

## LA NIXTAMALIZACIÓN DEL MAÍZ, EJE DE LA CULTURA MESOAMERICANA, TUVO SU ANTECEDENTE EN EL COMBATE DE INSECTOS

### LIME-COOKING OF MAIZE, THE AXIS IN THE MESOAMERICAN CULTURE, HAD A PRECEDENT IN THE FIGHT AGAINST INSECTS

Angel **Lagunes-Tejeda**<sup>1</sup>, J. Concepción **Rodríguez-Maciell**<sup>1\*</sup>, Gonzalo **Silva-Aguayo**<sup>2</sup>, Daniel Arturo **Rodríguez-Lagunes**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fitosanidad-Entomología y Acarología. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (alagunes@colpos.mx), (concho@colpos.mx). <sup>2</sup>Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Chillán, Chile. (gosilva@udec.cl). <sup>3</sup>Facultad de Ciencias Biológicas y Agrícolas, Universidad Veracruzana. Peñuela, Veracruz. (darola63@hotmail.com).

\***Autor para correspondencia:** J. Concepción Rodríguez Maciel (concho@colpos.mx)  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1018-2229>

#### RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo fundamental en la alimentación de los mexicanos. Además, tiene connotaciones divinas, místicas, tradicionales y poéticas. Sin duda, es una de las más importantes aportaciones de México a la gastronomía y nutrición del mundo. La creación de variedades del grano de maíz y sus derivados ha sido un proceso desarrollado por el ser humano durante milenios y solo se conoce de manera parcial su información etnobotánica y coevolutiva. Entre los procesos de la domesticación del maíz que son elusivos a la conclusión científica se encuentran, lugar de origen; parientes silvestres que sirvieron como bases para selección y domesticación; y el origen de la innovación conocida como nixtamalización del grano de maíz. Aunque existe consenso de que México y Mesoamérica son centro de origen y dispersión geográfica del maíz, los sitios específicos y sus momentos permanecen desconocidos. Respecto a los parientes silvestres, la hipótesis principal es que el teocintle (*Zea* spp.) fue la especie de planta que sirvió de base para seleccionarla y modificarla hasta obtener el maíz como se conoce en la actualidad. En relación con la invención o el descubrimiento de la nixtamalización, como eje de la creación y diversificación de productos alimenticios a partir del maíz, claves en el desarrollo cultural de Mesoamérica, esta reflexión apoya la hipótesis de que el uso de la cal para proteger los granos de maíz del ataque de plagas dio origen al proceso que se conoce como nixtamalización. Dicho proceso es la base para producir la masa para elaborar las tortillas mexicanas, las cuales representan el pilar nutricional más importante de la población en México, y son el fundamento de nuestra cultura del maíz.

#### ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) is a crucial crop for the diets of the Mexican people. In addition, it has divine, mystic, traditional, and poetic connotations. It is, without a doubt, one of the most important contributions from Mexico to the cuisine and nutrition of the world. The creation of maize corn varieties and their derivatives has been a process developed by human beings for millennia. Ethnobotanical and coevolutionary information of maize is only partially known. Among the domestication processes that elude scientific conclusion are place of origin; wild relatives used as the bases for selection and domestication, and the origin of the innovation known as the “nixtamalization” (lime-cooking) of maize grains. Despite the consensus that Mexico and Mesoamerica are the origin and geographic spreading of maize, the specific places and moments remain unknown. Regarding wild relatives, the main hypothesis is that teosinte (*Zea* spp.) was the plant species acting as a basis for selection and modification until maize, as it is known to date, was obtained. Regarding the invention or the discovery of lime-cooking as the axis of creation and diversification of food products from maize, crucial in the cultural development of Mesoamerica, this elaboration supports the hypothesis that the use of lime to protect maize grains from the attack of pests got to become the lime-cooking process producing the *nixtamal*. This process is the basis to produce the dough used to make Mexican tortillas, which constitute the most important pillar for the nutrition of Mexican population, and they are the basis of our maize culture.

