Rev. Fitotec. Mex. Vol. 39 (2): 107 - 115, 2016

BIOTECNOLOGÍA PREHISPÁNICA EN MESOAMÉRICA

PREHISPANIC BIOTECHNOLOGY IN MESOAMERICA

Alfonso Larqué-Saavedra

Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C., Unidad de Recursos Naturales. Calle 43 Núm. 130, Chuburná de Hidalgo. 97200, Mérida, Yucatán, México. Tel. (999) 9428330 ext. 260.

Autor (larque@cicy.mx)

RESUMEN

Con base en la definición de biotecnología del Convenio de la Diversidad Biológica de 1992 y la Ley Mexicana sobre Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente de 2013, que señala que es "toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos así como sus derivados para la creación o modificación de productos y procesos para usos específicos", se enuncian siete tecnologías que desarrollaron y utilizaban los integrantes de las culturas mesoamericanas, previo a la llegada de los conquistadores españoles: La 'nixtamalización', los pigmentos, los polímeros, la fermentación, la papaína, el encurtido y secado del tabaco y la curtiduría de pieles. Las tecnologías que aquí se presentan podrían integrar un capítulo sobre biotecnología prehispánica que hasta ahora no se ha planteado como tal.

Palabras clave: Mesoamérica, polímeros, pigmentos, nixtamalización, fermentación, curtiduría, papaína, tabaco.

SUMMARY

Taking into account the definition of biotechnology as "any technological application using biological systems or their derivatives for the creation or modification of products or processes for specific uses" ratified in the Convention on Biological Diversity of 1992 (United Nations, 1992) and in the Mexican law of ecological equilibrium and environmental protection of 2013, seven technologies that were developed and used by Mesoamerican civilizations prior to the arrival of the Spanish are presented. The following technologies are selected to open this chapter of prehispanic biotechnology. The technology to obtain and manage elastic polymers, procurement and use of pigments or dyes, the fermentation process, the 'nixtamalization' of maize, the empirical use of papain, the tanning of animal hides and the curing and subsequent aging of tobacco leaves prior to being smoked.

Index words: Mesoamerica, polymers, pigments, nixtamalization, fermentation, tanning, papain, tobbaco.

INTRODUCCIÓN

La biotecnología es uno de los campos de la ciencia que más financiamiento ha recibido a nivel mundial, y que más riqueza ha generado en los últimos años a las empresas farmacéuticas y agrícolas, entre otras. Según el Protocolo de Cartagena (Secƒretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2000) la "biotecnología moderna" se define como la aplicación de *"Técnicas in vitro de ácido nucleico, incluidos el ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante y la inyección directa de ácido nucleico en células u organelos. La fusión de células más allá de la familia taxonómica, superan las barreras fisiológicas naturales de la reproducción o de la recombinación y no son técnicas utilizadas en la reproducción y selección tradicional"*. El comité de biotecnología de la Academia Mexicana de Ciencias desde el inicio del presente siglo ha publicado libros en los que enfatiza la importancia de esta disciplina a nivel nacional y mundial (Bolívar 2001, 2007, 2011).

Sin embargo, existe una definición más amplia de biotecnología que aparece redactada en el Convenio de Diversidad Biológica (Naciones Unidas, 1992) y en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de nuestro país, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988, y nuevamente en 2013, que dice que es "*toda aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos*". Con base en esta última acepción, y con el objetivo de enriquecer la historia de esta disciplina en México se estableció la presente investigación para empezar a formalizar el estado que guardaba la biotecnología en Mesoamérica antes del 13 de agosto de 1521 cuando el país fue conquistado por Hernán Cortés.

Para atender este objetivo se revisaron los códices escritos antes de la llegada de los españoles (Arqueología Mexicana, 2013 a, b), así como dos documentos relevantes para fundamentar las propuestas que aquí se enuncian. El primero es el códice de la Cruz-Badiano escrito en 1552, y el segundo es la Historia General de las Cosas de la Nueva España que Fray Bernardino de Sahagún terminó de escribir en la década de los 1570. El Códice de la Cruz-Badiano se tradujo al latín con el nombre de *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis* y se envió al Papa en 1580, y finalmente llegó a la Biblioteca Medicea Laurenziana de Florencia; desde entonces se le conoce como Códice Florentino.

