

# El uso de las cenizas como posible precursor de la nixtamalización en el oeste de Mesoamérica

Daniel Zizumbo Villarreal<sup>1,2</sup>  
Patricia Colunga García-Marín<sup>1</sup>

## Resumen

La ceniza contiene óxidos de calcio, potasio y magnesio que al combinarse con el agua generan hidróxidos. Las cenizas fueron utilizadas por las poblaciones humanas en el periodo Pre-cerámico para curtir pieles, elaborar vestidos y calzado, curar heridas, aplicar tatuajes y momificaciones. Nos preguntamos si la aplicación de cenizas pudo habilitar el consumo de granos y semillas de maíces, frijoles y calabazas silvestres; si el tratamiento con cal pudo surgir del procedimiento con cenizas. Realizamos una investigación etnobotánica durante dos años en un área de distribución de maíces, frijoles y calabazas silvestres entre campesinos tradicionales que cultivan milpa. Registramos los tratamientos termo-alcálinos relacionados con el consumo de gramíneas, leguminosas y oleaginosas silvestres. Observamos cuatro: tres con cenizas y uno con cal. Registramos que dichos tratamientos con cenizas permiten habilitar el consumo de maíces, frijoles y calabazas silvestres e integran una dieta con carbohidratos, proteínas y ácidos grasos con un perfil de aminoácidos completo. Esto pudo favorecer el interés por estas especies e iniciar su domesticación. El tratamiento con cal puede considerarse una innovación tecnológica al de cenizas. Es posible trazar una secuencia en términos de costo energético y complejidad en cinco niveles, esta misma se relaciona con el proceso de domesticación de los tres cultivos. Sin embargo es necesario demostrar experimentalmente los cambios en las características alimenticias de las plantas silvestres cuando se aplican los métodos termo-alcálinos con ceniza.

**Palabras clave:** *cucurbita*, domesticación, milpa, *phaseolus*, selección humana, *zea*.

## The use of ash as a possible precursor of nixtamalization in western Mesoamerica

### Abstract

Ash contains calcium, potassium and magnesium oxides that when combined with water generate hydroxides. Ash was used by human populations in the Pre-ceramic period to tan skins, make garments and footwear, cure wounds, apply tattoos and perform mummifications. We wondered if the application of ash could enable the consumption of grains and seeds of wild maize, beans and squash, and if the treatment with lime could arise from the procedure with ash. We conducted an ethnobotanical study for two years in an area with wild maize, beans and gourds among traditional peasants who cultivate milpa. We recorded the thermo-alkaline treatments related to the consumption of wild grasses, legumes and oleaginous plants. We observed four: three with ash and one with lime. We noted that these ash treatments allow the consumption of wild maize, beans and squashes and form a diet with carbohydrates, proteins and fatty acids with a complete amino acid profile. This could encourage interest in these species and lead to their domestication. The treatment with lime can be regarded as a technological innovation to the ash procedure. It is possible to trace a sequence in terms of energy cost and complexity in five levels, which is related to the domestication process of the three crops. However, it is necessary to experimentally demonstrate the changes in the nutritional characteristics of the wild plants when applying the thermo-alkaline methods with ash.

**Keywords:** *cucurbita*, domestication, milpa, *phaseolus*, human selection, *zea*.

<sup>1</sup>Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente. El Colegio de la Frontera Sur-ECOSUR. Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. México. C.P.29290.

<sup>2</sup>Autor por correspondencia: zizumbodaniel@gmail.com

## Introducción

La nixtamalización es un tratamiento termo-alcálico de hidróxido de calcio que consiste en hervir los granos de maíz en agua con cal. Este tratamiento ayuda a desprender el pericarpio del grano haciendo más disponibles los aminoácidos niacina y triptófano y minerales como el calcio. Adicionalmente facilita la molienda y mejora la adhesividad y extensibilidad de la masa resultante (Martínez-Bustos *et al.*, 2001). Es un método considerado precolombino cuya temporalidad se ha asociado con la producción, almacenamiento y uso constructivo de cal, así como con la elaboración de cerámica. Los registros arqueológicos más antiguos que sugieren la presencia de la nixtamalización en Mesoamérica corresponden a los hornos para producción de cal y a depósitos para su almacenamiento, a argamasas de cal en pisos y paredes de casas y a tepalcates de cerámica que contienen depósitos calcáreos adheridos a sus paredes interiores registrados para el periodo Preclásico en el valle de Oaxaca (1500-500 a.C.) (Marcus y Flannery, 2010:100).

Algunos autores han señalado que el crecimiento poblacional y el desarrollo cultural en Mesoamérica antes de la aparición de la cerámica pudieron estar limitados por una alimentación basada en el maíz, un grano nutricionalmente deficiente en aminoácidos esenciales como la niacina y el triptófano (lo cual conduce a desnutrición y pelagra, una condición que puede ser letal) y han planteado que la invención de la nixtamalización pudo ayudar a superar esta limitante. Sin embargo, ni la desnutrición ni la descalcificación en la población humana han sido respaldados por los registros arqueológicos (Ellwood *et al.*, 2013:37). Es posible, por tanto, que un proceso equivalente a la nixtamalización con cal hubiese sido utilizado en el periodo Pre-cerámico.

Los grupos humanos que arribaron a América a finales del Pleistoceno utilizaban el fuego tanto para su defensa como para la producción de cosechas y elaboración de alimentos. Con este elemento se transformaron los paisajes hace cerca de 10 mil años. El fuego fue una herramienta fundamental para protegerse de sus depredadores y cazar animales, lo utilizaron para guiar y cercar a la fauna así como para mejorar las poblaciones de pastos y otras plantas alimenticias; de igual manera para transformar

los alimentos dado que el cocimiento con calor permite hacerlos más nutritivos y digeribles (Thoms, 2009:573).

