

Evolución natural y antropogénica de *Zea* spp. en Mesoamérica

Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez
Curador del Banco Nacional de Germoplasma Vegetal
Chapingo, 56230. México

Resumen

Considerando a la percepción de las plantas como recursos, el móvil inicial conducente en ciertos casos a su cultivo y ulterior domesticación, en el presente trabajo, además de proporcionar datos actualizados relacionados con la taxonomía actualizada de los ancestros silvestres del maíz (*teocintles*), se indica y analiza información cuantitativa derivada de la evaluación experimental relativa a algunas de las formas de uso de los carióspsides de *Zea mays* ssp. *mexicana*, probablemente involucradas en la fase inicial del proceso de selección bajo domesticación que condujo a la creación de la planta conocida por los mexicanos como *Centli*. Las evidencias aportadas recientemente por diversos investigadores señalan a Centroamérica como un importante centro de evolución y diversificación natural de varias poblaciones silvestres de *teocintles*, entre las que destacan las de *Zea nicaraguensis*, (reportada en 2002), cuya diversidad genética, aunada a la correspondiente a las poblaciones silvestres existentes en México, destacando entre éstas las de *Zea diploperennis* y *Zea mays* spp. *parviglumis*, fue utilizada por diversas culturas Mesoamericanas para crear al maíz. Se destaca el enorme esfuerzo de selección realizado en el área Andina, evidenciado en la gran cantidad de razas de maíz existentes en dicha zona y cuya domesticación prevalece hasta la actualidad, como prueba de la inteligencia, paciencia y creatividad de las culturas que aún habitan esta región de Sudamérica.

Palabras Clave: Teocintle, Cultura, Recursos Fitogenéticos, Mesoamérica

Abstract

Considering the perception of plants as resources, the initial mobile in some cases leading to its cultivation and subsequent domestication, this work, provides updated information related to the updated taxonomy of wild ancestors of maize (*teocintles*) indicated and analyzed quantitative data derived from the experimental evaluation on some of the ways of use of the caryopses of *Zea mays* ssp. *mexicana*, probably involved in the initial phase of selection under domestication process that led to the creation of the plant known by the *Mexicas* as *Centli*. Evidence provided recently by various researchers point to Central America as an important center of evolution and natural diversity of wild populations of *teosinte* several, among which are those of *Zea nicaraguensis*, (reported in 2002), whose genetic diversity, together with the corresponding existing wild populations in Mexico, highlighting among them those of *Zea diploperennis* and *Zea mays* ssp. *parviglumis* was used by several Mesoamerican cultures to create maize. It highlights the enormous screening effort conducted in the Andean region, as evidenced by the many existing races of maize in the area where its domestication prevails to the present, as evidence of intelligence, patience and creativity of cultures that still inhabit this South American region.

Key Words: Teocinte, Culture, Plant Genetic Resources, Mesoamerica

Evolución de Zea

La historia evolutiva del maíz indica que el centro de origen primario del *teocintle* (maíz silvestre), se encuentra comprendido desde lo que hoy forma parte del centro norte de México hasta la actual Nicaragua. En el Sur de Guatemala, donde crece la raza de *teocintle* que lleva el mismo nombre, al desplazarse esta raza hacia el Norte, surgió la raza Huehuetenango, que a su vez, es progenitora de la raza Balsas ubicada en el sur y occidente de México. La raza Balsas por su lado, dio origen a las razas: Altiplanicie Central, Nobogame y Chalco. Siendo esta última la que todavía existe en el sur, sureste y oriente del valle de México. La raza Chalco se introdujo artificialmente al valle de México, cuando el maíz domesticado ya se cultivaba en la región. Una de las razones por las que se incorporó el *teocintle* al valle mencionado, fue para que sirviera de ofrenda dedicada a los muertos. La figura humana, después de morir, estaba representada por la imagen antropomorfa del volcán Iztaccíhuatl. El hombre prehispánico sabía que el *teocintle* era el ancestro del maíz y también conocía la estrecha relación que existía entre éste y la evolución del hombre.

El valle de México y áreas circunvecinas han sido cuna de domesticación del maíz durante miles de años. Las evidencias arqueológicas indican que dicha actividad pudo haberse iniciado, en el valle, desde hace unos 60.000 años, pero los testimonios más elocuentes, relacionados con el mejoramiento genético del maíz, se remontan a unos 10.000 años antes del presente. La domesticación inicial del maíz probablemente tuvo como finalidad aprovechar e incrementar el contenido y producción de los materiales alimenticios (dentro de los cuales se encuentran los que hoy llamamos carbohidratos y proteínas) que ofrecían los frutos del *teocintle*. Estos frutos estaban rodeados por una cápsula dura, que dificultaba su consumo; pero además, la mazorca carecía de olote (tusa), reunía muy pocas semillas por mazorca y la planta desarrollaba muchas mazorcas, las cuales se distribuían en el tallo principal y en sus ramas primarias, secundarias, etc.

Estos caracteres representaban grandes desventajas para el manejo del cultivo, por lo que se decidió modificarlas mediante el fitomejoramiento. Fue así como surgieron las mazorcas con olote (tusa), donde se fijaban los frutos carentes de la cápsula que era común en el estado silvestre. Siendo el *teocintle* un fruto de tipo palomero, los primeros frutos derivados de él, también fueron palomeros y se utilizaban en forma de palomitas; de estos surgieron los frutos de tipo harinoso y dulce para consumirse en forma de elotes (mazorcas) asados, esquites y pinole. Estos fueron los tipos de frutos más comunes y los usos más frecuente que ocurrieron desde unos 10.000 años antes del presente. En esa época el hombre también aprendió a medir los movimientos de la Tierra y de la Luna. Asimismo, decidió aplicar estos conocimientos en el diseño de variedades mejoradas de maíz y en el desarrollo de actividades agrícolas, logrando con ello resultados muy positivos. Para realizar esta labor estableció calendarios agro-astronómicos en zonas agrícolas, como es el calendario de Amecameca, México, donde figuran los volcanes *Iztaccíhuatl*, *Popocatepetl* y el Cerro Sacromonte. O también el calendario de Huapalcalco,

Hidalgo, donde sobresale la cueva del Tecolote, de forma triangular, con una mazorca cónica esculpida en su vértice superior.

Hace unos 3.500 años, el hombre desarrolló la cerámica utilitaria y con este nuevo descubrimiento, se extendieron los usos del maíz. Fue así como surgió la tortilla de este grano, cuyo proceso de elaboración no se ajustaba a los maíces duros, como el Palomero Toluqueño, que requería de mayor energía para su cocimiento; ni a los maíces blandos, como los harinosos, por los grandes daños que les causaban las plagas de almacén. Para resolver estos problemas, nuestros antepasados seleccionaron entre los materiales a su disposición aquellos que consideraron los mejor adaptados a los distintos ambientes a los que se iban enfrentando, así como a las nuevas formas de uso de sus frutos, tal es el caso de los maíces harinosos de textura suave o bien aquellos de dureza intermedia dentro de los cuales sobresalió la raza que aún hoy se conoce como Cónico (maíz dentado).

Este maíz resultó ser de buena calidad para la elaboración de la tortilla, pero además, superó en rendimiento a sus progenitores; por lo que no tardó en desplazarlos de las zonas agrícolas donde se cultiva actualmente. El proceso de elaboración de la tortilla y la región donde se llevó a cabo dicho desarrollo, incluyendo la formación de la raza Cónico de maíz, están relacionados con el entorno de los volcanes *Iztacíhuatl* y *Popocatépetl*, ya que en esta región existen abundantes evidencias arqueológicas del maíz Cónico como son: El calendario triangular de Amecameca, México; La Pirámide de Cholula, Puebla; las Pirámides de *Chalcatzingo*, Morelos; las Pirámides de *Teotihuacán*, México; las Pirámides de *Huapalcalco*, Hidalgo; pero además, la raza Cónico sigue cultivándose en las altiplanicies de Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Hidalgo y México. De igual manera, la tortilla encuentra respaldo histórico en las Pirámides circulares: de *Cuicuilco*, Distrito Federal; y Acozac, Municipio de Ixtapalaluca México; lo mismo que en el nombre del propio Estado de *Tlaxcala*, que en Nahuatl sería *Tlaxcalli*, término con el que aún se designa al alimento derivado del maíz que los españoles denominaron "tortilla".

La llegada de la cultura europea al valle de México, en 1521, marcó el final del auge prehispánico, en cuanto a la aplicación de ciencia y tecnología en el mejoramiento genético del maíz. El choque de culturas hizo que en los siguientes 400 años, el cultivo del maíz dependiera principalmente de conocimientos tradicionales. Sin embargo, a principios del siglo XX, la Secretaría de Agricultura y Fomento, reanudó el mejoramiento genético del maíz en el valle de México, primero a través de la Estación Experimental Agrícola Central, ubicada en San Jacinto, D. F. donde se encontraba la *Escuela Nacional de Agricultura y Medicina Veterinaria*. Después siguieron: La Oficina de Campos Experimentales (SAF: 1940-1946); El *Instituto de Investigaciones Agrícolas* (SAG: 1947-1960); La *Oficina de Estudios Especiales* (SAG: 1943-1960); El *Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas* (INIA: 1960-1985); El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP: 1985 a la fecha); La *Escuela Nacional de Agricultura*, después convertida en Universidad Autónoma Chapingo (ENA-UACH, 1976 a la fecha); El *Colegio de Postgraduados* en Ciencias Agrícolas (1959 a la fecha); El *Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo* (1964 a la fecha) Etc. Estos antecedentes

indican que el valle de México, siempre ha jugado un papel muy importante en la dinámica evolutiva del maíz y es obvio que lo seguirá haciendo con la misma tenacidad en el futuro.

Tomando en cuenta la gran diversidad genética que muestra el maíz, su origen filogenético ha sido discutido por más de 100 años. Durante este largo periodo de tiempo, se propusieron diversas hipótesis siendo las más importantes las siguientes:

Hipótesis que ubica al *teocintle* como el progenitor del maíz cultivado: (Ascherson, 1880; Langham, 1940; Longley, 1941; Miranda, 1966; Harlan, 1970; McClintock *et al* 1981). Esta hipótesis sostiene que el maíz domesticado proviene del *teocintle* o maíz silvestre. Sin embargo, fue impugnada en base a los 60.000 años de antigüedad atribuidos a los granos de polen fósil de maíz encontrados, a 70 m de profundidad, en la ciudad de México. En el mismo sitio se localizaron granos de polen de *teocintle*, pero a una profundidad menor y ostentando una antigüedad más reducida (Barghoorn *et al*, 1954; Mangelsdorf, 1960). La diferente edad de los granos de polen mencionados, parecía indicar que el maíz domesticado había precedido al *teocintle* en la naturaleza. Sin embargo, se argumentó que el valle de México, ubicado a 2.200 m de altitud, no correspondía al centro de origen primario del *teocintle*, situado a 1.200 msnm. Esto indicaba que el *teocintle* posiblemente ya estaba creciendo en su lugar de origen, mucho antes de los 60.000 años de antigüedad, asignados a los granos de polen fósil de maíz mencionados anteriormente (Miranda, 1966).

Hipótesis del ancestro común: Según esta opinión, tanto el maíz cultivado como el *teocintle* y el *Tripsacum* descendían de un ancestro común; éste fue de tipo perenne y actualmente ya no existe (Weatherwax 1935, 1950, 1954, 1955). Esta hipótesis fue rechazada por Mangelsdorf y Reeves (1959) y Reeves y Mangelsdorf (1959 b), debido a que no se prestaba a comprobación y además, Mangelsdorf *et al*, (1964) desaprobaron la idea de que el maíz silvestre hubiera sido de tipo perenne.

Hipótesis tripartita: En 1939 Mangelsdorf y Reeves propusieron esta hipótesis, la cual establecía lo siguiente:
Que el maíz silvestre había sido una forma de maíz tunicado, nativo de las tierras bajas de América del Sur.
Que el *teocintle* provenía del cruzamiento entre el maíz cultivado y el *Tripsacum*, ocurrido en América del Sur.
Que las variedades modernas de maíz, de Centro y Norte América, eran el producto de cruzamientos entre el maíz con el *Tripsacum* o con el *teocintle*.

Randolph (1952, 1955, 1959), Weatherwax (1954, 1955) y Brieger *et al*. (1958) señalaron que el maíz tunicado no podía haber sido maíz silvestre, porque dicho maíz no tenía características de zacate salvaje; además, no podía subsistir bajo condiciones naturales.

La razón principal para considerar al *teocintle* como un híbrido entre el maíz y el *Tripsacum*, era que el *teocintle* parecía ser intermedio entre dichos progenitores (Mangelsdorf y Reeves, 1939; Reeves y Mangelsdorf, 1959a). Sin

embargo, otros investigadores indicaron que el *teocintle* no era intermedio entre el maíz y el *Tripsacum* (Whiting, 1944; Randolph, 1955, 1959; Brieger *et al*, 1958; Murdy, 1960). Asimismo, Randolph (1955, 1959) agregaba que el arreglo de los nudos en los cromosomas del *teocintle*, no podía haberse originado del cruzamiento mencionado, porque los cromosomas del *teocintle* y del maíz eran idénticos genéticamente. Además, los gametos de los híbridos artificiales entre el maíz y el *Tripsacum* mostraban un alto porcentaje de esterilidad (Mangelsdorf y Reeves, 1939; Randolph, 1952; Farquharson, 1957).

La tercera parte de la hipótesis tripartita de Mangelsdorf y Reeves (1959), fue realista por lo menos en lo relativo a que las variedades modernas de maíz eran portadoras de germoplasma de *teocintle* (Wellhausen *et al*, 1951).

Hipótesis del anfidiplóide: Anderson (1945) sugirió que el maíz silvestre, con $2n = 20$ cromosomas, se pudo haber originado del cruzamiento entre dos especies que tenían $2n = 10$ cromosomas cada una; posiblemente de los géneros *Coix* y *Sorghum*. Anderson agregó que el mencionado híbrido pudo haber ocurrido en el Sureste de Asia. Mangelsdorf y Oliver (1951) y Mangelsdorf y Reeves (1959) rechazaron la hipótesis de Anderson debido a que el maíz no se conocía en Asia antes del descubrimiento de América. Randolph (1955) y Venkateswarlu (1962) indicaron, por su lado, que había pocas evidencias genéticas para aprobar la hipótesis del origen anfidiplóide del maíz. De igual forma, Weatherwax (1935, 1950) y Galinat (1963) señalaron que no había parentesco muy estrecho entre el maíz y el género *Coix*, según estudios morfológicos que se habían realizado.

De las cuatro hipótesis descritas la que mostró mayor congruencia con el origen del maíz fue la primera, o sea que el maíz proviene del *teocintle*. La razón de esto es que ambas entidades taxonómicas tienen 10 cromosomas en sus células gaméticas. Los cromosomas son muy semejantes en longitud, posición del centrómero y se asocian en forma normal en la profase meiótica; El cruzamiento entre el maíz y el *teocintle* ocurre con mucha frecuencia, en forma natural, y los híbridos son fértiles en un alto porcentaje. Las diferencias que se observan en algunos órganos del *teocintle*, con relación a los del maíz cultivado, se deben a los efectos de la selección natural en la primera planta y la selección artificial en la segunda (Miranda, 1966).

Tomando en cuenta estos antecedentes se puede mencionar que; el maíz pertenece a la familia *Poaceae* la cual tiene dos géneros en el continente americano: El género *Tripsacum* cuyas especies son: *T. maizar*; *T. laxum*; *T. lanceolatum*; *T. pilosum*; *T. latifolium* y *T. australe* (Sehgal, 1963). El número de cromosomas de estas especies puede ser $2n = 36$ ó $2n = 72$ (Prywer, 1958). El otro género es *Zea*; éste posee dos especies: *Zea mays* L.* con $2n = 20$ cromosomas y *Zea perennis* (Hitchc.) Reeves and Mangelsdorf, cuyo número de cromosomas es $2n = 40$. *Zea mays* detenta, por lo menos, seis subespecies o razas a nivel silvestre (Wilkes, 1967; 1995) y más de 250 a nivel cultivado

* Sinónimos de *Zea mays* (Linneo, 1737): *Z. diploperennis* (Ilitis, H. H., Doebley, J. F., Guzmán, M. R., and Pazy, B., 1979); *Z. luxurians* (Ilitis, H. H., and Doebley, J. F., 1980).

(Goodman, 1976). El maíz silvestre, recibe, entre otros, el nombre de *teocintle* y se le ha encontrado creciendo, en forma natural, entre los paralelos 14° y 30° de latitud norte y entre los meridianos 89° y 109° de longitud al occidente del meridiano de Greenwich; en cuanto a la altitud, el *teocintle* actualmente crece entre los 500 y los 2500 msnm (Wilkes, 1967; Sánchez y Ruiz, 1995), aunque en forma natural sólo se extendió entre los 500 y los 1900 msnm de altitud.

