y la producción de oxígeno*. Obtenida el 24 de marzo de 2009 <http://www.spirulina.com/SPPEnvironment.html>

Farrar, W.V. (1966). *Tecuitlatl; a glimpse of aztec food technology*. Nature, 211: 341-42

Fernández-Rañada, A. (2003). *Los muchos rostros de la ciencia*. FCE, México D.F. p. 30

Ferriz, D.J. (1994). *La Supremacía de la Jñana Yoga en la Era del Saber*. Fundación FISS Central científica, Bogotá p. 23

Feyerabend, P. (1985). *¿Por qué no Platón?* Tecnos, Madrid.

Fox, R.D. (1996). *Spirulina, production and potencial*. Aix-en Provence, Edisud, pp. 9-232

Furst, P. T. (1978). *Spirulina*. Human Nature, (marzo), pp. 60-5

Gage, T. (1928). *The english american*. G. Routledge, Londres.

Gemma, C., Mesches, M.H., Sepesi, B., Choo, K., Colmes, D.B., Bickford, P.C. (2002). *Diets enriched in foods with high antioxidant activity reverse age-induced decreases in cerebellar beta-adrenergic function and increases in proinflammatory cytokines*. J Neurosci 2002 15:6114-20.

Goyarzu, P. Malin, D.H., Lau, F.C., Tagliatela, G., Moon, W.D., Jennings, R., Moy, E., Moy, D., Lippold, S., Shukitt-Hale, B., Joseph, J.A. (2004). *Blueberry supplemented diet: effects on object recognition memory and nuclear factor-kappa B levels in aged rats*. Nutr Neurosci 2004; 7:75-83.

Guzmán, E. (1989). *Una visión crítica de la historia de la conquista de México-Tenochtitlán*. Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México.

Henrikson, R. (1994). *Microalga Spirulina, Superalimento del futuro*. Urano Editores, segunda edición, Barcelona.

Hessenbruch, A. (2000). *The history of Science*. Fitzroy Dearborn Publishers, Nueva York.

Hills, C. (1978). *Food from sunlight*. World Hunger Research Project, University of the Trees Press, California.

Hills, C. (1981). *The Secrets of Spirulina*. University of the Trees Press, segunda edición, California.

Hirahashi, T., Matsumoto, M., Hazeki, K., Saeki, Y., Ui, M., Seya, T. (2002). *Activation of the human innate immune system by Spirulina: augmentation of interferon production and NK cytotoxicity by oral administration of hot water extract of Spirulina platensis*. Int Immunopharmacol 2002;2:423-434.

Honorable Cámara de Diputados. (2004). *Memoria: Foro Alternativas Sociales*. Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México D.F. 27 de Octubre de 2004.

Humboldt, A. (1811). *Essai politique sur le Royaume de la Nouvelle-Espagne*. 2-171, Paris.

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. (2001). *Ingestión diaria recomendada (IDR) de proteínas, vitaminas y nutrimentos inorgánicos para la población mexicana*.

Kamminga, H., Cunningham A. (1995). *The Science and culture of nutrition. 1840-1940*, Ed. Rodopi, Amsterdam.

Karkos, P.D., Leong, S.C., Karkos, C.D., Sivaji, N., Assimakopoulos, D.A. (2008). *Spirulina in Clinical Practice: Evidence-Based Human Applications*. Ecam 2008; doi: 10.1093/ecam/nen058 pp. 1-4.

Kulshreshtha, A. Zacharia, A.J., Jarouliya, U., Bhadauriya, P., Prasad. G.B., Bisen, P.S. (2008). *Spirulina in health care management*. Curr Pharm Biotechnol. Octubre 9(5):400-5.

Leonard J. (1966). *The 1964-65 belgian trans-saharan expedition*. Nature, 209: 126-28

López de Gómara, F. (1826). *Historia de las conquistas de Hernando Cortés*. Imprenta de la Testamentaria de Ontiveros, p. 348

Lu, H., Hsieh, C., Hsu, J., Yang, Y., Chou, H. (2006). *Preventive effects of Spirulina platensis on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress*. Eur J Appl Physiol, 98:220-226.

Margulis, L. y Sagan, D. (2002). *Acquiring genomes. A theory of the origins of species*. Perseus Books Group, Boston.

Mexican Labor News and Análisis. (1999). Vol. 4 No. 11, junio 1999.

Michka. (1992) *La spiruline, une algue pour L'Home et la Planète*. Georg Editeur SA, segunda edición, Ginebra, p. 126

Miranda, M.S., Cintra, R.G., Barros, S.B.M., Manzini-Filho, J. (1998). *Antioxidant activity of the microalga Spirulina máxima*. Braz J Med Biol Res 1998;31:1075-1079.

Miyamoto, Y., Koh, Y.H., Park, Y.S., Fujiwara, N., Sakiyama, H., Misonou, Y., Ookawara, T., Suzuki, K., Honke, K., Taniguchi, N. (2003). *Oxidative stress caused by inactivation of glutathione peroxidase and adaptive responses*. Biol Chem 2003;384:567-574.

Morales de León, J., Babinsky, V., Bourges, H., Camacho, P.M. (2000). *Tables of Composition of Mexican foods*. [Published in CD-ROM Interactive Multimedia]. Mexico: INCMNSZ; 2000. ISBN: 968-6499253. <http://www.innsz.mx/alimentos/cd.html>.

Navarro, R. (2003). *Un rincón marciano, ubican en Chile desierto estéril similar a Marte*. en El Universal, Ciudad de México, Número 31,437 de fecha 19 de noviembre de 2003, sección México, p. A25

Nature, un corresponsal. (1968). *Food: new protein sources*. Nature, 220:1174-75

Ortiz de Montellano, B. (2003). *Medicina, salud y nutrición aztecas*. Siglo XXI Editores, quinta edición en español, México D.F.

