

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MANUFACTURA Y CALIDAD DE TORTILLAS ELABORADAS CON FRUTOS DE TEOCINTLE Y MAÍZ

Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez¹, Salvador Miranda Colín¹, Jaime Sahagún Castellanos¹, Abel Muñoz Orozco² y Fernando Castillo González²

¹Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo 56230, Estado de México. México. cuevasax@chapingo.mx

²IREGEP. Programa de Genética. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo central la obtención de información cuantitativa correspondiente a la evaluación del uso de frutos de teocintle anual (*Zea mays* ssp. *mexicana* H. H. Iltis) y de cinco razas de maíz (*Zea mays* L.) en la manufactura de tortillas, así como de la calidad de consumo atribuida a las mismas. Experimentalmente se registraron los periodos necesarios para efectuar las distintas fases correspondientes a cuatro procesos seleccionados para la elaboración de las tortillas, siendo la sencillez de los utensilios empleados el criterio aplicado para la selección de dichos procesos. Los procedimientos evaluados involucraron el uso de un molcajete o de un molino metálico accionado mediante una manivela y muestras de nixtamal con y sin reposo. Entre los resultados, destaca el haber podido elaborar tortillas utilizando frutos (cariópsides) de teocintle, mismas que, además de sus buenos atributos de consumo, registraron una media de 38.8 % de proteínas. El análisis estadístico de la información obtenida permitió establecer las siguientes conclusiones: 1. En la domesticación de los teocintles, la elaboración de tortillas sí pudo haber constituido un móvil antropocéntrico importante conducente a la “creación” del maíz. 2. Tanto los frutos de teocintle, como los de los maíces evaluados, evidenciaron atributos que, en diversas formas, correlacionan con los procesos para elaborar tortillas, así como con la calidad atribuida al consumo de esta importante fuente de alimentos.

Palabras clave: teocintle, tortilla, nixtamal, molcajete, domesticación inicial.

ABSTRACT

The present work had as central objective to obtain quantitative information related with the evaluation of annual teosinte (*Zea mays* ssp. *mexicana* H. H. Iltis) propagules and fruits and five races of maize (*Zea mays* L.) fruits, in the manufacture of tortillas, as well as of the quality of consumption attributed to the same ones. Experimentally the necessary periods were registered to carry out the different phases corresponding to four selected processes on the elaboration of tortillas, being the simplicity of the used utensils the criterion applied for the selection of these processes. The evaluated procedures involved the use of a molcajete or a metallic mill driven by a crank and samples of nixtamal with and without repose time. Among the results, it is outstanding the feasibility to elaborate tortillas using teosinte fruits, same that, in addition to their good attributes of consumption, registered an average of 38.8 % of proteins. The statistics analysis of the obtained data allowed the establishment of the following conclusions: 1. In the teosinte domestication, the tortilla elaboration could have constituted an important anthropocentric consideration leading to the “creation” of the maize. 2. Both, teosinte and those fruits corresponding to the five races of maize evaluated in this study evidenced attributes that in different ways are correlated with the process of tortillas elaboration as well as the quality of these important food source.

Key words: teosinte, tortilla, nixtamal, molcajete, initial domestication.

Introducción

Una vez que el ser humano produjo de manera controlada el fuego, se incrementaron notablemente las formas de aprovechamiento de diferentes recursos, entre éstos distintas estructuras vegetales susceptibles de incorporarse a su dieta. Entre otras partes de las plantas, las semillas de diversas especies,

como las de las calabazas (*Cucurbita* spp.) y de distintos frijoles (*Phaseolus* spp.); los tallos hipogeos, como los de las papas (*Solanum* spp.); y varias raíces, como las de la yuca (*Manihot* spp.) o las del chayote (*Sechium* spp.); entre otras, 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 una tecnología para elaborar recipientes de cerámica, el asado y el tostado resultaron más sencillos 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 este estudio, pues evidencia que el conjunto de plantas que un determinado grupo humano puede utilizar, no depende sólo de 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 algunas 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 posterior consumo de distintas estructuras vegetales, la constante aplicación de esta técnica en la elaboración de sus alimentos, fue propiciando que los 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.