En la actualidad el *teocintle* crece en la cuenca de los ríos: Ulúa (de Honduras), Motagua (de Guatemala) y Grijalva-Usumacinta (del sureste de México); además, en los siguientes ríos de la vertiente del Océano Pacífico: Verde (de Oaxaca), Papagayo, Balsas, Armería, Ameca, Lerma-Santiago, San Pedro y Río Fuerte. Algunos lugares elevados de México donde el *teocintle* penetró en forma natural fueron: Los valles centrales de Oaxaca cuya altitud promedio es de 1500 msnm; la cuenca de los lagos: Pátzcuaro, Cuitzeo y Yuriria, lo mismo que en la Altiplanicie Central de México, donde la altitud promedio varía alrededor de los 1900 msnm. En los valles de México y Puebla cuya altitud fluctúa entre 2200 y 2500 msnm, el *teocintle* fue introducido artificialmente en épocas posteriores al inicio de la domesticación.

Datos arqueológicos

Antes de abordar el tema relacionado con la arqueología del maíz, es conveniente hacer algunas consideraciones sobre el origen del hombre americano; en relación con este tema, existe diferencia de opiniones, pero la hipótesis más generalizada señala que el ser humano proviene del continente asiático y se internó en el continente americano por el Estrecho de Behring, hace unos 70.000 años a. P. (Carmona, 1989); de este lugar emigró a otras áreas del Continente llegando a territorio mexicano hace unos 25.000 años a. p. y a la Patagonia de América del Sur, hace apenas unos 10.000 años a. p. En opinión de Muñoz¹ (2002), "Todo parece indicar que en el valle de México, el maíz fue introducido de occidente". Sin embargo, se han encontrado granos de polen fósil de maíz domesticado a los cuales se les atribuye una antigüedad que varía entre 60.000 y 80.000 años a.p. (Barghoorn *et al*, 1954). Esto indica que la llegada del hombre al continente americano aún es un enigma, pero obviamente su antigüedad se remonta a muchos miles de años antes del presente. Continuando con la arqueología del maíz, es oportuno mencionar que en terrenos de la antigua hacienda denominada La Magdalena, ubicada en las estribaciones del Pico del Quinceo, el cual se localiza al noroeste de la ciudad de Morelia, Michoacán, se encontró un fragmento de lava volcánica que lleva impresiones de mazorcas de maíz domesticado, cuya morfología es semejante a la del maíz Chapalote, a la de Nal-Tel y también a la del Cónico, según Wellhausen *et al*, (1951); como el Pico del Quinceo corresponde a un volcán inactivo y se desconoce la fecha de su última erupción, se deduce que la antigüedad de la lava volcánica, y la del maíz que representa, se puede remontar a muchos miles de años.

En el valle de Tehuacán, Puebla, también se han encontrado restos de maíz domesticado a los cuales se les atribuye una antigüedad de 6.600 años a.p. (Mac Neish, 1964); de igual modo, se han hallado restos de maíz cultivado

¹ Muñoz Orozco, Abel (2002). Comunicación personal

en la cueva del Murciélago, Nuevo México, E. U. A., cuyo pasado remoto es de 5.600 años a.p. (Mangelsdorf, 1960); restos de maíz procedentes de la cueva de la Perra, ubicada en el noreste de México, tienen una antigüedad de 4.450 años a.p. (Mangelsdorf *et al*, 1956); de igual forma, restos arqueológicos de maíz encontrados en Huaca Prieta, Perú, han sido datados 4.500 años a.p. (Bennett y Bird, 1949).

En Perú también se han encontrado mazorcas de maíz en el valle Moche, cuya antigüedad es de 3.400 años a.p. y lo mismo ha ocurrido en Ica y Paracas, donde el fechamiento de mazorcas arqueológicas se remonta a 2.500 años a.p. (Grobman *et al*, 1961). Restos de la planta y de la mazorca de *teocintle* fueron hallados en el Occidente de Tamaulipas, los cuales arrojan una antigüedad de 2.900 años a. p. (Wilkes, 1967); de igual forma, en Yucuita, Municipio de Nochistlán, Oaxaca, se encontraron semillas carbonizadas de *teocintle* en niveles que corresponden a 3.300 años de antigüedad (Aragón, 1996); en la cueva de *Guilá Naquitz*, Oaxaca, aparecieron granos de polen de *teocintle* en niveles cuyo fechamiento se remonta a 2.700 años a.p. (Flannery y Schoenwelter, 1970).

En los valles centrales de Oaxaca, se han descubierto restos arqueológicos de *teocintle* en diferentes sitios, aunque no se menciona ningún fechamiento sobre dichos materiales (Aragón, 1996). Los resultados mencionados indican que el *teocintle* estuvo presente en diferentes regiones del Estado de Oaxaca, antes de llegar al grado de extinción actual, puesto que ahora sólo se le encuentra en San Cristóbal Honduras, Municipio de San Pedro Juchatengo, Oaxaca; este lugar está ubicado en la cuenca del Río Verde y a una altura de 1.120 msnm. Los datos anteriores muestran que la arqueología del maíz cultivado es mucho más antigua que la del *teocintle*, lo cual podría atribuirse a que no se han realizado suficientes estudios de arqueología en el área donde crece el maíz silvestre, o que el *teocintle* ha sido menos importante, para el consumo humano, que el maíz domesticado; también debe mencionarse que el carácter más común que se ha encontrado en sitios arqueológicos ha sido el olote, solo o todavía reteniendo frutos, pero como el olote es un órgano artificial, éste no se presenta en el *teocintle* y por tal razón las huellas del maíz silvestre, en sitios arqueológicos, han sido escasas o nulas; este fenómeno no es único del maíz ya que en todas las especies domesticadas, los restos arqueológicos de las formas cultivadas superan a las de los parientes silvestres; esto se debe a que cuando la domesticación genera a las características deseadas, para el consumo o para cualquier otro propósito, el hombre margina a los genotipos silvestres, hasta olvidarse de ellos en la mayoría de los casos; de cualquier modo, los datos anteriores señalan que la domesticación del maíz se remonta a más de 10.000 años antes del presente.

Área de origen primario

Estudios realizados por Mc Clintock *et al*, (1981) indican que en el área de Guatemala y Honduras existen dos razas de *teocintle*: la del Sur de Guatemala y Honduras se distingue por tener 13 posiciones de nudos cromosómicos, en sus 10 cromosomas normales y todos los nudos ocupan una posición terminal; en tanto que el *teocintle* del Norte de Guatemala muestra 18 posiciones de nudos cromosómicos y también, todos ocupan una posición terminal. En cambio, el *teocintle* de México muestra 34 posiciones de nudos cromosómicos, 28 de las cuales son intercalarias y sólo seis permanecen como terminales en el brazo corto de los cromosomas 3, 4, 5, 7, 8 y 9.

En este *teocintle* aparecen, además, los cromosomas anormales 10 I, 10 II y el cromosoma tipo B. El cromosoma anormal 10 I es común en la cuenca del río Cutzamala, el cual es afluente del río Balsas. El cromosoma anormal 10 II aparece en la cuenca del río Balsas, en la altiplanicie central de México y en el valle de México. De igual forma, al cromosoma tipo B se le puede encontrar en la altiplanicie central de México y en la cuenca del río Balsas. Por otro lado, el maíz domesticado también tiene 21 posiciones de nudos cromosómicos, 18 de las cuales son intercalarias y tres ocupan una posición terminal en el brazo corto de los cromosomas 4, 7 y 9. El cromosoma 10 I anormal y el cromosoma tipo B, también se encuentran en el maíz cultivado (Mc Clintock *et al*, 1981).

Con relación al centro de origen primario, se puede mencionar que el *teocintle* ha mantenido un constante ritmo evolutivo, desde antes de que el hombre iniciara el proceso de domesticación. Si consideramos que la aparición de los nudos cromosómicos ocurrió en forma progresiva, a partir de cero nudos, entonces el *teocintle* de Honduras y Guatemala es más antiguo que el *teocintle* de México, por tener menos nudos cromosómicos. Adicionalmente, el *teocintle* de México tiene el cromosoma 10 I anormal y el cromosoma tipo B, los cuales están ausentes en el *teocintle* de Honduras y Guatemala; estas últimas diferencias fortalecen, aún más, la hipótesis en el sentido de que el *teocintle* de México es más reciente.

Si este planteamiento es correcto, entonces el *teocintle* se originó en el área Guatemala – Honduras y después se desplazó hacia el norte de México atraído, tal vez, por las mejores condiciones ambientales que ofrece el trópico de cáncer cuando el sol, en su movimiento aparente, se ubica en el hemisferio norte. Por lo tanto, se puede establecer que el centro de origen primario del maíz, a nivel silvestre, se ubica en la región Guatemala – Honduras (Miranda, 1998). Sin embargo, cuando el hombre inició el proceso de domesticación, el *teocintle* ya se había extendido desde el paralelo 14 hasta el paralelo 30 del hemisferio norte. También se había incrementado el número de nudos cromosómicos y ya había aparecido tanto el cromosoma 10 I anormal como el cromosoma tipo B.

Área de domesticación inicial

El inicio de la domesticación del maíz no ocurrió en una sola localidad, sino en un amplio sector donde además de estar presente el *teocintle*, existían

diversos atractivos para estimular el sedentarismo humano, como fueron la pesca, la caza y la recolección, entre otros; estas características eran comunes en la cuenca del río Balsas, la sierra volcánica transversal de México y la cuenca de los ríos Lerma-Santiago.

La sierra volcánica transversal de México es más alta en la parte oriental que en la occidental, como lo demuestra la altitud de los siguientes lagos o lagunas: Lago de Texcoco, México, 2240 msnm; Lago de Cuitzeo, Michoacán, 1880 msnm; Lago de Chapala msnm, Jalisco, 1520 msnm y Laguna de Sayula, Jalisco, 1350 msnm; como el *teocintle* se dispersó en forma natural desde los 500 msnm hasta los 1900 msnm de altitud, cubrió, en forma natural, gran parte del centro-occidente de la sierra volcánica transversal; esta sierra además, separa a la cuenca del río Balsas, que ocupa la parte sur de la sierra, de la cuenca de los ríos Lerma-Santiago, que flanquea su costado norte; en el centro occidente de esta área geográfica existen numerosas zonas tan parecidas ecológicamente, que configuran una sola región sembrada de grandes valles, corpulentas montañas y numerosas cuencas cerradas que dan origen a lagunas, ciénagas y pantanos; esta diversidad de atractivos ecológicos y en particular su clima, fue lo que sedujo al hombre para establecerse en la región, puesto que en ella se facilitaba la pesca, la caza y la recolección durante todo el año; sin embargo, hay que hacer notar que esta comarca era el territorio del *teocintle* y aunque el hombre no le prestó mayor atención al principio, pronto tuvo que fijarse en él, porque el *teocintle* cumplía su ciclo biológico año tras año, en presencia del nuevo huésped, como también lo hacían otras especies que ya le servían de sustento; fue así como nació la interrelación maíz-hombre y se inició la domesticación aprovechando los recursos y las condiciones ecológicas de la propia localidad; el fenómeno de interrelación *teocintle*-hombre se dio en todos los sitios donde convivían los dos organismos, pero no en todos ellos prosperó el proceso de domesticación primaria, para dar paso a la interdependencia que poco a poco se fue fortaleciendo entre el maíz y el hombre; esta interdependencia nació y creció entre los paralelos 19 y 21 del hemisferio norte, o sea en la misma área donde convergen la cuenca del río Balsas, la sierra volcánica transversal de México y la cuenca de los ríos Lerma-Santiago incluyendo, obviamente, la zona considerada como El Bajío de México; los factores que se han tomado en cuenta para considerar a esta región, como el centro de domesticación primaria del maíz son los siguientes:

En este sector, el *teocintle* muestra las posiciones terminales e intercalarias de los nudos cromosómicos y lo mismo ocurre con el maíz domesticado; de igual forma, el *teocintle* contiene el cromosoma 10 I anormal y el cromosoma tipo B, tal como acontece en el maíz cultivado (Mc Clintock *et al*, 1981; Kato, 1984); por otro lado, en el valle de México se han encontrado granos de polen de maíz domesticado, en estado fósil, a los cuales se les atribuye una antigüedad de 60.000 a 80.000 años (Barghoorn *et al*, 1954; Mangelsdorf, 1960); de igual modo, en las faldas del Pico del Quinceo, ubicado en el lado noroeste de la ciudad de Morelia, Michoacán, se halló un fragmento de lava volcánica que lleva impresas numerosas mazorcas pequeñas (5 a 10 cm de largo), de forma cónica y ostentando semillas de un maíz probablemente palomero; la antigüedad de este maíz se pierde en el pasado remoto, porque el Pico del Quinceo corresponde a un volcán totalmente inactivo,

desconociéndose por completo la fecha de su última erupción; el fragmento de lava volcánica referido se exhibe actualmente en el museo Michoacano, ubicado en la ciudad de Morelia; estas evidencias arqueológicas apoyan, sin lugar a dudas, el trabajo de domesticación que el hombre ha realizado en la sierra volcánica transversal de México, desde hace muchos miles de años.

Adicionalmente se puede mencionar que el Pico del Quinceo está ubicado en la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán, lugar donde se encuentra uno de los calendarios agroastronómicos más antiguos de México (en preparación); en este calendario se hace resaltar la forma cónica de la mazorca, refiriéndose obviamente al maíz domesticado; su antigüedad es paralela a la del propio Lago de Cuitzeo, aunque todavía se desconoce la época en que el hombre lo empezó a operar; el Calendario de Cuitzeo contiene la misma información astronómica que el Calendario Agroastronómico de la Cueva del Maíz, ubicado en el Municipio de Coxcatlán, Puebla, y cuya antigüedad es superior a los 8.000 años a. p. (Miranda, 1996a; 1997); hasta el momento se desconoce cuál de los dos calendarios es más antiguo; sin embargo, debe recalarse que el Calendario de Cuitzeo está ubicado en territorio del *teocintle*; además, se encuentra más cerca del trópico de cáncer, donde la calidad de la luz y la energía calorífica entre los meses de Mayo y Julio², son excelentes para el desarrollo del maíz; ocupa el corazón de la faja maicera de México y se ubica, precisamente, en el área geográfica donde se hacía el ajuste del tetraenio trópico en la época prehispánica; estos antecedentes podrían colocar al Calendario de Cuitzeo, en una posición más antigua, con relación al calendario de la cueva del Maíz; aunque en ambos casos se refleja la larga historia que tiene el cultivo del maíz en México (Figura 1).

A la cuenca del Lago de Cuitzeo, también se le menciona como una de las regiones donde se establecieron comunidades agrícolas, hace unos 7.000 años; estos grupos humanos antecedieron a los del Horizonte Preclásico, entre los cuales destacan la Bartolilla, Queréndaro, La Nopalera, Tres Cerritos y la Loma de Santa María (Peña *et al.*, 1991); otras comunidades agrícolas del Horizonte Preclásico, que también se desarrollaron en el occidente de México fueron: Chupícuaro, cuyo florecimiento se llevó a cabo en la rivera del río Lerma, al oriente de Acámbaro, Guanajuato y el Opeño, que ocupó el valle de Zamora y Jacona, Michoacán, hace unos 3.500 años a. p. (Peña *et al.*, 1991). Todos los antecedentes mencionados en este capítulo indican que la domesticación primaria del maíz ocurrió, exitosamente, en el Bajío y Occidente de México, donde aún persiste la mayor diversidad genética y la producción más elevada del maíz, comparada con la de otras regiones agrícolas del país.

Mejoramiento genético

Antes de iniciarse la domesticación del maíz, el hombre se internó en el territorio del *teocintle* por razones ajenas a la domesticación de la planta; sin

² Considérese que durante el movimiento de traslación en torno al Sol, los rayos de este astro inciden dos veces de manera perpendicular sobre todos los sitios ubicados entre los trópicos, es decir, desde los 23° 27' LN hasta los 23° 27' LS.

embargo, su permanencia prolongada en la región le permitió convivir con el maíz silvestre y fue así como se enteró de la estrecha relación que existía entre el *teocintle* y las condiciones ambientales del lugar; de igual modo, estudió las características de la planta diferenciando aquellas que le serían de utilidad; pronto se enteró que las plantas que crecían en condiciones ambientales más favorables, expresaban con mayor vigor sus características morfológicas incluido obviamente el rendimiento; de ahí que las primeras maniobras artificiales para mejorar al maíz consistieran en sembrar al *teocintle* libre de competencia y al mismo tiempo, mejorar el medio ambiente donde debía desarrollarse la planta; el hombre también observó que en las poblaciones de *teocintle* aparecían mutantes que ofrecían mejores ventajas para el manejo y aprovechamiento del maíz como eran: La reducción en el número de ramas del tallo principal, el incremento en el número de frutos de la mazorca, aunado a la formación del olote y al mayor desarrollo de los frutos los cuales, a su vez, se liberaban del raquis que forma la cápsula donde se desarrolla el fruto del maíz silvestre; a medida que aparecían nuevos caracteres útiles al hombre, éste los fue reteniendo mediante la selección, generándose así una mayor interdependencia entre ambos organismos; cuando las nuevas formas del maíz cultivado empezaron a emigrar a otras localidades, la variabilidad genética de la especie se incrementó, en respuesta a las exigencias de los nuevos ecosistemas y al gran número de usos que el hombre fue derivando de él. Considerando que el proceso evolutivo del maíz domesticado se remonta a más de 10.000 años a. p., es conveniente dividirlo, por lo menos, en las cuatro etapas siguientes:

El mejoramiento genético que antecedió el desarrollo de los primeros calendarios agroastronómicos; o sea todo el mejoramiento realizado hasta antes de los 8.000 años a. p. (Miranda, 1996a; 1997).

