

# Bioteecnología en MOVIMIENTO

REVISTA DE DIVULGACIÓN DEL INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA DE LA UNAM

## Bioteecnología prehispanica en Mesoamérica



Disponible en [www.ibt.unam.mx](http://www.ibt.unam.mx)



Bioteecnología y color en el mundo prehispanico

El cuezcomate: granero milenario que destella sabiduría tradicional

La inventiva de nuestros antepasados y los fermentados de maíz

¿Probióticos en el pulque?

Alga espirulina: de Tenochtitlan a Sosa Texcoco

La metagenómica del queso Cotija



Instituto de Bioteecnología

## DIRECTORIO

### UNAM

#### RECTOR

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers

#### SECRETARIO GENERAL

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

#### SECRETARIO ADMINISTRATIVO

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez

#### SECRETARIO DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa

#### SECRETARIO DE ATENCIÓN

#### A LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA

Dr. César I. Astudillo Reyes

#### ABOGADA GENERAL

Dra. Mónica González Contró

#### COORDINADOR DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Dr. William Henry Lee Alardín

#### DIRECTOR GENERAL DE COMUNICACIÓN SOCIAL

Lic. Néstor Martínez Cristo

### IBt

#### DIRECTOR

Dr. Octavio Tonatiuh Ramírez Reivich

#### SECRETARIO ACADÉMICO

Dr. Enrique Rudiño Piñera

#### SECRETARIO DE VINCULACIÓN

Dr. Enrique Galindo Fentanes

#### SECRETARIO ADMINISTRATIVO

C.P. Francisco Arcos Millán

#### COORDINADOR DE INFRAESTRUCTURA

Dr. Gerardo Corzo Burguete

#### JEFES DE DEPARTAMENTO

##### BIOLOGÍA MOLECULAR DE PLANTAS

Dr. Luis Cárdenas Torres

##### GENÉTICA DEL DESARROLLO Y FISIOLÓGIA MOLECULAR

Dr. Alberto Darszon Israel

##### INGENIERÍA CELULAR Y BIOCÁTALISIS

Dra. Gloria Saab Rincón

##### MEDICINA MOLECULAR Y BIOPROCESOS

Dra. Leonor Pérez Martínez

##### MICROBIOLOGÍA MOLECULAR

Dra. Guadalupe Espín Ocampo

#### EDITOR

Dr. Enrique Galindo Fentanes

galindo@ibt.unam.mx

#### EDITORA EJECUTIVA

Dra. Georgina Ponce Romero

geop@ibt.unam.mx

#### COMITÉ EDITORIAL

Dra. Claudia Martínez Anaya

Dra. Martha Pedraza Escalona

Dr. Fernando Lledías Martínez

Dr. José Luis Reyes Taboada

Dr. Enrique Reynaud Garza

Dr. Adán Guerrero Cárdenas

Dr. Carlos Peña Malacara

Dr. Edmundo Calva Mercado

M.C. Blanca Ramos Cerrillo

M.C. Joaquín Ramírez Ramírez

Biotecnología en Movimiento, año 2, No. 9, publicación trimestral, editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Col. Universidad Nacional Autónoma de México, C.U. Delegación Coyoacán C.P. 04510, a través del Instituto de Biotecnología, Av. Universidad 2001, Col. Chamilpa, C.P. 62210, Cuernavaca, Mor., Tel. 3291771. Liga electrónica [www.ibt.unam.mx](http://www.ibt.unam.mx), correo electrónico [biotecmov@ibt.unam.mx](mailto:biotecmov@ibt.unam.mx). Editores responsables Enrique Galindo y Georgina Ponce. Reserva de derechos al uso exclusivo 04-2015-06 1212170800-203 otorgada por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización Dr. Gabriel Corkidi. Av. Universidad 2001, Col. Chamilpa, C.P. 62210, 6 de junio, 2017.

#### FOTOGRAFÍA

Colaboración especial de Archivos Compartidos UAEM-3Ríos.

Fotografías de Ernesto Ríos Lanz, Adalberto Ríos Szalay y

Adalberto Ríos Lanz.