En 1992 el Papa Juan Pablo II devolvió a México este documento, lo que promovió un aumento en la cantidad

Recibido: 12 de Abril del 2016
Aceptado: 30 de Mayo del 2016

de estudios sobre el códice, seguramente para conocer más acerca de los diferentes campos del conocimiento que existían hace poco más de 500 años en el país. Si bien ambos códices se escribieron de 30 a 50 años después de la conquista, son los únicos documentos disponibles hasta ahora para reseñar el estado real del conocimiento que se tenía de esta disciplina antes de la conquista.

BREVE DESCRIPCIÓN DE SIETE BIOTECNOLOGÍAS PREHISPÁNICAS

La enzima papaína

En su libro "Biotechnology for beginners", Renneberg (2007) reseñó el hecho de que los conquistadores notaban que los indígenas mexicanos para ablandar la carne enredaban los trozos en hojas de papaya (*Carica papaya*), con pedazos de los frutos de los que exudaba una sustancia blanquizca (Figura 1). Este texto de biotecnología ubica el origen de la papaína como una biotecnología prehispánica, ya que actualmente se sabe que esta enzima es la responsable del citado efecto. Es una proteasa muy estable, que gracias a sus puentes de disulfuro tolera temperaturas de hasta 60 ºC antes de desactivarse. La tolerancia al calor de la papaína permitió su envío a España, de donde se diseminó rápidamente a toda Europa.

El centro de origen de la papaya, que pertenece a la familia de las caricáceas, es precisamente Mesoamérica y norte de América del Sur, donde según los etnobotánicos este fruto se le conocía como 'chichihualtzapotl', término que se relacionaba con la fertilidad. Esta es entonces una biotecnología que puede integrarse dentro de las descubiertas en la Mesoamérica prehispánica en el campo de la alimentación, y constituye uno de los aspectos culturales distintivo e integrador del valor de uso del conocimiento sobre la biodiversidad, como lo ha referido Long (1996).

La nixtamalización

Es el proceso biotecnológico fundamental para la obtención de la masa a partir del grano del maíz (*Zea mays* L.), y con ella elaborar las tortillas, el alimento base de los mexicanos desde tiempos prehispánicos. Esta tecnología se sigue utilizando en nuestros días, prácticamente sin modificaciones. Restos arqueológicos encontrados señalan que esta tecnología era practicada al menos desde hace 1500 años, es decir desde un milenio antes de la conquista de México (Figura 2).

Básicamente la nixtamalización (del náhuatl 'nixtli': cenizas de cal, y 'tamalli': masa de maíz) consiste en cocer maíz de 60 a 90 min con cal (hidróxido de calcio) a una



Figura 1. Indígenas mexicanos enredaban los trozos de carne en hojas de papaya (*Carica papaya*) y le adherían pedazos de los frutos de los que exudaba una sustancia blanquizca para ablandar la carne que conocemos como la enzima papaína.