El mejoramiento genético que ocurrió entre la aparición de los primeros calendarios agroastronómicos (8.000 años a. p.) y el descubrimiento de la cerámica, realizado hace unos 3.500 años a. p. (García, 1985).

El mejoramiento genético que se llevó a cabo entre la aparición de la cerámica (3.500 años a. p.) y la llegada de la cultura europea al Continente Americano, en 1492.

La cuarta etapa corresponde al mejoramiento genético que se efectuó entre el año de 1492 y la época actual. Esta etapa corresponde a la época post-hispánica, razón por la cual, no será tratada con amplitud en el presente trabajo.

Como ya se ha mencionado antes, la primera etapa del mejoramiento genético ocurrió antes de los 8.000 años a. p. (Miranda, 1996a; 1997). Fragmentos de carbón encontrados en el área de Tlapacoya, Estado de México, indican que el hombre americano ha estado utilizando el fuego desde hace, por lo menos, 22.000 años a. p. (Mirambell, 1974); esto indica que en la primera fase del mejoramiento genético del maíz, el fuego jugó un papel muy importante en el establecimiento de las metas de dicho mejoramiento. En esta primera etapa, el hombre se preocupó por seleccionar un tipo de planta con el

menor número de tallos y en cada tallo establecer el menor número de mazorcas; así lo demuestran todavía las razas: Palomero Toluqueño y Maíz Dulce de México (Wellhausen, *et al*, 1951) y las razas: Pollo y Chococeño de Colombia (Roberts *et al*, 1957); de igual modo, hubo un gran interés por despojar a los frutos de su cápsula y desarrollar el olote para aumentar el número de hileras y frutos por mazorca, pero sin importar que los frutos estuvieran, necesariamente, acomodados en hileras; el desorden de los frutos sobre el olote todavía se observa en las razas: Palomero, Olotón y Tehua de México (Wellhausen, *et al*, 1951), lo mismo que en Proto-Confite Puntigudo, Proto-Kculli, Proto-Chullpi, Confite Chavinense y Confite Ikeño, de Perú, entre otras (Grobman *et al*, 1961); considerando que el maíz se consumía en forma de elotes asados, esquites, palomitas y pinole, los tipos de fruto seleccionados en esta primera etapa de domesticación fueron los palomeros, los cristalinos, los harinosos y los dulces; este proceso evolutivo es el que se observa en el cúmulo de razas domesticadas tanto en Mesoamérica como en América del Sur (Wellhausen, *et al*, 1951; Roberts *et al*, 1957; Grobman *et al*, 1961).

La segunda etapa del mejoramiento genético del maíz se inició hace unos 8.000 años a. p., cuando el hombre ya había desarrollado los calendarios agroastronómicos (Miranda, 1996a; 1997) y estaba aplicando estos conocimientos, tanto en el fitomejoramiento como en sus actividades cotidianas, para estar en armonía con la naturaleza; conocía la rotación de la tierra y el día solar medio, al cual había dividido en 24 horas de 60 minutos cada hora (Miranda, 1991); también conocía al movimiento de traslación de la tierra, mismo que había dividido en 24 horas (24 meridianos) de 15 grados de arco o de 15 días cada una; de igual forma, conocía el cuatrienio civil de 1440 días y el cuatrienio trópico de 1461 días; para ajustar el cuatrienio trópico, a partir del cuatrienio civil, cada 480 días agregaba 7 días para obtener 487 días, equivalentes a una tercera parte de 1461 días (Miranda, 1997); los conocimientos relacionados con los movimientos de la tierra fueron aplicados al mejoramiento genético del maíz, y fue así como surgió la idea de seleccionar mazorcas cuyos frutos estuvieran alineados en hileras; en las mazorcas del maíz silvestre el número de hileras por mazorcas siempre es de dos (Miranda, 1996b).

Sin embargo en el maíz cultivado dicho número varía entre 8 y 24 predominando, en la actualidad, las razas cuyas mazorcas tienen 12 hileras (Miranda, 1996b); las mazorcas de 4 y 6 hileras son eliminadas por selección artificial en el área: México-Guatemala-Honduras, ya que son descendientes de cruzamientos entre el maíz silvestre y el maíz cultivado; las mazorcas de 8, 16 y 24 hileras, equivalían a los 120 ($8 \times 15 = 120$), 240 ($16 \times 15 = 240$) y 360 ($24 \times 15 = 360$) días del movimiento de traslación de la tierra y significaban los días del segundo, tercero y cuarto años del cuatrienio civil, en que debían hacerse los ajustes del cuatrienio trópico ya mencionado; en esta segunda etapa del mejoramiento genético del maíz, permanecieron los tipos de fruto palomero, cristalino, harinoso y dulce, pero ahora sí, los frutos de la mazorca debían desarrollarse en hileras y estas hileras, a su vez, debían variar entre 8 y 24, según el genotipo en cuestión; esta diversidad de hileras es todavía frecuente en México, donde lo mismo crecen las poblaciones silvestres que las cultivadas de maíz (Wellhausen, *et al*, 1951).

La tercera fase del mejoramiento genético del maíz se inició con el descubrimiento de la cerámica (García, 1985); este avance tecnológico permitió modificar e incrementar los usos del maíz y, de igual forma, influyó para que se modificaran los objetivos del mejoramiento genético; tratándose de una etapa más reciente que las anteriores, es lógico pensar que la población humana ya se había incrementado, lo cual implicaba la necesidad de extender las áreas de cultivo invadiendo nuevos ecosistemas; por otro lado, la presencia de recipientes de barro permitió cocinar al maíz y así surgió la costumbre de consumir elotes cocidos, o cocer los frutos maduros para preparar el pozole o fabricar la masa, con la cual se podía elaborar tortillas, tamales, atoles, etc.; estos nuevos usos del maíz requerían de frutos menos duros que los palomeros, pero no tan blandos como los harinosos, ya que estos últimos eran muy susceptibles a las plagas de almacén; tomando en cuenta estos antecedentes, el hombre decidió cruzar a la raza Palomero Toluqueño, de fruto duro, con la raza Cacahuacintle, de fruto blando, para obtener la raza Cónico, cuyas características de fruto son intermedias entre las de los progenitores, pero con un valor de adaptación mucho más amplio que el de sus ancestros (Wellhausen, *et al*, 1951; Miranda, 1996a); esta raza surgió en los valles altos de la sierra volcánica transversal de México y de esta área emigró hacia el norte, hasta alcanzar la frontera con los Estados Unidos de América; también arribó al occidente de México y de allí siguió por la vertiente del océano pacífico, hasta alcanzar el occidente de los Estados Unidos de América; de igual manera, se desplazó hacia el sur hasta llegar a Honduras y de allí fue trasladada a Venezuela o Colombia, distribuyéndose después en el noroeste de América del Sur (Kato, 1984).

Después de la raza Cónico, surgieron otras con el carácter de fruto dentado las cuales cubrieron, a su vez, otras áreas de América del Norte y Centroamérica; con la aparición de los maíces dentados disminuyó la frecuencia de los maíces palomeros, de los cristalinos, de los harinosos y de los dulces, en Mesoamérica, lo cual no ocurrió en América del Sur, donde la aparición de la cerámica no provocó los mismos cambios en el uso del maíz como aconteció en América del Norte.

La cuarta etapa del mejoramiento genético del maíz se inició a partir de 1492, año en que la cultura europea arribó al continente americano; esta cultura trajo consigo la ganadería, la cual motivó que la interdependencia que existía entre el maíz y el hombre se extendiera también hacia la ganadería; este encuentro de culturas hizo que se modificaran las técnicas de cultivo y también, los objetivos del mejoramiento genético; estos cambios eliminaron, de raíz, las metodologías agroastronómicas que el hombre prehispánico había utilizado, con gran éxito, en sus actividades agrícolas (Miranda, 1996a), pero también se debe reconocer que el hombre europeo influyó para que el maíz se desplazara hacia otros continentes, ampliándose con ello la dinámica evolutiva y la variabilidad genética de la especie.

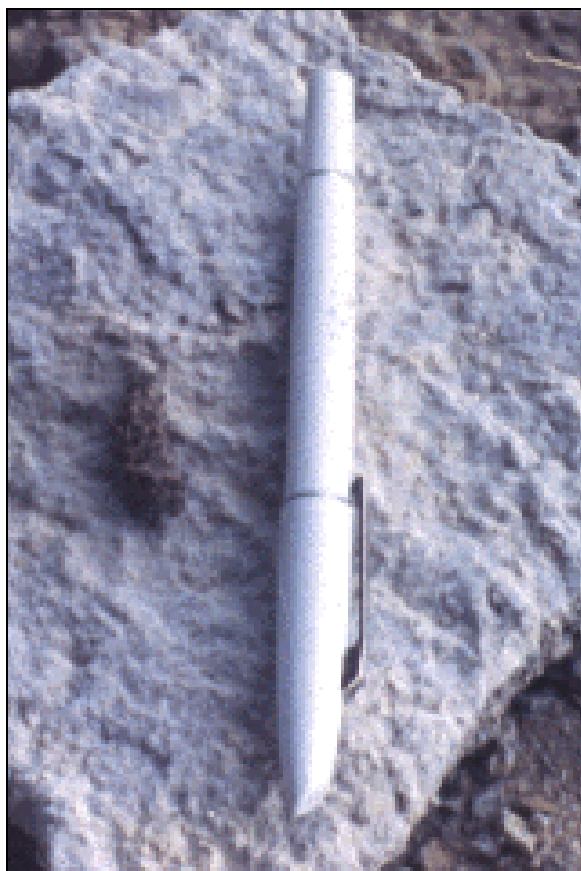


Figura 1. Mazorquita de maíz encontrada en la cueva de Coxcatlán, Pue. Se estima que este tipo de materiales eran cultivados por los habitantes de esta zona de México hacia el 5000 a.C. Las excavaciones revelaron objetos usados por nuestros ancestros mucho antes del desarrollo de la cerámica.

Foto: Karen Hardy tomada de:
http://emuseum.mnsu.edu/archaeology/sites/meso_america/coxcatlan_phase.html

Una vez que el ser humano produjo de manera controlada el fuego, las formas de aprovechamiento de diferentes recursos, entre éstos distintas estructuras vegetales susceptibles de incorporarse a su dieta, se incrementaron notablemente. Entre otras partes de las plantas, las semillas de diversas especies, por ejemplo las de las calabazas (*Cucurbita spp*), de distintos frijoles (*Phaseolus spp*), los tallos hipogeos (tubérculos), como los de las papas (*Solanum ssp*) y varias raíces, como las de la yuca (*Manihot spp*), o las del chayote (*Sechium edule*), etc., al asarse, tostarse o cocerse, pudieron integrarse a la alimentación de nuestros antepasados.

En el caso del maíz (*Zea mays* L.); el asado, el tostado y la cocción, fueron y continúan siendo, tres procedimientos de gran importancia para la transformación y ulterior consumo de sus frutos. Sin embargo, además del control del fuego, la tecnología para la elaboración de las tortillas, tuvo que esperar largo tiempo hasta que la consolidación de otras dos importantes innovaciones hiciese posible la difusión de la nixtamalización como uno de los aspectos principales de dicha tecnología; 1. La elaboración de utensilios de cerámica y 2. El descubrimiento del efecto que la cal (o algunas otras sales con pH alcalino) puede tener en los frutos que pretendan ser nixtamalizados.

Después de que nuestros antepasados consolidaron la tecnología pertinente a la elaboración de recipientes hechos con cerámica, el asado y el

tostado resultaron más fáciles de efectuar. Sin embargo, la cocción sólo fue posible cuando el hombre fue capaz de elaborar ollas de barro o algún otro tipo de recipiente dentro de los cuales pudo verter tanto el agua como las distintas estructuras que deseaba cocer.

Lo anterior, resulta de particular interés en un estudio como el presente pues evidencia que el conjunto de plantas que un determinado grupo humano puede utilizar no depende sólo la percepción de éstas como elementos útiles de la naturaleza, sino también de su desarrollo tecnológico. Además de facilitar la deglución y asimilación metabólica de las estructuras vegetales, es probable que el mejoramiento del sabor y el olor de las mismas hayan sido tres de las ventajas que influyeron de modo significativo en el uso de la cocción como parte de las opciones conducentes al consumo de una cada vez mayor cantidad de plantas por parte de nuestros antepasados.

Una vez aceptadas las ventajas de la cocción como parte de la tecnología para la preparación y ulterior consumo de distintas estructuras vegetales, la constante aplicación de esta técnica en la elaboración de sus alimentos, fue propiciando que los seres humanos responsables de efectuar esta actividad, fuesen determinando con mayor precisión la importancia de las formas y los tiempos de cocción que cada estructura requería para poder alcanzar las cualidades culinarias deseadas en cada caso concreto.

Siendo el objetivo central de esta investigación, la obtención de información cuantitativa relacionada con la evaluación del uso de frutos de *teocintle* y de cinco razas de maíz en la manufactura de tortillas, se efectuaron cuatro experimentos (repetidos durante tres años) destinados a medir los periodos necesarios para efectuar cada una de las fases involucradas al aplicar alguno de los cuatro procesos considerados en esta investigación:

1. Utilizando un molcajete y nixtamal sin reposo,
2. Utilizando un molcajete y nixtamal con reposo,
3. Utilizando un molino metálico accionado mediante una manivela y nixtamal sin reposo,
4. Utilizando un molino metálico accionado mediante una manivela y nixtamal con reposo.

Hipótesis

Las hipótesis nulas pertinentes a esta investigación fueron las siguientes:

1. No es factible elaborar tortillas utilizando sólo frutos de *teocintle*, y
2. No habrá diferencias estadísticamente significativas en los periodos necesarios para la realización de las distintas fases de los procesos conducentes a la elaboración de las tortillas al utilizar los frutos o propágulos de los materiales silvestres o domesticados de *Zea* considerados en este estudio.

Antecedentes

Si bien las formas de uso precerámicas se continuaron utilizando en la época post-cerámica, la consolidación de la tecnología para la elaboración de diversos utensilios de cerámica, fue poco a poco ampliando las formas en que diversas estructuras vegetales –entre éstas los frutos del *teocintle* primero y del maíz después- pudieron ser aprovechadas.

Uno de los usos del maíz más relevantes, que ocurrió con el descubrimiento de la cerámica, fue el desarrollo de la tortilla elaborada con masa de maíz. Lo mismo que la creación de los maíces dentados, con mejor calidad para la elaboración de la tortilla. La manufactura de la cerámica ocurrió en diferentes sitios del continente americano y la antigüedad de su iniciación también es muy diversa. Por ejemplo; en Teperinha, cerca de Sanctorum, ubicado en la parte baja del río Amazonas, la fabricación de la cerámica se remonta a 5000 años antes de Cristo (Schobinger, 1997). De igual modo, en Mato Grosso, Brasil, cerca de los límites con Bolivia, el uso de la cerámica data de 4000 a.C. (Schobinger, 1997). Por otro lado, en la región norte de Colombia (Monsú y Puerto Hormiga) y en la parte Occidental de Ecuador (Valdivia) la elaboración de la cerámica se inició desde 3100 años a.C. (Rossevelt *et al.*, 1991). Por otra parte Ford (1969) señala que la idea de decorar a la cerámica se difundió ampliamente en el año 3000 a. C. y desde entonces se ha mantenido vigente. En el valle de México la figura de arcilla más antigua, que se ha encontrado hasta la fecha, data de 2300 años a.C. y fue hallada en Tlapacoya, municipio de Ixtapaluca, Estado de México, corresponde a la fase Zohapilco cuando aún no se manufacturaba la cerámica utilitaria en la región (Di Castro, 2000).

En Mesoamérica, una de las fechas más tempranas de la etapa cerámica, se ubica 2400 años a.C. y se aplica a la llamada cerámica Pox de Puerto Marqués, Guerrero (Schöndube, 1994). Le sigue después la cultura Capacha, que se inició unos 1800 años a.C. y cubre regiones de Colima y Jalisco, principalmente (Flores, 1994). En el Opeño, cerca de Jacona, Michoacán, se encontró un cementerio de 9 tumbas, en cuyas ofrendas se incluyen figuras de barro manufacturadas 1500 años a.C. (Flores, 1994). De igual forma en Tlatilco, Estado de México, la antigüedad de la cerámica se remonta a 1000 años a.C. y en Chupícuaro, Guanajuato, a 400 años a.C. (Flores, 1994). En la región de Tlaxcala la cerámica utilitaria hizo su aparición 1500 años a.C. (García, 1995). En los diferentes sitios la arcilla fue el material empleado para elaborar objetos tanto utilitarios, como de adorno y religiosos; entre los últimos destacan las figurillas utilizadas como ofrendas funerarias.

Estos antecedentes, indican que en Mesoamérica el uso de la cerámica utilitaria se remonta, por lo menos, a 1500 años a.C. o sean 3500 años antes del presente. De ahí que la antigüedad de la tortilla en Mesoamérica puede datar de hace unos 3500 años a.P. En la actualidad, es ampliamente conocido que la tecnología para la elaboración de la tortilla, a partir del fruto seco del maíz, ha ido cambiando en términos de: tiempo utilizado para cocer el nixtamal, métodos de preparación de la masa, formas, dimensiones, peso, tiempo de

cocción de la tortilla, así como los usos y manejo de la propia tortilla, etc. Sin embargo, algo que se ha mantenido constante es su forma circular.