Sergio Trujillo Jiménez

#### APOYO ADMINISTRATIVO

Mayra Gómez Miranda y Yuriney Abonza Amaro

#### DISEÑO EDITORIAL E ILUSTRACIÓN

Presentación de este número especial 2



Investigación sobre el queso Cotija,  
Premio Nacional de Ciencia y Tecnología  
de Alimentos 2016 4



Notas sobre la biotecnología  
prehispánica en Mesoamérica 7



Biotecnología y color en el mundo prehistórico 11



El cuezcomate, granero milenario  
que destella sabiduría tradicional 17



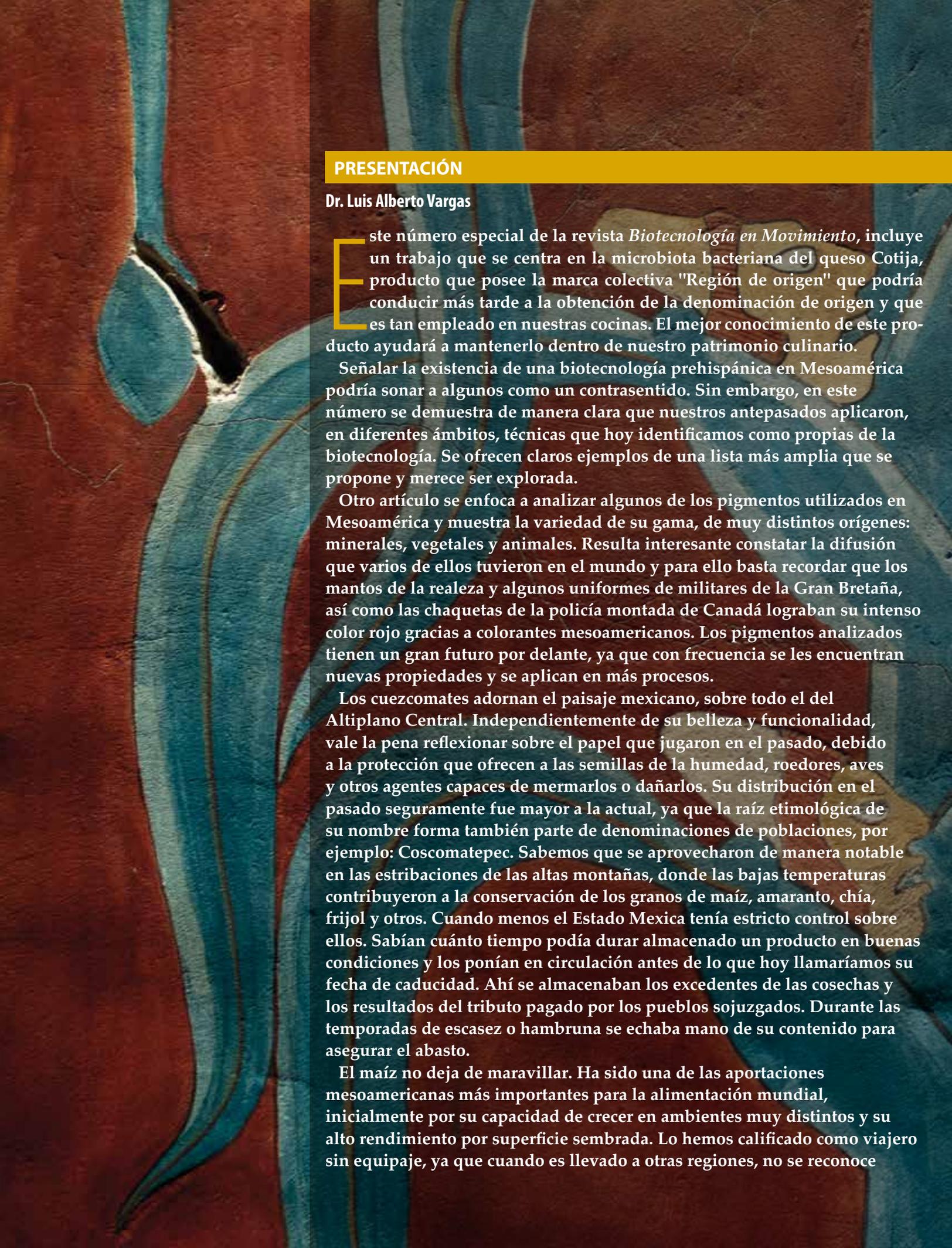
La inventiva de nuestros antepasados  
y los fermentados de maíz 22