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 de esta investigación fueron las siguientes:

1. No es factible elaborar tortillas utilizando sólo frutos de teocintle.
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 postcerámica, 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 más relevantes del maíz que ocurrió con la invención de la cerámica, fue el desarrollo de la tortilla elaborada con masa de maíz; al igual 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 a. C. (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). 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, correspondiendo 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 sucedió la cultura Capacha, que se inició unos 1800 años a. C. y abarca 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 fabricadas 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 en ofrendas funerarias.

Estos antecedentes, indican que en Mesoamérica el uso de la cerámica utilitaria se remonta, por lo menos, a 1500 años a. C. Por lo anterior se considera que la antigüedad de la

tortilla en Mesoamérica data de hace unos 3500 años. 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; modos de preparación de la masa; formas, dimensiones, peso y tiempo de cocción de la tortilla; así como los usos y manejo de ésta, por mencionar algunos. Sin embargo, algo que se ha mantenido constante es su forma circular.

Tortilla: conjunción de arte y ciencia

Históricamente la tortilla constituye una de las raíces alimenticias más profundas y hoy día, es parte fundamental de la alimentación en México.

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 mexicana, se llamó *tlaxcalli*.

Con base en estudios lingüísticos relacionados con los nombres vernáculos de este alimento, algunos antropólogos han llegado a suponer que la generación de la tecnología para la elaboración de las tortillas no fue exclusiva de los mexicas, siendo muy probable que su generación haya ocurrido entre varias de las culturas que dominaron la producción de la cerámica, perfeccionándose a través del intercambio de conocimientos entre los pueblos de Mesoamérica y contribuyendo a esto último, incluso las culturas que simplemente adoptaron 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, hizo posible la ampliación de las formas de aprovechamiento de muchos recursos. En el caso

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

- 1) Durante la preparación del nixtamal, el mejor utensilio sigue siendo una olla de barro.
- 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

Es cierto que resulta difícil definir los criterios que deben ser considerados para poder caracterizar a una tortilla como de buena calidad. Sin embargo, 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, se optó por la evaluación de los siguientes atributos: sabor, olor, textura, flexibilidad (aspecto estrechamente relacionado con la facilidad 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), se suma el llamado valor nutricional.

Asentados los criterios anteriores como punto de partida para poder evaluar cuantitativamente la “calidad tortillera”, en el presente trabajo se postuló que la obtención de una buena tortilla depende del efecto aditivo de cuando menos tres aspectos fundamentales:

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

El tipo de maíz utilizado

En lo que se refiere a las “clases” de maíz, es bien sabido (particularmente por la gente del campo) que algunos maíces (por su dureza, color, textura, sabor y capacidad de expansión) 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, por mencionar algunos), sino también por los atributos que presentan en relación a las formas de aprovechamiento a nivel local o nacional.

En los tianguis 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 o tlacoyos.

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 en última instancia, habrá de reflejarse en la cantidad de tortillas obtenida de algún tipo de maíz.

De especial interés son las características involucradas en el concepto que posee la gente de campo de nuestro país de una *buena tortilla*, estando entre éstas¹:

¹ En la actualidad una característica importante a considerar es su valor nutricional. Sin embargo, en el contexto del presente estudio ésta 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.

Sabor. Este atributo está determinado por el tipo de maíz y por otros aspectos como el tiempo de cocción del nixtamal, la cantidad de cal incorporada al mismo y el tiempo de cocción en el comal.

Aroma. Aspecto relacionado con el maíz utilizado y con el grado de cocción de la masa en el comal.

Textura. Se debe a la clase de maíz empleado y en caso de que se adicionen otros elementos, éstos pueden modificar la textura y, por lo tanto, la aceptación de este alimento.