Al quemar la vegetación los grupos humanos construyeron los sitios para habitar, cazar y producir sus alimentos. Con el decremento de la megafauna a finales del Pleistoceno, el uso del fuego les permitió desarrollar una cultura basada en el forrajeo amplio (Doebly, 1984:52; Reinhard *et al.*, 2012:510), particularmente con los que cubrían sus necesidades y se podían almacenar o estuvieran disponibles en campo durante todo el año. El forrajeo basado en estas plantas les permitió permanecer mayores lapsos de tiempo en los sitios favorables (Zizumbo-Villarreal y Colunga García-Marín, 2010:816).

En el suroeste de Norteamérica lograron una adaptación cultural basada en la recolecta y en el consumo de granos de las especies de pastos *Oryzopsis* spp., *Sporobolus* spp. y *Panicum* spp.; legumbres como *Prosopis* spp., *Agave* spp., *Yucca* spp. y cactáceas como *Opuntia* (Doebly, 1984:52; Reinhard *et al.*, 2012:510).

Al llegar al territorio que ahora denominamos Mesoamérica pudieron coleccionar plantas similares: granos de pastos como *Zea* spp., *Tripsacum* spp. y *Setaria* spp.; semillas de legumbres como *Phaseolus* spp., de oleaginosas como *Cucurbita* spp., *Hyptis* sp. y *Salvia* sp.; bellotas, nueces y vainas de *Quercus* sp.; *Pinus* spp., *Prosopis* spp. y *Leucaena* sp.; frutos de *Solanum*, *Physalis*, *Capsicum*, *Psidium*, *Pachycereus* y *Opuntia*; tallos y raíces de *Agaves* spp., *Yucca* spp. y *Pachiruzus* sp. (Zizumbo-Villarreal y Colunga-García Marín, 2010:814).

A su llegada, disponían de fogones de tres piedras, hornos de piedra bajo tierra, piedras quebradoras, piedras molidoras, recipientes de piedra, cestos tejidos y materiales vegetales utilizados para el remojo y posiblemente para el cocimiento en agua (Zizumbo-Villarreal *et al.*, 2012:328).

Las plantas, como todos los organismos vivos, contienen los 20 aminoácidos y la mayoría de los nutrientes, éstos no pueden ser metabolizados por los humanos hasta que son cocidos o sometidos a un tratamiento químico. Las plantas silvestres además presentan estructuras físicas y sustancias químicas que se necesitan reducir o eliminar para poder ser consumidas (Ellwood, *et al.*, 2013:37).

Los grupos humanos en Mesoamérica debieron experimentar diversos métodos para poder consumir los granos y semillas que constituyeron su dieta: pastos como *Zea* y *Setaria*; legumbres como *Phaseolus* spp., *Prosopis* spp., *Enterolobium* sp. y *Leucaena* sp.; y oleaginosas como *Cucurbita* spp.; *Salvia* sp. e *Hyptis* sp. Cada una de estas especies silvestres requirió la aplicación de uno o varios métodos para poder aprovecharlas (Zizumbo-Villarreal *et al.*, 2012:328).

Para los pastos el primer reto consistió en romper las glumas protectoras del grano. Dado que la molienda con piedra no lo permitió, se planteó que el consumo inicial fueran sus tallos azucarados (Iltis, 2000:36-37; Smalley y Blake, 2003:675). Esta hipótesis no se ha corroborado. Los registros arqueológicos indican su molienda temprana hace 9000-8000 años (Ranere *et al.*, 2009:5014). Esto sugiere un pre-procesamiento que eliminaba las glumas acoplado a la molienda.

Para las semillas de leguminosas en general, romper la dureza de la testa de la semilla. Para los frijoles en particular, eliminar sustancias anti-nutrimientales: ácido prúsico, lectinas, anti-tripsinas, inhibidores alfa-amilasa y taninos, que las hacen tóxicas para los seres humanos (Van der Poel, 1991:179). Por ello se ha planteado que su consumo y domesticación sólo se pudo realizar después de aparecer la cerámica que posibilitó que fueran hervidos (Debouck, 2016:374). Sin embargo los frijoles se han reportado en horizontes pre-cerámicos (Piperno y Dillehay, 2008:19622; Kaplan y Lynch, 1999:261), lo cual sugiere tratamientos pre-cerámicos para eliminar la testa y reducir los anti-nutrientes.

Para las calabazas silvestres, eliminar *cucurbitacinas* y *cucurbitanos glicosidos*, que hacen incomibles la pulpa y las semillas (Hart, 2004:1631; Hart *et al.*, 2004:141; Gry *et al.*, 2006:57-58). Sin embargo, existen registros arqueológicos de su molienda hace 9000 u 8000 años en Mesoamérica (Ranere *et al.*, 2009:5014) y su consumo en Suramérica hace 8000 (Piperno y Dillehay, 2008:19624). Esto también sugiere procesamientos pre-cerámicos para reducir o eliminar la amargura y los anti-nutrientes.