¿Probióticos en el pulque? 26



Alga espirulina: de Tenochtitlan a Sosa Texcoco 30



## PRESENTACIÓN

Dr. Luis Alberto Vargas

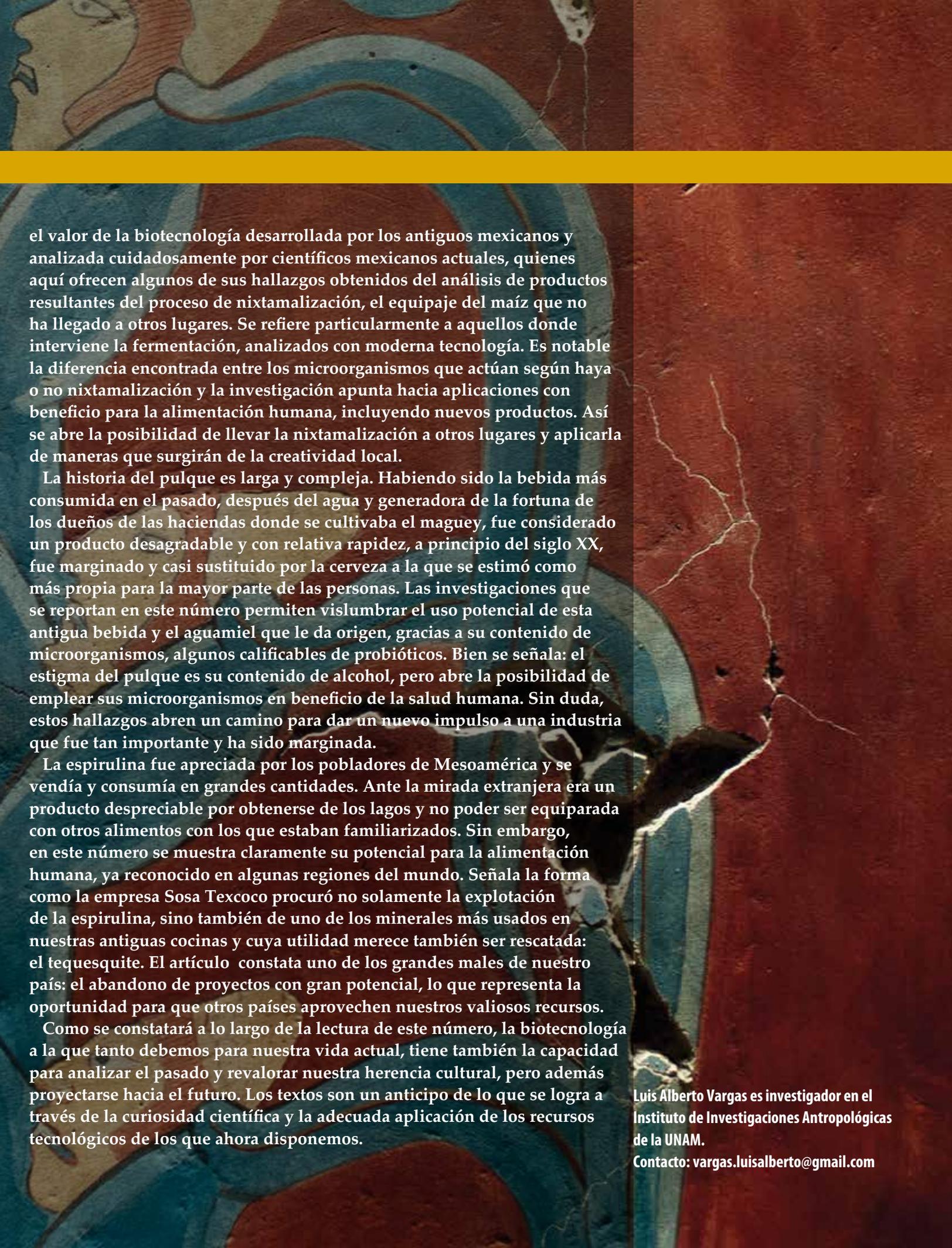
Este número especial de la revista *Biotecnología en Movimiento*, incluye un trabajo que se centra en la microbiota bacteriana del queso Cotija, producto que posee la marca colectiva "Región de origen" que podría conducir más tarde a la obtención de la denominación de origen y que es tan empleado en nuestras cocinas. El mejor conocimiento de este producto ayudará a mantenerlo dentro de nuestro patrimonio culinario.