Flexibilidad. En gran medida de ésta depende que se pueda doblar la tortilla para hacer el típico taco. Otro aspecto es el tiempo que las tortillas pueden durar sin perder su flexibilidad, pues existen materiales aditivos que la modifican y al ser recalentadas, ya no poseen este atributo, pudiendo servir sólo como tostadas.

Tamaño. Las tortillas pueden variar de diámetro y grosor dependiendo de la región en donde sean elaboradas.

Color. En general las tortillas blancas son las que gozan de “mayor preferencia”, sin embargo existen tortillas de otras coloraciones que tienen una aceptación mayor entre algunos pobladores.

Grado de cocción. Influye en esta característica la calidad y el tiempo de cocimiento del nixtamal y de la tortilla en el comal.

Duración sin que se aceden. Para evitar que las tortillas se aceden, debe considerarse la velocidad de enfriamiento y la ventilación, la temperatura, el tiempo y el tipo de almacenamiento posterior a su elaboración.

Tecnología aplicada en la elaboración de las tortillas

Desde hace varios años existen máquinas capaces de producir rápidamente una gran cantidad de tortillas. Sin embargo, la mayor parte de la gente que ha tenido la oportunidad de degustar tortillas 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 “aplauso”, 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 sus propias familias siembran, en la mayoría de los casos, como el sustento alimenticio 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 este caso, se decidió que esta parte de la investigación involucrara gente de campo: personas que conocieran los atributos de una buena tortilla, así como su proceso de elaboración y que supiesen hacerlas ellos mismos. Fue así como esta fase del trabajo se efectuó con la colaboración de 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.

La comunidad en que se realizó el estudio (Ecatlán, Puebla) está ubicada dentro de la región geográfico-cultural conocida como Totonacapan; tiene un clima A (C) w” i g y está situada a una altitud media de 550 msnm. Fue en ella donde 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 realizados por los grupos humanos antes de desarrollar la tecnología para la elaboración de utensilios de cerámica (fase precerámica) y 2. La que involucró el uso 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 correspondiente a esta segunda fase.

Respecto a los materiales involucrados, es importante mencionar que, además de emplear utensilios sencillos como los que normalmente se encuentran en una cocina tradicional en 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 hrs. (nixtamal con reposo), antes de emplearse para la manufactura de las tortillas; esto último en atención a la observación hecha por la familia Galindo-Bautista, cuyos miembros afirman que es conveniente dejar reposar una noche el nixtamal para que las tortillas queden mejor.

Con el propósito de apegarse a los materiales probablemente utilizados por nuestros ancestros, los utensilios y procedimientos tecnológicos aplicados en esta investigación para la elaboración de las tortillas, fueron los más comunes en el ámbito rural de nuestro país.

Como fuente de calor, se utilizó la combustión de leña y unas cuantas rocas rodeando la fogata, de modo que las 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 elevada a una altura de 1.20 m del piso a manera de mesa) de la familia que nos apoyó.

La energía calorífica necesaria tanto para la elaboración del nixtamal, como para la cocción de las tortillas, fue proporcionada a través de 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 Sapindaceae², *Cupania dentata* Moc. & Sessé ex DC., especie que de 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 del 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 éste fue el contenido presente en los materiales evaluados calorimétricamente por los investigadores antes citados.

Respecto a la temperatura proporcionada por la combustión 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 intervalo osciló entre los 170°C y 180°C, 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. En promedio éstas 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 materiales silvestres se utilizaron tanto propágulos como cariósides verdaderos de teocintle anual (*Zea mays* ssp. *mexicana*). Además se emplearon frutos correspondientes a 5 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 5 repeticiones en cada evaluación. Cada muestra considerada estuvo constituida por 250 g de

² Familia aceptada por Brummitt (1992)

frutos de cada material, mismas que fueron evaluadas por siete mujeres con un grado heterogéneo de experiencia respecto al proceso referente 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 que de manera natural los envuelven.