Tortilla: conjunción de arte y ciencia

La tortilla no es sólo un pedazo de masa de maíz cocido de forma circular que nos proporciona alimento a los mexicanos, es, también, una de las raíces más profundas de nuestra cultura, y base fundamental de nuestra historia.

Tortilla, es en la actualidad la palabra más generalizada y aceptada a nivel internacional, para referirse a una “fuente de alimentos de forma circular (de diámetro y grosor variables) elaborada a partir de los frutos maduros de maíz previamente nixtamalizados”. Sin embargo, tortilla, es en realidad el término con que los españoles -tal vez por encontrarle semejanza geométrica con la *fritada de huevos batidos elaborada junto con distintas clases de manjares a manera de omelet*- se refirieron a lo que en el valle de México y otras muchas zonas con influencia de la cultura Mexica se llama *Tlaxcalli*, concepto de tanta importancia en esta porción de Mesoamérica que, en opinión de algunos historiadores, de éste derivó el nombre del actual Estado de Tlaxcala.

Con base en estudios lingüísticos relativos a los nombres vernáculos tan diversos utilizados para designar a tan importante fuente de alimentos, algunos antropólogos han llegado a suponer que la generación de la tecnología pertinente a la elaboración de las tortillas no haya sido “patente” exclusiva de los mexicas, siendo muy probable que su generación haya ocurrido entre varias de las culturas que llegaron a dominar la producción de la cerámica (sin la cual hubiese sido muy difícil lograr la elaboración del nixtamal), llegando a perfeccionarse a través del intercambio de conocimientos entre los pueblos de Mesoamérica, contribuyendo a esto último incluso las culturas que simplemente adoptaron -mediante la transmisión oral y del ejemplo- la tecnología para la elaboración de las tortillas.

Siglos y probablemente milenios antes del arribo de los españoles a nuestro país, la consolidación de la agricultura y la definición de importantes procedimientos tecnológicos -entre ellos el perfeccionamiento del proceso para la elaboración de cerámica antes referido- hizo posible la ampliación de las formas de aprovechamiento de muchos recursos.

En el caso del maíz, el empleo de la cerámica desempeñó (y de hecho en muchas comunidades continúa desempeñando) dos funciones básicas en el proceso conducente a la elaboración de las tortillas:

- 1) Durante la preparación del nixtamal (palabra de reconocido uso internacional), actividad para la que el mejor utensilio sigue siendo una olla de barro y
- 2) En la cocción de la masa después de que ésta ha sido conformada entre las manos, fase en la que el comal de barro continúa siendo el más utilizado en el medio rural de nuestro país.

Atributos de una buena tortilla

Si bien es cierto que resulta difícil definir los criterios que deben ser considerados para poder caracterizar a una tortilla como de *buena calidad*, en el presente trabajo, con base en los criterios considerados en otros trabajos, así como en la opinión expresada por los miembros de varias familias del pueblo de Ecatlán, Puebla (en donde se habría de efectuar el experimento a la calificación de la calidad de las tortillas), se optó por la evaluación concomitante de los siguientes atributos: sabor, olor, textura, flexibilidad (aspecto estrechamente relacionado con el de la tortilla para improvisar una cuchara o el tan conocido taco), características a las que de modo más reciente -cuando menos desde el punto de vista del beneficio que su consumo pueda aportar a la salud de la gente- el llamado valor nutricional.

Asentados los criterios anteriores como punto de partida para poder evaluar cuantitativamente la llamada **calidad tortillera** (no confundir con el concepto de “rendimiento tortillero”), en el presente trabajo se postuló que la obtención de una buena tortilla depende de la acción concomitante de cuando menos tres aspectos fundamentales:

1. El tipo de maíz utilizado,
2. La tecnología aplicada al proceso pertinente a su elaboración y
3. Los antecedentes culturales y experiencia de la gente que las haga.

El tipo de maíz utilizado

En lo que se refiere a las “clases de maíz”, es bien sabido - particularmente por la gente de campo- que algunos maíces (por su dureza, color, textura, sabor, capacidad de expansión, etc.) son más adecuados para ciertos usos que para otros. La gente que habita en las comunidades rurales - en particular las indígenas- distingue y usa muchos tipos de maíz que son seleccionados no sólo por su comportamiento en el campo (tomando en cuenta dentro de sus criterios de selección aspectos como precocidad, rendimiento, adaptación al régimen de lluvias, etc.), sino también, por los atributos que presentan en relación a las formas de aprovechamiento a nivel local o nacional.

En los tianguis (mercados) del México de antaño y aún del actual, se habla entre muchas otras formas de uso: de los maíces para hacer tamales, de los que dan mejor harina para hacer pinoles, de los que revientan directamente al fuego y se usan para hacer palomitas o burritos, de los que se expanden en el agua y se usan para hacer pozole, de los que dan color y sabor al *chileatole*, de los que sirven para hacer totopos, de los que sirven para que engorden los *totoles*, de los que son muy dulces y sabrosos como elote, de los que se usan para hacer pan y, desde luego, de los mejores para hacer tortillas, sopes, esquites, pinole o *tlacollos*.

Si bien podríamos decir que, prácticamente con cualquier clase de maíz es posible hacer tortillas, la gente de campo frecuentemente opina que existen algunos maíces cuyos frutos presentan características que los identifican como mejores para ciertas formas de uso, incluyéndose entre éstas las tortillas. En acuerdo con Novelo *et al*, (1987): “las diferencias en las tortillas están relacionadas a otras diferencias de carácter social que tienen su base tanto en el estrato social del consumidor como en las necesidades que deben cubrir en

distintas situaciones de trabajo, de calendario festivo o ritual y de intercambio". En el caso de los maíces que son preferentemente utilizados para la elaboración de tortillas, además de criterios estrictamente culturales como el tamaño y el color de las mismas, existen otros aspectos no menos importantes de carácter práctico, tal es el caso del tiempo de cocción de los frutos para la elaboración del nixtamal (no hay que olvidar que en el ámbito rural la fuente principal de combustible es la leña), siendo de igual importancia la cantidad de masa derivada a partir de un cierto peso o volumen de grano utilizado, característica que a fin de cuentas, habrá de reflejarse en la cantidad de tortillas susceptibles de obtenerse al utilizar un cierto tipo de maíz. De especial interés son las características involucradas en el concepto que de una *buena tortilla* posee la gente de campo de nuestro país, estando entre éstas* su:

* **Sabor.** Cualquier buen mexicano puede distinguir sabores no sólo entre los chiles, sino también en las tortillas. Este atributo está determinado, además del tipo de maíz, por otros aspectos como: el tiempo de cocción del nixtamal, la cantidad de cal incorporada al mismo y el tiempo de su cocción en el comal (una tostada no sabe igual que una tortilla utilizada como taco)

* **Aroma.** Aspecto de gran importancia relacionado no sólo con el tipo de maíz utilizado sino también con la forma en que se cuece la masa sobre el comal.

* **Textura.** Una expresión ilustra el caso; cuando la gente de "provincia", que por alguna razón consume las tortillas elaboradas industrialmente en el D.F., frecuentemente dice: "estas tortillas son de olote", manifestando con ello su falta de complacencia ante unas tortillas tan ásperas al paladar de quien normalmente consume tortillas hechas a mano.

* **Flexibilidad.** Pues en gran medida de ello depende que se pueda doblar la tortilla para ser el típico taco mexicano, sin olvidar que en muchas ocasiones no hay mejor "cuchara" que una buena tortilla. Otro aspecto es el tiempo que las tortillas pueden durar sin perder su flexibilidad, pues existen materiales que al ser recalentados ya no poseen este atributo pudiendo servir sólo como tostadas.

* **Tamaño.** En algunas zonas predominantemente indígenas como el Totonacapan, las tortillas preferidas son pequeñas de aproximadamente 10 cm de diámetro y un grosor medio de 2 mm, en tanto que en algunas comunidades de Oaxaca y otros lugares de la República Mexicana, son más frecuentes las grandes, de 20 ó más cm de diámetro, pudiendo variar su grosor desde 1 a 3 mm.

* **Color.** Si bien en general las tortillas blancas son las que gozan de mayor preferencia, existen ciertas festividades y ceremonias en las que tortillas de color azul, por ejemplo, pueden tener un valor cultural mayor.

* **Grado de cocción.** En la elaboración de buenas tortillas influye, además del grado de cocción del nixtamal, el grado de cocción de la masa ya moldeada sobre el comal de barro, aspecto que a su vez, modifica no sólo en el sabor, sino también la flexibilidad y aroma de las mismas.

* **Duración sin que se aceden.** Si bien este aspecto no es muy importante en las comunidades rurales donde las tortillas normalmente son consumidas el

* En la actualidad una característica importante de considerar es la relativa a su valor nutricional. Sin embargo, en el contexto del presente estudio éste no se consideró pertinente dada la imposibilidad de establecer con precisión dicho atributo durante la época en la que se inició el uso de las tortillas como fuente de alimentos para la especie humana.

mismo día en que se elaboran, en las grandes ciudades, donde a veces la gente no tiene tiempo de formarse en la cola de las tortillas, puede ser otro criterio de evaluación.

Tecnología aplicada en la elaboración de las tortillas

Si bien desde hace varios años existen máquinas capaces de producir rápidamente una gran cantidad de tortillas, la mayoría de la gente que ha tenido la oportunidad de degustar tortilla elaboradas a mano, ha podido comprobar que éstas (en comparación con las elaboradas a nivel industrial) saben y se sienten mucho mejor, y es que hasta la fecha no se ha inventado un aparato que efectúe de igual modo el típico “aplauzo”, es decir los movimientos que con sus manos efectúan las mujeres de campo para dar forma y consistencia a sus tortillas, mismas que son elaboradas a partir del maíz que su propias familias siembran, en la mayoría de los casos, como el sustento de mayor importancia.

Además de los datos obtenidos en laboratorio de las características físicas y de *nixtamalización* de los frutos de las razas de maíz consideradas en el presente caso, se decidió que esta parte de la investigación involucrara gente de campo; es decir, personas que conocieran los atributos de una buena tortilla, su proceso de elaboración y que supiesen hacerlas ellos mismos. Fue así como esta fase del trabajo se efectuó en colaboración con una familia indígena, campesina representativa del ámbito rural de México, cuyos miembros no sólo son consumidores del maíz y sus derivados, sino también responsables del cultivo y domesticación de sus materiales.

Fue la familia Galindo-Bautista, habitante de la comunidad de Ecatlán, Pue. (ubicada dentro de la región geográfico-cultural conocida como Totonacapan; A (C) w” i g, cuyos miembros: Don Benjamín Galindo García, Doña María Esperanza del Carmen Bautista de Galindo y su hija Lourdes) amablemente otorgaron su ayuda y valiosa experiencia para la realización y evaluación de los distintos aspectos involucrados en la elaboración y consumo del principal alimento de México: las tortillas.

Materiales y Métodos

Con el propósito de seguir una secuencia lógica pertinente al entendimiento del proceso que condujo a nuestros antepasados a iniciar la domesticación de ciertas poblaciones de *teocintle* en las que se basó la creación del maíz, en el presente trabajo se planteó la conveniencia de dividir la evaluación de algunos móviles probablemente involucrados en dicho proceso, considerando dos grandes etapas históricas: 1. La que se basó en los aprovechamientos utilizados por los grupos humanos antes de desarrollar la tecnología para la elaboración de utensilios de cerámica (**fase precerámica**) y 2. La que involucró la utilización de diversos utensilios de cerámica como parte de la tecnología concerniente a la preparación de distintas estructuras vegetales para ser consumidas por el hombre (**fase postcerámica**). En este apartado sólo se aborda el estudio de algunas formas de uso a esta segunda fase.

Respecto a los materiales involucrados en este trabajo, es importante mencionar que, además de utilizar utensilios sencillos, como los que normalmente se encuentran en una cocina tradicional de las comunidades indígenas de México, tales como: una olla y un comal (ambos de barro), un metate y un molcajete de piedra. Se utilizaron muestras tanto de nixtamal fresco (sin reposo), como muestras a las cuales se les dejó reposar 12 horas (nixtamal con reposo) antes de emplearse para la manufactura de las tortillas; esto último en atención a la observación hecha por la familia totonaca que amablemente colaboró en la realización de la presente investigación, cuyos miembros afirman que: “es conveniente dejar reposar una noche al nixtamal para que las tortillas queden mejor”.

Con el propósito de apegarse, tanto como se pudo, a los materiales probablemente utilizados por nuestros ancestros durante la época en que por primera vez intentaron hacer tortillas, los utensilios y procedimientos tecnológicos aplicados en esta investigación para la elaboración de las mismas, fueron los más comunes en el ámbito rural de nuestro país. Así, como fuente de calor, se utilizó la combustión de leña y unas cuantas piedras rodeando la fogata, de modo que los brasas resultantes se fueran reuniendo en un espacio restringido a fin de incrementar la temperatura resultante. Esta parte de la investigación se efectuó en el *tlecuil* (tipo tradicional de estufa construida con arcilla compactada rodeada por un marco de madera de 20cm de grosor, 1.60m de largo x 1.40m de ancho, elevada a una altura de 1.20 m del piso a manera de mesa) de la cocina de la familia totonaca que amablemente nos ayudó a la realización de esta fase de la presente investigación.

La energía calorífica necesaria tanto para la elaboración del nixtamal, como para la cocción de las tortillas, fue proporcionada mediante la combustión de leña obtenida del árbol conocido localmente como “garrochillo” o “*Lakax Kiu*” (en totonaco “árbol con flores en forma de quetzal”). Se trata de un miembro de la familia Sapindaceae³, cuyo nombre científico es *Cupania dentata* Moc.& Sessé ex DC., especie que, en acuerdo con Hernández y López (1993) tiene una capacidad calorífica de 4553.79 cal gr⁻¹.

Todas las muestras de mazorcas, frutos y propágulos utilizados en esta investigación fueron obtenidas de los incrementos que, de modo rutinario, se efectúan por parte del personal que labora en el *Banco Nacional de Germoplasma Vegetal*, ubicado en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, utilizándose -con el propósito de no tener como posible fuente de variación el origen de los materiales, es decir la antigüedad de las semillas evaluadas- sólo aquellos cosechados en el ciclo agrícola del año 1996.

Dado que el poder calorífico de la leña resulta influenciado por la humedad contenida en los tejidos de la madera, todos los troncos utilizados como combustible en esta fase de la investigación se deshidrataron hasta un 15%, ya que este fue el contenido presente en los materiales evaluados calorimétricamente por los investigadores antes citados.

³ Familia aceptada por Brummitt (1992)

Respecto a la temperatura proporcionada por la combustión de las brazas de la leña de la especie indicada, podemos decir que; al medirse ésta utilizando un teletermómetro infrarrojo durante el proceso de elaboración del nixtamal, así como durante la cocción de las tortillas, su rango osciló entre los 170°C y 180°C, intervalo que, previa calibración del *tlecuil*, resultó adecuado para conseguir una nixtamalización adecuada y un cocimiento rápido y homogéneo de las tortillas sobre un comal de barro.

Todas las tortillas se elaboraron conforme a las preferencias de la gente de Ecatlán, comunidad indígena ubicada en el Totonacapan poblano. En promedio, las tortillas midieron 10 cm de diámetro y 4 mm de espesor, registrando pesos en caliente, que oscilaron entre los 25 g y los 30 g., característica que, según Vázquez (1998) está correlacionada positivamente con el "rendimiento tortillero" de los materiales.

Como material silvestre se utilizó tanto frutos con todo y cápsula, es decir, propágulos, como frutos sin cápsula o cariósides verdaderos de *teocintle* anual (*Zea mays ssp mexicana*). Además, se emplearon frutos correspondientes a las siguientes cinco razas de maíz (*Zea mays ssp mays*): Palomero Toluqueño, Cacahuacintle, Cónico, Tuxpeño y Chalqueño. Respecto a las características de dichas razas, nos permitimos remitir a los interesados a consultar la obra original de Wellhausen *et al*, (1951).

El diseño experimental utilizado, fue el conocido como Completamente al Azar, involucrando cinco repeticiones en cada evaluación. Cada muestra considerada estuvo constituida por 250 g de frutos de cada material, mismas que fueron evaluadas por siete mujeres con un grado heterogéneo de experiencia respecto al proceso pertinente a la elaboración de las tortillas.

En cuanto a la medición del tiempo requerido para la extracción de los frutos de *teocintle* de sus cápsulas, ésta se llevó a cabo en experimentos independientes, mediante el auxilio de dos instrumentos: un molcajete de piedra tradicional y un molino metálico de tracción manual. En esta fase participaron 6 personas (3 hombres y 3 mujeres), quienes, utilizando el mismo aparato y con base en su propio criterio, procedieron a roturar y a separar los frutos de *teocintle* de las estructuras (raquis y gluma) que de manera natural los envuelven.