Señalar la existencia de una biotecnología prehispánica en Mesoamérica podría sonar a algunos como un contrasentido. Sin embargo, en este número se demuestra de manera clara que nuestros antepasados aplicaron, en diferentes ámbitos, técnicas que hoy identificamos como propias de la biotecnología. Se ofrecen claros ejemplos de una lista más amplia que se propone y merece ser explorada.

Otro artículo se enfoca a analizar algunos de los pigmentos utilizados en Mesoamérica y muestra la variedad de su gama, de muy distintos orígenes: minerales, vegetales y animales. Resulta interesante constatar la difusión que varios de ellos tuvieron en el mundo y para ello basta recordar que los mantos de la realeza y algunos uniformes de militares de la Gran Bretaña, así como las chaquetas de la policía montada de Canadá lograban su intenso color rojo gracias a colorantes mesoamericanos. Los pigmentos analizados tienen un gran futuro por delante, ya que con frecuencia se les encuentran nuevas propiedades y se aplican en más procesos.

Los cuezcomates adornan el paisaje mexicano, sobre todo el del Altiplano Central. Independientemente de su belleza y funcionalidad, vale la pena reflexionar sobre el papel que jugaron en el pasado, debido a la protección que ofrecen a las semillas de la humedad, roedores, aves y otros agentes capaces de mermarlos o dañarlos. Su distribución en el pasado seguramente fue mayor a la actual, ya que la raíz etimológica de su nombre forma también parte de denominaciones de poblaciones, por ejemplo: Coscomatepec. Sabemos que se aprovecharon de manera notable en las estribaciones de las altas montañas, donde las bajas temperaturas contribuyeron a la conservación de los granos de maíz, amaranto, chía, frijol y otros. Cuando menos el Estado Mexica tenía estricto control sobre ellos. Sabían cuánto tiempo podía durar almacenado un producto en buenas condiciones y los ponían en circulación antes de lo que hoy llamaríamos su fecha de caducidad. Ahí se almacenaban los excedentes de las cosechas y los resultados del tributo pagado por los pueblos sojuzgados. Durante las temporadas de escasez o hambruna se echaba mano de su contenido para asegurar el abasto.

El maíz no deja de maravillar. Ha sido una de las aportaciones mesoamericanas más importantes para la alimentación mundial, inicialmente por su capacidad de crecer en ambientes muy distintos y su alto rendimiento por superficie sembrada. Lo hemos calificado como viajero sin equipaje, ya que cuando es llevado a otras regiones, no se reconoce



el valor de la biotecnología desarrollada por los antiguos mexicanos y analizada cuidadosamente por científicos mexicanos actuales, quienes aquí ofrecen algunos de sus hallazgos obtenidos del análisis de productos resultantes del proceso de nixtamalización, el equipaje del maíz que no ha llegado a otros lugares. Se refiere particularmente a aquellos donde interviene la fermentación, analizados con moderna tecnología. Es notable la diferencia encontrada entre los microorganismos que actúan según haya o no nixtamalización y la investigación apunta hacia aplicaciones con beneficio para la alimentación humana, incluyendo nuevos productos. Así se abre la posibilidad de llevar la nixtamalización a otros lugares y aplicarla de maneras que surgirán de la creatividad local.