**Key words:** maize, *Zea mays* L., lime-cooking, nixtamal, fight against insects.

Recibido: junio, 2021. Aprobado: noviembre, 2021.

Publicado en *Agrociencia* 55: 711-718. 2021.

**Palabras clave:** maíz, *Zea mays* L., nixtamal, cal, combate de insectos.

## INTRODUCCION

El inicio y desarrollo de la agricultura obligó al ser humano a incrementar su capacidad de observación y comprensión de los fenómenos naturales. La información que captaba de los ciclos naturales, disponibilidad de agua o tipos de suelos, entre otras, la utilizaba para tomar decisiones que incrementaban la probabilidad de asegurar la producción de los alimentos derivados de las plantas bajo cultivo. El aprendizaje ocurrió por observación, reflexión, prueba y error. Ese conocimiento se transmitió y se acumuló de manera verbal de generación en generación.

El maíz (*Zea mays* L.) es un ejemplo extraordinario de la interrelación de la humanidad con los recursos naturales. La domesticación de esta especie se inició hace más de seis mil años, a partir de los teocintles (*Zea* spp.) y como producto de este largo proceso hoy se cuenta con una amplia variedad de maíces (Muñoz, 2003). El maíz es el cultivo que más variación presenta en términos de forma de grano, textura, color, adaptación geográfica, valor nutritivo y sabor, por mencionar algunas (González-Jácome, 2018). La incorporación de este grano a la dieta jugó un papel importante para que poblaciones humanas nómadas se volvieran sedentarias. La domesticación del maíz representa una de las contribuciones más importantes para la humanidad (Kato *et al.*, 2009). Por su importancia económica, social y cultural, el maíz es el cultivo más representativo de México. El consumo promedio per cápita anual de maíz blanco es de 196.4 kg; se consume principalmente como tortillas, y representa 20.9% de la erogación económica total en alimentos, bebidas y tabaco que realizan las familias mexicanas (SAGARPA, 2017). Para la elaboración de las tortillas, el grano debe someterse a un proceso de nixtamalización cuyo origen no es claro, y de ahí la importancia de proveer una hipótesis plausible.

¿En qué localidad, cuándo y cómo se originó el maíz? son preguntas que pueden contestarse con precisión relativa. Al parecer el maíz se domesticó en varias regiones de México; de ahí centenas de grupos indígenas lo extendieron a Mesoamérica con éxito. Actualmente, se reconocen aproximadamente

## INTRODUCTION

The beginning and development of agriculture forced humans to increase their observation and understanding of natural phenomena. They used the information they received from the natural cycles, water availability, or types of soils to make decisions that increased the probability of ensuring the production of foods derived from crops. The learning process occurred due to observation, thinking, trial, and error. That knowledge was transmitted verbally, from one generation to the next.

Maize (*Zea mays* L.) is an extraordinary example of the relationship between humanity and natural resources. The domestication of this species began over six thousand years ago, with the teosintes (*Zea* spp.), and as a product of this long process, today we have a wide variety of maize plants (Muñoz, 2003). Maize is the crop with the highest variation in features such as grain shape, texture, colour, geographic adaptation, nutritional value, and flavour, to mention only a few (González-Jácome, 2018). The incorporation of this grain into human diets played an essential part in human populations becoming sedentary. Maize domestication represents one of the most important contributions to humanity (Kato *et al.*, 2009).

Due to its economic, social, and cultural importance, maize is the crop that most represents Mexico. The average consumption per capita of white maize is 196.4 kg; it is consumed mainly as tortillas. It accounts for 20.9% of the total expenditure in foods, beverages, and tobacco of families in Mexico (SAGARPA, 2017). For the production of tortillas, the grain must undergo a lime-cooking process, which has an unclear origin, hence the importance of providing a plausible hypothesis.

Where, when, and how did maize originate? These are questions that can be answered with relative accuracy. Apparently, maize was domesticated in several regions in Mexico; from there, hundreds of indigenous groups spread it successfully throughout Mesoamerica. About 60 maize races are currently known, all adapted to a wide variety of agroecological conditions across Mexico (Muñoz, 2003). The time and places in which this took place cannot be pinpointed, and since there are some controversies, more time is needed to fully understand this (Kato *et al.*, 2009).