Los grupos americanos tempranos utilizaron la ceniza producida en el fogón para curtir las pieles de los animales que cazaban; elaborar vestido, calzado;

curar sus heridas, hacer tatuajes e incluso realizar momificaciones (Standen y Arriaza, 2005:1029). Las cenizas adicionalmente se aprovecharon para el almacenamiento de los granos y semillas, ya que limitan la presencia de insectos, hongos y bacterias. Las cenizas del fogón, por lo tanto, pudieron jugar un papel relevante en la adaptación cultural tanto en hábitats marinos, lagunares como continentales, pudiendo ser aplicadas en procedimientos alimentarios complejos, como la masticación de la coca (*Erythroxyllum novogranatense* (D. Morris) Hieron) (Piperno y Dillehay, 2008:19626; Dillehay *et al.*, 2010:949).

Dado que las cenizas producidas en el fogón están conformados por óxidos de calcio, potasio y magnesio, los cuales al combinarse con el agua generan hidróxidos, y tanto óxidos como hidróxidos fueron usados en tiempos pre-cerámicos en múltiples tratamientos termo-alcalinos, nos preguntamos: 1) si la aplicación de cenizas, como un método térmico-alcalino, pudo habilitar el consumo de los granos y semillas de maíces, frijoles y calabazas silvestres; 2) si el tratamiento termo-alcalino con cal pudo surgir como un desarrollo tecnológico a partir del tratamiento con cenizas; 3) si es posible trazar una secuencia temporal tecnológico-evolutiva de estos métodos en términos de costo energético y complejidad; 4) si esta secuencia pudo ser paralela al proceso de domesticación.

### Metodología

Realizamos investigación etnobotánica durante dos años. Registramos técnicas con elementos pre-cerámicos para transformación de alimentos y con tratamientos termo-alcalinos relacionados al consumo de granos y semillas de pastos, leguminosas y oleaginosas silvestres.

El área de estudio se localizó dentro de la región biogeográfica Balsas-Jalisco y dentro de la región cultural Capacha, del Formativo Temprano Mesoamericano (Kelly, 1980). El área está rodeada por tres reservas naturales, una de ellas dedicada a la conservación de los parientes silvestres que dieron origen al maíz. En el municipio de Zapotitlán de Vadillo, Jalisco (figura 1).

Realizamos el estudio en un área de distribución natural de poblaciones silvestres de los pastos *Zea*

Figura 1. Área y comunidades estudiadas en el municipio de Zapotitlán Jalisco, oeste de Mesoamérica.

### Comunidades estudiadas

1. Cruz Blanca
2. Mazatán
3. Huitzometl
4. Perempitz
5. Telcruz
6. Tetapán
7. Zacalmecatl
8. Zapotitlán



*mays* subsp. *parviglumis*, *Zea diploperennis* y *Zea perennis*; de las leguminosas *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus aconitifolius*, *Prosopis laevigata* y *Enterolobium cyclocarpum*; y de las oleginosas *Cucurbita argyrosperma*, *C. radicans* e *Hyptis suaveolens* (L.) Poit.

Los campesinos en el área de estudio cultivaron o cultivan maíces del complejo Nal tel-Reventador-Chapalote y cinco razas prehispánicas: ancho, tablanillo, elotes occidentales, dulce y perla. Asociados al maíz tres especies de frijol y el complejo de las razas de *Phaseolus vulgaris*: Mesoamérica y Jalisco. Cultivan cuatro especies de calabazas, una nativa *C. argyrosperma* y tres introducidas en tiempos pre-colombinos: *C. pepo* del norte, *C. moschata*, y *C. fiscifolia* de Suramérica (Zizumbo-Villarreal *et al.*, 2014:71-72).

Las familias campesinas del área estudiada son descendientes de uno de los grupos étnicos más numerosos a la llegada de los españoles: el náhuatl. Sus cultivos y sus prácticas culturales tradicionales tienen raíces importantes de esta cultura prehispánica. Usan el fuego en la preparación

del terreno, la siembra conjunta de varias semillas de maíz, frijol y calabaza. Asimismo utilizan el bastón sembrador.

Estudiamos ocho comunidades y en cada una localizamos y establecimos colaboración con los pobladores. Realizamos trabajo participativo con 40 de edades entre 45 y 98 años, con una edad media de 69; 26 mujeres y 14 hombres.

### Resultados

Registramos cuatro tratamientos termo-alcálinos. Tres con cenizas del fogón: *a*) cenizas calientes y en seco; *b*) cenizas con agua a temperatura ambiente; *c*) cenizas con agua a punto de ebullición; y *d*) cal y agua a punto de ebullición. Registramos que para la producción de alimentos los granos o las semillas se pueden someter a uno o dos de estos tratamientos.

#### 1. Tratamiento termo alcalino con cenizas en seco

Se realiza en tres sitios: *a*) en el piso, a lado del fogón de tres piedras, donde se hace un pequeño hoyo en la tierra, de unos 20 cm de largo, 20 de ancho y 5 a 10 de profundidad, y se conforma una capa de

cenizas calientes procedentes de la combustión de la madera; *b*) sobre un tazón tallado en roca o mortero, donde se conforma una capa de cenizas calientes ayudándose con un pedazo de tallo seco de otate (*Otatea acuminata* (Munro) C.E. Calderón & Soderstr.); *c*) sobre el piso del fogón de la cocina, en una de sus esquinas, se acumula una capa gruesa de cenizas calientes que se producen durante la combustión de la leña.

Los granos o las semillas se depositan en la ceniza, donde quedan totalmente embebidas. La alta temperatura hace explotar rápidamente los granos o semillas. Se reconocieron varias calidades de cenizas, según su capacidad para hacer estallar las semillas, esponjar las harinas y darles sabor.

Con el tratamiento de cenizas en seco registramos la elaboración de cuatro tipos de alimentos: *a*) palomitas, *b*) semillas tostadas, *c*) pinoles, *d*) panes o polvorones y *e*) tamales (figura 2).