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.
7. Cocción de las tortillas.

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 materiales utilizados en el presente estudio (propágulos y frutos de teocintle más los frutos de 5 razas de maíz), fueron 588 el total de registros incluidos en el análisis estadístico de la información concerniente a la manufactura de las tortillas.

La toma de datos para la evaluación de la calidad de consumo atribuida a las tortillas elaboradas en los experimentos anteriores, se realizó en 3 ocasiones (una por año) con la participación de 50 personas de distinta edad y antecedentes culturales diferentes también (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 minutos y a horas, para una más fácil interpretación de los datos contenidos en los cuadros presentados al final 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, marcaron con un lápiz en el punto que, en 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” al momento 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 anterior, 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 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.

Con relación a la evaluación organoléptica de las tortillas y considerando que no es lo mismo consumir alimentos con hambre que sin ella, conviene indicar que 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.

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 estudio, en los cuadros se concentra tanto la información del 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 empleado.

En los siguientes experimentos se utilizó un molino metálico de accionamiento manual, tanto para la ruptura de las cápsulas, 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. Así, el proceso conducente a la elaboración de las tortillas con la tecnología antes descrita, involucró 7 fases:

Fase 1: Selección y limpieza de los frutos

En el caso de las razas de maíz, esta fase consistió en la eliminación manual del *totomoxtle* (brácteas) que cubre a las mazorcas,

procediéndose enseguida al desgrane y selección manual de sus frutos; 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 del campo ejecuta con cuidado a fin de obtener tortillas de mejor calidad. En Ecatlán 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 (granos blancos, sin daños ocasionados por plagas, o enfermedades), son seleccionadas para hacer tortillas.

Este grupo involucra a las mazorcas de la primera siembra (efectuada en diciembre o enero), producto del agroecosistema conocido como *tornamil* (diferencialmente de la segunda época de siembra: junio-julio, denominada en la zona como *chupamil*).

El segundo grupo involucra mazorcas que a simple vista, presentan 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 de solar, principalmente gallinas o cerdos.

El tercer grupo (cuando lo hay) generalmente involucra mazorcas sanas, pero por 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.

Dado que el aprovechamiento de los frutos maduros del teocintle requiere la previa eliminación de las estructuras que los envuelven, se consideró adecuada la evaluación experimental de dos procedimientos conducentes a la eliminación de éstas: 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 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 este trabajo (e. g. el molido del nixtamal).

Una vez conseguida la fragmentación de las estructuras que envuelven los frutos del teocintle, la separación de éstos de aquéllas, 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 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:

- i. Una olla de barro con capacidad de 3 litros.
- ii. Leña de chalahuite (*Inga leptoloba* Schltdl.), previamente secada al sol.
- iii. Agua del manantial existente en el pueblo (baja en sales).
- iv. Cal de piedra (abundante en la zona).
- v. 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 (e.g. el caso del teocintle), en todos los casos, hizo lo siguiente: preparó la lejía tomando 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 construido a partir de un fruto de calabaza con un volumen aproximado de un litro; una vez que ella consideró que la cal se había disuelto en el agua, dejó reposar la lejía por unos 10 minutos, de tal modo que se asentara la mayor parte de la cal.

Una vez preparada la lejía, Doña Carmen la virtió en 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 (roca de cal) demasiado grueso quedase asentado en el fondo del recipiente.

Hecho lo anterior, se colocó la olla sobre el *tlecuil* (previamente preparada con leña de chalahuite³). Una vez que la lejía comenzó a hervir, se retiró la olla del fuego y se colocó sobre la mesa de la cocina procediéndose a verter inmediatamente en ésta los frutos de la muestra de maíz a evaluar.