Paniagua-Michel, J., Dujardin, E., Sironval, C. (1993). *Crónica Azteca: El Tecuitlatl, concentrado de alga Spirulina, fuente de proteínas comestibles del pueblo azteca*. Cahiers Agricultures 1993; 2:283-7.

Pitchford, P. (2002). *Healing with whole foods*. North Atlantic Books, Berkeley, Los Ángeles, California.

Portilla, M.L. (1989). *Visión de los vencidos. Relaciones indígenas de la Conquista*. Versión de textos nahuas: Ángel Ma. Garibay, décimo segunda edición, UNAM, México, (edición digital).

Portilla, M.L. (1993). *Los antiguos mexicanos*. Fondo de Cultura Económica, décima reimpresión, ciudad de México, p. 15.

Prescott, W.H. (1866). *History of the conquest of Mexico*. Editorial Kira J.F., Routledge, Londres, pp. 284 y 536

- Puggina, G., Aparecida, C., Wilson dos Santos, J. (2004). *Influence of Spirulina intake on metabolism of exercised rats*. Rev Bras Med Esporte, Vol. 10, 4:264-268.
- Puyfoulhoux, G., Rouanet, J., Besancon, P., Baroux, B., Baccou, J., Caporiccio, B. (2001) *Iron availability from Iron-Fortified Spirulina by an in Vitro digestion/Caco-2 cell culture model*. J. Agric. Food Chem, 49:1625-1629
- Quevedo, M.I., Leyva, M. (2004). *Raíces y alimentos de Anáhuac, la dieta azteca*. Asociación Cultural Mascarones, Cuernavaca, Morelos, México, p. 9-13
- Ramírez, D., Ledón, N., González, R. (2002). *Role of histamine in the inhibitory effects of phycocyanin in experimental models of allergic inflammatory response*. Mediators Inflamm. Apr;11(2):81-5
- Ramírez, L., Olvera, R. (2006). *Uso tradicional y actual de Spirulina Sp. (Arthrospira Sp)*. Interciencia, septiembre, 31:9, pp. 657-663
- Rashmi, K., Usha, M. (1998). *Supplementary effect of Spirulina on hematological status of rats during pregnancy and lactation*. Plant Foods for Human Nutrition, 52:315-24
- Raynaud, S. (1971) *Los Grandes Mensajes*. Síntesis Editores, Buenos Aires.
- Ricklefs, R.E. (1996). *Ecology*. University of Pennsylvania, W.H. Freeman and Company, tercera edición, quinta reimpresión, Nueva York.
- Romay, C., Remírez, D, González, R. (2001). *Actividad antioxidante de la ficocianina frente a radicales peróxílicos y la peroxidación lipídica microsomal*. Rev Cubana Invest Biomed 2001:20:38-41.
- Romay, C., González, R., Ledón, N., Remírez, D., Rimbau, V. (2003) *C-Phycocyanin: a biliprotein with antioxidant, anti-Inflammatory and neuroprotective effects*. Current Protein and Peptide Science. 2003:4:207-216.
- Sabugal, P. (2002). *Divulgación científica ¿para qué?* en Tonda, J., Sánchez, A.M., Chávez, N. Antología de la divulgación de la ciencia en México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México.
- Sagan, C. (1992). *To avert a common danger*. Parade Magazine, Nueva York.
- Sahagún, B. (1831). *Historia universal de las cosas de la Nueva España*. Lord Kinsborough, Antiquities of Mexico, Londres, Tomo 7, p. 351
- Samuels, R., Mani, U.V., Iyer, U.M., Neyac, U.S. (2002). *Hypocholesterolemic effect of Spirulina in patients with hyperlipidemic nephritic syndrome*. J Med Food. 2002:5:91-96.
- Sánchez, A.M. (2002). *El bestiario de los divulgadores*. en Tonda, J., Sánchez, A.M., Chávez, N. Antología de la divulgación de la ciencia en México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México.

Santeley, R.S., Rose, E.K. (1982). *Diet, nutrition and population dynamics in the basin of Mexico*. World Archeology 1 (2)

Sasson, A. (1997). *Cultivation of Spirulina*, en Microalgal Biotechnologies: recent developments and prospects for developing countries. 2nd. Asia-Pacific Marine Biotechnol. Conf / 3rd. Asia-Pacific Conf. Algal Biotechnol. Phuket, pp. 11-31

Simpore, J., Kabore, F., Zongo, F. (2006). *Nutrition rehabilitation of undernourished children utilizing Spiruline and MISOLA*. Nutrition Journal 5:3

Sociedad Española de Hipertensión. (2005). *Tablas de Nutrición*, <http://www.seh-lelha.org/alimento.htm>

SpiralSpring. (2005). *Recetario*. Obtenido el 16 de febrero de 2008. http://www.spiralspring.com/e_Recetas/fsRecetario.html

Spirulina Solarium. (2008). *Recetario*. Obtenido el 22 de febrero de 2009. <http://www.spirulina.cl/recetario.html>

Starr, C., Mc Millan, B. (2003). *Human Biology*. Thomson Learning, quinta edición, Nueva York.

Taylor, E.B. (1861). *Anáhuac*. Longmans, Londres.

Tietze, H. (1999). *Spirulina, Micro Food Macro Blessings*. Beekman Publishers Inc. Segunda edición, Nueva York, pp. 46-47

Toribio de Motolinia, Fray. (1903). *Memoriales*. Documentos Históricos de Méjico, México, tomo I, p. 327

Torres-Durán, P., Miranda-Zamora, R., Paredes-Carbajal, M.C., Mascher, D., Diaz-Zagoya, J.C., Juárez-Oropeza, M.A. (1998). *Spirulina maxima prevents induction of fatty liver by carbon tetrachloride in the rat*. Biochem Mol Biol Int 1998 44:787-793.