Como consecuencia de lo anterior, el número de fases involucradas en los procesos conducente a la elaboración de las tortillas fue diferente. Así, para el caso en el que se utilizó un molcajete para la extracción de los frutos de *teocintle*, las fases fueron: 1. Selección y limpieza de los frutos, 2. Elaboración del nixtamal, 3. Lavado del nixtamal, 4. Acondicionamiento del nixtamal, 5. Manufacturación de las tortillas y 6. Cocción de las tortillas. En el caso en que los frutos de *teocintle* fueron extraídos mediante el empleo de un molino metálico las fases involucradas fueron: 1. selección y limpieza de los frutos, 2. elaboración del nixtamal, 3. lavado del nixtamal, 4. molido del nixtamal, 5. acondicionamiento de la masa, 6. manufacturación de las tortillas y 7. cocción de las mismas.

Considerando que la obtención de los datos indicados en esta parte de la investigación involucró la evaluación anual, durante tres años consecutivos, de los 4 procesos para la producción de las tortillas, por parte de 7 mujeres con cada uno de los 7 material utilizados en el presente estudio (propágulos y frutos de *teocintle* más los frutos correspondientes a 5 razas de maíz), fueron 588 el total de registros considerados en el análisis estadístico de la información pertinente a la manufactura de las tortillas.

La toma de datos para la evaluación de la calidad de consumo atribuida a las tortillas elaboradas de los experimentos anteriores se realizó en 3 ocasiones (una por año) con la participación de 50 personas de distinta edad y antecedentes culturales (25 hombres y 25 mujeres) considerados como catadores.

Los tiempos involucrados en cada una de las fases antes indicadas, fueron medidos mediante el auxilio de un cronómetro digital, registrándose para su análisis en SAS (Statistical Analysis System) su conversión a segundos, así como a horas, minutos y segundos, para una más fácil interpretación de los datos contenidos en los cuadros sinópticos presentados en el siguiente apartado de este trabajo.

La obtención de la información cuantitativa relativa a la evaluación sensorial de la calidad de las tortillas se efectuó mediante el diseño y aplicación del *formato para la calificación de la calidad de distintas formas de aprovechar el maíz en la alimentación humana*. Dicho documento, consistió en una hoja de papel en la que aparecen dibujadas siete líneas rectas horizontales (una por material) de veinte centímetros de longitud dividida de manera contigua en veinte partes proporcionales de un centímetro de largo, indicando de manera progresiva (centímetro a centímetro) los números: 1, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, y así sucesivamente hasta llegar al número 3. Una vez definidas las características de los formatos para la evaluación, los evaluadores involucrados en esta fase de la investigación, procedieron a pintar una marca con un lápiz en el punto que, para cada caso, consideraron conveniente para calificar la calidad de las tortillas consumidas. Los puntos extremos y el intermedio, es decir los números 1, 3 y 2, respectivamente, fueron enfatizados con negritas de tal forma que sirvieran de "guía" a la hora de calificar las tortillas elaboradas con los frutos de los distintos materiales evaluados, imprimiéndose sobre los mismos las leyendas: "aceptable", "regular" y "excelente", respectivamente.

Con base en lo antes expresado, el primer valor -indicado al lado izquierdo de dicha línea- fue el número uno y no el cero, pues se consideró que, si el evaluador en cuestión, decidía colocar una marca en algún punto de la línea referida (aún en el valor mínimo), ello significaría que la calidad atribuida al consumo de las estructuras vegetales en cuestión era *al menos aceptable para su consumo*, evitando de esta manera ambigüedades al respecto. En la parte central de la línea, se ubicó al número 2 y finalmente en el extremo derecho de la escala de evaluación se ubicó al número tres.

En relación con la evaluación organoléptica de las tortillas y considerando que no es lo mismo consumir alimentos con hambre, que sin ella,

conviene indicar que, en el presente estudio, todas las evaluaciones sensoriales fueron efectuadas alrededor de las once de la mañana, a la llamada hora del “taco”, de tal forma que, al no haber comido nada desde la noche anterior, la degustación de las distintas estructuras vegetales a evaluar no resultase sesgada por la percepción de los sabores u olores de otros alimentos, o bien por la sensación de un “estómago” sin hambre.

Para propiciar la mayor homogeneidad posible en la realización de las distintas etapas en que se dividió el proceso para la elaboración de las tortillas, las tres veces que se efectuó la toma de datos, fue el mismo conjunto de cuatro mujeres quienes elaboraron las tortillas. Para un mejor entendimiento y registro pormenorizado de la información, el proceso conducente a la obtención de las tortillas, se dividió en las siguientes fases:

1. Selección y limpieza de los frutos (“semillas”),
2. Elaboración del nixtamal,
3. Lavado del nixtamal,
4. Obtención de la masa,
5. Acondicionamiento de la masa en el metate,
6. Manufactura de las tortillas, y
7. Cocción de las tortillas.

Evaluación global de los procesos utilizados para la elaboración de las tortillas

Con el propósito de apreciar mejor las diferencias existentes entre los datos derivados de la evaluación de las distintas fases involucradas en los procesos utilizados para la elaboración de las tortillas, a partir de los distintos materiales de maíz y *teocintle* considerados en el presente estudio, en los siguientes cuadros se concentra la información pertinente tanto al proceso que involucró el uso de **nixtamal sin reposo** como la relativa al caso en que se utilizó el **nixtamal con reposo**.

Como se indicó con anterioridad, los datos referentes al proceso de selección y limpieza de los frutos de *teocintle* fueron obtenidos utilizando, en los primeros experimentos, un **molcajete** doméstico para la fragmentación de las estructuras envolventes (raquis+gluma), así como un **metate** para el acondicionamiento de las muestras de nixtamal empleando, en los siguientes experimentos se utilizó un **molino metálico** de accionamiento manual tanto para la ruptura de las cápsulas que envuelven a los frutos de *teocintle*, como para obtener las muestras de masa a partir de la molienda del nixtamal producido a partir de la cocción de los frutos de los materiales evaluados en este estudio.

Es importante considerar que, al no utilizarse en los primeros experimentos el molino manual que con frecuencia se usa en las zonas rurales de nuestro país para la obtención de la masa, el proceso conducente a la elaboración de las tortillas, con la tecnología antes descrita, involucró seis fases, a saber:

Fase 1: Selección y limpieza de los frutos

En el caso de las razas de maíz, esta fase consistió en la eliminación manual del llamado *totomoxtle* (brácteas) que cubre a las mazorcas, procediéndose enseguida al desgrane y selección manual de sus frutos. En el caso de las mazorquitas de *teocintle*, éstas (ya maduras) fueron colocándose sobre el metate en el que, manualmente y con la ayuda del *tejolote* se procedió a la roturación de las mismas para integrarlas después a las muestras (con y sin raquis) que serían utilizadas la elaboración del nixtamal; en todos los casos las muestras fueron de 500 g.

La selección y limpieza de los frutos de maíz constituye siempre el primer paso que la gente de campo ejecuta con mucho cuidado a fin de obtener tortillas de la mejor calidad posible. En el pueblo en el que se efectuó esta fase del presente trabajo, la gente acostumbra clasificar y separar sus mazorcas, según el uso al que habrán de destinarse las semillas, en tres grupos principales:

El primer grupo (cuantitativamente mayor) es el que incluye las mazorcas que, por su aspecto (mazorcas con granos blancos, sin daños ocasionados por plagas, o enfermedades) son seleccionadas para hacer las tortillas. En el caso de los campesinos de la comunidad de Ecatlán, el maíz que habrá de utilizarse para la manufactura de las tortillas, preferentemente involucra las mazorcas de la primera siembra (efectuada en diciembre o enero), producto del agroecosistema conocido como *tornamil*, en el cual -a diferencia de lo ocurrido en la segunda época de siembra (junio-julio) denominada en la zona como *chupamil*- las mazorcas son generalmente más grandes y sus semillas son menos dañadas por los insectos o enfermedades

El segundo grupo involucra mazorcas que, a simple vista, evidencian algún tipo de daño, ya sea por gusanos que atacaron en la parcela o bien por algunas plagas de almacén. Estas mazorcas se destinan a la alimentación del ganado solar, principalmente a las gallinas o bien a los puercos.

El tercer grupo (cuando lo hay) generalmente involucra mazorcas sanas, pero que al tener un menor número de hileras son desgranadas para vender o intercambiar sus granos.

Con base en lo anterior, las muestras de frutos correspondientes a las razas estudiadas en el presente trabajo fueron seleccionadas tomando en cuenta los criterios aplicados en la comunidad de Ecatlán, Puebla.

Dado que el aprovechamiento de los frutos maduros del *teocintle* requiere la previa eliminación de las estructuras (raquis + gluma) que envuelven a éstos, en la presente investigación se consideró pertinente la evaluación experimental de dos procedimientos conducentes a la eliminación de dichas estructuras. Los procedimientos seleccionados fueron: 1. Mediante el empleo de un molcajete doméstico, y 2. A través de un molino metálico accionado mediante una manivela.

La primera técnica fue seleccionada por considerar que, el principio básico del funcionamiento de un molcajete, pudo conseguirse con elementos tan comunes en la naturaleza como un par de piedras, siendo muy probable que ésta haya sido la tecnología más accesible a nuestros antepasados, durante la fase inicial de la domesticación de las poblaciones de *teocintle*. El segundo procedimiento se consideró de interés porque el tipo de molino involucrado en este experimento es el de uso más frecuente en la mayoría de las zonas rurales de México. De hecho, este mismo aparato se utilizó en otras evaluaciones efectuadas en el presente trabajo (v.g. el molido del nixtamal).

Una vez conseguida la fragmentación de las estructuras que envuelven a los frutos del *teocintle*, la separación de éstos de aquellas, se consiguió mediante dos acciones complementarias:

- a) Exponiendo dichos fragmentos a la acción de una ventilación natural
- b) Sometiéndolos a una corriente de aire artificial generada por un ventilador eléctrico de uso doméstico, siendo este último el procedimiento aplicado durante la evaluación experimental planteada en este caso, con el propósito de uniformizar hasta donde fue posible, los tiempos involucrados en la selección y limpieza de las muestras de *teocintle*. Para todas las muestras evaluadas, fue necesaria una separación manual de los residuos que no fue posible separar mediante la técnica antes descrita.

Fase 2: Elaboración del nixtamal

Los materiales utilizados en la elaboración del nixtamal fueron los siguientes:

- * Una olla de barro con capacidad de 3 litros,
- * Leña de chalahuite (*Inga leptoloba*), previamente secada al sol,
- * Agua del manantial existente en el pueblo (baja en sales),
- * Cal de piedra (abundante en la zona), y
- * Muestras integradas por 250 g de frutos de cada uno de los materiales a evaluar

Métodos utilizados para la elaboración de nixtamal

Dado que la señora María Esperanza del Carmen Bautista de Galindo (responsable del procedimiento a seguir para la elaboración del nixtamal) consideró que algunas de las muestras de los maíces a evaluar presentaban frutos de menor dureza, en comparación con los del maíz que ella y su familia siembran y acostumbra utilizar (como en el caso de la raza Cacahuacintle), o bien de un tamaño mucho menor (v.g. el caso del *teocintle*), en todos los casos, lo que hizo fue lo siguiente: tomó un poco de cal de piedra (4 cucharadas soperas por cada ½ litro de maíz y 2 litros de agua), la cual disolvió, con su mano, en el agua contenida en un recipiente de calabaza con un volumen aproximado de un litro; una vez que ella consideró que la cal había sido disuelta suficientemente, la lejía la dejó reposar por unos 10 minutos, de tal modo que se asentara la mayor parte de la cal.

Una vez preparada la lejía, Doña Carmen la vertió hacia el interior de la olla de barro que contenía otro litro de agua, teniendo cuidado de vaciar sólo la

solución en la que la cal había quedado en suspensión; es decir, propiciando que el tequesquite demasiado grueso quedase asentado en el fondo del recipiente en el que se hizo la disolución.

Una vez hecho lo anterior, se colocó la olla sobre la lumbre o *tlecuil* (previamente preparada con leña de chalahuite^{4*}) puesta a arder sobre un fogón típico de la región. Una vez que la lejía comenzó a hervir, se retiró la olla de la lumbre, tomándola con las manos envueltas en un trapo húmedo. La olla se colocó sobre la mesa de la cocina y se procedió a verter inmediatamente, en ésta los frutos de la muestra de maíz a evaluar.

Realizado lo antes dicho, se dejó reposar la olla sobre la estufa pero fuera del alcance de la lumbre, sacando cada 15 segundos, con una cuchara de madera, muestras de los frutos para poder palpar con los dedos índice y pulgar, el grado de cocción y desprendimiento del "ollejo" (pericarpio) de los mismos; pues, como es bien sabido por parte de la gente de campo, si la cocción del nixtamal se pasa del calor necesario, la masa se hace "chiclosa", imposibilitándose con ello la manufactura de las tortillas.

En el caso del nixtamal derivado del *teocintle*, el cual se obtuvo luego de permanecer sus frutos en el seno de la lejía (previa ebullición de ésta) durante un tiempo medio de 2 minutos con 45 segundos, se observó que; si bien el pericarpio podía desprenderse con facilidad (aspecto que en los maíces domesticados constituye el principal criterio, para determinar el grado deseado de cocción del nixtamal), la mayor parte de los frutos permanecían aún demasiado duros para molerse o masticarse sin problemas.

Ante el problema anterior, el equipo femenino que participó en los experimentos decidió dejar reposar el nixtamal durante toda la noche (con el fin de propiciar su reblandecimiento). Convencidos todos de la pertinencia del período de reposo sugerido, se procedió a elaborar las tortillas utilizando el nixtamal fresco recientemente obtenido, pero en seguida se procedió a la preparación de otras muestras de nixtamal, a partir de igual peso de frutos (250 g), para dejarlas en remojo durante toda la noche, haciendo lo mismo con las cinco razas de maíz a evaluar.

Como se indicó en líneas anteriores, algunas de las muestras de maíz involucradas en este estudio (Teocintle sin raquis, y Cacahuacintle) fueron sumergidas en la lejía después de que ésta había alcanzado su punto de ebullición, pues, según el criterio aplicado por la persona responsable de la elaboración del nixtamal (Doña Carmen Bautista), los frutos de estas razas fueron considerados de menor tamaño y dureza respectivamente, en comparación con los que ellos utilizan de manera cotidiana.

* En investigación previa realizada en la misma comunidad en la que se llevó a cabo el presente estudio, Hernández y López (1993) determinaron los siguientes datos para *Inga leptoloba* como parte de las evaluaciones calorimétricas relativas a las principales plantas utilizadas en el pueblo de Ecatlán, Pue. para la preparación del nixtamal: Peso específico aparente (Kg/m^3)=690; Cal/g =4487.60; Kcal/m^3 =3096; $\text{Lt de gasolina/m}^3$ =369.80. Especie que, por su poder calorífico, ocupa el cuarto lugar entre las 10 utilizadas con mayor frecuencia en dicho sitio.

Es conveniente tener en consideración que, con el propósito de efectuar una comparación estadística balanceada, al registrar los tiempos de preparación de nixtamal con los materiales antes mencionados, se les sumó el lapso (en segundos) que, en promedio, tardan en llegar a ebullición los 2000 mL de lejía calentados por leña de chalahuite (*Inga leptoloba* Schltl.), en la comunidad de Ecatlán, Pue., ubicada a una altitud media de 550 msnm.

Fase 3: Lavado del nixtamal

Una vez detectado el punto en el que el nixtamal quedó listo (lo cual como ya se indicó es juzgado por la percepción al tacto del grado de desprendimiento del pericarpio), se dejó enfriar unos minutos, se tiró el agua de lejía de la olla de barro en que se preparó el nixtamal; en seguida se agregó un poco de agua limpia y fría; al mismo tiempo, tallando los frutos ligeramente con las manos procurando eliminar la mayor parte de la cal que pudo haber quedado impregnada en los frutos, lo cual es importante, pues en opinión de la gente del pueblo de Ecatlán, a mayor eliminación de la cal, mayor blancura de la masa y tortillas resultantes.

El lavado del nixtamal se llevó a cabo en forma idéntica a la realizada por la gente de la comunidad de Ecatlán, Puebla, es decir, utilizando una palangana de madera sobre la cual se deposita el nixtamal previamente drenado (el nejayote a veces se utiliza para cocer los fragmentos de tortillas que se dan de comer a los guajolotes y gallinas), procediéndose después a su lavado cuidadoso con agua traída del manantial del pueblo.

Fase 4: Elaboración de la masa: molido del nixtamal

Como se indicó con anterioridad, con el propósito de utilizar los instrumentos más sencillos posibles, en la primera evaluación global del proceso para la elaboración de las tortillas que se efectuó en el presente trabajo, se omitió el empleo del molino metálico de accionamiento manual, sustituyéndolo por un metate. Siendo la evaluación del uso del citado instrumento una parte de especial importancia en la presente investigación, se tuvo especial cuidado en medir tanto los periodos involucrados en la molienda del nixtamal directamente sobre el metate, como el número de veces que, en cada caso, fue necesario retornar las muestras de masa a la cabecera del mismo para dejar a éstas con la textura adecuada para la manufactura de las tortillas.