Posteriormente, se dejó reposar la olla sobre la estufa pero fuera del alcance del fuego, sacando cada 15 segundos, con una cuchara de madera,

³ 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/m³)=690; Cal/g =4487.60; Kcal/m³ =3096; Lt de gasolina/m³ =369.80. Especie que, por su poder calorífico, ocupa el cuarto lugar entre las 10 utilizadas con mayor frecuencia en dicho sitio.

muestras de los frutos para poder palpar con los dedos índice y pulgar, el grado de cocción y desprendimiento del hollejo (pericarpio) de los mismos pues 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 el pericarpio podía desprenderse con facilidad (propiedad que en los maíces domesticados constituye el principal criterio para determinar el grado deseado de cocción del nixtamal), pero la mayor parte de los frutos permanecían aún demasiado duros para molerse o masticarse sin problemas. Ante esto, las mujeres que participaron en los experimentos decidieron dejar reposar el nixtamal durante toda la noche (con el fin de propiciar su reblandecimiento).

Convencidos todos de la conveniencia del período de reposo sugerido, se procedió a elaborar las tortillas utilizando el nixtamal fresco recientemente obtenido, además de iniciarse 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.

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.

Fase 3: Lavado del nixtamal

Una vez detectado el punto en el que el nixtamal quedó listo, se dejó enfriar unos minutos, se tiró el agua de lejía en que se preparó el nixtamal (se le llama nejayote), en seguida se agregó un poco de agua limpia y fría, tallando los frutos ligeramente con las manos al mismo tiempo, procurando eliminar la mayor parte de la cal que pudo haber quedado impregnada en los frutos (pues en opinión de la gente de Ecatlán, a mayor

eliminación de la cal, mayor blancura de la masa y de las tortillas resultantes).

El lavado del nixtamal se llevó a cabo 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 con agua del manantial del pueblo.

Fase 4: Elaboración de la masa: molido del nixtamal

Con el propósito de utilizar los instrumentos más sencillos posibles, en la primera evaluación global del proceso para la elaboración de las tortillas, se omitió el empleo del molino metálico de accionamiento manual, sustituyéndolo por un metate. Siendo la evaluación del uso del citado instrumento una parte importante, 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 dejarlas con la textura adecuada para la manufactura de las tortillas.

Los materiales utilizados para la elaboración de las muestras de masa fueron los siguientes:

- I. Muestras de nixtamal. Derivadas de 250 g de frutos por material en cada repetición.
- II. Molino metálico de accionamiento manual. El que se utilizó en este estudio fue de la marca “torito”, el cual según la opinión de la gente es el más duradero.

Dicho molino se coloca firmemente en una base generalmente elaborada de madera resistente (*e.g.* del árbol conocido *Lakax Kiuú*), anclada en el suelo a una altura conveniente para que la persona responsable de la molienda pueda accionarlo con eficiencia.

- III. Bandeja para la recepción de la masa. Generalmente es de madera de cedro rojo y forma rectangular de aproximadamente 20 x 30 x 8 cm.
- IV. 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 fácilmente a través del “tornillo sinfín” 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 referentes al uso de muestras de nixtamal sin reposo y de muestras de nixtamal reposado durante 12 hrs.

Es importante indicar que para propiciar la reducción de probables sesgos estadísticos, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos: a) en todos los casos fueron las mismas cuatro personas 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 masa derivada de cada muestra de nixtamal.

Elaboración de masa a partir de nixtamal con reposo

Al día siguiente, una vez lavado con agua fría el nixtamal reposado toda la noche previa (procurando el desprendimiento manual de los hollejos) y atizado el *tlecuil*, se procedió a la molienda manual del nixtamal, para la obtención de las muestras de masa que habrían de evaluarse a lo largo de ese día. Al igual que en el caso de la masa sin reposo, se tomaron las consideraciones citadas en el párrafo anterior.

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 conocida como “dejarla a punto” la masa.

El metate empleado en esta actividad es de un tamaño mediano (60 x 40 cm), de roca 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 y dificulte esta tarea.

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 varios años de hacer tortillas (Figura 1).