60 razas de maíz adaptadas a una amplia variedad de condiciones agroecológicas de México (Muñoz, 2003). El tiempo y los lugares en los cuales ocurrió este proceso no se pueden determinar con exactitud; y ya que existen algunas controversias, se requerirá más tiempo para su adecuada comprensión (Kato *et al.*, 2009).

Las evidencias arqueológicas y la presencia de parientes silvestres cercanos al maíz han convencido a la comunidad científica de que el teocinte es la planta que sirvió de base para que, después de miles de años de selección y mejoramiento por los habitantes de Mesoamérica, se cuente hoy en día con la planta de maíz como la conocemos. El maíz es intrínseco de la gastronomía mexicana y es un elemento fundamental de la identidad cultural de muchas comunidades (Carrillo, 2009).

La adición de cal tuvo y conserva un papel fundamental en el proceso de nixtamalización. Sin embargo, no está consignado de modo concluyente cómo nuestros ancestros llegaron a esta innovación que, de no haberse realizado, es probable que la cultura del maíz en Mesoamérica no fuera la consolidada y conocida hoy.

La disponibilidad permanente de granos de maíz para su aprovechamiento requirió de su almacenamiento. En consecuencia, este cereal estuvo expuesto al ataque de organismos que también lo utilizan como alimento. Tal es el caso de las plagas insectiles de granos como el gorgojo del maíz [*Sitophilus zeamais* (Motschulsky); Coleoptera: Curculionidae], el barrenador grande del grano [*Prostephanus truncatus* (Horn); Coleoptera: Bostrichidae] y la palomilla de los granos (*Sitotroga cerealella* L.; Lepidoptera: Gelechiidae). Aunque las especies de plagas que afectaban al maíz almacenado no eran las mismas en todas las regiones, su ecología y daños sobre el grano eran muy similares. En consecuencia, nuestros ancestros tuvieron la obligación de implementar medidas de combate para impedir que las plagas destruyeran la preciada cosecha. Estas medidas eran básicas y consistían en mezclar el grano de maíz con sustancias y materiales presentes en el entorno.

Por el año 1200 a. C. en China ya se empleaban insecticidas derivados de plantas para el tratamiento de semillas. Además, utilizaban cal, tiza, aserrín y cenizas de madera para el combate de plagas frecuentes en los granos almacenados. En el año 200 a. C. el romano Cato mencionó el uso de aceite, bandas

Archaeological evidence and the presence of close wild relatives of maize have convinced the scientific community that teosinte is the plant that served as a basis so that, after thousands of years of selection and improvement by the inhabitants of Mesoamerica, we now have the maize plant as we know it. Maize is intrinsic to Mexican cuisine, and it is a fundamental element in the cultural identity of many communities (Carrillo, 2009).

The addition of lime then had, and it continues to play a key role in the nixtamalization process. However, there are no conclusive records on how our ancestors reached this innovation which, had it not been performed, the culture of maize in Mesoamerica would not be the consolidated culture known today.

The permanent availability of maize grains for their use required some form of storage. Consequently, this cereal was exposed to the attack of organisms that also used it as feed. Such is the case of insect pests such as the maize weevil [*Sitophilus zeamais* (Motschulsky); Coleoptera: Curculionidae]; the large grain bore [*Prostephanus truncatus* (Horn); Coleoptera: Bostrichidae], and the grain moth (*Sitotroga cerealella* L.; Lepidoptera: Gelechiidae). Although the pest species that affected stored maize were not the same in all regions, their ecology and damage on the grain were very similar. Consequently, our ancestors were forced to take measures to stop pests from destroying the precious harvest. These measures were essential, and they consisted in mixing the maize grain with substances and materials from the surroundings.

Around 1200 B. C. in China, insecticides produced from plants were already being used to treat seeds. They also used lime, chalk, and sawdust against pests that were common in stored grains. In the year 200 B. C. Cato the Younger mentioned the use of oil, sticky strips, and ashes to fight pest insects (Banaszkiewicz, 2010).