En esta fase y con el propósito de tener una cuantificación del trabajo invertido en la obtención de la masa a partir de los dos tipos de nixtamal obtenidos a) sin reposo y b) con reposo, se procedió –cuando se utilizó el molino de accionamiento manual- a contabilizar el número de vueltas que fue necesario darle a dicho aparato, así como el tiempo que dicha operación requirió, al ser realizada por cada una de las cuatro personas participantes en la elaboración de muestras de masa. Los materiales utilizados para la elaboración de las muestras de masa fueron los siguientes:

- * Muestras de Nixtamal (derivadas de 250 g de frutos por material en cada repetición),
- * Molino metálico de accionamiento manual (el que se utilizó en el presente estudio es de la marca "torito", el cual según la opinión de la gente es el más duradero). Dicho molino se coloca firmemente a una base generalmente elaborada de madera resistente (v.g. del árbol conocido en la comunidad de Ecatlán, como *Lakaxkiu*), anclada en el suelo a una altura conveniente para que la persona responsable de la molienda pueda accionarlo con eficiencia. Figura 2.



Figura 2. Don Benjamín alindo, ajustando el molino de su cocina para la elaboración de las tortillas.

- * Bandeja para la recepción de la masa (generalmente ésta es de madera de cedro rojo y forma rectangular de aproximadamente 20 x 30 x 8 cm).
- * Agua. Se utiliza en caso de que el nixtamal se haya resecado y sólo se usa un poco, para propiciar que los granos nixtamalizados fluyan convenientemente a través del tornillo sin fin ubicado en el interior del molino.

Con el propósito de contrastar las posibles diferencias derivadas del reposo del nixtamal en cuanto al posible ahorro de tiempo para la realización de las demás fases del proceso de elaboración de las tortillas, en el presente estudio se consideró conveniente la obtención de datos pertinentes al uso de muestras de nixtamal sin reposo y de muestras de nixtamal reposado durante 12 horas.

Conviene indicar que, para propiciar la reducción de probables sesgos estadísticos: a) en todos los casos fueron las mismas personas (cuatro) las responsables de realizar la molienda del nixtamal en el molino manual, b) se cronometraron los periodos (segundos) involucrados en la molienda de cada muestra, tomándose en cada caso la media de los datos proporcionados por dos personas responsables del uso de los cronómetros y c) se cuantificó el número de vueltas dadas al molino para la obtención de la masas derivada de cada muestra de nixtamal.

Evaluación del esfuerzo involucrado en la obtención de las muestras de masa a partir de nixtamal con y sin reposo

La evaluación del esfuerzo involucrado en la obtención de las muestras de masa a partir de nixtamal con y sin reposo se efectuó de dos maneras: 1. Mensurando los tiempos invertidos en el la molienda de las muestras de nixtamal en el aparato indicado y 2. Contando el número de vueltas que fue necesario dar al molino en cada caso.

Elaboración de masa a partir de nixtamal con reposo

Apenas hubo suficiente luz al día siguiente, doña Carmen Bautista nos despertó con el ruido que hacía en la cocina al acomodar la leña con la que habrían de elaborarse las tortillas. Una vez lavado el nixtamal con agua fría, procurando el desprendimiento manual de los llamados hollejos, y atizado el *tlecuil*, se procedió a la molienda manual del nixtamal, que había permanecido en reposo durante toda la noche, para la obtención de las muestras de masa que habrían de evaluarse a lo largo de ese día.

Igual que en el caso anterior, con el fin de contrastar las posibles diferencias derivadas de haber dejado en reposo las muestras de nixtamal obtenidas con los distintos tipos de maíz, así como con los granos de *teocintle*, con y sin raquis, además de la mensuración del tiempo involucrado en la molienda manual de éstas, también se cuantificó el número de vueltas que en cada caso se necesitó.

Fase 5: Acondicionamiento de la masa en el metate

Después de obtener la masa en el molino de mano, el siguiente paso, para la elaboración de las tortillas, consistió en pasar la masa por el metate hasta lograr que ésta adquiriese la textura adecuada para poder moldearla entre las manos, actividad que la gente de campo de la región conoce como “dejar a punto” la masa.

El metate empleado en esta actividad es de un tamaño mediano (60 x 40 cm), de piedra negra maciza, recientemente “cicatrizado” con una especie de cincel metálico conocido en totonaco como “*Li talam*”, operación que se realiza con tanta frecuencia como sea necesario con el fin de evitar que la superficie del metate quede lisa dificultando con ello la realización del trabajo en cuestión. Un aspecto muy importante en la preparación de la masa para propiciar que adquiera la consistencia adecuada para su manejo entre las manos, consiste en desarrollar un tacto muy fino en la palma de las manos a fin de detectar el grado de humedad y textura que debe poseer la masa antes de proceder a moldearla con las palmas de las manos, habilidad que se genera sólo con la experiencia acumulada a través de muchos años de hacer tortillas. Figura 3.



Figura 3. Doña Carmen Bautista de Galindo durante el acondicionamiento de una muestra de masa de teocintle.

Fase 6: Manufactura

Igual que en las fases anteriores, la evaluación de la manufactura de las tortillas se llevó a cabo a partir de la utilización de dos variantes de nixtamal; con y sin reposo, participando en esta actividad las mismas mujeres que realizaron el resto de las fases de los procesos para la elaboración de las tortillas.

En esta fase, además de registrar los tiempos necesarios para el moldeo de la masa con las manos de las mujeres que nos auxiliaron en este experimento, se consideró de interés contar el número de golpes o “aplausos” que, en cada caso, se requirió para la manufactura de las tortillas.

Fase 7: Cocción de las tortillas en comal de barro

Con el fin de apegarse, lo más posible, a la tecnología aplicada por la gente del ámbito rural de México para la elaboración de las tortillas, el cocimiento de las mismas se llevó a cabo en un comal de barro calentado con leña de la especie anteriormente indicada. Los periodos fueron contabilizados entre el momento en que las tortillas establecían contacto con el comal y el momento de retirarlas del mismo, independientemente de las veces que las señoras las voltearan para propiciar su cocimiento homogéneo sobre el comal de barro.

Resultados y Discusión

Determinación de algunas características relacionadas con el proceso de nixtamalización de los frutos de las razas de maíz evaluadas.

Con el propósito de obtener información cuantitativa que hiciese posible una evaluación más objetiva de la eficiencia pertinente a la aplicación de cada uno de los cuatro procesos para la elaboración de las tortillas considerados en la presente investigación, con la valiosa asesoría de la Dra. Griselda Vázquez Carrillo (Directora del laboratorio de maíz del INIFAP), fueron mensuradas cinco variables propias de los frutos de maíz, así como doce variables relacionadas con la utilización de los mismos en los procesos antes referidos.

Los datos obtenidos se indican en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Principales características físicas de frutos correspondientes a las cinco razas de maíz involucradas en el presente estudio

Material	Peso hectolítrico ¹
Palomero toluqueño	80.26 a
Chalqueño	79.73 a
Tuxpeño	77.50 b
Cónico	77.23 b
Cacahuacintle	62.93 c
C.V. = 1.00	D.M.S. = 2.13
Material	Color del fruto ²
Cacahuacintle	76.06 a
Cónico	68.50 b
Tuxpeño	67.80 b
Chalqueño	65.33 c
Palomero toluqueño	61.43 d
C.V. = 0.97	D.M.S. = 1.85
Material	Grosor del pericarpio ³ (μ)
Tuxpeño	112.13 a
Chalqueño	98.60 a b
Cacahuacintle	87.20 a b
Palomero toluqueño	87.20 b c
Cónico	74.26 c
C.V. = 7.40	D.M.S. = 19.20
Material	Índice de flotación ⁴
Cacahuacintle	100.00 a
Tuxpeño	59.33 b
Cónico	54.66 b
Chalqueño	36.00 c
Palomero toluqueño	11.66 d
C.V. = 3.78	D.M.S. = 5.59
Material	Porcentaje de pericarpio ⁵
Palomero toluqueño	6.10 a
Tuxpeño	5.60 a b
Chalqueño	5.00 b c
Cónico	4.66 c d
Cacahuacintle	4.10 d
C.V. = 5.61	D.M.S. = 0.80

1. Efectuado en una báscula *Ohaus*, utilizando en todos los casos el recipiente de 1 Kg.

2. La determinación cuantitativa del color del fruto se realizó mediante el aparato conocido como *Hunter-Lab*.

3. Los datos se obtuvieron utilizando un micrómetro manual con indicador al tacto de presión máxima

4. Los porcentajes indicados fueron calculados en relación al peso total del fruto.

5. Para la determinación del índice de flotación se utilizó la técnica descrita por Wichser (1961), empleando una solución de NaNO_3 ajustada para dar una densidad de 1.250 (± 0.001) medida con picnómetro a 22° C

Cuadro 2. Datos correspondientes a algunas de las variables consideradas de mayor importancia por su influencia en la eficiencia con que se efectúan los procesos para la elaboración de las tortillas, así como en la calidad de las mismas.

Material	Tiempo de nixtamalización (minutos)	Material	Peso de la tortilla caliente (g)
Palomero toluqueño	43.33 a	Cónico	152.60 a
Chalqueño	40.00 a	Tuxpeño	149.76 a
Tuxpeño	35.00 b	Palomero toluqueño	144.40 a
Cónico	35.00 b	Cacahuacintle	137.23 a
Cacahuacintle	25.00 c	Chalqueño	137.03 a
Datos estadísticos	C. V. = 3.61 D.M.S. = 3.64	C. V. = 5.01	D.M.S. = 20.39
Material	Volumen del nejayote (mL)	Material	Peso de la tortilla fría (g)
Tuxpeño	102.33 a	Tuxpeño	140.53 a
Chalqueño	97.16 a b	Palomero toluqueño	138.56 a
Cónico	93.66 a b	Cónico	136.56 a
Cacahuacintle	92.16 b	Chalqueño	135.40 a
Palomero toluqueño	68.83 c	Cacahuacintle	130.56 a
Datos estadísticos	C. V. = 3.82 D.M.S. = 9.80	Datos estadísticos	C. V. = 2.82 D.M.S. = 10.88
Material	Peso del nixtamal húmedo (g)	Material	Sólidos
Palomero toluqueño	201.03 a	Palomero toluqueño	5.33 a
Cónico	190.76 b	Cacahuacintle	4.04 b
Tuxpeño	186.70 b c	Chalqueño	3.86 b
Chalqueño	185.96 b c	Cónico	3.84 b
Cacahuacintle	183.93 c	Tuxpeño	3.68 b
Datos estadísticos	C. V. = 1.12 D.M.S. = 5.99	Datos estadísticos	C. V. = 5.05 D.M.S. = 0.59
Material	Peso del nixtamal seco (g)	Material	Humedad del nixtamal (%)
Palomero toluqueño	182.80 a	Palomero toluqueño	46.56 a
Tuxpeño	174.43 b	Tuxpeño	43.23 b
Chalqueño	174.40 b	Cacahuacintle	43.20 b
Cónico	172.70 b	Cónico	43.16 b
Cacahuacintle	172.03 b	Chalqueño	43.10 b
Datos estadísticos	C. V. = 1.45 D.M.S. = 7.17	Datos estadísticos	C. V. = 2.04 D.M.S. = 2.52
Material	Peso de la masa sin acondicionar (g)	Material	Humedad de la masa (%)
Palomero toluqueño	195.53 a	Palomero toluqueño	59.80 a
Tuxpeño	190.46 a	Tuxpeño	58.43 b
Cónico	187.70 a	Chalqueño	58.10 b
Cacahuacintle	182.93 a	Cacahuacintle	57.76 b
Chalqueño	182.30 a	Cónico	57.53 b
Datos estadísticos	C. V. = 2.78 D.M.S. = 14.73	Datos estadísticos	C. V. = 0.74 D.M.S. = 1.23
Material	Peso de la masa acondicionada (g)	Material	Humedad de la tortilla (%)
Palomero toluqueño	210.10 a	Palomero toluqueño	42.33 a
Tuxpeño	206.96 a	Tuxpeño	42.10 a
Cónico	202.00 a	Chalqueño	41.30 a
Chalqueño	199.36 a	Cónico	40.23 a
Cacahuacintle	195.93 a	Cacahuacintle	39.80 a
Datos estadísticos	C. V. = 2.72 D.M.S. = 15.59	Datos estadísticos	C. V. = 2.48 D.M.S. = 2.88

* Todos los datos contenidos en este Cuadro fueron obtenidos en el Laboratorio Nacional de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (INIFAP - Chapingo, México) (la información contenida en el cuadro corresponde a la evaluación de tres muestras (r1, r2 y r3) de nixtamal, masas y tortillas elaboradas a partir de los frutos de las cinco razas de maíz domesticado involucradas en el presente estudio

De acuerdo con Pomeranz *et al.*, (1984 y 1986), el *peso hectolítrico* –entre otras variables- constituye un método indirecto para determinar la dureza de los frutos de maíz, ya que dicha característica se encuentra correlacionada con el llamado *índice de flotación* (también considerado en esta investigación), atributo que es aceptado como un índice de dureza para el comercio de granos de esta especie en los Estados Unidos de América. En concordancia con lo anterior, en el Cuadro 1, se puede cotejar que, los frutos de la raza Palomero toluqueño registraron, concomitantemente, el peso hectolitrito mayor (80.1 en promedio) y el menor índice de flotación (11 en promedio). Desde un punto de vista práctico, podría decirse que; puesto que a mayor dureza de los frutos de maíz, es mayor el tiempo necesario para su nixtamalización, los maíces duros requerirán mayor energía calorífica para la elaboración de tortillas, situación que pudiera ser desventajosa en términos económicos. Sin embargo, desde un punto de vista cultural, es importante tener en cuenta que algunas personas consideran que las mejores tortillas se elaboran precisamente con los maíces duros.

Respecto al color de los frutos de los maíces estudiados, es interesante considerar los datos reportados por Vázquez (1998), quien indica que “La elasticidad de las tortillas correlaciona con los genotipos de color más blanco ($r = 0.34$), los cuales retienen menos pericarpio después de la nixtamalización ($r = -0.55$)”.

De particular interés para la presente investigación es el porcentaje de pericarpio registrado para la raza Palomero toluqueño (6.29), ya que, en opinión de la Dra Vázquez, esta característica está significativamente correlacionada con el potencial de expansión de los frutos de maíz para formar palomitas.

En cuanto al desprendimiento del pericarpio, es muy importante para el lector del presente trabajo tener en consideración que, de acuerdo con varios investigadores (Serna-Saldivar *et al.*, 1991 y Bazúa *et al.*, 1978, entre otros), “el desprendimiento del pericarpio constituye el principal criterio para suspender el cocimiento del maíz a nixtamalizar”.

Resultados pertinentes a la selección y limpieza de los frutos: El caso del teocintle

Los datos obtenidos en esta fase de la investigación se muestran en el Cuadro 3, cuya correcta interpretación debe considerar que, en el caso de las muestras de esta especie silvestre, fue necesario utilizar 850 g de propágulos por repetición, debido a que, en promedio, por cada 100 g de dichas estructuras, es decir de los frutos con todo y el raquis y la gluma que los envuelve, se obtiene en promedio, alrededor de 30 g de cariósides limpios. Por otra parte, respecto a la información proporcionada en el Cuadro antes indicado, es importante tener presente que, la ruptura de las cápsulas envoltoras se realizó –cuando así se decidió hacerlo- mediante el empleo de dos aparatos frecuentemente encontrados en las cocinas tradicionales de las áreas rurales de México:

1. Un molcajete tradicional (construido con piedra porosa) y
2. Un molino metálico accionado mediante una manivela.

El cálculo del tiempo involucrado en la selección y limpieza de propágulos sin eliminar el raquis se hizo de modo independiente a los casos en que sí se efectuó esta operación.

Cuadro 3. Medias del tiempo invertido en la selección y limpieza de muestras de 850 g de propágulos de teocintle anual para obtener 250 g *de frutos limpios.(sin raquis)

Material	Tiempo (horas:minutos:segundos)
Teocintle anual (propágulos)	
Eliminando el raquis con molcajete	19:50:09 a
Eliminando el raquis con molino	09:29:52 b
Sin eliminar el raquis**	00:50:13. . . c
CV (%) = 5.29	
DMS (5%) = 1801.70 segundos	

Como puede observarse en el cuadro anterior, el tiempo necesario para la eliminación de las cápsulas que envuelven a los frutos verdaderos o cariósides de *teocintle*, es realmente considerable, llegando a requerirse hasta 20 horas para efectuar la limpieza de una muestra como las consideradas en esta investigación.

No obstante lo anterior, desde la perspectiva del entendimiento de los móviles que probablemente condujeron a nuestros antepasados a la domesticación de esta especie silvestre, es importante considerar que, además de la factibilidad de consumir sus frutos de muy diversas maneras, en contraste con otras estructuras vegetales, éstos no son tan perecederos, pudiendo transportarse sin que se descompongan durante varios meses, sobre todo si ello se efectúa con todo y las estructuras envolventes indicadas.

Con base en lo anterior, podemos afirmar que, si bien es cierto que la presencia de las cápsulas que envuelven a los frutos del *teocintle* constituye un problema que dificulta su consumo, ya que la eliminación manual de dichas estructuras demanda mucho tiempo, por otra parte, esa misma estructura endurecida pudo haber representado –al menos al inicio de su domesticación– una enorme ventaja, ya que además de incrementar la dispersión natural de la especie, amplió considerablemente el tiempo de conservación de los frutos contenidos en su interior en condiciones de ser consumidos por el hombre.