La historia del pulque es larga y compleja. Habiendo sido la bebida más consumida en el pasado, después del agua y generadora de la fortuna de los dueños de las haciendas donde se cultivaba el maguey, fue considerado un producto desagradable y con relativa rapidez, a principio del siglo XX, fue marginado y casi sustituido por la cerveza a la que se estimó como más propia para la mayor parte de las personas. Las investigaciones que se reportan en este número permiten vislumbrar el uso potencial de esta antigua bebida y el aguamiel que le da origen, gracias a su contenido de microorganismos, algunos calificables de probióticos. Bien se señala: el estigma del pulque es su contenido de alcohol, pero abre la posibilidad de emplear sus microorganismos en beneficio de la salud humana. Sin duda, estos hallazgos abren un camino para dar un nuevo impulso a una industria que fue tan importante y ha sido marginada.

La espirulina fue apreciada por los pobladores de Mesoamérica y se vendía y consumía en grandes cantidades. Ante la mirada extranjera era un producto despreciable por obtenerse de los lagos y no poder ser equiparada con otros alimentos con los que estaban familiarizados. Sin embargo, en este número se muestra claramente su potencial para la alimentación humana, ya reconocido en algunas regiones del mundo. Señala la forma como la empresa Sosa Texcoco procuró no solamente la explotación de la espirulina, sino también de uno de los minerales más usados en nuestras antiguas cocinas y cuya utilidad merece también ser rescatada: el tequesquite. El artículo constata uno de los grandes males de nuestro país: el abandono de proyectos con gran potencial, lo que representa la oportunidad para que otros países aprovechen nuestros valiosos recursos.

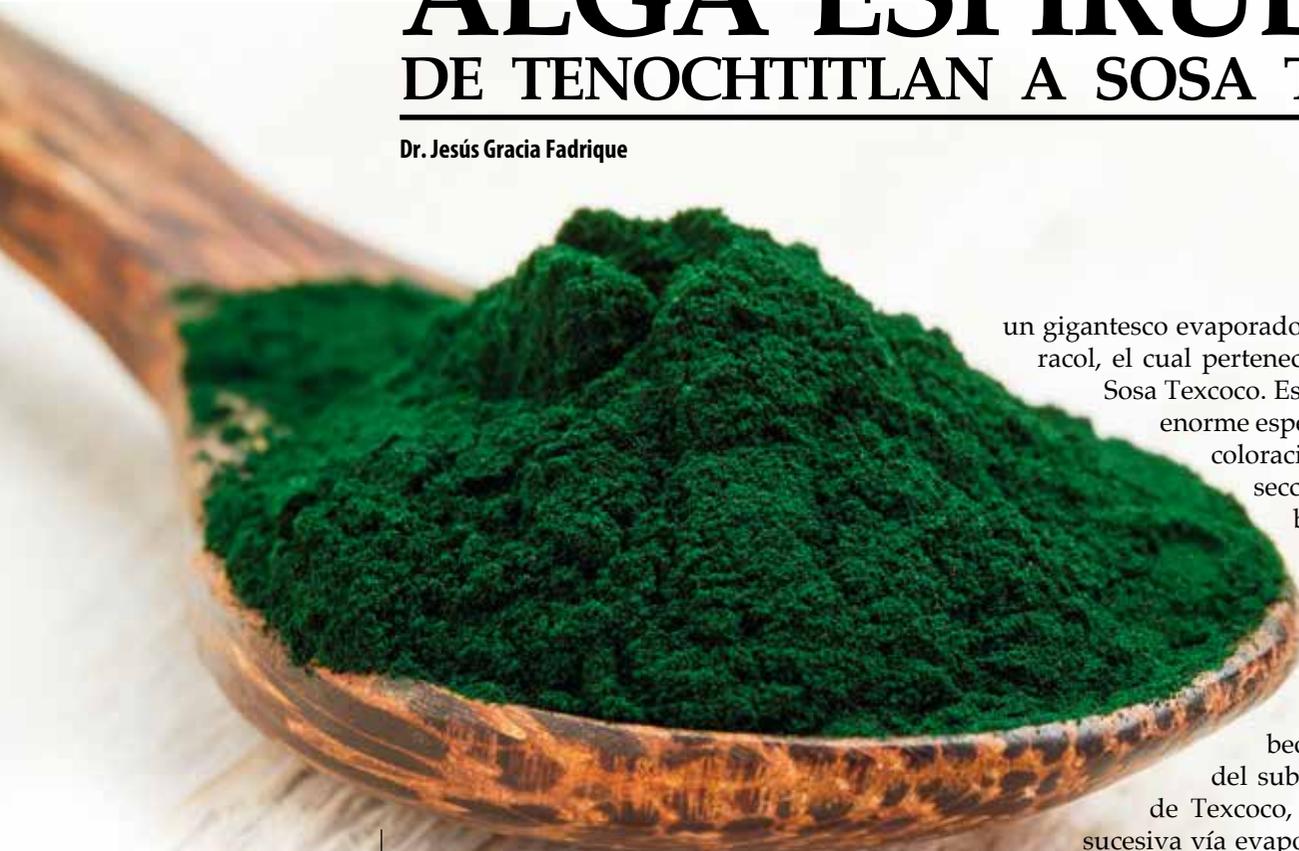
Como se constatará a lo largo de la lectura de este número, la biotecnología a la que tanto debemos para nuestra vida actual, tiene también la capacidad para analizar el pasado y revalorar nuestra herencia cultural, pero además proyectarse hacia el futuro. Los textos son un anticipo de lo que se logra a través de la curiosidad científica y la adecuada aplicación de los recursos tecnológicos de los que ahora disponemos.