The use of ashes, garlic, neem, salt, and castor seeds to protect stored grains has also been a common practice in some regions of India. Treating the floors of storage facilities with a mixture of chalk, hay, and oil provides protection against mice and weevils (Karthikeyan *et al.*, 2009). There is evidence that wood ash, sand, and plant dust were used in ancient civilizations to increase the time of storage, and they were even considered to have mystical powers. The ashes added to sorghum seeds, in a 1:4 ratio, were

pegajosas y cenizas para el combate de insectos plaga (Banaszkiewicz, 2010).

El uso de cenizas, ajo, neem, sal y semillas de higuera (o ricino) para proteger a los granos almacenados también ha sido una práctica común en algunas regiones de La India. El tratar el piso de los graneros con una mezcla de tiza, paja y aceite otorga protección contra ratones y gorgojos (Karthikeyan *et al.*, 2009). Evidencia existe de que las cenizas de madera, arena y polvo de plantas se usaron en las civilizaciones antiguas para incrementar el tiempo de almacenamiento e incluso se les asignaron poderes místicos. Las cenizas agregadas a las semillas de sorgo en la proporción de 1:4 se utilizaron para protegerlas con éxito relativo (Shobha *et al.*, 2006). Las civilizaciones mesoamericanas siguieron un camino similar.

La literatura menciona que en algún momento y casi seguramente por casualidad, se descubrió que la ceniza producida por la leña utilizada para cocer los alimentos era útil, debido a que cuando se mezclaba con agua se convertía en una lejía que ablandaba y destruía el pericarpio del grano. Más tarde, nuestros ancestros descubrieron que la cal, en presencia de agua, formaba una lechada que mejoraba las características de la masa de maíz (Villavicencio-Nieto *et al.*, 2010). Zizumbo y Colunga (2016) señalaron que las cenizas se utilizaban por poblaciones humanas en el periodo pre-cerámico para curtir pieles, curar heridas, aplicar tatuajes y momificaciones. Además, plantearon la posibilidad de que la aplicación de cenizas facilitaba el consumo de granos como el maíz y el frijol; por tanto, del tratamiento con cenizas se pudo derivar el tratamiento con cal para lograr la nixtamalización; aunque por supuesto no existe evidencia probada para soportar esta hipótesis.

Otra posibilidad de cómo se originó la adición de la cal a la cocción del maíz se basa en la literatura que señala que antes de utilizar sólo cal en el procedimiento específico de la nixtamalización, los antiguos pobladores de Centroamérica usaban ese mineral para proteger al maíz del ataque de los gorgojos (García-Lara *et al.*, 2007; Rodríguez, 2007). Esta circunstancia se ha constatado en el sureste de México desde 1980, con investigación del Colegio de Postgraduados sobre la actividad de polvos minerales y vegetales para combatir las infestaciones de gorgojo (*S. zeamais*) en el maíz almacenado (Lagunes, 1993).

En paralelo al combate de plagas, nuestros ancestros buscaron alternativas para un aprovechamiento

used to protect them in a relatively successful way (Shobha *et al.*, 2006). Mesoamerican civilizations went down a similar path.

Literature mentions that at some point, and almost surely by coincidence, the ashes produced by the wood burnt for cooking were discovered to be helpful, since mixing them with water turned them into a bleach that softened and destroyed the grain pericarp. Our ancestors later found that lime in the presence of water formed a sort of grout, which improved the characteristics of maize dough (the masa) (Villavicencio-Nieto *et al.*, 2010). Zizumbo and Colunga (2016) indicated that human populations used ashes in the pre-ceramic period to tan leather, heal wounds, apply tattoos and carry out mummifications. Additionally, they proposed the possibility that the use of ashes facilitated the consumption of grains such as maize and beans; therefore, the treatment with ashes could have led to the use of ash to obtain the lime-cooked nixtamal. Although, of course, there is no proven evidence to support this assumption.