Fase 6: Manufactura

Al 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 los procesos en cada fase para la elaboración de las tortillas.

En esta fase, además de registrar los tiempos necesarios para el moldeo de la masa con las manos, 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, el cocimiento de las tortillas se llevó a cabo en un comal de barro calentado con la leña ya mencionada.

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.



Figura 1. Doña Carmen Bautista de Galindo durante el acondicionamiento de una muestra de masa de teocintle.

Resultados y discusión

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

Con el propósito de obtener información cuantitativa que hiciese posible una evaluación más objetiva de la eficiencia relativa a la aplicación de cada uno de los cuatro procesos para la elaboración de las tortillas considerados en la investigación, con la asesoría de la Dra. Griselda Vázquez Carrillo (Directora del Laboratorio del Maíz del INIFAP), fueron medidas 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.

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 Norteamérica. En concordancia con lo anterior, en el Cuadro 1, se puede cotejar que los frutos de la raza “Palomero toluqueño” registraron el peso hectolítrico mayor (80.1 en promedio) y el menor

índice de flotación (11 en promedio). Desde un punto de vista práctico, podría decirse que a mayor dureza de los frutos de maíz, es mayor el tiempo necesario para su nixtamalización, así que 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). 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 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 de 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 se obtienen en promedio, alrededor de 30 g de carióspsides limpias.

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.

Como puede observarse en el Cuadro 3, el tiempo necesario para la eliminación de las cápsulas que envuelven a los frutos verdaderos o cariósides de teocintle, es considerable, llegando a requerirse hasta 20 horas para efectuar la limpieza de una muestra como las consideradas en esta investigación.

No obstante, 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 son menos perecederos, pudiendo transportarse sin que se descompongan durante varios meses sobre todo si ello se efectúa con todo y las estructuras envolventes.

Por lo anterior, podemos afirmar que la presencia de las cápsulas que envuelven a los frutos del teocintle constituye un problema que dificulta su consumo, porque la eliminación manual de dichas estructuras demanda una cantidad considerable de tiempo; aunque por otra parte, esa misma estructura endurecida pudo haber representado (al menos al inicio de su domesticación) una enorme ventaja, porque además de incrementar la dispersión natural de la especie, amplió el tiempo de conservación de los frutos contenidos en su interior en condiciones de ser consumidos por el hombre.

Con relación con la fase inicial del proceso de selección bajo domesticación de los recursos vegetales, es importante tener en cuenta al maestro Hernández Xolocotzi, quien al respecto opinaba⁴:

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

Con respecto a 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.

Es interesante notar que, si bien es cierto que las mazorcas de la raza Palomero toluqueño presentan un tamaño promedio menor 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 teocintle, así como para obtener las muestras de masa a partir de los dos tipos de nixtamal, con y sin reposo, aparece en los Cuadros 5 y 6 respectivamente.

Los datos obtenidos en los experimentos concernientes 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 se les dejó reposar 12 hrs.

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 referentes 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

⁴ Comunicación personal. Diciembre de 1990.

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.

Evaluación de la calidad de las tortillas

Los datos correspondientes 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 11.

Conclusiones

En la actualidad, la tortilla constituye la forma de uso del maíz más difundida en nuestro país, ésta seguramente no fue el móvil inicial involucrado en la domesticación de los teocintles, pues con base en lo encontrado en la investigación, la consolidación de la nixtamalización 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 posible proponer a esta forma de uso (actualmente la más importante) como uno de los móviles de la etapa postcerámica 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 ésta haya sido una de las razones que condujeron 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, la primera raza necesita más tiempo que la segunda, siendo este uno de los motivos por el cual los maíces dentados han sido favorecidos para este uso en particular.

Al comparar todos los materiales evaluados, 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, como en el 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 que conduzcan 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.