Luis Alberto Vargas es investigador en el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM.

Contacto: [vargas.luisalberto@gmail.com](mailto:vargas.luisalberto@gmail.com)

# ALGA ESPIRULINA DE TENOCHTITLAN A SOSA TEXCOCO

Dr. Jesús Gracia Fadrique



La espirulina es una microalga verde-azul, perteneciente al género *Arthrospira*, familia *Microcoleaceae*, orden *Oscillatoriales*, clase *Pyanophyceae*. Está considerada como una cianobacteria y se denomina *Arthrospira platensis*. Recibe el nombre comercial de espirulina por su forma espiral. Estudios nutricionales revelan que esta microalga es una de las fuentes alimenticias más ricas en proteína, además de contener de manera equilibrada grasas, carbohidratos y vitaminas. Los aminoácidos esenciales están presentes y su contenido proteico es de hasta un 70 %. En medio acuoso, en el que se desarrolla de manera natural, puede crecer satisfactoriamente en contenidos salinos hasta cinco veces mayor a los del agua del mar y a una alcalinidad extrema. Las temperaturas óptimas para su crecimiento son compatibles con los climas tropicales y desértico. En esta ecología hostil, difícilmente se desarrollan otro tipo de microorganismos que puedan competir y contaminar a la especie más favorecida por el medio ambiente y la evolución. La espirulina crece así, básicamente a partir de agua, nutrientes y radiación solar, en un entorno que asegura su hegemonía (1).

Quienes viajaban por vía aérea desde o hacia la Ciudad de México por el occidente, en la década de los 80's, tenían el privilegio de contemplar las enormes dimensiones y colorido de

un gigantesco evaporador solar en forma de caracol, el cual pertenecía a la empresa estatal Sosa Texcoco. Este caracol constituía un enorme espejo de agua de diferente coloración en cada una de sus secciones, divididas por bordos, anunciadas por diversas tonalidades del color verde.

El espejo de agua se encontraba alimentado por más de 200 sistemas de bombeo que extraían salmuera del subsuelo del antiguo vaso de Texcoco, para su concentración sucesiva vía evaporación solar y después ingresar a la planta de Sosa Texcoco, destinada a la producción de carbonato de sodio y sosa cáustica, dos compuestos muy solicitados por la industria. En sus mejores momentos, la planta llegó a producir 700 toneladas diarias de carbonato de sodio.

Está de más advertir del carácter alcalino de las salmueras extraídas; las mismas que formasen el medio lacustre de las antiguas culturas del Valle de México y su mayor y más importante representante: Tenochtitlan. En efecto, en su tiempo, los lagos de Texcoco, Zumpango, Xaltocan y Tenochtitlan, fueron lagos salobres, mientras que los canales de Chalco y Xochimilco lo eran de agua dulce.