Torres-Durán, P., Paredes-Carbajal, M.C., Mascher, D., Zamora-González, J., Díaz-Zagoya, J., Juárez-Oropeza, M.A. (2006). *Protective effect of Arthrospira maxima on fatty acid composition in fatty liver*. Archives of medical research 2006;37(4):479-83. Departamento de bioquímica, Facultad de Medicina, UNAM, México

Vélez, J. (1993). *El Ojo de Vidrio. Cien años de fotografía del México indio*. Fondo Editorial de la Plástica Mexicana, primera edición, México D.F. P. 28

Vinyes, F. (2005). *¿Carne? ¡No, gracias!* Océano, primera edición, Barcelona, España.

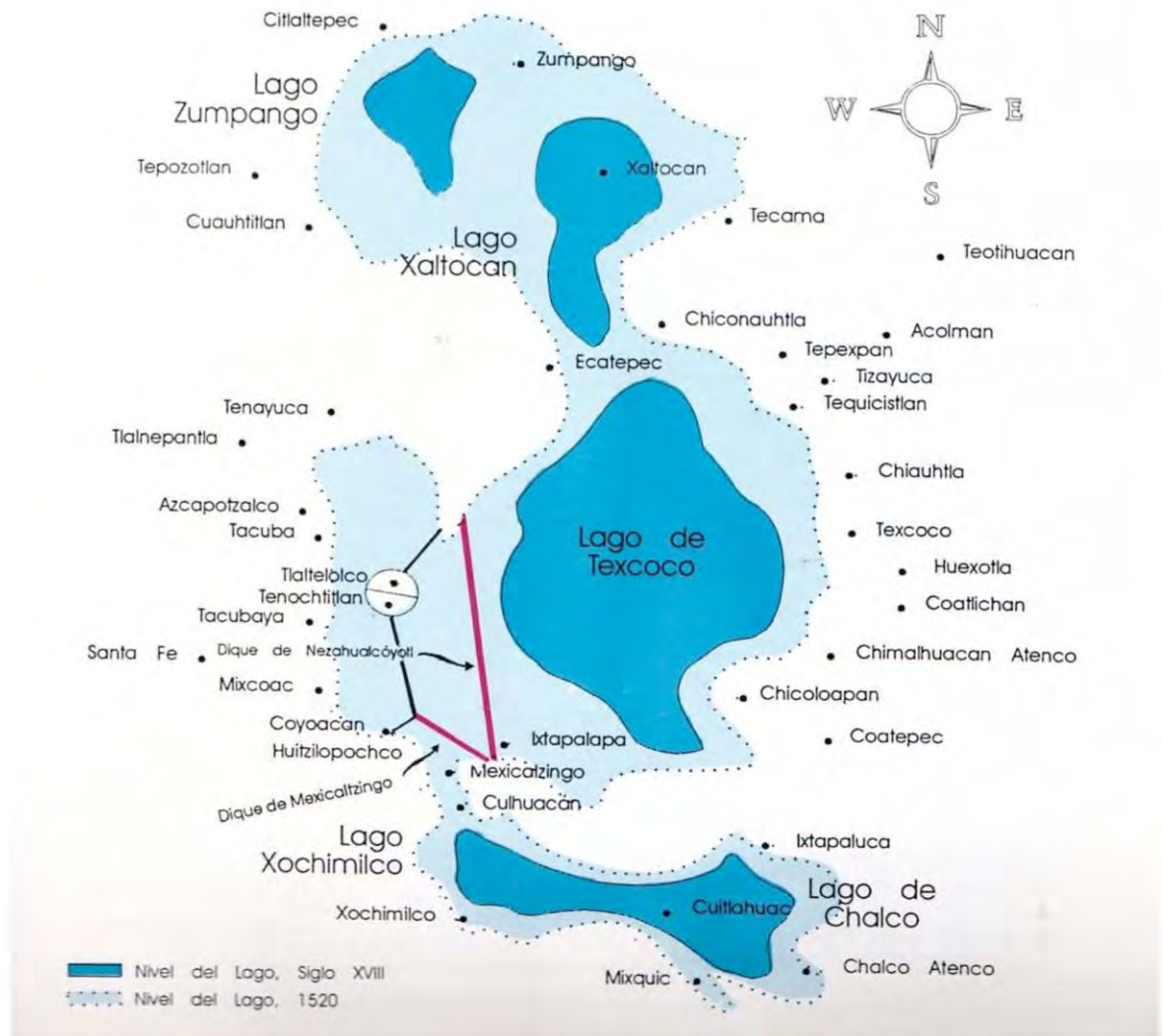
Vonshak, A. (1997). *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, cell-biology and biotechnology*. Ben Gurion, University of the Negev, Beer Sheva.

Wackernagel, M., Rees, W. (2001). *Nuestra huella ecológica*. Editorial Lom, Santiago de Chile, p. 8