Another possible origin of the use of lime when cooking maize is based on the literature stating that before using only lime in the specific procedure of lime-cooking, the ancient inhabitants of Central America used that mineral to protect maize from the attack of weevils (García-Lara *et al.*, 2007; Rodríguez, 2007). This circumstance has been verified in South-eastern Mexico since 1980, with research by the Colegio de Postgraduados on the activity of mineral and plant powders to fight the infestations of weevils (*Sitophilus zeamais*) in stored maize (Lagunes, 1993).

Alongside the fight against pests, our ancestors searched for alternatives for an extensive use of maize. Initially, there may have been different ways to use the grain without cooking it. The dry maize grain has the advantage that it can be stored and used until before the next harvest and even for longer. However, the firmness of the grain limits the possibility of direct consumption, and so the most likely procedure may have been grinding the grain to make a fine powder or boiling it to soften it. Those practices reduced the risk of famine, although there were limitations regarding flavour and availability of all the nutrients in maize grains.

The most important basis to obtain new knowledge is derived from trial and error. Therefore, we maintain the argument that it is plausible that maize grains protected with lime were placed, as such

integral del maíz. En los inicios es probable que hayan existido formas diferentes de aprovechar el grano sin someterlo a un proceso de cocción. El grano seco de maíz tiene la ventaja de poderse almacenar y utilizarlo hasta antes de obtener la cosecha siguiente, e incluso por más tiempo. Sin embargo, la dureza del grano limita la posibilidad de consumirlo directamente. De modo que lo más probable habría sido moler el grano para obtener polvo, o hervir para ablandarlo. Estas prácticas reducían el riesgo de hambruna, pero tenían limitaciones respecto al sabor y disponibilidad de todos los nutrientes que poseen los granos de maíz.

La base más importante para la obtención de conocimiento nuevo se derivaba de acciones de prueba y error. Por tanto, sostenemos que es probable que granos de maíz protegidos con cal se sometieron, tal cual sin lavarse, al proceso de cocción normal y la capacidad de observación de nuestros ancestros les permitió detectar que la adición de cal conllevaba ventajas nuevas. De esa manera se pudo obtener masa para consumirse semi cocida o tostada al fuego: se abrió el camino para la invención de la tortilla, los tamales y la gran variedad de alimentos con base en la masa de maíz.

El proceso de cocción de los granos de maíz en presencia de cal, se llama nixtamalización y favorece la biodisposición de calcio, aminoácidos y niacina (Iltis, 2000; Vargas 2007). En consecuencia, la nutrición de las personas experimentó un cambio radical positivo. Este proceso de nixtamalización se ha transmitido de generación en generación y se sigue utilizando como en los tiempos prehispánicos (Benz y Long, 2000; Staller *et al.*, 2006).

El proceso se ha mejorado y actualmente la nixtamalización se inicia con la adición de dos partes de una solución de cal entre 1 y 3% a una parte de maíz, seguido por una cocción que dura entre 50 y 90 minutos. Después, se deja el maíz remojando en el agua de cocción durante 14 a 18 h. El paso siguiente al remojo es la eliminación del agua de cocción, conocida como *nejayote* (del náhuatl *nexayotl*; a su vez de *nextli*, ceniza y *ayotl*, caldo). El maíz se lava dos o tres veces con agua y de esta manera se obtiene el llamado maíz nixtamalizado o nixtamal, que llega a tener hasta 45% de humedad (González-Jácome, 2018).

Una vez nixtamalizado, el maíz se muele en un metate o en un molino para producir la masa que se utiliza para formar, a mano o con máquina, discos

without washing, under the usual cooking process, and the capacity of observation of our ancestors helped them find that adding lime led to new advantages. In this way, they could produce dough to eat it semi-cooked or toasted over a fire: the path was paved to invent the tortilla, tamales, and the large variety of maize dough-based foods.

The lime-cooking process on the maize grains produces a mixture which is called nixtamal; it favours the bioavailability of calcium, amino acids, and niacin (Iltis, 2000; Vargas 2007). Consequently, people nutrition underwent a radical positive change. This nixtamal processing has been passed down from one generation to the next, and it is still being used in the same way as in pre Hispanic times (Benz and Long, 2000; Staller *et al.*, 2006).