La evaporación de las salmueras, deja ver un residuo sólido conocido como tequesquite, mezcla de cloruro de sodio, carbonato y bicarbonato de sodio; material que aún se expende en los mercados tradicionales de la Ciudad de México. Pero lo más importante es el origen y coloración de las salmueras, causada por un organismo microscópico denominado "alga espirulina".

El caracol fue concebido y construido bajo la supervisión del Ing. Hermión Larios, en el marco de un proyecto de habilitación del agua de la zona (por lavado), para su uso agrícola. Este objetivo no se logró, pero cumplió con otros destinos, al funcionar como evaporador solar y disminuir las polvaredas sobre la ciudad de México.



La capacidad estimada de evaporación de las 900 hectáreas del caracol, ascendió a 10,000 m<sup>3</sup>/día.

Para los ingenieros de Sosa Texcoco, la presencia de material orgánico en las salmueras concentradas fue un problema crónico en las operaciones de la planta, especialmente la producción de espuma. Por mucho tiempo se emplearon biocidas con la idea de combatir el alga, sin saber que a partir de ella se abriría una nueva etapa de producción en la planta.

## Redescubriendo el alga espirulina

Durante el periodo de 1964-1965, se desarrolla una expedición conjunta Francia-Bélgica (2), la primera travesía Trans-Sahariana, desde la costa Atlántica (Marruecos) hasta el Mar Rojo (Egipto), con el fin de recolectar polen, semillas, rocas, plantas y construir un herbario de un trayecto desconocido desde el punto de vista botánico. Al arribo de la expedición a la República del Chad (África), encuentran en uno de sus mercados un producto denominado *Dihe*, con tonalidad verdosa, en forma de tortilla, para consumo humano. Al parecer es un alimento a base de algas colectadas en el lago Chad. El análisis de ese material por parte del Instituto Francés del Petróleo y las tortillas encontradas en el mercado de Chad confirman que se trata del mismo material: *Spirulina platenis* con un contenido proteico entre 65 y 70 %.

Cuando la empresa Sosa Texcoco, por relaciones de cooperación tecnológica con el Instituto Francés del Petróleo, conoció el potencial alimenticio y nutricional del alga, destinó 20 hectáreas del caracol al cultivo y estudio del alga espirulina. La primera planta piloto inicia en 1973 con una capacidad de una tonelada de biomasa seca por día. El proceso consistía en la filtración del alga para obtener un concentrado gelatinoso que era secado por aspersión (el proceso que se usa, por ejemplo en la producción de leche en polvo). Antes de su clausura, la planta llegó a producir tres toneladas de biomasa seca por día. El valor agregado en la producción de alga superó al de la producción de carbonato de sodio.

En 1993, la decisión de desaparecer a Sosa Texcoco como industria paraestatal, conduce a la quiebra forzada de la empresa y al cierre definitivo de sus instalaciones.

## Espirulina en el México Prehispánico

Hay varias citas bibliográficas que documentan que el alga espirulina se producía y consumía en el México prehispánico. Un muy interesante artículo (3), demuestra que los habitantes de Tenochtitlan consumían cantidades considerables de un alga verde-azul. El trabajo está fundamentado en diferentes referencias históricas asociadas al vocablo "Tecuitlatl" (o Tecuitlate) que consistía en la recolecta y consumo de cierta lama que se obtenía de la parte salobre del Lago de Texcoco.

En las citas utilizadas de ese artículo, se presentan fuentes de primera importancia, como la "Historia Verdadera de la Conquista de la Nueva España" de Bernal Díaz del Castillo (4) en su relato del tianguis de Tlatelolco:

*"...pues pescaderos 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 tiene un sabor a manera de queso."*

Luis Cabrera (5), en su "Diccionario de Aztequismos" expresa del tecuitlate que *"es una especie de musgo o ahuaotle, que se cría adherido a las piedras de los lagos y que lo indios comían secándolo y asándolo en forma de tortas. Etimología: tecuitlatl, suciedad de las piedras; de tetl, piedra y cuiltlal, suciedad"*.