ANEXOS

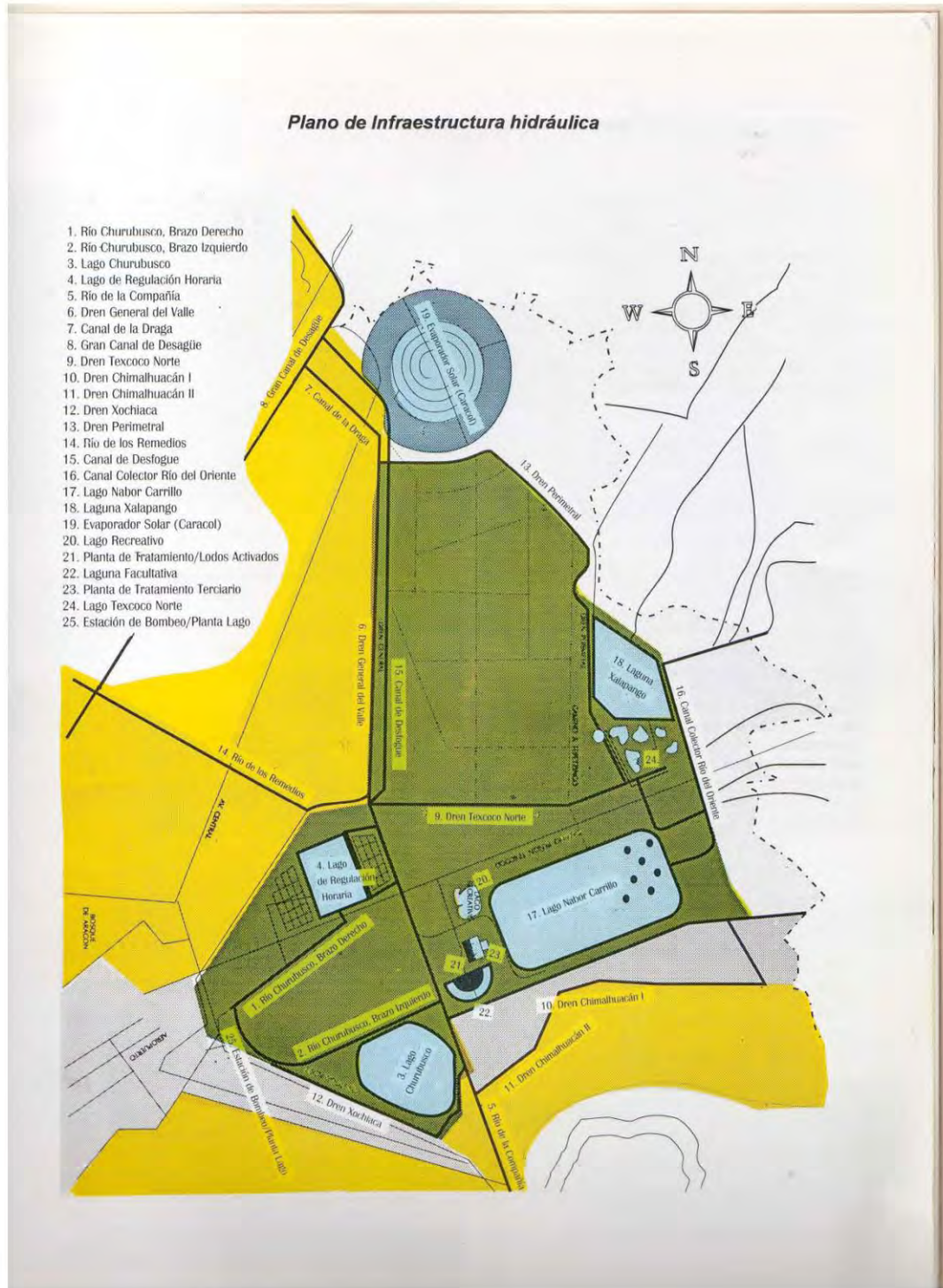
Anexo I: Mapas de la zona del lago de Texcoco

Antiguos lagos de la zona lacustre. Dique de Netzahualcáyotl y Dique Mexicaltzingo.



HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)

HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)



**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

Anexo II: Composición bioquímica de *A. maxima*

COMPOSICIÓN QUÍMICA	ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE <i>A. maxima</i>		VALOR NUTRIMENTAL	PROMEDIO
	VALORES MÍNIMOS	VALORES MÁXIMOS		
Humedad	4%	7,00%	Lisina disponible	85%
Cenizas	6,4%	9,00%	Formas nitrogenadas	1,99%
Fibra cruda	0,1%	0,90%	Digestibilidad	84%
Xantofilas	1,40g/kg	1,80g/kg	ÁCIDOS NUCLEICOS	
Carotenos	1,50g/kg	1,90g/kg	Ácido ribonucleico (ARN)	3,50%
Clorofila A	6,10g/kg	7,60g/kg	RNA = N X 2,18	
Lípidos	6%	7%	Ácido Desoxirribonucleico (ADN)	1%
Esteroles	100g/kg	325g/kg	DNA = N X 2,63	
Carbohidratos	13%	16,50%	CAROTENOIDES	
Nitrógeno orgánico	10,85%	13,35%	Alfa Caroteno	trazas
Nitrógeno proteico	9,60%	11,36%	Beta Caroteno	1,700 mg/kg
Proteína cruda (% N x 6,25)	60%	71%	XANTÓFILAS	
MINERALES (cenizas y humedad)			Cryptoxantina	556 mg/kg
Calcio (Ca)	1,045 mg/kg	1,315 mg/kg	Equinonona	439 mg/kg
Fósforo (P)	7,617 mg/kg	8,942 mg/kg	Zeaxantina	316 mg/kg
Hierro (Fe)	475 mg/kg	580 mg/kg	Luten y Euglenanona	289 mg/kg
Sodio (Na)	275 mg/kg	412 mg/kg	CARBOHIDRATOS	
Cloro (Cl)	4,000 mg/kg	4,400 mg/kg	Ramnosa	9,0%
Magnesio (Mg)	1,410 mg/kg	1,915 mg/kg	Glucano	1,5%
Manganeso (Mn)	18 mg/kg	25 mg/kg	Fosforilados	2,5%
Zinc (Zn)	27 mg/kg	39 mg/kg	Glucosamina y Ácido Murámico	2,0%
Potasio (K)	13,305 mg/kg	15,400 mg/kg	Glucógeno	0,5%
Otros	36,000 mg/kg	57,000 mg/kg	Otros	0,5%
ESTEROLES			VITAMINAS	
Colesterol	60 mg/kg	196 mg/kg	Biotina (H)	0,4 mg/kg
Sitosterol	30 mg/kg	97 mg/kg	Cianocobalamina (B12)	2 mg/kg
Otros	10 mg/kg	32 mg/kg	d-Ca-Pantohenato (B5)	11 mg/kg
LÍPIDOS			Ácido Fólico	0,5 mg/kg
Ácidos grasos	4,9%	5,7%	Inositol	350 mg/kg
Laúrico (C12)	180 mg/kg	229 mg/kg	Ácido Nicotínico (PP)	118 mg/kg
Mirístico (C14)	520 mg/kg	644 mg/kg	Piridoxina (B6)	3 mg/kg
Palmítico (C16)	16,500 mg/kg	21,141 mg/kg	Riboflavina (B2)	40 mg/kg
Palmitoleico (C16)	1,490 mg/kg	2,035 mg/kg	Tiamina (B1)	55 mg/kg
Palmitolinoleico (C16)	1,750 mg/kg	2,565 mg/kg	Tocoferol (E)	190 mg/kg
Heptadecanoico (C17)	90 mg/kg	142 mg/kg	AMINOÁCIDOS INDISPENSABLES	Patrón FAO (1927)
Estearico (C18)	trazas	353 mg/kg	Isoleucina	4,13%
Oleico (C18)	1,970 mg/kg	3,009 mg/kg	Leucina	5,58%
Linoleico (C18)	10,920 mg/kg	13,784 mg/kg	Lisina	4,00%
Gama Linolénico (C18)	8,750 mg/kg	11,970 mg/kg	Metionina	2,17%
Alfa Linolénico (C18)	390 mg/kg	427 mg/kg	Fenilalanina	3,95%
Otros	450 mg/kg	699 mg/kg	Treonina	4,17%