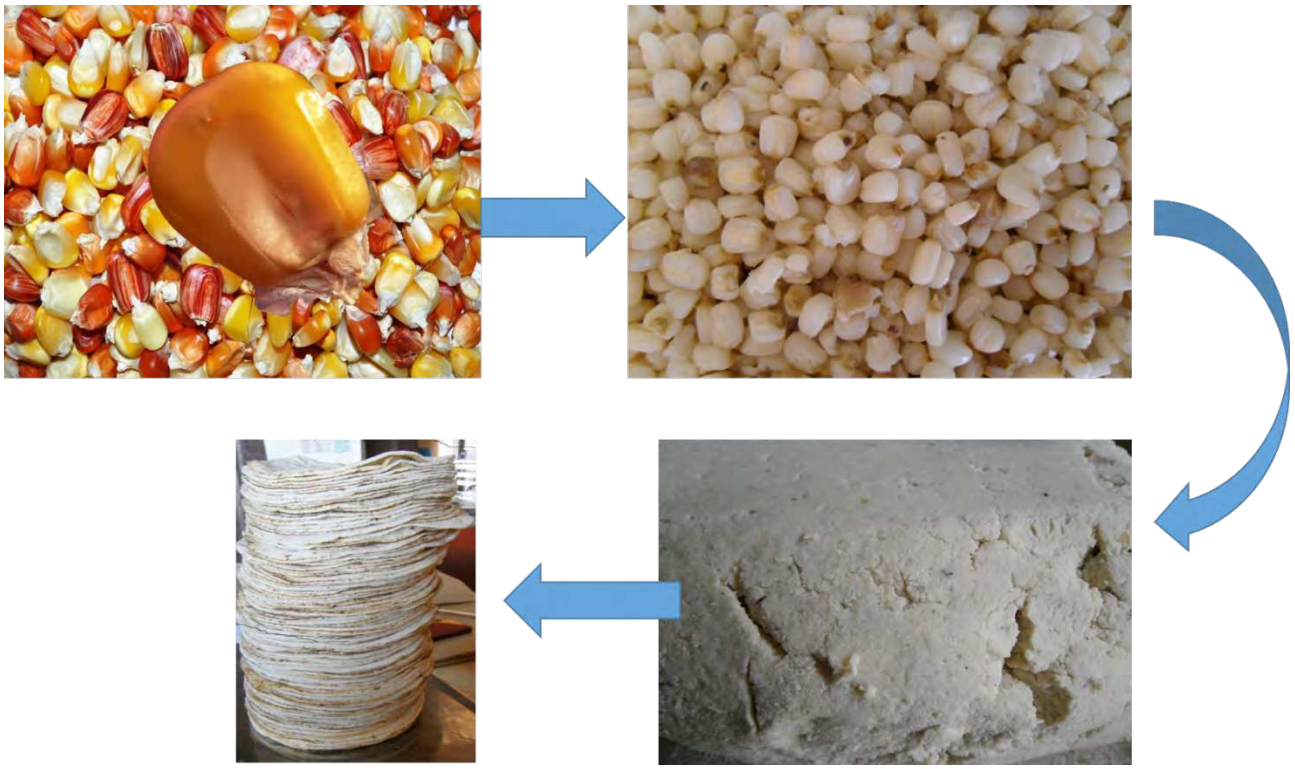


Figura 2. El proceso de 'nixtamalización' para remover el pericarpio del grano del maíz, para la obtención de masa y con ella elaborar las 'tortillas', el alimento base de los mexicanos, es una biotecnología prehispánica.

concentración de alrededor de 1 a 2 % para favorecer la remoción del pericarpio del grano de maíz. Posteriormente esta mezcla se decanta para eliminar tanto el pericarpio que se desprendió del grano como la cal utilizada, y luego lavar el grano cocido con suficiente agua. El grano cocido y sin pericarpio es entonces molido para la obtención de la masa que se usa en la elaboración de antiguos platillos como 'tamales', 'tortillas', 'tlacoyos', 'atoles', etc. (Trabulse, 1985; Vargas, 2014). Con la masa también se elaboran un buen número de bebidas tradicionales como el 'pozol' y el 'teshuino' que consumen las diferentes etnias de México (Cruz y Ulloa, 1973).

La fermentación

Por las evidencias disponibles, el uso de esta biotecnología en la época prehispánica debió haber sido acompañada por un amplio conocimiento del proceso, lo que permite ser considerada como una biotecnología avanzada para su época. Un caso específico de su uso era la fermentación del aguamiel que se obtiene de los magueyes (*Agave* sp.), para la obtención de la bebida denominada 'pulque'. Dicho proceso debió haberse controlado con gran cuidado, razón por la cual Hernán Cortes en su carta del 15 de octubre de 1524 enviada al rey Carlos V de España, le notificaba "el pulque que es el vino que ellos beben".

La tecnología de la fermentación debió haberse practicado de manera frecuente en sinnúmero de procesos relacionados con la alimentación, como la vainilla (*Vanilla mexicana* Mill.) y también con alimentos emblemáticos como lo era el fruto del cacao (*Theobroma cacao*; en griego: alimento de los dioses), que debe fermentarse previo al tostado de las semillas para poder lograr obtener el chocolate, que actualmente es un producto de gran demanda internacional (Figura 3). Los análisis químicos hechos en vasijas mayas han demostrado la presencia del cacao desde épocas prehispánicas (Hurst *et al*., 1989; Hurst *et al*., 2002).