The process has been improved and extended through continental America; “nixtamalization” currently begins with the addition of two parts of a 1-3% lime solution, to one part of maize grains; then the mixture is cooked for 50 to 90 minutes. The maize is left soaking in the cooking water for 14 to 18 hours. The step after soaking is the removal of the cooking water, known as *nejayote* (from the Nahuatl *nexayotl*; *nextli*, meaning ash and *ayotl*, broth). The maize is washed two or three times with water, producing what is called nixtamal, which reaches moistures levels of up to 45% (González-Jácome, 2018).

Once lime-cooked, maize is ground on a grinding stone (called *metate*) or on a mill to produce the dough; which is used to produce by hand or with a machine, the dough disk-shaped for tortillas. Those are placed on a hotplate until the final product, a ready-to-eat tortilla, is obtained. Consequently, the calcium from the lime plays a key role in the making of nixtamal from maize grains. During the cooking process, it helps to detach the pericarp, while leaving it to rest controls microbial activity. The process also improves the flavour, aroma, colour, shelf life, and nutritional value of the tortillas (Cruz-Huerta and Verdalet-Guzmán, 2007; Vargas, 2014).

Lime-cooking is one of the primary ways to process maize around the world. This originally Mesoamerican process is now generally used to process the maize grain. The process also increases the availability of niacin, which is a form of vitamin B3 found in maize (Méndez and Moreno, 2007). This is extremely important for people who consume

de masa para tortillas. Estos se cuecen en comal y al término de la cocción se obtiene el producto final, la tortilla lista para ser ingerida. En consecuencia, el calcio de la cal desempeña un papel fundamental durante la nixtamalización del grano de maíz. Durante la cocción, facilita la remoción del pericarpio y durante el reposo controla la actividad microbiana; además, mejora el sabor, aroma, color, vida de anaquel y el valor nutricional de las tortillas (Cruz-Huerta y Verdalet-Guzmán, 2007; Vargas, 2014).

La nixtamalización es una de las formas básicas de procesar el maíz en todo el mundo; de origen mesoamericano, se utiliza ahora para procesar el grano de maíz en forma generalizada. El proceso incrementa también la disponibilidad de niacina, que es una forma de vitamina B3 presente en el maíz (Méndez y Moreno, 2007). Lo cual es de suma importancia en personas que consumen maíz como cereal principal o exclusivo; porque sin el complemento de otras fuentes ricas en esta vitamina, existe el riesgo de una enfermedad llamada pelagra que provoca síntomas agudos de dermatitis, diarrea e incluso demencia (Hegyi *et al.*, 2004). Además, la nixtamalización elimina un gran porcentaje de aflatoxinas tóxicas para mamíferos (Paredes *et al.*, 2009).

Entonces, la adición fortuita de cal ocurrió durante muchos años, como práctica para combatir a los insectos que dañan al maíz durante el almacenamiento; y acabó convertida en parte de un proceso doméstico que ahora es comercial en escala mundial. Sánchez (2016) incluso señaló que era posible que utilizaran la cal obtenida durante la construcción de grandes ciudades como Teotihuacán, Chichen Itzá y Tenochtitlán entre muchas otras; con estas fuentes, se pudo dar origen a la nixtamalización como un proceso generalizado. Los antiguos pobladores de Mesoamérica observaron que la adición de polvos minerales disminuía el ataque de los insectos en el maíz almacenado. Así, no es difícil imaginar que al lavar el maíz para eliminar el polvo de la cal alguna cantidad de polvo quedara adherido en el grano; y que después de agregarse agua y completar la cocción, las personas descubrieran que el grano adquiriría mejores características. De esa “masa pasada por cenizas” (*nixtamal*) se produjo lo que hoy se conoce como nixtamalización. Por último, el procedimiento se fijó a la cultura mesoamericana por uso y costumbre, hasta llegar a ser permanente.