*Palomitas*: Se elaboran con granos de teosintle y maíz, así como semillas de parota. Con los granos de los teocintles: *Zea mays parviglumis*, *Z. perennis* y *Z. diploperenis* la ceniza caliente provocó el desprendimiento de la gluma y el rompimiento del pericarpio. En las razas criollas del complejo Reventador-Chapalote provocó el rompimiento del pericarpio y su desprendimiento parcial (figura 3).

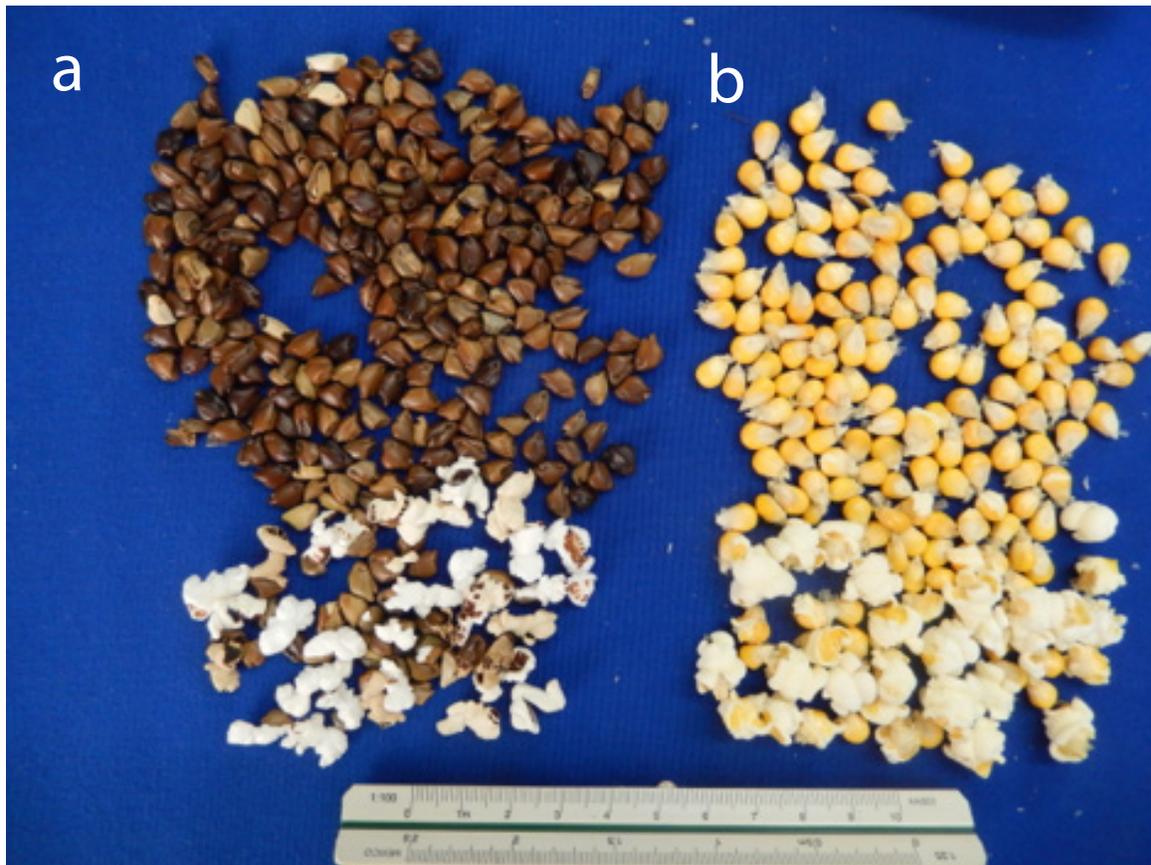
En la parota (*Enterolobium cyclocarpum*), las semillas estallaron, se deprendieron completamente las testas y se expandieron los cotiledones, haciéndolas comestibles. Las palomitas de teocintles ya no se realizan en la actualidad, incluso en algunas comunidades los teocintles se han extinguido por el uso excesivo de herbicidas. La producción de palomitas con los granos del complejo Palomero-Chapalote es muy raro. La raza *Naltel* se extinguió hace muchos años, sólo la registramos arqueológicamente (Zizumbo-Villarreal *et al.*, 2014). La raza Palomero

**Figura 2. Cuatro tipos de alimentos elaborados con el tratamiento termo-alkalino en seco en el área de estudio.**



*a*) Palomitas de maíz; *b*) Semillas tostadas de parota (*Enterolobium cyclocarpum*); *c*) Pinole de maíz; *d*) Tamal de ceniza (maíz-frijol).

**Figura 3. Palomitas de maíz. (a) Silvestres (*Zea perennis*) y (b) maíz doméstico (raza *Nal tel*).**



Volcán de Colima y Chapalote prácticamente se han extinguido. Hace cincuenta años era muy común el consumo de las palomitas de maíz como colación por las tardes. En la actualidad el uso de palomitas de parota es raro, pero era frecuente hace algunos años, por lo cual es posible que el tratamiento reduzca en efecto las sustancias anti-nutrimientales.

*Semillas tostadas para elaborar pinoles.* En frijol lima (*P. lunatus*) las cenizas provocan que la testa se desprenda parcialmente, lo cual facilitó su molienda en pinole, sin embargo no se observó que el pinole se consumiera directamente, pero sí en procedimientos posteriores.