El proceso se inicia con la recolección del fruto de los árboles de cacao que crecen en el trópico mexicano. En la actualidad este fruto contiene de 30 a 60 semillas embebidas en una pulpa mucilaginosa, la que se deja fermentar de 4 a 8 días y después se dejan secar. Durante este proceso la testa de la semilla cambia de un color púrpura a un color café obscuro. Al elevarse la temperatura durante la fermentación, el embrión de las semillas muere y se acumulan las antocianinas, flavilogenos monoméricos y poliméricos, además de catequinas. Actualmente se sabe que las antocianinas se hidrolizan por la acción de glicosidasas, mismas que liberan el sabor a chocolate (Swain, 1962). El periodo de secado de las semillas favorece la oxidación de compuestos y reduce la astringencia de las semillas de manera importante. Es conocido el hecho de que si las semillas se tuestan



Figura 3. Fotografía del códice prehispánico mixteco "Zouche Nutlal", en el que se utilizaron biotecnología como la curtiduría ya que fue hecho sobre piel de venado y se usaron pigmentos vegetales. Se ilustra a un rey que recibe de su esposa un jarro con chocolate, alimento en el que la fermentación era fundamental. Museo Nacional de Antropología e Historia, ciudad de México.

sin haber sido previamente fermentadas, no desarrollan el sabor característico del chocolate.

Puesto que la calidad del chocolate depende en gran medida del control del proceso de fermentación, se puede inferir que los mexicanos debieron haber experimentado el proceso hasta establecer las condiciones óptimas para obtener la mayor calidad del chocolate. El cacao era tan valioso para las culturas prehispánicas que era utilizado como moneda y como forma de tributo (Mohar, 2013a). Después de su envío a España, el chocolate abrió en muy corto tiempo un gran mercado en Europa, sobre todo cuando se le agregó la vainilla (*Vanilla mexicana*), otra especie vegetal nativa del país cuyas vainas son muy apreciadas como condimento alimenticio y como aromatizante.

Obtención, conservación y uso de pigmentos colorantes

Según los vestigios revisados, la tecnología para la obtención de pigmentos debió haber estado muy consolidada en las culturas mesoamericanas, ya que los colorantes se incluían como un tributo importante (Mohar, 2013b). Entre los pigmentos relatados en documentos históricos está el que se obtenía a partir de la hembra de un insecto al que se le dio el nombre de 'grana cochinilla', que se empezó a cultivar desde el siglo X de nuestra era, durante el dominio tolteca. El pigmento fue conocido en Europa con el nombre de carmín, término que se dice fue incorporado al idioma castellano en 1571.

La introducción del pigmento a la industria textil del mercado europeo fue por demás bienvenido, ya que fue utilizado para teñir las capas de los cardenales de la iglesia católica y los uniformes de los llamados casacas rojas en Inglaterra. Su comercialización y demanda después de la conquista fue tan elevada que en el siglo XVIII era el segundo producto de exportación de nuestro país después de la plata.

Para el cultivo de la grana se requería tener una avanzada tecnología basada en el conocimiento del binomio cultivo del nopal (*Opuntia* sp.) y del ácaro que lo parasita (*Dactylopius coccus*). El pigmento lo produce el insecto como defensa (INFOASERCA, 2015) (Figuras 4 y 5).

"Al color con que se tiñe la grana llaman 'nocheztli', quiere decir, sangre de tunas, porque en cierto género de tunas se crían unos gusanos que se llaman cochinillas, apegados a las hojas, y aquellos gusanos tienen una sangre muy colorada, ésta es la grana *fina* que es conocida en esta tierra... A la grana que ya está purificada y hecha en panecitos, llaman grana *recia* o *fina*, véndenla en los 'tiánquez' (mercados locales hoy llamados 'tianguis'), hecha en panes, para que la compren los pintores y tintoreros" (De Sahagún, 1969).