Además de lo dicho previamente, en relación con la fase inicial del proceso de selección bajo domesticación de los recursos vegetales, es importante tener en cuenta al maestro Hernández X., quien al respecto opinaba que:⁵ “al tratar de entender las decisiones que tomaron nuestros antepasados con relación a la definición de sus estrategias de sobrevivencia iniciales, hay que considerar que; la gente de aquella época, no vivía con las prisas y tensiones sociales características de la actualidad, es decir, disponían del tiempo necesario para obtener, preparar y consumir con calma sus alimentos, lapsos que, seguramente, propiciaron el intercambio de ideas y experiencias respecto al aprovechamiento del mundo vegetal en general y en particular del

⁵ Comunicación personal. Diciembre de 1990

teocintle, especie que, al ser finalmente domesticada, llegó a adquirir una importancia trascendental en varias de las culturas mesoamericanas”.

En relación con los periodos requeridos para efectuar la selección y limpieza de los frutos correspondientes a las razas de maíz evaluadas en el presente trabajo, los datos se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Medias del tiempo invertido en la selección y limpieza de muestras de 250 g de frutos correspondientes a las cinco razas de maíz evaluadas.

Raza de maíz	Tiempo (horas:minutos:segundos)*
Palomero Toluqueño	00:04:02 a
Chalqueño	00:03:30 b
Cónico	00:03:11 c
Tuxpeño	00:02:53 d
Cacahuacintle	00:02:38 e
C V (%) = 5.20 DMS (5%) = 145.29 segundos	

* Datos calculados con base en la realización de cinco repeticiones efectuadas por cuatro personas. La preparación de 250 g de frutos de *teocintle* sin raquis involucró la selección y limpieza de muestras con un peso medio de 850 g de frutos con caquis, es decir de propágulos.

Es interesante notar que, si bien es cierto que las mazorcas de la raza Palomero Toluqueño son mucho más chicas en promedio que las correspondientes al resto de las razas consideradas en este trabajo, también son las que contienen el mayor número de frutos por mazorca.

Síntesis de los datos obtenidos durante la evaluación de los cuatro procesos seleccionados para la elaboración de las tortillas.

Una síntesis de la información cuantitativa obtenida al preparar las tortillas utilizando un molcajete para romper las cápsulas duras que envuelven a los frutos de *teocintles*, así como para obtener las muestras de masa a partir de los dos tipos de nixtamal; con y sin reposo, empleados en la presente investigación, aparece en los Cuadros 5 y 6 respectivamente.

Los datos obtenidos en los experimentos pertinentes a la preparación de tortillas, utilizando un molino metálico de accionamiento manual para la extracción de los frutos de *teocintle*, así como muestras de nixtamal sin reposo, se muestran en el Cuadro 7; en tanto que en el Cuadro 8 se indican los datos relativos al mismo proceso, pero utilizando, además del molino antes mencionado, muestras de nixtamal a las que previamente se les dejó reposar 12 hr.

Finalmente y con el propósito de resumir las diferencias en tiempo involucradas en la elaboración de las tortillas, al utilizar nixtamal reposado en contraste con el que no experimentó ningún periodo de reposo, en los Cuadros 9 y 10 se muestran los datos pertinentes a las *diferencias absolutas* entre los tiempos resultantes de utilizar los distintos frutos de los maíces estudiados en

cada una de las fases en que se dividió cada proceso; dichas diferencias se expresan primero en *segundos menos* y posteriormente en *horas:minutos y segundos menos*. Asimismo en el Cuadro 9 se indican las mismas diferencias pero de manera porcentual, es decir, las *diferencias relativas*.

Cuadro 5. Medias de los periodos* (horas, minutos y segundos) requeridos para la realización de las diferentes fases involucradas en la manufactura de 25 tortillas, utilizando **nixtamal sin reposo** elaborado con frutos de teocintle anual, con y sin raquis (filas superiores), así como con frutos correspondientes a cinco razas de maíz (filas inferiores). Para romper las cubiertas de los teocintles en estos experimentos se utilizó un **molcajete** doméstico con su respectivo tejolote de piedra.

Tiempo (hr:min:seg) requerido para:													
Raza	Seleccionar y limpiar frutos	Raza	Elaborar nixtamal	Raza	Lavar nixtamal	Raza	Acondicionar nixtamal en metate	Raza	Manufacturar tortillas	Raza	Cocer tortillas en comal de barro	Raza	Total
Teocintle sr	20:08:25 a	Teocintle cr	12:19:30 a.m.	Teocintle cr	12:02:56 a.m.	Teocintle cr	01:11:38 a.m.	Teocintle cr	01:24:54 a.m.	Teocintle cr	01:47:26 a.m.	Teocintle sr	23:33:01 a
Teocintle cr	00:50:13 b	Teocintle sr	00:08:35 b	Teocintle sr	00:01:33 b	Teocintle sr	00:57:19 b	Teocintle sr	00:58:23 b	Teocintle sr	01:18:46 b	Teocintle cr	05:36:37 b
Datos	C.V. = 2		C.V. = 6		C.V. = 7		C.V. = 2		C.V. = 6		C.V. = 6		C.V. = 2
Estadísticos	D.M.S. = 402		D.M.S. = 29		D.M.S. = 5		D.M.S. = 53		D.M.S. = 150		D.M.S. = 182		D.M.S. = 393
Palomero t	12:04:02 a.m.	Chalqueño	12:10:58 a.m.	Palomero t	12:02:34 a.m.	Palomero t	12:29:46 a.m.	Chalqueño	12:52:27 a.m.	Chalqueño	12:56:42 a.m.	Chalqueño	02:31:34 a.m.
Chalqueño	00:03:30 b	Palomero t	00:10:37 b	Chalqueño	00:02:04 b	Chalqueño	00:25:53 b	Palomero t	12:48:19 a.m.	Palomero t	00:47:25 b	Palomero t	02:22:43 b
Cónico	00:03:11 c	Cónico	00:09:53 c	Cónico	00:01:54 c	Cónico	00:23:41 c	Cónico	00:42:17 b	Cónico	00:44:17 b	Cónico	02:07:25 c
Tuxpeño	00:02:53 d	Tuxpeño	00:09:42 d	Tuxpeño	00:01:52 c	Tuxpeño	00:22:48 c	Tuxpeño	00:38:29 b c	Tuxpeño	00:39:44 c	Tuxpeño	01:55:28 d
Cacahuacintle	00:02:38 e	Cacahuacintle	00:08:49 e	Cacahuacintle	00:01:41 d	Cacahuacintle	00:17:09 d	Cacahuacintle	00:36:47 c	Cacahuacintle	00:37:52 c	Cacahuacintle	01:44:56 e
Datos	C.V. = 5		C.V. = 2		C.V. = 7		C.V. = 5		C.V. = 13		C.V. = 10		C.V. = 5
Estadísticos	D.M.S. = 8		D.M.S. = 9		D.M.S. = 6		D.M.S. = 64		D.M.S. = 277		D.M.S. = 223		D.M.S. = 303

Cuadro 6. Medias de los periodos* (horas, minutos y segundos) requeridos para la realización de las diferentes fases involucradas en la manufactura de 25 tortillas utilizando **nixtamal con reposo** elaborado con frutos de *teocintle* anual con y sin raquis (filas superiores), así como con frutos correspondientes a cinco razas de maíz (filas inferiores). Para romper las cubiertas de los *teocintles* en estos experimentos se utilizó un **molcajete** doméstico con su respectivo tejolote de piedra.

Tiempo (hr:min:seg) requerido para:													
Raza	Seleccionar y limpiar frutos	Raza	Elaborar nixtamal	Raza	Lavar nixtamal	Raza	Acondicionar nixtamal en metate	Raza	Manufacturar tortillas	Raza	Cocer tortillas en comal de barro	Raza	Total
Teocintle sr	20:08:25 a	Teocintle cr	12:19:30 a.m.	Teocintle cr	12:02:19 a.m.	Teocintle cr	01:06:27 a.m.	Teocintle cr	01:18:46 a.m.	Teocintle cr	12:58:42 a.m.	Teocintle sr	22:27:41 a
Teocintle cr	00:50:13 b	Teocintle sr	00:08:35 b	Teocintle sr	00:01:18 b	Teocintle sr	00:47:23 b	Teocintle sr	00:37:31 b	Teocintle sr	00:44:29 b	Teocintle cr	04:35:57 b
Datos	C.V. = 2		C.V. = 6		C.V. = 7		C.V. = 2		C.V. = 3		C.V. = 7		C.V. = 2
Estadísticos	D.M.S. = 402		D.M.S. = 29		D.M.S. = 4		D.M.S. = 29		D.M.S. = 58		D.M.S. = 118		D.M.S. = 337
Palomero t	12:04:02 a.m.	Chalqueño	12:10:58 a.m.	Palomero t	12:01:51 a.m.	Chalqueño	12:24:43 a.m.	Chalqueño	12:35:21 a.m.	Chalqueño	12:41:18 a.m.	Chalqueño	01:57:26 a.m.
Chalqueño	00:03:30 b	Palomero t	00:10:37 b	Chalqueño	00:01:36 b	Palomero t	12:24:15 a.m.	Palomero t	00:33:29 b	Palomero t	00:38:15 b	Palomero t	01:52:29 b
Cónico	00:03:11 c	Cónico	00:09:53 c	Cónico	00:01:33 bc	Cónico	00:22:36 b	Cónico	00:32:14 c	Cónico	00:36:23 bc	Cónico	01:45:50 c
Tuxpeño	00:02:53 d	Tuxpeño	00:09:42 d	Tuxpeño	00:01:32 c	Tuxpeño	00:15:36 c	Tuxpeño	00:30:45 d	Tuxpeño	00:35:05 c	Tuxpeño	01:35:33 d
Cacahuacintle	00:02:38 e	Cacahuacintle	00:08:49 e	Cacahuacintle	00:01:21 d	Cacahuacintle	00:13:58 d	Cacahuacintle	00:27:36 e	Cacahuacintle	00:30:14 d	Cacahuacintle	01:24:36 e
Datos	C.V. = 5		C.V. = 2		C.V. = 5		C.V. = 8		C.V. = 3		C.V. = 9		C.V. = 2
Estadísticos	D.M.S. = 8		D.M.S. = 9		D.M.S. = 3		D.M.S. = 72		D.M.S. = 53		D.M.S. = 156		D.M.S. = 111

Nota: Las D.M.S. se refieren a segundos

* Las cifras indicadas en cada celda corresponden a la media de los periodos registrados por cinco personas al efectuar cada una de las fases en que se dividió el proceso conducente a la elaboración de las tortillas, mismo que fue repetido cinco veces.

Cuadro 7. Medias de los periodos* (horas, minutos y segundos) requeridos para la realización de las diferentes fases involucradas en la manufactura de 25 tortillas, a partir de **nixtamal sin reposo** elaborado con frutos de cinco razas de maíz y una de teocintle anual (con y sin raquis). Para romper las cubiertas de los teocintles en estos experimentos se utilizó un **molino metálico accionado mediante una manivela**.

Tiempo (hr:min:seg) requerido para:															
Raza	Seleccionar y limpiar frutos	Raza	Elaborar	Raza	Lavar nixtamal	Raza	Moler	Raza	Acondicionar	Raza	Manufacturar	Raza	Cocer tortillas en comal de barro	Raza	Total
			nixtamal				nixtamal en metate		tortillas						
Teocintle sr	09:28:07 a.m.	Teocintle cr	12:19:32 a.m.	Teocintle cr	12:02:31 a.m.	Teocintle cr	12:08:16 a.m.	Teocintle cr	12:19:55 a.m.	Teocintle cr	12:54:44 a.m.	Teocintle cr	12:51:37 a.m.	Teocintle sr	11:06:15 a.m.
Teocintle cr	00:51:24 b	Teocintle sr	00:08:30 b	Teocintle sr	00:01:25 b	Teocintle sr	00:01:59 b	Teocintle sr	00:10:38 b	Teocintle sr	00:35:49 b	Teocintle sr	00:37:25 b	Teocintle cr	03:25:11 b
Datos	C.V. = 4		C.V. = 3		C.V. = 6		C.V. = 7		C.V. = 7		C.V. = 3		C.V. = 3		C.V. = 3
Estadísticos	D.M.S. = 468		D.M.S. = 16		D.M.S. = 4		D.M.S. = 12		D.M.S. = 37		D.M.S. = 45		D.M.S. = 42		D.M.S. = 468
Palomero t	12:04:02 a.m.	Chalqueño	12:10:56 a.m.	Palomero t	12:02:13 a.m.	Chalqueño	12:05:07 a.m.	Chalqueño	00:11:27 b	Chalqueño	12:37:25 a.m.	Chalqueño	12:36:41 a.m.	Chalqueño	01:46:38 a.m.
Chalqueño	00:03:31 b	Palomero t	00:10:31 b	Chalqueño	12:02:10 a.m.	Palomero t	00:04:28 b	Palomero t	00:09:21 b	Palomero t	00:33:22 b	Palomero t	00:35:15 b	Palomero t	01:39:14 b
Cónico	00:03:14 c	Cónico	00:09:54 c	Cónico	00:01:57 b	Tuxpeño	00:03:36 c	Cónico	00:08:53 b c	Cónico	00:32:29 b	Cónico	00:34:12 c	Cónico	01:33:27 c
Tuxpeño	00:02:54 d	Tuxpeño	00:09:39 d	Tuxpeño	00:01:48 b	Cónico	00:03:21 c	Tuxpeño	00:08:43 c	Tuxpeño	00:31:08 c	Tuxpeño	00:33:37 c	Tuxpeño	01:30:04 d
Cacahuacintle	00:02:39 e	Cacahuacintle	00:08:50 e	Cacahuacintle	00:01:31 c	Cacahuacintle	00:02:50 d	Cacahuacintle	00:07:28 d	Cacahuacintle	00:27:36 d	Cacahuacintle	00:31:50 d	Cacahuacintle	01:22:18 e
Datos	C.V. = 7		C.V. = 2		C.V. = 7		C.V. = 10		C.V. = 8		C.V. = 5		C.V. = 3		C.V. = 3
Estadísticos	D.M.S. = 11		D.M.S. = 9		D.M.S. = 5		D.M.S. = 19		D.M.S. = 38		D.M.S. = 68		D.M.S. = 42		D.M.S. = 116

Cuadro 8. Medias de los periodos (horas, minutos y segundos) requeridos para la realización de las diferentes fases involucradas en la manufactura de 25 tortillas, a partir de **nixtamal con reposo** elaborado con frutos de cinco razas de maíz y una de teocintle anual (con y sin raquis). Para romper las cubiertas de los teocintles en estos experimentos se utilizó un **molino metálico de tracción manual**.

Tiempo (hr:min:seg) requerido para:															
Raza	Seleccionar y limpiar frutos	Raza	Elaborar	Raza	Lavar nixtamal	Raza	Moler	Raza	Acondicionar	Raza	Manufacturar	Raza	Cocer tortillas en comal de barro	Raza	Total
			nixtamal				nixtamal en metate		tortillas						
Teocintle sr	09:28:07 a.m.	Teocintle cr	12:19:32 a.m.	Teocintle cr	12:02:18 a.m.	Teocintle cr	12:07:57 a.m.	Teocintle cr	12:18:16 a.m.	Teocintle cr	12:52:58 a.m.	Teocintle cr	12:50:13 a.m.	Teocintle sr	11:01:09 a.m.
Teocintle cr	00:51:24 b	Teocintle sr	00:08:30 b	Teocintle sr	00:01:18 b	Teocintle sr	00:01:49 b	Teocintle sr	00:09:50 b	Teocintle sr	00:34:27 b	Teocintle sr	00:36:06 b	Teocintle cr	03:21:42 b
Datos	C.V. = 4		C.V. = 3		C.V. = 5		C.V. = 9		C.V. = 8		C.V. = 3		C.V. = 3		C.V. = 3
Estadísticos	D.M.S. = 468		D.M.S. = 16		D.M.S. = 3		D.M.S. = 15		D.M.S. = 38		D.M.S. = 40		D.M.S. = 41		D.M.S. = 468
Palomero t	12:04:02 a.m.	Chalqueño	12:10:56 a.m.	Palomero t	12:01:50 a.m.	Chalqueño	12:04:53 a.m.	Chalqueño	12:10:35 a.m.	Chalqueño	12:35:12 a.m.	Chalqueño	12:35:04 a.m.	Chalqueño	01:41:45 a.m.
Chalqueño	00:03:31 b	Palomero t	00:10:31 b	Cónico	00:01:39 b	Palomero t	00:04:16 b	Palomero t	00:09:05 b	Palomero t	00:32:05 b	Palomero t	00:31:51 b	Palomero t	01:33:44 b
Cónico	00:03:14 c	Cónico	00:09:54 c	Tuxpeño	00:01:33 c	Tuxpeño	00:03:21 c	Cónico	00:08:27 c	Tuxpeño	00:30:16 c	Cónico	00:30:34 c	Cónico	01:26:06 c
Tuxpeño	00:02:54 d	Tuxpeño	00:09:39 d	Chalqueño	00:01:30 c	Cónico	00:03:09 c	Tuxpeño	00:07:53 c	Cónico	00:28:26 d	Tuxpeño	00:29:27 d	Tuxpeño	01:23:31 d
Cacahuacintle	00:02:39 e	Cacahuacintle	00:08:50 e	Cacahuacintle	00:01:24 d	Cacahuacintle	00:02:41 d	Cacahuacintle	00:06:51 d	Cacahuacintle	00:26:38 e	Cacahuacintle	00:27:52 e	Cacahuacintle	01:16:58 e
Datos	C.V. = 7		C.V. = 2		C.V. = 7		C.V. = 10		C.V. = 9		C.V. = 6		C.V. = 4		C.V. = 3
Estadísticos	D.M.S. = 11		D.M.S. = 9		D.M.S. = 5		D.M.S. = 18		D.M.S. = 36		D.M.S. = 91		D.M.S. = 63		D.M.S. = 134

* Las cifras indicadas en cada celda corresponden a la media de los periodos registrados por cinco personas, al efectuar cada una de las fases en que se dividió el proceso conducente a la elaboración de las tortillas, mismo que fue repetido cinco veces.