Las semillas de calabazas (*Cucurbita argyrosperma* ssp. *sororia* y *C. radicans*), antes de tostarse en las cenizas calientes se remojan y lavan también con las cenizas. En este caso, además de usarse para producir pinole, se pueden consumir directamente.

En los granos del maíz doméstico, el pericarpio se desprendió parcialmente, facilitando la molienda, para consumo directo o en procedimientos posteriores.

*Panes o polvorones.* El pinole de maíz se hidrata para conformar una pasta a la cual se le aplica un tratamiento alcalino en cenizas calientes.

*Tamales.* Las mezclas de los pinoles maíz-frijol, maíz-parota y maíz-frijol-calabaza se hidratan con agua o jugo de agave para conformar una pasta o torta que se expone nuevamente a la ceniza caliente en seco. Previamente se envuelven con las hojas de varias plantas silvestres, incluyendo las de los maíces silvestres. La elaboración con los granos de maíces y semillas de frijoles silvestres ya no se realiza, sólo queda el recuerdo.

## 2. Tratamiento alcalino en húmedo con cenizas

Consiste en remojar los granos y semillas en agua con ceniza por una noche. Se registró con maíces domésticos, frijoles silvestres y domésticos, y calabazas silvestres. En el maíz el remojo desprende el pericarpio, en el frijol la testa y en la calabaza el mucilago amargo. Con la masa de maíz y calabaza se elabora el atole agrio, el cual es común y considerado muy antiguo (figura 4).

*3. Tratamiento alcalino con cenizas en agua caliente*

Este tratamiento sólo se observó con granos de maíz doméstico, permite el desprendimiento de pericarpio. La masa resultante se mezcla con harina de frijol tostado o hervido para elaborar los tamales de ceniza que se cuecen en cenizas calientes (figura 5).

*4. Tratamiento termo-alcalino con cal en agua caliente (nixtamalización).*

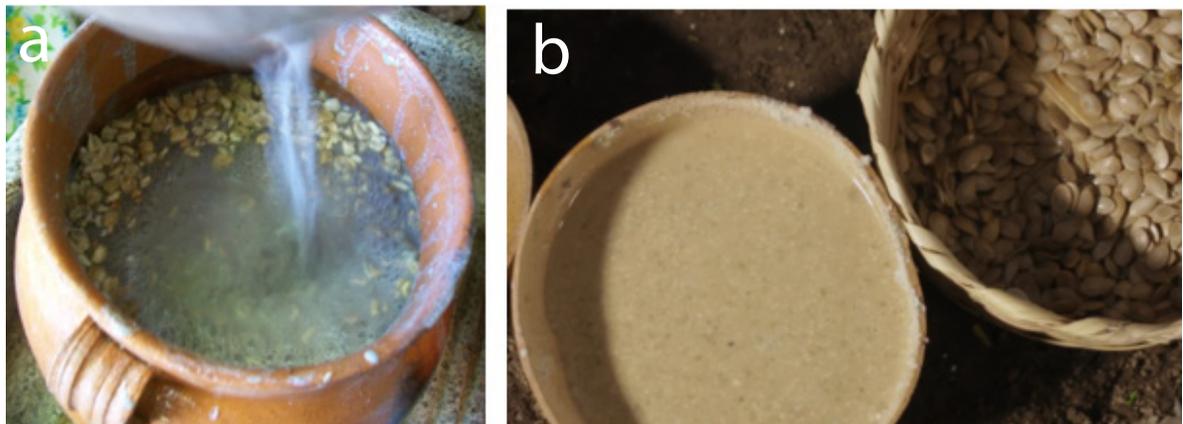
Consiste en poner a cocer granos de maíz doméstico en solución de cal a temperatura cercana al punto de ebullición. Tras la cocción se dejan remojando por una noche. Los pericarpios se

desprenden, los granos se hidratan y suavizan. Con la masa resultante se elaboran tortillas, sopes, tamales, utilizando un proceso de cocimiento adicional.

**Discusión**

Con tratamientos termo-alcalinos de cenizas en seco y húmedo se elaboran alimentos con los granos y las semillas de maíces, frijoles y calabazas silvestres. Estos procesos superan las limitantes físicas para el consumo, al eliminar glumas y pericarpios duros en el maíz, las testas duras en frijoles y reducir o eliminar los anti-nutrientes en frijoles y las calabazas. Por su parte, la mezcla de las harinas o pinoles de frijol, maíz

**Figura 4. Tratamiento alcalino en húmedo con cenizas. (a) Maíz doméstico; (b) Calabaza silvestre.**



**Figura 5. Tratamiento alcalino con cenizas en agua caliente: (a) Remojo del maíz; (b) Hervido.**



y calabaza permiten obtener alimentos con un perfil completo de aminoácidos, carbohidratos, proteínas y grasas. Lo que sugiere que no fue imprescindible la nixtamalización con cal para lograr una buena alimentación.

El descubrimiento del uso de las cenizas para transformar los granos y semillas en alimentos nutritivos, y el desarrollo de la técnica para elaborar alimentos usando dos tratamientos termo-alcalinos (ambos en seco o uno en seco y otro en húmedo) pudo haber sido un incentivo para que los humanos se interesaran en seleccionar y cultivar dichas especies. Este interés pudo estar reforzado por la posibilidad de conservar sus semillas todo el año, almacenadas también en cenizas.