La importancia de este colorante sigue vigente ya que



Figura 4. Cultivo de nopal (*Opuntia* sp.) con el ácaro que lo parasita (*Dactylopius coccus*), que produce el pigmento que actualmente conocemos con el nombre 'grana cochinilla'.

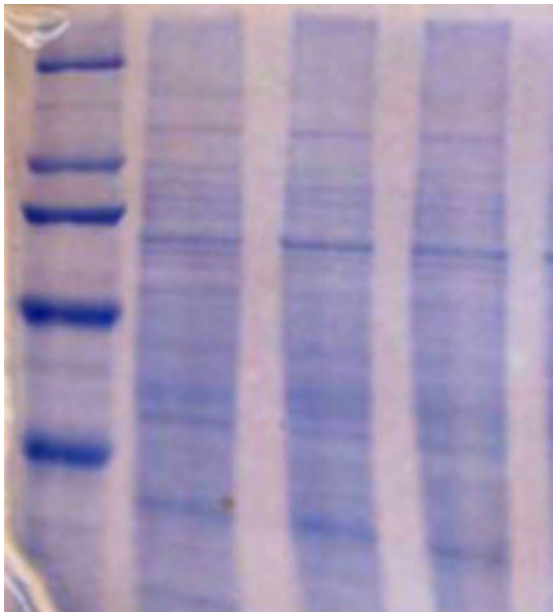


Figura 5. En biología molecular la 'grana cochinilla' (ácido carmínico) se usa para visualizar proteínas (técnica de "Western blot").

en noviembre de 2014 se llevó a cabo *El Coloquio Internacional sobre grana cochinilla en el arte*, que tuvo lugar en el auditorio de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, en la Ciudad de México. Durante el evento se resaltó su importancia en la pintura de los grandes artistas, una vez que llegó a Europa, en el siglo XVI. Para ilustrar el impacto en Europa de este pigmento producto de la biotecnología prehispánica, La Dra. Gayo García del Museo del Prado de Madrid resaltó que fue utilizado desde el siglo XVI entre otros, por el Greco en obras como La Crucifixión (1597) y Una Fábula (1580) (Figura 6).

El uso del carmín en biología ha sido muy amplio. En 1990 el neurólogo MacLean refirió que en 1858 el anatomista alemán Joseph Von Gerlach introdujo el carmín como colorante para la tinción de neuronas, y desde entonces este pigmento ha sido utilizado en el campo de la histoquímica, y también para visualizar proteínas sobre membranas de



Figura 6. El uso del pigmento de la 'grana cochinilla' en el arte fue incorporado desde finales del siglo XVI. El Greco, famoso pintor español, lo utilizó en su cuadro Una Fábula (1580), Museo Nacional del Prado en Madrid España.

nitrocelulosa en la llamada técnica del "Western blot". El pigmento sigue teniendo gran demanda ya que se usa en la industria textil, en la industria alimentaria donde se le designa con la clave E120, en cosmetología, en el arte pictórico, etc.

Proceso de curtiduría de pieles animales

El curtido es el proceso de preservar la piel de animales, ya que sin dicho tratamiento la piel se pudre. Este proceso se realizaba sumergiendo la piel en una solución acuosa con taninos, que son sustancias curtientes presentes en numerosas plantas como las cortezas de encinos (*Quercus*) y pinos (*Pinus*), y también se ha señalado que se utilizaban los excrementos de animales, los sesos, médulas, etc. Los taninos se encuentran ampliamente distribuidos en muchas especies vegetales, preferentemente en la familia de las fagáceas, y son polifenoles derivados del ácido gálico que se ligan a compuestos orgánicos como proteínas y las precipitan. La palabra tanino se deriva del término *tanna* que quiere decir encino o árbol de abeto.

Se puede inferir que para muchas de las prendas de vestir de los habitantes prehispánicos, como pectorales, 'icpales', 'huaraches', etc., se utilizaban pieles curtidas de conejos, venados, jaguares, pumas, etc., y de manera semejante debieron haberse preparado pieles para escribir los códices. El análisis moderno de estos códices hechos sobre piel ha hecho posible obtener datos importantes del animal utilizado y del proceso de curtiduría manejado, y de esta forma enriquecer el conocimiento de esta biotecnología.