Cuadro 9. **Comparación absoluta** de las diferencias en el tiempo (**horas, minutos y segundos menos**) necesario para realizar las diferentes etapas conducentes a la elaboración de 25 tortillas, a partir del **nixtamal con reposo** con relación al tiempo involucrado al usar el **nixtamal sin reposo** derivado de cinco razas domesticadas de maíz y una de teocintle anual, con y sin caquis. Datos calculados con base en el uso de un **molcajete** para el proceso de selección y limpieza en el caso de las muestras de teocintle, así como de un **metate** (en todas las muestras) para el acondicionamiento del nixtamal.

Tiempo (hr:min:seg) menos requerido para:													
Material	Seleccionar y	Material	Elaborar	Material	Lavar	Material	Acondicionar	Material	Manufactura	Material	Cocer tortillas en	Material	Total
	limpiar		nixtamal		nixtamal		en metate		tortillas		comal de barro		
	frutos												
Teocintle sr	00:00:00	Teocintle sr	00:00:00	Palomero T.	00:00:41	Teocintle sr	00:09:56	Teocintle sr	00:23:02	Teocintle cr	00:48:44	Teocintle sr	01:07:46
Teocintle cr	00:00:00	Teocintle cr	00:00:00	Teocintle sr	00:00:31	Tuxpeño	00:07:12	Chalqueño	00:14:56	Teocintle sr	00:34:17	Teocintle cr	00:58:46
Chalqueño	00:00:00	Chalqueño	00:00:00	Chalqueño	00:00:31	Palomero T.	00:06:27	Palomero T.	00:14:50	Chalqueño	00:16:24	Chalqueño	00:35:08
Palomero T.	00:00:00	Palomero T.	00:00:00	Cónico	00:00:20	Cónico	00:05:49	Cónico	00:10:03	Palomero T.	00:09:10	Palomero T.	00:31:08
Cónico	00:00:00	Cónico	00:00:00	Cacahuacintle	00:00:17	Teocintle cr	00:05:11	Cacahuacintle	00:09:11	Cónico	00:07:54	Cónico	00:24:06
Cacahuacintle	00:00:00	Cacahuacintle	00:00:00	Tuxpeño	00:00:14	Chalqueño	00:03:17	Tuxpeño	00:07:44	Cacahuacintle	00:07:38	Cacahuacintle	00:20:17
Tuxpeño	00:00:00	Tuxpeño	00:00:00	Teocintle cr	00:00:11	Cacahuacintle	00:03:11	Teocintle cr	00:04:40	Tuxpeño	00:04:39	Tuxpeño	00:19:49

Cuadro 10. **Comparación relativa** de las diferencias en el tiempo (**segundos menos expresados como porcentaje**) necesario para la realización de las diferentes etapas conducentes a la elaboración de 25 tortillas, a partir del **nixtamal con reposo** en relación con el tiempo involucrado al usar **nixtamal sin reposo** derivado de cinco razas domesticadas de maíz y una de teocintle anual, con y sin raquis. Datos calculados con base en el uso de un **molcajete** para el proceso de selección y limpieza en el caso de las muestras de teocintle, así como de un **metate** (en todas las muestras) para el acondicionamiento del nixtamal.

Reducción en el tiempo(segundos) expresado como porcentaje requerido para:													
Material	Seleccionar y	Material	Elaborar	Material	Lavar	Material	Acondicionar	Material	Manufacturar	Material	Cocer tortillas en	Material	Total
	limpiar		nixtamal		nixtamal		en metate		tortillas		Comal de barro		
	frutos												
Chalqueño	0	Chalqueño	0	Palomero T.	26	Tuxpeño	31	Teocintle sr	39	Teocintle cr	45	Chalqueño	23
Palomero T.	0	Palomero T.	0	Chalqueño	25	Cónico	24	Palomero T.	30	Teocintle sr	43	Palomero T.	21
Cacahuacintle	0	Cacahuacintle	0	Teocintle sr	18	Palomero T.	21	Chalqueño	28	Chalqueño	28	Cacahuacintle	19
Cónico	0	Cónico	0	Cónico	17	Cacahuacintle	18	Cacahuacintle	24	Cacahuacintle	20	Cónico	19
Teocintle cr	0	Teocintle cr	0	Cacahuacintle	17	Teocintlesr	17	Cónico	23	Palomero T.	19	Teocintle cr	17
Tuxpeño	0	Tuxpeño	0	Tuxpeño	12	Chalqueño	12	Tuxpeño	20	Cónico	17	Tuxpeño	17
Teocintle sr	0	Teocintle sr	0	Teocintle cr	12	Teocintle cr	7	Teocintle cr	5	Tuxpeño	11	Teocintle sr	4

Cuadro 11. **Comparación absoluta** de las diferencias en el tiempo (**horas, minutos y segundos menos**) necesario para la realización de las diferentes etapas conducentes a la elaboración de 25 tortillas, a partir del **nixtamal reposado** con relación al tiempo involucrado al usar **nixtamal sin reposo** derivado de cinco razas domesticadas de maíz y una de teocintle anual, con y sin raquis, utilizando un **molino metálico accionado por una manivela** (en todas las muestras) en las fases 1 y 4.

Tiempo (hr:min:seg) menos requerido para:															
Material	Seleccionar y	Material	Elaborar	Material	Lavar	Material	Moler	Material	Acondicionar	Material	Manufactura	Material	Cocción en comal	Material	Total
	limpiar frutos		nixtamal		nixtamal		nixtamal		en metate				de barro		
Teocintle sr	00:00:00	Teocintle sr	00:00:00	Palomero T.	00:00:41	Palomero T.	00:01:47	Teocintle sr	00:12:50	Teocintle sr	00:10:55	Teocintle sr	00:11:20	Teocintle sr	00:36:48
Teocintle cr	00:00:00	Teocintle cr	00:00:00	Teocintle sr	00:00:31	Tuxpeño	00:01:30	Teocintle cr	00:04:31	Cacahuacintle	00:04:49	Teocintle cr	00:07:51	Teocintle cr	00:17:08
Palomero T.	00:00:00	Palomero T.	00:00:00	Chalqueño	00:00:31	Teocintle sr	00:01:12	Palomero T.	00:03:35	Tuxpeño	00:04:43	Chalqueño	00:04:11	Palomero T.	00:12:08
Tuxpeño	00:00:00	Tuxpeño	00:00:00	Cónico	00:00:20	Chalqueño	00:01:12	Cónico	00:02:33	Teocintle cr	00:04:06	Cónico	00:03:30	Tuxpeño	00:11:42
Cónico	00:00:00	Cónico	00:00:00	Tuxpeño	00:00:14	Cónico	00:00:40	Tuxpeño	00:01:48	Cónico	00:03:33	Tuxpeño	00:03:27	Cónico	00:10:36
Cacahuacintle	00:00:00	Cacahuacintle	00:00:00	Cacahuacintle	00:00:13	Cacahuacintle	00:00:37	Cacahuacintle	00:01:28	Palomero T.	00:03:14	Cacahuacintle	00:02:55	Cacahuacintle	00:10:02
Chalqueño	00:00:00	Chalqueño	00:00:00	Teocintle cr	00:00:11	Teocintle cr	00:00:29	Chalqueño	00:00:55	Chalqueño	00:02:43	Palomero T.	00:02:51	Chalqueño	00:09:32

Cuadro 12. **Comparación relativa** de las diferencias en el tiempo (**segundos menos expresados como porcentaje**) necesario para la realización de las diferentes etapas conducentes a la elaboración de 25 tortillas, a partir del **nixtamal con reposo** en relación con el tiempo involucrado al usar **nixtamal sin reposo** derivado de cinco razas domesticadas de maíz y una de teocintle anual, con y sin raquis. Datos calculados con base en el uso (en todas las muestras) de un **molino metálico manual** para el proceso de selección y limpieza, así como para la molienda del nixtamal.

Reducción en el tiempo (segundos) expresado como porcentaje) requerido para:															
Material	Selección y	Material	Elaborar	Material	Lavado del	Material	Moler	Material	Acondicionar	Material	Manufacturar	Material	Cocción	Material	Total
	limpieza		nixtamal		nixtamal		nixtamal		nixtamal en metate		tortillas		en comal		
Material	de los frutos	Material	nixtamal	Material	nixtamal	Material	nixtamal	Material	nixtamal en metate	Material	tortillas	Material	en comal	Material	Total
Teocintle cr	0	Teocintle cr	0	Palomero T.	27	Teocintle sr	37	Teocintle sr	54	Teocintle sr	23	Teocintle sr	23	Tuxpeño	11
Teocintle sr	0	Teocintle sr	0	Chalqueño	25	Tuxpeño	30	Palomero T.	27	Cacahuacintle	14	Teocintle cr	13	Palomero T.	10
Cacahuacintle	0	Cacahuacintle	0	Teocintle sr	18	Palomero T.	28	Cónico	22	Tuxpeño	13	Chalqueño	10	Cacahuacintle	10
Tuxpeño	0	Tuxpeño	0	Cónico	17	Chalqueño	18	Teocintle cr	18	Cónico	9	Tuxpeño	9	Cónico	10
Palomero T.	0	Palomero T.	0	Cacahuacintle	17	Cacahuacintle	17	Tuxpeño	17	Palomero T.	8	Cónico	9	Chalqueño	8
Chalqueño	0	Chalqueño	0	Tuxpeño	12	Cónico	15	Cacahuacintle	16	Teocintle cr	6	Cacahuacintle	8	Teocintle cr	7
Cónico	0	Cónico	0	Teocintle cr	12	Teocintle cr	5	Chalqueño	7	Chalqueño	6	Palomero T.	7	Teocintle sr	5

Evaluación de la calidad de las tortillas

Los datos pertinentes a la diferenciación de las medias con las que fueron evaluadas las tortillas desde el punto de vista de sus atributos organolépticos y de manejo (sabor, olor, color, textura, flexibilidad, resistencia) aparecen en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Medias de las calificaciones otorgadas por cincuenta catadores a la calidad de consumo atribuida a tortillas elaboradas con cinco a partir de frutos correspondientes a cinco razas de maíz domesticado y a una de teocintle anual con raquis y sin raquis.

Material	Medias*
Tuxpeño	2.8 a
Cónico	2.6 b
Cacahuacintle	2.4 c
Palomero T.	2.3 d
Chalqueño	2.2 e
Teocintle sin raquis	1.8 f
Teocintle con raquis	1.2 g
Datos estadísticos	C.V. = 8 y D.M.S. = 0.11

Conclusiones

Si bien en la actualidad la tortilla constituye la forma de uso del maíz más difundida en nuestro país, ésta seguramente no pudo haber sido el móvil inicial involucrado en la domesticación de los *teocintles*, pues, con base en lo encontrado en la presente investigación, la consolidación de la nixtamalización –proceso indispensable para la elaboración de este importante alimento- tuvo que esperar al menos dos innovaciones tecnológicas de gran importancia: 1. La producción controlada del fuego, y 2. La técnica para la elaboración de los utensilios de cerámica.

El haber podido elaborar tortillas utilizando frutos de *teocintle* hace factible proponer a esta forma de uso (actualmente la más importante) como uno de los móviles de la etapa post-cerámica más importantes involucrados en la creación del maíz a partir de las poblaciones silvestres de esta especie.

Según pudo cotejarse en la información antes presentada, en general, el nixtamal sin reposo requiere de mayor tiempo que el nixtamal con reposo, para su lavado y acondicionamiento en el metate; lo mismo que para manufacturar las tortillas y cocerlas en el comal.

Los propágulos de *teocintle* con raquis necesitan periodos significativamente mayores que los frutos del *teocintle* sin raquis para la realización de la mayoría de las fases pertinentes a la elaboración de las tortillas, siendo probable que esta haya sido una de las razones conducentes a la selección entre sus segregantes de aquellos carentes de dicha cubierta dura.

Las razas antiguas como el Palomero Toluqueño y el Cacahuacintle son contrastantes, en cuanto a los periodos requeridos para efectuar cada una de las etapas involucradas en la elaboración de las tortillas; en todos los casos

investigados en el presente estudio, la primera raza necesita más tiempo que la segunda, siendo esta una de las razones por las que los maíces dentados han sido favorecidos para este uso en particular.

Al comparar a todos los materiales involucrados en la presente investigación, tomando como parámetro los tiempos parciales y totales necesarios para la elaboración de las tortillas, las razas dentadas Cónico y Tuxpeño ocuparon una posición intermedia en prácticamente todos los experimentos efectuados. Por su parte, el *teocintle* sin raquis fue el material que demandó el mayor tiempo para la realización de la primera etapa del proceso, así como el mayor tiempo total. En contraste a este último, el Cacahuacintle fue el material que demandó los menores periodos.

Se considera que el correcto entendimiento de los móviles que participan en el proceso de domesticación de los recursos vegetales, en el presente caso del *teocintle*, resulta de particular interés para la investigación agronómica, pues, además de contribuir al esclarecimiento de la forma en que ha evolucionado este importante recurso, también puede contribuir a la planificación y ejecución de mejores y más eficientes programas conducentes al mejoramiento y conservación de su diversidad genética, programas que, al tomar en consideración los criterios de selección aplicados por los propios productores, tendrán una mayor probabilidad de ser aceptados, conservados e incluso mejorados en particular por los campesinos de las áreas agrícolas tradicionales de México.

Referencias Bibliográficas

- Bazua C, Pedroza R, Guerra R, Rodríguez A (1978): Opaque-2 corn tortilla processing conditions for the alkaline cooking traditional method. *In*: Sixth International Cereal and Bread Congress. Winnipeg, Manitoba, Canada. September 16-22.
- Brummitt RK (1992): Vascular plant families and genera: a listing of the genera of vascular plants of the world according to their families, as recognized in the Kew Herbarium, with an analysis of relationships of the flowering plant families according to eight systems of classification. Royal Botanic Gardens, Kew. U.K. 804 pp.
- Di Castro A (2000): La figurilla de arcilla más antigua de México. *Arqueología Mexicana* VII(42):58-59.
- Flores VD (1994): La cerámica de Occidente. *Arqueología Mexicana* II(9):34-38.
- Ford J (1969): A comparison of formative cultures in The Americas. Smithsonian contributions to Anthropology. Vol. XI, Washington, D.C., Smithsonian Institution, USA.
- García A (1995): Cruce de caminos. Desarrollo histórico de la región poblano-tlaxcalteca. *Arqueología Mexicana* III(13):12-15.
- Gómez J (1993): Métodos comparativos para determinar dureza en maíz (*Zea mays* L.) y su influencia en el tiempo de nixtamalización. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Industrias Agrícolas. Chapingo, Estado de México, México.

- Hernández V, López D (1993): Anatomía seminal, germinación, descripción macroscópica de la madera, distribución e importancia de *Cupania dentata* Moc. et Sessé ex D.C. especie de uso combustible del Totonacapan. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México.
- Hernández E (1971): Exploración etnobotánica y su metodología. SAG. Colegio de Postgraduados de la Escuela nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- Novelo V, García A (1987): La tortilla: Alimento y Tecnología. Complementos del Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos 1. UNAM, México, 65 pp.
- Pomeranz Y, Martin R, Taylor D, Lai F (1984): Corn hardness determination. *Cereal Chem.* 61:147-150.
- Pomeranz Y, Czuchajowska Z, Lai F (1986): Comparison of methods for determination of hardness and breakage susceptibility of commercially dried corn. *Cereal Chem.* 63:39-43.
- Rossevelt AC, Housley, Imazio M, Maranca S, Hohson R (1991): Eight millennium pottery from a prehistoric shell midden in the Brazilian Amazon. *Science*, Vol. 254:1621-1624.
- Serna S, Almeida H, Gómez M, Bockholt A, Rooney L (1991): Method to evaluate ease of pericarp removal on lime-cooked corn kernels. *Crop Sci.* 31:842-844.
- Schobinger J (1997): Arte prehistórico de América. Editorial Jaca Book. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes. México, 280 pp.
- Schöndube O (1994): El Occidente de México. *Arqueología Mexicana* 2(9):18-25. México.
- Vazquez MG (1998): Estudio de proteínas en maíz (*Zea mays* L.) y su relación con características del grano y la calidad de tortilla. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales. Especialidad de Postgrado en Botánica. Montecillo, Estado de México, México.