La cosecha y la selección recurrente, año tras año y generación tras generación, de individuos mutantes con caracteres favorables a la cosecha o al consumo, pudo conducir a la domesticación de maíces, frijoles y calabazas de manera simultánea. En el maíz, la selección de mutantes con mazorcas con desarticulación de granos en el raquis y glumas reducidas en los granos de la mazorca (Doebly, 2004, 2006; Wang *et al.*, 2005, 2015). En los frijoles, plantas mutantes con vainas in-dehiscentes, semillas grandes, testas delgadas y menor cantidad de sustancias anti-nutrimientales (Koinange *et al.*, 1996), y en calabazas plantas mutantes que perdieron la dureza del anillo de abscisión de fruto, con semillas grandes, menor cantidad de sustancias anti-nutrimientales (Hart, 2004; Piperno *et al.*, 2002).

Las evidencias arqueobotánicas en Mesoamérica, en la región biogeográfica Balsas-Jalisco, indican la molienda en piedra de granos de maíz y la calabaza hace más de 8 mil años (Ranere *et al.*, 2009:5017), y en el norte de Perú indican el consumo de las calabazas y los frijoles hace 8 o 9 mil años (Piperno y Dillehay, 2008). Estos registros señalan el interés simultáneo de los grupos humanos por estas plantas.

Las evidencias arqueobotánicas también señalan la domesticación de poblaciones de maíces y calabazas en Mesoamérica hace 8 o 9 mil años (Piperno *et al.*, 2009; Ranere *et al.*, 2009:5017) y 8 mil años del frijol y la calabaza en el norte de Perú (Piperno y Stother, 2003; Piperno y Dillehay, 2008), indicando que los humanos habían superado las

barreras físicas y químicas que impedían el consumo de las poblaciones silvestres de estas especies, y que los grupos humanos habían seleccionado variantes más adecuadas al consumo. Los registros sobre el consumo y la domesticación temprana apoyan la hipótesis de que los procesos termo-alcalinos en seco, usando cenizas, pudieron ser aplicados antes de la invención de la cerámica.

En el suroeste de Utah, para el año 200 a.C., Ellwood *et al.* (2013:35) han descrito un método termo-alcalino aplicando fragmentos de rocas de caliza calentadas en el fogón para hervir el agua conteniendo granos de maíz. Este método genera un ambiente similar al nixtamal con cal, más eficiente que el realizado con cenizas. Para los habitantes del suroeste de Utah durante el periodo Clásico (200 a.C.-500 d.C.), el maíz junto con otros pastos significaba cerca de 90% de los carbohidratos consumidos. El incremento de la importancia del consumo de carbohidratos del maíz para este periodo pudo ser producto en parte de la implementación de esta innovación (Ellwood *et al.*, 2013:36).

Un método similar es aún utilizado por los mayas de las tierras bajas de Yucatán para el cocimiento de *Phaseolus lunatus*, mediante el cual es posible consumir tanto frijoles silvestres como domésticos. Este platillo denominado *tok tzel* o "piedra quemada", consiste en calentar pequeñas piedras calizas en el fogón y aplicarlas en el agua contenida en un recipiente con los frijoles (Salazar *et al.*, 2016:139; Zizumbo-Villarreal obs. per.) (figura 6).

El tratamiento termo-alcalino con cal y agua es aún más complejo y costoso energéticamente que los métodos con cenizas y con piedras calientes, ya que se requiere la extracción de la piedra, la construcción de hornos especiales, una alta cantidad de madera y mucho trabajo humano (Bradley and Dahlin, 2007) (figura 7). Este método sin embargo posibilita la elaboración de altas cantidades de alimento con base en el maíz.

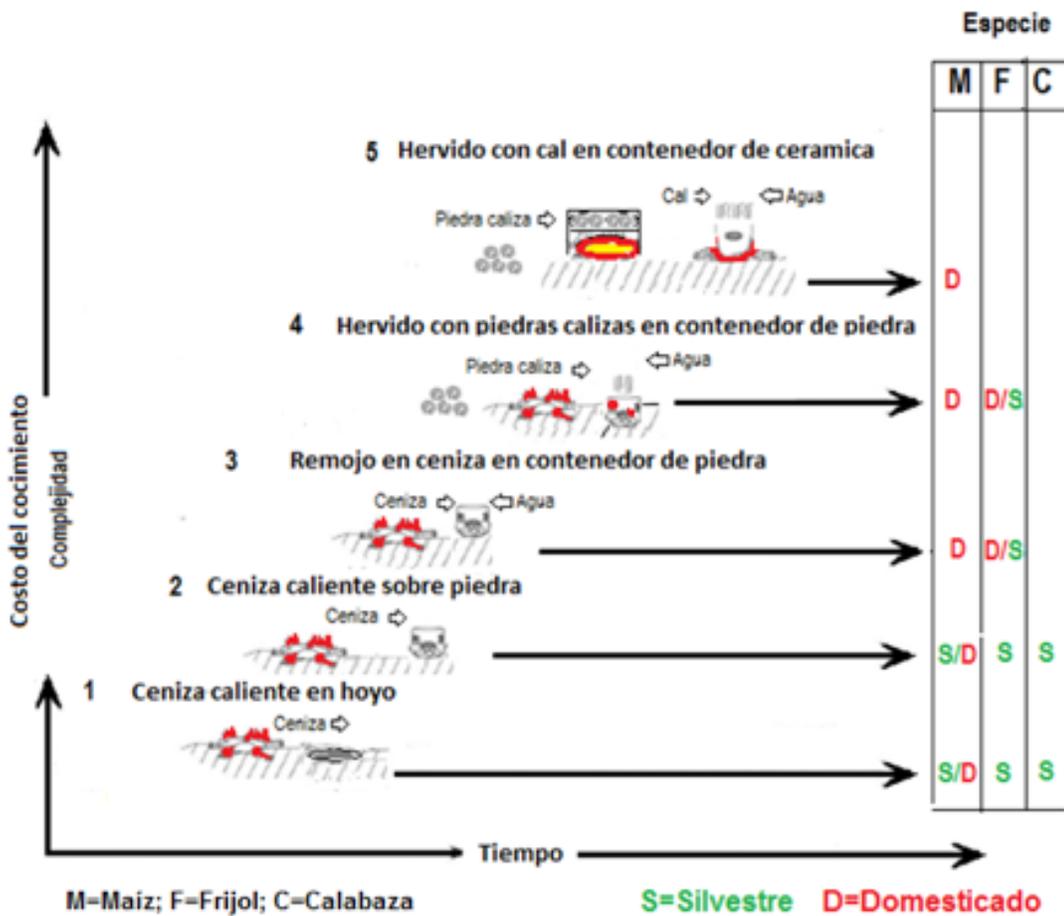
Es posible especular que los grupos humanos observaron que los polvos de cal obtenidos a partir de piedras calizas o de conchas de moluscos, expuestas a la combustión de madera, producían efectos similares a las cenizas para el secado de pieles, para la elaboración de enjarres en la construcción, para el almacenamiento de