De los pocos códices precortesianos que existen y que no fueron destruidos por los conquistadores resalta el Códice Colombino (mixteco prehispánico) hecho sobre piel de venado. De acuerdo con el trabajo publicado por Maldonado y Maldonado (1995) acerca de este códice, se utilizaron diferentes tipos de curtientes para pieles que permitieron lograr sus características de suavidad, impermeabilidad, dureza y flexibilidad. Es decir, las culturas prehispánicas utilizaban diferentes variantes y componentes en la técnica. Estos autores señalan que en la preparación de la piel para escribir el Códice Colombino se utilizaron como agentes curtientes a sesos y médula de animales, así como curtientes de origen vegetal.

El impacto del uso de taninos extraídos de los encinos y pinos para el curtido de pieles fue tan importante que permitió que para finales del siglo XVI México enviara a España cerca de 80 mil cueros de ganado vacuno al año. La obtención de los taninos seguramente afectó de manera importante la población de encinos, principalmente, y se podría anotar que así se inició la contaminación de

ríos y lagos del país, dando pauta al nacimiento de otra biotecnología la cual conocemos actualmente como biorremediación.

Obtención y manejo de polímeros elásticos

Esta tecnología se desarrolló a partir de la flora nativa, con el propósito de elaborar diferentes implementos que fueron utilizados para la práctica de rituales, deporte, salud, etc. Se ha señalado que fueron los olmecas hace más de 1500 años los que iniciaron el manejo y desarrollo de las tecnologías de polímeros que dieron lugar al llamado juego de pelota o 'tlatchtli' (en náhuatl), que practicaban las culturas mesoamericanas en las canchas que es común encontrar en numerosos sitios arqueológicos de la ciudades precolombinas. De hecho, Fray Bernardino de Sahagún recopiló información sobre el juego de pelota y la consignó en su obra (Figura 7).

La pelota estaba hecha de caucho, un polímero construido por unidades de isopreno y que es un metabolito secundario que se almacena en el floema de los árboles (Venkatachalam *et al*., 2013). En México el polímero se obtenía de *Castilla elástica,* una especie de la familia de las moráceas, y que se mezclaba con los extractos de otra planta llamada *Ipomea alba* de la familia convolvuláceas, que suministraba los compuestos base azufrados que ahora se sabe son fundamentales para dar origen a lo que conocemos como vulcanización. De esta forma se les daba a los polímeros las características deseadas, que seguramente se usaba también para otros utensilios y recubrimientos, además de la elaboración de pelotas para el citado juego. La información ha sido confirmada por la publicación de Hosler y colaboradores quienes en 1999 publicaron en Science el artículo del análisis realizado en las pelotas encontradas en el municipio de Hidalgotitlán en el estado de Veracruz en 1989 (CONACULTA, 2008).

Otro polímero elástico que utilizaban los mayas lo llamaban 'sicte', que significa sangre o fluido vital. Los expertos anotan que los aztecas lo llamaban 'tzictli' que significa pegar y lo utilizaban para limpiar los dientes y para reducir la sensación del hambre y la sed. Este polímero lo obtenían del árbol llamado chicozapote (*Manilkara zapota*) que es una especie de la familia de las sapotáceas. El polímero referido es utilizado hasta nuestros días con el nombre genérico de chicle (Linares y Bye, 2014).

El curado y secado de hojas de tabaco

Una de las plantas de mayor interés que sorprendió a los conquistadores en su llegada a América y que poco se ha enfatizado en las publicaciones de los etnobotánicos mexicanos, fue sin lugar a dudas el fumar las hojas del tabaco (*Nicotiana tabacum*) (Figura 8). Según se menciona en los códices (Mohar, 2013a), esta planta se usaba para pagar tributo. El tabaco debe su nombre a la isla antillana de Tobago, lugar donde los compañeros de Cristóbal Colon, los marineros Rodrigo de Jerez y Luis de la Torre vieron por primera vez que se fumaba. Otra hipótesis reseña



Figura 7. El juego de pelota en el Monumento de Poo (Toniná), Chiapas. Periodo clásico tardío (727 a. C.). El conocimiento del manejo de polímeros para la elaboración de la pelota fue una biotecnología importante en las culturas mesoamericanas, Museo Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México.