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

Insaponificables	1.1%	1.3%	Triptófano	1.13%	1.4%
Esteroles	100 mg/kg	325 mg/kg	Valina	6.00%	4.2%
Alcoholes Triterpenos	500 mg/kg	800 mg/kg	AMINOÁCIDOS INDISPENSABLES	NO	
Caratenoides	2,900 mg/kg	4,000 mg/kg	Alanina	5.82%	
Chlorofila A	6,100 mg/kg	7,600 mg/kg	Arginina	5.98%	
3-4 Benzopireno	2.6 mg/kg	3.6 mg/kg	Ácido Aspártico	6.43%	
Otros	150 mg/kg	150 mg/kg	Cisteína	0.67%	
VALOR NUTRIMENTAL			Ácido Glutámico	8.94%	
Relación Eficiencia Proteica (PER)	2.2	2.6	Glicina	3.46%	
(74-87% de la Caseína)			Histidina	1.08%	
Utilización Neta Proteica (NPU)	53%	61%	Prolina	2.97%	
(85-92% de la Caseína)			Serina	4.00%	
Ficocianina	16%	20%	Tirosina	4.60%	

% en base al peso seco de la biomasa (Sasson, 1997, pp. 11-31), (Morales de León et al., 2000).

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

Anexo III: Costos ocultos de los alimentos

Costos ocultos	Cultivo de Espirulina	Agricultura Biológica	Agricultura Productos vegetales	Industrial Carne/ leche
Elementos tóxicos en los alimentos (producción y transformación)				
Plaguicidas	NO	NO	SI	SI
Herbicidas	NO	NO	SI	SI
Conservantes	NO	NO	SI	SI
Aditivos	NO	NO	SI	SI
Antibióticos animales	NO	NO	NO	SI
Carcinógenos	NO	NO	SI	SI
Costos médicos más altos (cáncer, patologías cardíacas y orgánicas, enfermedades degenerativas, etc.)				
Médico privado	NO	NO	SI	SI
Seguro médico	NO	NO	SI	SI
Seguridad (impuestos más altos)	NO	NO	SI	SI
Subsidios públicos a la agricultura (impuestos más altos)				
Destrucción ecológica (por mala gestión de los recursos)				
Pérdida de suelo	NO	NO	SI	SI
Pérdida de agua	NO	NO	SI	SI
Pérdida de bosques	NO	NO	SI	SI
Efecto invernadero	NO	NO	SI	SI
Pérdida de especies animales y vegetales	NO	NO	SI	SI
Limpieza futura de productos tóxicos				
Contaminación del suelo	NO	NO	SI	SI
Contaminación del agua	NO	NO	SI	SI
Gastos públicos de limpieza	NO	NO	SI	SI
Costes de militarización (impuestos más altos)				
NO	NO	NO	SI	SI
Deuda más elevada (impuestos e intereses)				
NO	NO	NO	SI	SI
Explotación				
Recursos terrestres	NO	NO	SI	SI
Tortura de animales	NO	NO	NO	SI
Sufrimiento humano	NO	NO	SI	SI
Total: Camino cerrado	NO	NO	SI	SI

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

Anexo IV: Recetario

Jugos y extractos (Puros)

Jugo de	Cantidad	Espirulina	Preparación
Naranja	1 vaso	1 medida	Agregue al jugo espirulina y bátalo hasta deshacer los grumos.
Toronja	1 vaso	1 medida	

Extractos

Extracto de	Cantidad	Espirulina	Preparación
Zanahoria	1 vaso	1 medida	Agregue al extracto espirulina y bátalo hasta deshacer los grumos.
Manzana	1 vaso	1 medida	
Mango	1 vaso	1 medida	

Frutas ácida diluidas en agua

Fruta	Porción	Agua	Miel	Espirulina	Preparación	Cantidad final
Naranja	3 naranjas en jugo	1/2 vasos	1 cucharada	3 medidas	1.- Debe homogenizar el agua y la miel en baja velocidad de licuado. 2.- Se agrega la porción de fruta aumentando la velocidad de licuado. 3.- Se agregan finalmente las medidas de espirulina	3 porciones
Guayaba	3 guayabas ó 1 vaso de guayabas picadas	2 vasos	2 cucharadas	2 medidas		3 porciones
Fresa	6 ó 7 (frutillas) ó 1 vaso de fresa	2 vasos	2 cucharadas	3 medidas		3 porciones
Piña	1 vaso de piña hecha cuadritos.	2 vasos	2 cucharadas	3 medidas		3 porciones
Chabacano	1 vaso	2 vasos	2 cucharadas	3 medidas		3 porciones
Durazno	1 vaso de duraznos picados.	2 vasos	2 cucharadas	3 medidas		3 porciones