**Figura 6. Método termo-alkalino *tok tzel* (piedra quemada), aplicado por pobladores mayas de Yucatán que utilizan fragmentos de roca de caliza calentadas en el fogón para el cocimiento de frijoles (*Phaseolus lunatus*) en agua.**



(a) Fragmentos de piedra caliza; (b) Calentamiento de fragmentos de piedra caliza en el fogón; (c) Fragmentos de la piedra caliza después del cocimiento de los frijoles.

**Figura 7. Posible secuencia tecnológica a través del tiempo, en términos de costo energético y complejidad aplicados para el cocimiento y elaboración de alimentos con maíces, frijoles y calabazas.**



semillas, para la preparación de alimentos y para la conservación de las semillas.

El tratamiento termo-alkalino con cal pudo resultar más eficiente en la producción del alimento, en un periodo de tiempo en el cual se registró un crecimiento poblacional en las aldeas campesinas, provocado por la atracción de mano de obra para emprender las obras arquitectónicas, entre los años 1400 y 1150 a.C. (Marcus y Flannery, 2010:125-128).

Con relación al tratamiento termo-alkalino con ceniza y agua caliente, el tratamiento con cal aumenta el calcio asimilable en el alimento, sin embargo, disminuye el hierro, el potasio, el magnesio, y el zinc asimilables. También disminuye la fibra dietética total y el índice glucémico (Mariscal-Moreno *et al.*, 2015). De tal forma que esta innovación tecnológica decrementó cualidades nutritivas en la masa obtenida.

### Conclusiones

Los tratamientos termo-alkalinos con cenizas habilitan a los granos y semillas de maíces, frijoles y calabazas silvestres para ser consumidos. Es posible considerar al tratamiento termo-alkalino con cal como una innovación tecnológica derivada del tratamiento con cenizas. La secuencia tecnológica, en términos de costo energético y complejidad, podría incluir cinco niveles: a) uso de una capa de cenizas calientes en un hoyo en el piso al lado del fogón; b) uso de una capa de cenizas calientes sobre piedra; c) remojo en agua con cenizas en recipiente de piedra o de material vegetal; d) agua de piedra caliza previamente calentada, sobre piedra; e) dilución en agua caliente con cal (figura 7). Esta secuencia sugiere una coevolución en los procesos termo-alkalinos y el proceso de domesticación del maíz, los frijoles y las calabazas. En los primeros dos niveles predomina su aplicación a las poblaciones silvestres, mientras que en los dos superiores se aplican a las poblaciones domésticas (figura 7). Los tratamientos termo-alkalinos pudieron jugar un papel relevante en la domesticación y diversificación de las plantas cultivadas, al permitir integrar una dieta con carbohidratos, proteínas y ácidos grasos, y un perfil de aminoácidos completo, y con ello favorecer el interés por la selección y manejo de estas especies.

Sin embargo, aún es necesario demostrar experimentalmente los cambios favorables en las características alimenticias de las plantas silvestres aplicando los métodos termo-alkalinos con ceniza. Nosotros sólo describimos cómo pudieron cocinarse y comerse con esta tecnología las poblaciones silvestres y razas domésticas tempranas.

### Literatura citada

- Bradley R, y B. Dahlin. 2007. Traditional burnt-lime production at Mayapan, Mexico. *Journal of Field Archaeology* 32 (4): 407-423.
- Debouk D.G. 2016. Your beans of the last harvest and the posible adoption of bright ideas. Pp. 367-387. In: R. Lira and A. Casas (Eds). *Ethnobotany of Mexico*. New York. Kluwer Academic Press.
- Dillehay T.D., J. Rossen, D. Ugent, A. Karathanasis, V. Vásquez and P. y J. Netherly. 2010. Early Holocene coca chewing in northern Peru. *Antiquity* 84 (326): 939-953
- Doebly J.F. 1984. "Seeds" of wild grasses: A major food for Southwestern Indians. *Economic Botany* 38:52-64.
- Doebly J.F. 2004. The genetics of maize evolution. *Annual Review of Genetics* 38:37-59
- Doebly J.F. 2006. Unfallen grains: how ancient farmers turned weeds into crops. *Science* 312:1318-1319.
- Ellwood E.C, M. P. Scott, W. D. Lipe, R.G. Matson, J. y G. Jones. 2013. Stone-boiling maize with limestone: experimental results and implications for nutrition among SE Utah preceramic groups. *Journal of Archaeological Science* 40: 35-44.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1990. Provincias bio-geográficas con base en rasgos morfo-tectónicos. Mapa IV8.10. In: *Atlas Nacional de México*, vol. III., Instituto de Geografía. México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gry J., I. Sobog y H.S. Andersson. 2006. Cucurbitacins in plant food. *Nordic Council of Ministers*. Copenhagen.
- Hart P. J. 2004. Can *Cucurbita pepo* gourd seeds be made edible? *Journal of Archaeological Science*. 31:1631-1633.
- Hart J.P, R.A. Daniels y C.J. Sheviak. 2004. Do *Cucurbita pepo* gourds float fishnets? *Am Antiquity* 69:141-148.
- Illis H.H. 2000. Homeotic sexual translocations and the origin of maize. *Economic Botany* 54(1):7-42.
- Kaplan L. y T.E. Lynch. 1999. Phaseolus (Fabaceae) in archaeology: AMS radiocarbon dates and their significance for pre-Colombian agriculture. *Economic Botany*. 53:261-272.