Figura 8. El dominio del curado y secado de las hojas del tabaco para ser fumado, estimuló la elaboración de pipas, Museo Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México.

que su nombre se derivó del estado de Tabasco en México, lugar donde se producía a gran escala.

Los indígenas mexicanos fumaban el tabaco en ceremonias religiosas o en eventos sociales, como se puede apreciar en la estela del siglo VI-VII encontrada en Palenque donde se muestra a un sacerdote fumando, y en la reseña que describe la entrevista de los conquistadores con Moctezuma se anotó que se fumaba durante la misma. El nombre de *Nicotiana* lo acuñó Carlos Linneo en su libro "Species Plantarum" de 1753 en honor al embajador francés en Portugal, Jean Nicot (1530-1600), quien lo introdujo a la corte de Francia como planta medicinal y estimulante. Posteriormente los nobles franceses popularizaron al tabaco en toda Europa. El impacto en la economía a nivel mundial por fumar tabaco como estimulante es indiscutible.

En la preparación de las hojas para ser fumadas debió existir un proceso biotecnológico de mayor o menor complejidad, que incluía el proceso de curado y secado de las mismas para que los alcaloides como la nicotina no se perdieran. Es interesante hacer notar que la planta de tabaco ha sido un organismo modelo muy utilizado en la biotecnología moderna, y ahora se sabe que fue la primera planta genéticamente modificada mediante *Agrobacterium tumefaciens* en el año de 1983, para crear una planta de tabaco resistente a los antibióticos (Fraley *et al*., 1983).

COMENTARIOS FINALES

Conforme a la definición descrita en la 'Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente' de México, se ha procurado demostrar que las etnias prehispánicas de Mesoamérica habían descubierto y aplicado diferentes biotecnologías las cuales persisten hasta nuestros días, enriquecidas por el avance de la ciencia y la tecnología. Es importante también resaltar que será complejo evidenciar la biotecnología prehispánica, ya que prácticamente todos los códices precortesianos fueron destruidos (Matos, 2014), tal y como se reseña para la Península de Yucatán donde el Frayle Diego de Landa quemó prácticamente todos. Seguramente los académicos expertos en códices y cultura precortesiana serán clave para enriquecer y profundizar en el objetivo central de la presente iniciativa, de encontrar evidencias de todas las biotecnologías desarrolladas en tal periodo.

El presente escrito adolece de no haber integrado otras biotecnologías como las vinculadas a la salud, producción de papel, vestimenta, cosmetología, entre otras y que conviene investigar a la brevedad. Además, como complemento al esfuerzo de redactar la historia de la biotecnología en México, se propone escribir otro capítulo que refiera la biotecnología en la época de la Colonia en la que necesariamente se debe reseñar las tecnologías que los españoles trajeron una vez consumada la conquista, como sería la correspondiente a lácteos, sobre todo por la introducción de la ganadería, que incorporaron como innovación al país y que transformó profundamente el escenario ecológico en muchas zonas de la entonces llamada Nueva España. De hecho, la gran mayoría de los códices existentes fueron hechos durante este periodo, por lo que se tendrán mayor número de fuentes para analizar las contribuciones en este periodo.

Otro reto que deja el presente escrito es el de indagar cuales han sido las nuevas biotecnologías generadas por la ciencia mexicana después de la conquista y que hayan rebasado las fronteras nacionales, como las señaladas en los párrafos anteriores.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a Silvia Vergara Yoisura su apoyo en la preparación del presente manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

Arqueología Mexicana (2013a) Códice de la Cruz-Badiano. Medicina Prehispánica. Primera Parte. Edición especial núm. 50. Ed. Raíces, Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 91 p.

Arqueología Mexicana (2013b) La Colección de Códices de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia "Dr. Eusebio Dávalos Hurtado". Segunda Parte. Edición especial núm. 48. Ed. Raíces, Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 84 p.