Las recetas o recomendaciones que se pueden consultar sobre cómo preparar el nixtamal indican

maize as a main or exclusive grain because without the complement of other sources of this vitamin, there is a risk of a disease called pellagra, which causes acute symptoms of dermatitis, diarrhoea, and even dementia (Hegyi *et al.*, 2004). In addition, lime-cooking eliminates a large percentage of aflatoxins, which toxic for mammals (Paredes *et al.*, 2009).

Therefore, the fortuitous addition of lime took place for many years as a practice against insects that affect the maize during storage, and it ended up becoming a part of a domestic process that is now globally commercial. Sánchez (2016) even indicated that they might have used the lime obtained during the construction of large cities such as Teotihuacan, Chichen-Itzá, Tenochtitlan, and many others. With these sources, they could have initiated the making of nixtamal as a generalized process. The ancient inhabitants of Mesoamerica observed that adding mineral powders reduced the attack of insects on stored maize. Thus, it is easy to imagine that, after washing the maize to eliminate the powdered lime, some traces of that powder remained on the grain, and after adding clean water, and finishing the cooking process, people discovered that the grain had acquired more desirable characteristics. Out of that “dough passed through ashes” (the *nixtamal*) came what we Latin Americans now know as “nixtamalization”. Finally, the procedure clung to the Mesoamerican culture via practices and customs until it became permanent.

The recipes or recommendations that can be consulted regarding how to prepare the nixtamal indicate that every kilogram of maize requires 10 to 13 g of lime and 2 L of water. This proportion is very close to the amount of lime added to the grain to protect it against pests during storage. In this way, the use of mineral and organic mixtures as pesticides for the protection of plants and consequent use to entirely different objectives are not unusual. Some organophosphate insecticides and carbamates have also had medicinal use against diseases in humans such as glaucoma, myasthenia gravis, bladder atony, paralytic ileus, Alzheimer's, and anthelmintic (Millard and Broomfield 1995; Casida and Quistad, 1998).

The conclusive argument of this reflection is that the lime used to protect stored maize grains from insects pests was the fortuitous precursor of lime-cooking. This mineral powder with insecticidal properties can also provide nutritional properties to

que por cada kilogramo de maíz se utilizan de 10 a 13 g de cal y 2 L de agua. Esta proporción es bastante cercana a la cantidad de cal que se suele añadir al grano para su protección contra plagas durante el almacenamiento. De este modo, el uso de mezclas minerales y orgánicas como plaguicidas para la protección vegetal y su uso consecuente, con objetivos completamente diferentes no es una situación rara. Algunos insecticidas organofosforados y carbamatos también han tenido utilidad medicinal contra enfermedades de seres humanos como glaucoma, miastenia grave, atonía vesical, íleo paralítico, Alzheimer y antihelmínticos (Millard y Broomfield, 1995; Casida y Quistad, 1998).

El argumento concluyente de esta reflexión es que la cal usada para proteger del ataque de insectos a los granos de maíz almacenado fue el precursor fortuito de la nixtamalización. Este polvo mineral con propiedades insecticidas tiene además la capacidad de aportar propiedades nutritivas especiales al maíz cuando éste se somete a un proceso de cocción. El procedimiento conocido como nixtamalización permitió la preparación masiva de tortillas, la forma predominante de consumo de este cereal, fundamental para consolidar y diversificar una cultura del maíz en los pueblos mesoamericanos.

## LITERATURA CITADA

Banaszkiewicz, T. 2010. Evolution of pesticide use. *In*: Influence of the Pesticide Dump on the Environment. A monograph. Series "Contemporary problems of management and environmental protection". Skibniewska, K. A. (ed). Univ. of Warmia and Mazuria and The Regional Fund for Environ. Protect. and Water Manage. Olsztyn, Poland. pp: 7-18.

Benz, B. F., and A. Long. 2000. Early evolution of maize in the Tehuacán Valley, Mexico. *Curr. Anthropol.* 41: 459-465.

Carrillo, T. C. 2009. El origen del maíz naturaleza y cultura en Mesoamérica. *Ciencias* 92: 4-13.