- Kelly I. 1980. Ceramic sequence in Colima: Capacha, an Early Phase, Tucson, University of Arizona Press (Anthropological Papers, 37).
- Koinange E.M.K, Singh S.P, y P. Gepts. 1996. Genetic control of the domestication syndrome in common bean. *Crop Science* 36:1037–1045
- Marcus, J. y K. Flannery 2008. *La Civilización Zapoteca*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Mariscal-Moreno R.M., J.D.C. Figueroa, D. Santiago-Ramos, G. Armbula-Villa, S. Jimenez-Sandoval, P. Rayas-Duarte, J. J. Véles-Medina y H.E. Martínez-Flores. 2105. The effect of different nixtamalisation processes on some physicochemical properties, nutritional composition and glycemic index. *Journal of Cereal Science* 65:140-146.
- Martínez-Bustos, F., H.E. Martínez-Flores, E. Sanmartín-Martínez, F. Sánchez-Sinencio, Y.K. Chang, D. Barrera-Arellano y E. Rios. 2001. Effect of the components of maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalisation process. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81:1455-1462.
- Piperno D.R, I. Holst, L. Wessel-Beaver y T.C. Andres. 2002. Evidence for the control of phytolith formation in Cucurbita fruits by the hard rind (Hr) genetic locus: archaeological and ecological implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 99:10923–10928
- Piperno D.R, y E. Stothert. 2003. Phytolith for early Holocene *Cucurbita* domestication in Southwest Ecuador. *Science* 299:1054–7
- Piperno D.R, y T.D. Dillehay. 2008. Starch grains on human teeth reveal early broad crop diet in northern Peru. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 105: 19622–19627.
- Piperno D.R, A.J. Ranere, I. Holst, R. Dickau, y J. Iriarte. 2009. Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize in the central Balsas River valley, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 106:5019–5024.
- Ranere A.J., Piperno D.R, I. Holst, R. Dickau y J. Iriarte. 2009. The cultural and chronological context of early Holocene maize and squash domestication in the central Balsas River Valley, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 106:5014-5018
- Reinhard K.J., K. L. Johnson, S. LeRoy-Toren, K. Wieseman, I. Teixeira-Santos y M. Vieira. 2012. Understanding the Pathoecological Relationship between Ancient Diet and Modern Diabetes through Coprolite Analysis. *Current Anthropology*. 53(4):506-512.
- Salazar C., D. Zizumbo-Villarreal, P. Colunga-GarcíaMarín y S. Brush. 2016. Contemporary Maya food system in the Lowlands of Northern Yucatan. Pp. 133- 150. In: R. Lira and A. Casas (Eds). *Ethnobotany of Mexico*. Kluwer Academic Press.
- Smalley J. y Blake M. 2003. Sweet Beginnings: Stalk sugar and the domestication of maize. *Current Anthropology*, Vol. 44 (5): 675-703.
- Standen V. y B.T. Arriaza. 2005. Las técnicas de momificación artificial entre los cazadores, pescadores, y recolectores del desierto de Atacama (Norte de Chile). *Estudios de Antropología Biológica*. XII: 1023-1033. México.
- Thoms A.V. 2009. Rocks of ages: propagation of hot-rock cookery in western North America. *Journal of Archaeological Science* 36 (2009) 573–591
- Van der Poel A.F.B, Blonk J., Huisman J., y Den Hartog L.A. 1991. Effect of processing on anti-nutritional factors and protein nutritional value of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *A review Livestock Production Science* 28 (4): 305-319.
- Wang H, B. Nussbaum-Waller, Q. Li, Q. Zhao, Y. Vigouroux, M. Faller, K. Bomblies, L. Lunkens y J. Doebley. 2005. The origin of the naked grains of maize. *Nature* 436:714–719
- Zizumbo-Villarreal D. y P. Colunga-GarcíaMarín P. 2010. Origin of agriculture and plant domestication in West Mesoamerica. *Genetic Resources and Crop Evolution* 57:813-825.
- Zizumbo-Villarreal D., A. Flores-Silva y P. Colunga-GarcíaMarín. 2012. The Archaic Diet in Mesoamerica: Incentive for milpa development and species domestication. *Economic Botany*. 66 (4) 328-343.
- Zizumbo-Villarreal D., Flores-Silva A, y P. Colunga-GarcíaMarín P. 2014. The food system during the formative period in West Mesoamerica. *Economic Botany*. 68 (1): 67–84.