Frutas dulces (Diluidos) en agua

Fruta	Porción	Agua	Miel	Espirulina	Preparación	Cantidad final
Plátano	2 Plátanos	1 vaso	2 cucharadas	2 medidas	1.- Debe homogenizar el agua y la miel en baja velocidad de licuado. 2.- Se agrega la porción de fruta aumentando la velocidad de licuado. 3.- Se agregan finalmente las medidas de espirulina.	2 porciones
Papaya	½ vaso picada	1 vaso	1 cucharadas	2 medidas		2 porciones
Melón	1 vaso picado	1 vaso	1 cucharadas	2 medidas		2 porciones
Mango	1 vaso de pulpa	1 vaso	1 cucharada (opcional)	2 medidas		2 porciones
Chirimoya						2 porciones
						2 porciones

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

Licuados con yogurt de frutas ácidas

Fruta	Porción	Agua	Yogurt	Miel	Espirulina	Preparación	Cantidad final
Naranja	1 vaso de jugo	1/2 vaso	1/2 vaso	2 cucharadas	2 medidas	1. Homogenizar el agua y la miel en baja velocidad.	3 porciones
Guayaba	1 vaso picada	1 vaso	1/2 vaso	2 cucharadas	2 medidas		3 porciones
Fresa	1 vaso	1 vaso	1/2 vaso	2 cucharadas	2 medidas	2. Agregar yogurt y elevar la velocidad de licuado.	2 porciones
Piña	1 vaso de piña hecha cuadritos	1 vaso	1/2 vaso	2 cucharadas	2 medidas		3 porciones
Chabacano	1 vaso en mitades	1 vaso	1 vaso	2 cucharadas	3 medidas	3. Agregar la fruta.	3 porciones
Durazno	1 vaso de duraznos picados	1 vaso	1 vaso	2 cucharadas	3 medidas	4. Se agregan finalmente las medidas de espirulina.	3 porciones

Licuados con yogurt de frutas dulces

Fruta	Porción	Agua	Yogurt	Miel	Espirulina	Preparación	Cantidad final
Plátano	2 Plátanos	1/2 vaso	1/2 vaso	2 cucharadas	2 medidas	1. Homogenizar el agua y la miel en baja velocidad.	2 porciones
Papaya	1/2 vaso picada	1/2 vaso	1/2 vaso	1 cucharada	2 medidas		2 porciones
Melón	1 vaso picado	1/2 vaso	1/2 vaso	1 cucharada	2 medidas	2. Agregar yogurt y elevar la velocidad de licuado.	2 porciones
Mango	1 vaso picado	1/2 vaso	1/2 vaso	1 cucharada (opcional)	2 medidas		2 porciones
Chirimoya	1 vaso picado	1 vaso	1 vaso	1 cucharada	2 medidas	3. Agregar la fruta.	2 porciones
						4. Se agregan finalmente las medidas de espirulina.	

(Jugos) Leche y frutas dulces

Fruta	Porción	Leche	Miel	Espirulina	Preparación	Cantidad final
Plátano	2 plátanos	1 vaso	2 cucharadas	2 medidas	1.- Debe homogenizar la leche y la miel en baja velocidad de licuado.	2 porciones
Papaya	1/2 vaso picada	1 vaso	1 cucharada	2 medidas		2 porciones
Melón	1 vaso picado	1 vaso	1 cucharada	2 medidas		2 porciones
Mango	1 vaso de pulpa	1 vaso	1 cucharada (opcional)	2 medidas	2.- Se agrega la porción de fruta aumentando la velocidad de licuado.	2 porciones
Chirimoya	1 vaso picado	2 vasos	1 cucharada (opcional)	2 medidas		2 porciones
Manzana	1 vaso	2 vasos	1 cucharada (opcional)	2 medidas	3.- Se agregan finalmente las medidas de espirulina.	2 porciones
Guayaba	1 vaso	1 vaso	1 cucharada (opcional)	2 medidas		2 porciones

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

Los más nutritivos

Zanayapio	Germinados	Naranjada	Solspifrut	Manzanada	Avena nutritiva
1 vaso de jugo de zanahoria (240 ML.)	1/2 taza de germinado de alfalfa u otros cereales	1/4 de vaso de jugo de naranja (60 ML.)	2 medidas de espirulina (2 porciones)	2 manzanas (medianas). 1 vaso de agua (240 ML.).	1/2 taza de avena (cocida, cruda ó remojada según el gusto)
1 rama de apio	3/4 de vaso de agua (180ML)	1/2 cucharada de levadura de cerveza	1 manzana con ó sin cáscara	2 medidas de espirulina (2 porciones)	miel al gusto
2 medidas de espirulina (2 porciones)	pizca de sal al gusto	1/2 taza de agua (120 ML.).	1 plátano	Miel al gusto	2 manzanas chicas
Licúe el jugo de zanahoria, agregue el apio muy bien picado, finalmente agregue la espirulina cuele si es necesario.	2 medidas de espirulina (2 porciones)	1 cucharada de espirulina	2 kiwis	Corte las manzanas en cuadros, Licúe con el agua, agregue la miel y finalmente la espirulina.	2 cucharadas de pasitas
	Licúe el germinado con el agua, agregue la pizca de sal finalmente agregue la espirulina.	miel al gusto	150 ML. de yogurt (un vaso chico)	1 vaso de agua fría (240 ML.)	2 medidas de espirulina (2 porciones)
		Licúe con el agua, agregue la miel, la levadura de cerveza y el jugo de naranja en ese orden, al final agregue la espirulina.	miel ó azúcar al gusto	Nota: Por el alto contenido de fibra, tendrá mejores evacuaciones y se sentirá satisfecho.	1/2 taza de agua (120 ML.) ó la necesaria.
			Hidrate la espirulina en poca agua revolviendo continuamente, al cabo de 10 min., obtendrá una pasta color verde oscuro.	Para enriquecer el licuado puede agregar:	Licúe la avena y el agua, agregue la miel, enseguida agregue las manzanas (picadas en cuadros), las pasitas para finalmente agregar la espirulina.
			Péle las frutas y píquelas colóquelas en una jarra, agregue la miel o azúcar, el yogurt, el vaso de agua y licúe.	Salvado (cucharada)	
			Agregue finalmente la espirulina previamente hidratada y licúe.	Germen de trigo (cucharada)	