Bolívar Z. F. (coord. y ed.) (2001) Biotecnología Moderna para el Desarrollo de México en el Siglo XXI. Edit. Fondo de Cultura Económica, CONACYT. CICY. 337 p.

Bolívar Z. F. (2007) Fundamentos y Casos Exitosos de la Biotecnología Moderna. Editado por El Colegio Nacional, UNAM, Academia Mexicana de Ciencias, CONACYT. 2ª ed. 718 p.

Bolívar Z. F. (coord. y ed.) (2011) Por un Uso Responsable de los Organismos Genéticamente Modificados. Editado por Academia Mexicana de Ciencias-Fondo de Cultura Económica. México. 179 p.

CONACULTA, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (2008) Develan pelotas olmecas. Boletín de Investigaciones y Estudios Históricos: 3 de Julio. México.

Cruz U. S. y M. Ulloa (1973) Alimentos fermentados de maíz consumidos en México y otros países latinoamericanos. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 34:423-457.

De Sahagún B. (1969) Historia General de las Cosas de la Nueva España. Ed. Porrúa. 4 vols. México.

Fraley R.T., S.G. Rogers, R. B. Horsch, P. R. Sanders, J. S. Flick, S. P. Adams, M. L. Bittner, L. A. Brand, C. L. Fink, J. S. Fry, G. R. Galluppi, S.B. Goldberg, N. L. Hoffmann and S. C. Woo (1983) Expression of bacterial genes in plant cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 80:4803-4807.

Hosler D., S. L. Burkett and M. J. Tarkanian (1999) Prehistoric polymers: Rubber processing in ancient Mesoamerica. Science 284:1988-1991.

Hurst W. J., R. A. Martin, S. M. Tarka and G. D. Hall (1989) Authentication of cocoa in Maya vessels using high-performance liquid chromatographic techniques. *Journal of Chromatography A* 466:279-289.

Hurst W. J., S. M. Tarka, T. G. Powis, F. Valdez and T. R. Hester (2002) Archaeology: cacao usage by the earliest Maya civilization. *Nature* 418:289-290.

INFOASERCA (2015) www.infoaserca.gob.mx/proafex/COCHINILLA_NOPAL.pdf. (Diciembre 2015).

Linares E. y R. Bye (2014) Flora que ha aportado México al Mundo. *In*: Aportaciones de México al Mundo. *Arqueología Mexicana* Vol. XXII No. 130:52-59.

Long J. E. (1996) Conquista y Comida. Consecuencias del Encuentro de Dos Mundos. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 539 p.

Maldonado A. B. y A. M. Maldonado (1995) La historia en la piel. Otra lectura posible del Códice Colombino (mixteco prehispánico). *Cuadernos del Sur* 29;28-41.

Matos M. E. (2014) ¿Cuántos códices prehispánicos hay en México? *Arqueología Mexicana* Vol. XXII No 130:86-87.

Mohar B. L. M. (2013a) Códices de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia. *Arqueología Mexicana* XXI Núm. 48:8-9.

Mohar B. L.M. (2013b) Los productos tributados a Tenochtitlan. *Arqueología Mexicana* vol. XXI Núm. 124:56-63.

Naciones Unidas (1992) Convenio de la Diversidad Biologica. Art. 2. Montréal. Canada. 30 p. https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf. Abril de 2016.

Renneberg R. (2007) Biotechnology for Beginners. Spektrum Akademischer Verlag. Academic Press of Elsevier. München, Germany. pp:41-42.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2000) Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Art.3. Montreal, Canada. 30 p.

Swain T. (1962) The economic importance of flavonoid compounds: foodstuff. *In*: The Chemistry of Flavonoid Compounds. The Macmillan Co., New York. pp:513-552.

Trabulse E. (1985) Historia de la Ciencia en México. Siglo XVI. CONACYT-Fondo de Cultura Económica. México. 461 p.

Vargas Guadarrama L.A. (2014) Recursos para la alimentación aportados por México al mundo. *Arqueología Mexicana* Vol. XXII No. 130: 36-45

Venkatachalam P., N. Geetha, P. Sangeetha and A. Yhulaseedharan (2013) Natural rubber producing plants: An overview. *African Journal of Biotechnology* 12 :1297-1310.