Casida, J. E., and G. B. Quistad. 1998. Golden age of insecticide research: past, present, or future. *Ann. Rev. Entomol.* 43:1-16.

Cruz-Huerta, E., e I. Verdalet-Guzmán. 2007. La ciencia y el hombre. *XX*: 3.

García-Lara S., C. Espinosa Carrillo, y D. J. Bergvinson. 2007. Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternativas para su manejo y control. CIMMYT. México, D. F. México. 55 p.

González-Jácome, A. 2018. Maíz y alimentación. Historia breve de un largo viaje. *Rev. Geog. Agríc.* 60: 69-70.

Hegyi, J., R. A. Schwartz, and V. Hegyi. 2004. Pellagra: dermatitis, dementia, and diarrhea. *Int. J. Dermatol.* 43: 1-5.

Iltis, H. H. 2000. Homeostatic sexual translocation and the origin of maize (*Zea mays*, Poaceae): A new look at an old problem. *Econ. Bot.* 54: 7-42.

maize when cooked. The procedure now generalized as "nixtamalization" helped prepare tortillas on a massive scale, making it the predominant way of consuming this cereal, crucial to consolidating and diversifying a maize culture in the Mesoamerican peoples.

—End of the English version—



Karthikeyan, C., D. Veeragavathatham, D. Karpagam, and A. Firdouse. 2009. Traditional storage knowledge. *Indian J. Tradit. Knowledge* 8: 564-568.

Kato, T. A., C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos, y R. A. Bye. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 116 p.

Lagunes T., A. 1993. Uso de extractos, polvos vegetales, y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Colegio de Postgraduados, USAID-CONACYT-BORUCONSA. Montecillo. Texcoco, México. 32 p.

Méndez A., A., y E. Moreno M. 2007. Aflatoxinas en las tortillas de maíz. *Ciencia y Desarrollo.* 33: 14-19.

Millard, C.B., and C. A. Broomfield. 1995. Anticholinesterases: Medical Applications of Neurochemical Principles. *J. Neurochem.* 64: 1909-1918.

Muñoz O., A. 2003. Centli-maiz. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. México. 210 p.

Paredes L., O., F. L. Guevara, y P. L. Bello. 2009. La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias* 92: 60-70.

Rodríguez H., C. 2007. Cal contra plagas. *In*: Agricultura Sostenible. Rodríguez- Hernández, C., M. L. I. de Bauer, C.G.S. Valdés-Lozano y S. Sánchez-Preciado (ed.). Soc. Mex. Agric. Sostenible. CP e ITA Tlaxcala. Montecillo, Texcoco, México. pp: 81-101.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales, Pesca y Alimentación), 2017. Maíz grano blanco y amarillo mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. SAGARPA. Gobierno de México. México. 28 p.

Sánchez, R. G. 2016. Historia usos y futuro del mayor invento mesoamericano: el maíz. *UAEM Nueva época. Culinaria* 12: 22-38.

Shobha, N., G. Channal, and N. Channamm. 2006. Indigenous grain structures and methods of storage. *Indian J. Tradit. Knowledge* 5: 114-117.

Staller J. E., R. H. Tykot, and B. F. Benz (eds) 2006. Histories of Maize: multidisciplinary approaches to the prehistory, linguistics, biogeography, domestication, and evolution of maize. Academic Press-Elsevier. London, UK. 675 p.

Vargas, L. A. 2007. La historia completa del maíz y su nixtamalización. *Cuadernos de nutrición* 30: 97-102.

Vargas L., A. 2014. Recursos para la alimentación aportados por México al mundo. *Rev. Mex. Arqueol.* 130: 36-45.

Villavicencio-Nieto, M. A., B. E. Pérez-Escandón, y A. J. Gordillo-Martínez. 2010. Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Hidalgo, México. *Polibotánica* 30: 193-238.

Zizumbo, V. D., y G. P. Colunga. 2016. El uso de las cenizas como posible precursor de la nixtamalización en el oeste de Mesoamérica. *Rev. Geog. Agríc.* 57: 7-18.