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

Receta china	Para valientes	Cerveza vegetariana	Cerveza vegetariana energetizante
2 ó 3 cucharadas de avena	3 ó 4 cucharadas de avena hervida de preferencia (ó amaranto)	1 vaso de agua (240 ML.).	1 vaso de agua (240 ML.).
1 ó 2 sobres de ginseng		miel al gusto	miel al gusto
miel al gusto	1 cucharada de levadura de cerveza	1 cucharada de levadura de cerveza	1 cucharada de levadura de cerveza
2 medidas de espirulina (2 porciones)	miel al gusto para quitar el amargo de la levadura.	2 medidas de espirulina (2 porciones)	1/2 cucharadita de lecitina de soya granulada. 2 medidas de espirulina (2 porciones)
1 vaso de agua (240 ML.).	2 medidas de espirulina (2 porciones)	Licúe la miel con el agua dejando que se homogenice perfectamente (20 ó 30 segundos aprox.).	Licúe el agua y la miel, agregue la levadura de cerveza, la lectina de soya y la espirulina en ese orden.
Licúe la avena y el agua, agregue el sobre de ginseng y la miel.	agua, la necesaria.		Nota: Esta bebida es muy refrescante.
Finalmente agregue la espirulina.	Licúe la avena y el agua, agregue la miel y la levadura de cerveza para finalmente agregar la espirulina.	Agregue la levadura de cerveza. Finalmente agregue la espirulina, dejando que haga espuma.	

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

Anexo V: Guiones de radio.

Cápsulas radio: *Espirulina maxima* el alimento más antiguo del futuro.

Número 1: beneficios generales para la salud

Voz femenina	Espirulina maxima el alimento más antiguo del futuro. Contiene el mayor número de nutrimentos por unidad de masa si se le compara con cualquier otro alimento natural.
Voz masculina	¿Conoces los beneficios para la salud de este importante alimento?
Voz femenina	Por su fácil digestibilidad y rápida absorción es ideal para toda persona que tenga problemas digestivos.
Voz masculina	Es una de las fuentes naturales más rica en hierro, proteína y vitamina B 12. Con lo que previene la anemia y aumenta la vitalidad de los que la consumen.
Voz femenina	Los últimos estudios realizados en la UNAM recomiendan el consumo regular de <i>Espirulina</i> de la especie <i>maxima</i> para disminuir los niveles de colesterol, triglicéridos y glucosa en sangre.
Voz masculina	Su alto contenido nutrimental y su bajo aporte calórico hacen de este alimento una alternativa eficaz para el control de peso, la obesidad, el apetito y la regulación del metabolismo.
Voz femenina	Un alimento que impulsa y protege la vida. El consumo diario de <i>espirulina</i> se verá reflejado con el paso del tiempo en tu salud.
Voz masculina	Evita la comida chatarra y los alimentos procesados. Prefiere lo natural. Consume cereales frutas y verduras y asegura tener en la despensa de tu casa <i>espirulina</i> , el alimento más antiguo del futuro.
Voz femenina	Mayor información...

Cápsulas radio: *Espirulina maxima* el alimento más antiguo del futuro.

Número 2: protección de hígado y riñón

Voz femenina	Espirulina maxima el alimento más antiguo del futuro. Considerado por el Instituto Nacional de Nutrición como uno de los alimentos más completos de la Tierra.
Voz masculina	¿Estás tomando algún medicamento?
Voz femenina	Todas las medicinas que tomamos tienen efectos secundarios que alteran el funcionamiento de nuestro organismo.
Voz masculina	La mayoría de los residuos de los medicamentos que tomamos son eliminados a través del hígado o del riñón. Ambos órganos sufren un desgaste acumulativo que puede causar daños irreversibles.
Voz femenina	Los últimos estudios realizados en la UNAM demuestran que <i>Espirulina maxima</i> posee un potente efecto hepatoprotector. Es decir, previene el hígado graso inducido por todo tipo de agentes tóxicos.
Voz masculina	Por su parte investigadores del Instituto Politécnico

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

	Nacional han difundido el efecto antinefrotóxico de <i>Espirulina maxima</i> . El consumo regular de la microalga protege a los riñones y reduce la toxicidad del plomo sobre el peso corporal.
Voz femenina	Un alimento que impulsa y protege la vida. El consumo diario de <i>espirulina</i> se verá reflejado con el paso del tiempo en tu salud.
Voz masculina	Evita la comida chatarra y los alimentos procesados. Prefiere lo natural. Consume cereales frutas y verduras y asegura tener en la despensa de tu casa <i>espirulina</i> , el alimento más antiguo del futuro.
Voz femenina	Mayor información...

Cápsulas radio: *Espirulina maxima* el alimento más antiguo del futuro.

Número 3: alimentación ecológica

Voz femenina	<i>Espirulina maxima</i> el alimento más antiguo del futuro. Contiene el mayor número de nutrientes por unidad de masa si se le compara con cualquier otro alimento natural.
Voz masculina	Pero, no sólo alimenta y protege nuestro cuerpo. Además contribuye al mejoramiento del medio ambiente, al ser considerado por especialistas como un alimento altamente ecológico.
Voz femenina	¿Sabes cómo afecta lo que comemos al medio ambiente?
Voz masculina	Según un reciente informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el sector ganadero genera más gases de efecto invernadero –el 18 %, medidos en su equivalente en dióxido de carbono (CO ₂)- que el sector del transporte. También es una de las principales causas de la degradación del suelo y de los recursos hídricos.
Voz femenina	Como señal de prosperidad, cada año la humanidad consume más carne y productos lácteos. Sin embargo, se sabe que diez personas podrían ser alimentadas con el cereal que alimenta una vaca.
Voz masculina	Por cada medio kilo de carne no consumido podemos ahorrar entre 2500 y 5000 galones de agua. Cantidad de agua que consumimos al bañarnos diariamente durante un año. Además el ganado produce 130 veces más contaminantes que la gente.
Voz femenina	Cada segundo de cada día se destruye un área del tamaño de un campo de fútbol de selva tropical para producir 257 hamburguesas. Necesitamos voltear la mirada y nuestros paladares hacia alimentos que impulsan y protegen la vida.
Voz masculina	La <i>espirulina</i> requiere, para producir un kilo de proteína, 200 veces menos hectáreas y 100,000 veces menos agua que el ganado. Asimismo no requiere de agua potable ni de terrenos fértiles ya que crece en desiertos.
Voz femenina	Los cultivos de <i>espirulina</i> producen más del doble