En los memoriales de Fray Toribio de Motolinia (6) se dice *"críanse sobre el agua de la laguna de México unos como limos muy molidos, y á cierto tempo del año que están cuajados, cogenlos los indios con unos redejuncillos 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 o tres"*.

Bernardino de Sahagún (7) menciona también la palabra Tecuitlate: *"Hay unas urrosas que se crían sobre el agua que se llaman Tecuitlate: son de color azul claro; después hacen unas tortas de ello, y tostadas las comen"*.

En la "Relación de Texcoco" de Juan Bautista Pomar (8) se encuentran importantes referencias



El alga espirulina fue un ingrediente cotidiano en la alimentación de los pueblos que circundaron los grandes lagos del altiplano mexicano. Su alto contenido proteico debió contribuir al estado de salud de estos pueblos



sobre las características del antiguo lago de Texcoco, la presencia de sales y la alimentación de los pobladores: "...lo primero es mucha casa de aves que toman con redes, y el pescadillo que cogen, de que se mantienen casi todo el año, y un género de comida llaman tecuitlatl, que hacen de unas lamas verdes que cría, lo cual hecho tortas y cocido, queda de un color verde obscuro, que llaman los españoles queso de la tierra."

## Redescubrimiento y potencial

Los antecedentes históricos remotos, confirman que el alga espirulina fue un ingrediente cotidiano en la alimentación de los pueblos que circundaron los grandes lagos del altiplano mexicano. Su alto contenido proteico debió contribuir al estado de salud de estos pueblos. El redescubrimiento del alga espirulina condujo a México a ocupar el primer lugar en su producción a nivel mundial. Se desarrollaron también trabajos de investigación sobre usos, técnicas de producción y aplicaciones (1).

Con la quiebra forzada de Sosa Texcoco, México perdió el caracol y con ello el liderazgo en el tema. El gigantesco biorreactor de 900 hectáreas, es ahora un lúgubre esqueleto de una ancestral tecnología de cosecha de uno de los alimentos más promisorios que, afortunadamente, se está redescubriendo en la actualidad.

Contacto: [jgraciaf@unam.mx](mailto:jgraciaf@unam.mx)

### Referencias

1. J. Gracia-Fadrique, J. (1982), *Invencción, Innovación y Difusión tecnológica, Alga Spirulina. Universidades en la Política Científico Tecnológica de América Latina, México. vol IV. 73 páginas.*
2. Léonard, J. (1966), The 1964-65 Belgian Trans-Saharan Expedition. *Nature*, vol 209 (January 8):126-128.
3. Farrar, W.V. (1966), Tecuitlatl: A Glimpse of Aztec Food Technology. *Nature*, vol 211 (July 23):341-342.
4. Díaz del Castillo, B. (1955), *Historia Verdadera de la Conquista de la Nueva España. Editorial Porrúa, México, 279 páginas.*
5. Cabrera, L. (1980), *Diccionario de Aztequismos. Ed. Oasis, México.*
6. de Motolinia, Fray Toribio (1903), *Memoriales (Documentos Históricos de Mejico 1-327), México.*
7. de Sahagún, B. (1931), *Historia General de las cosas de Nueva España, en Antiquities of Mexico de Lord Kingsborough, London, tomo 7, p. 351.*
8. Bautista Pomar, J. (1975), *Relación de Texcoco, Siglo XVI. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México.*

El Dr. Jesús Gracia Fadrique es Profesor-Investigador en la Facultad de Química de la UNAM, Departamento de Físicoquímica.

**Ven y conoce el Aracnario del IBt**

El IBt cuenta con un aracnario donde se pueden admirar diferentes especímenes de estos interesantes animales, en condiciones de completa seguridad,

*Manipulados por su curadora, la M. en B. Herlinda Clément.*

Se reciben (previa cita) visitas del público, preferentemente de jóvenes y niños a partir de nivel preescolar.

**Contacto:**  
[linda@ibt.unam.mx](mailto:linda@ibt.unam.mx)

UNAM Instituto de Biotecnología