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

	de oxígeno que los árboles en promedio. Al consumir espirulina obtenemos beneficios en nuestra vida y en la vida del planeta que nos alberga.
Voz masculina	Prefiere lo natural. Consume cereales frutas y verduras y asegura tener en la despensa de tu casa Espirulina maxima, el alimento más antiguo del futuro.
Voz masculina	Mayor información...

Cápsulas radio: Espirulina maxima el alimento más antiguo del futuro.

Número 4: alimentación ancestral mexicana

Voz femenina	Espirulina maxima el alimento más antiguo del futuro. Contiene el mayor número de nutrientes por unidad de masa si se le compara con cualquier otro alimento natural.
Voz masculina	Es también uno de los alimentos naturales más antiguos de la Tierra que data de hace más de 3500 millones de años.
Voz femenina	Considerado como el alimento más peculiar de los aztecas encontrado por los españoles. Es una sustancia de color verde y con tonos azulados llamada tecuitlatl, que se recogía en el salobre lago de Texcoco y se le vendía en los mercados. Se combinaba con maíz o con una salsa hecha de una mezcla de chiles y tomates
Voz masculina	La dieta real de los aztecas se veía muy mejorada, tanto cuantitativa como cualitativamente, por ciertos alimentos especiales como la espirulina.
Voz femenina	Hoy diversos autores sugieren que esta microalga fue uno de los alimentos más importantes que hizo posible el crecimiento de la población en el periodo azteca.
Voz masculina	Uno de los primeros registros de la historia que se tienen acerca del consumo de espirulina como alimento para humanos proviene de Bernal Díaz del Castillo, uno de los acompañantes de las tropas de Hernán Cortés, quien reportó en 1521 que la espirulina era cosechada de las aguas del Lago de Texcoco, a la que secaban y vendían en el mercado de Tenochtitlán.
Voz masculina	<i>“No satisfechos de alimentarse de cosas vivientes, ellos también comían una cierta sustancia, como el barro, que flota sobre las aguas del lago, y que secaban al Sol para preservarlo, y hacer uso de éste como queso, al que se parecía en sabor y en gusto. Ellos le daban a esta sustancia el nombre de Tecuitlatl o excremento de las piedras”.</i>
Voz femenina	Evita la comida chatarra y los alimentos procesados. Prefiere lo natural. Consume cereales frutas y verduras y asegura tener en la despensa de tu casa Espirulina maxima, el alimento más antiguo del futuro.
Voz masculina	Mayor información...

**HISTORIA, NUTRICIÓN, SALUD Y ECOLOGÍA PARA GENERAR DE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN
SOBRE LA ESPIRULINA (*A. maxima*)**

Cápsulas radio: Espirulina maxima el alimento más antiguo del futuro.

Número 5: propiedades nutrimentales

Voz femenina	Espirulina maxima el alimento más antiguo del futuro. Contiene el mayor número de nutrimentos por unidad de masa si se le compara con cualquier otro alimento natural.
Voz masculina	Actualmente se conocen 50 nutrimentos que son indispensables para la dieta de los seres humanos. La espirulina contiene el 95% de estos, entre los que destacan aminoácidos y ácidos grasos indispensables, minerales, vitaminas y glucosa.
Voz femenina	Todo lo que consumas hoy de espirulina, se reflejará en tu salud en los próximos veinte años.
Voz masculina	Un 60% de la Espirulina es proteína de alta calidad debido a su fácil digestibilidad y a la presencia de más del noventa por ciento de los aminoácidos. Además, en los cultivos acuáticos en los que crece la microalga, ésta es capaz de absorber la mayor cantidad de micronutrimentos.
Voz femenina	Así es que es un alimento rico en minerales como el calcio, el fósforo, el magnesio, el hierro y el potasio. Es la fuente natural más rica en tocoferoles (vitamina E), contiene veinte veces más betacaroteno (precursor de vitamina A) que la zanahoria y es fuente importante de todas las vitaminas del complejo B.
Voz masculina	Los hidratos de carbono de espirulina aumentan la calidad de vida del paciente diabético. A parte de la leche materna es el único alimento natural rico en ácido gamalinolénico.
Voz masculina	La espirulina es el alimento natural con mayor actividad antioxidante. Esto se debe a su gran concentración de tocoferoles y betacaroteno, pero principalmente a su contenido de un pigmento azul llamado ficocianina que atrapa a más del noventa por ciento de las especies reactivas que producen estrés oxidativo y envejecimiento prematuro en nuestras células.
Voz femenina	Tiene 8.40 veces más calcio que la leche fresca y sin colesterol. Tiene 22 veces más hierro que el hígado de res. Tiene 2.70 veces más proteínas que el filete de res. Tiene 21.0 veces más betacaroteno que las zanahorias.
Voz masculina	Tiene 10.2 veces más Vit.B2 que los champiñones. Tiene 3 veces más Vit.B6 que la papa. Tiene 3.2 veces más Vit.B12 que el huevo.
Voz femenina	Evita la comida chatarra y los alimentos procesados. Prefiere lo natural. Consume cereales frutas y verduras y asegura tener en la despensa de tu casa Espirulina maxima, el alimento más antiguo del futuro.
Voz masculina	Mayor información...