Literatura citada

- Bazúa, C., R. Pedroza, R. Guerra, A. Rodríguez. 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, R. K. (comp.). 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.
- Di Castro, A. 2000. La figurilla de arcilla más antigua de México. *Arqueología Mexicana* VII(42):58-59.
- Flores, V. D. 1994. La cerámica de Occidente. *Arqueología Mexicana* II(9):34-38.
- Ford, J. A. 1969. A comparison of formative cultures in The Americas. Smithsonian contributions to Anthropology. Vol. XI, Washington, D.C., Smithsonian Institution, USA.
- García Cook, A. 1995. Cruce de caminos. Desarrollo histórico de la región poblano-tlaxcalteca. *Arqueología Mexicana* III(13):12-15.
- Gómez E., 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., M. S., D. López S. 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.
- Novelo, V. y A. García. 1987. La tortilla: Alimento y Tecnología. Complementos del Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos 1. UNAM, México.
- Pomeranz, Y., R. Martin, D. D. Taylor, F. S. Lai. 1984. Corn hardness determination. *Cereal Chem.* 61:147-150.
- Pomeranz, Y., Z. Czuchajowska, F. S. Lai. 1986. Comparison of methods for determination of hardness and breakage susceptibility of commercially dried corn. *Cereal Chem.* 63:39-43.
- Rossevelt, A. C., R. A. Housley, M. Imazio Da Silveria, S. Maranca, R. Hohnson. 1991. Eight millennium pottery from a prehistoric shellmidden in the Brazilian Amazon. *Science*, Vol. 254:1621-1624.
- Schobinger, J. 1997. Arte prehistórico de América. Editorial Jaca Book. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes. México.
- Schöndube B., O. 1994. El Occidente de México. *Arqueología Mexicana* 2(9):18-25. México.
- Serna-Saldivar, S. O., H. D. Almeida-Domínguez, M. H. Gómez, A. J. Bockholt, L. W. Rooney. 1991. Method to evaluate ease of pericarp removal on lime-cooked corn kernels. *Crop Sci.* 31:842-844.
- Vázquez Carrillo, M. G. 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.

Cuadro 1. Principales características físicas de frutos correspondientes a las cinco razas de maíz.

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. Para la determinación del Índice de flotación se utilizó la técnica descrita por Wichser (1961), empleando una solución de NaNO₃ ajustada para dar una densidad de 1.250 (±0.001) medida con picnómetro a 22° C
5. Los porcentajes indicados fueron calculados en relación al peso total del fruto.

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

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 corresponde a la evaluación de tres muestras (r_1 , r_2 y r_3) de nixtamal, masas y tortillas elaboradas a partir de los frutos de las cinco razas de maíz domesticado, involucradas en el presente estudio.

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	

* 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 raquis (propágulos).

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
CV (%) = 5.20 DMS (5%) = 145.29 segundos	

* Ver pie de Cuadro 3.

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 teocinte 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.

Raza	Tiempo (hr:min:seg) requerido para:											Total	
	Selección 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
Teocinte sr	20:08:25 a	Teocinte cr	00:19:30 a	Teocinte cr	00:02:56 a	Teocinte cr	01:11:38 a	Teocinte cr	01:24:54 a	Teocinte cr	01:47:26 a	Teocinte sr	23:33:01 a
Teocinte cr	00:50:13 b	Teocinte sr	00:08:35 b	Teocinte sr	00:01:33 b	Teocinte sr	00:57:19 b	Teocinte sr	00:58:23 b	Teocinte sr	01:18:46 b	Teocinte cr	05:36:37 b
Datos Estadísticos	C.V. = 2 D.M.S. = 402		C.V. = 6 D.M.S. = 29		C.V. = 7 D.M.S. = 5		C.V. = 2 D.M.S. = 53		C.V. = 6 D.M.S. = 150		C.V. = 6 D.M.S. = 182		C.V. = 2 D.M.S. = 393
Palomero t.	00:04:02 a	Chalqueño	00:10:58 a	Palomero t.	00:02:34 a	Chalqueño	00:29:46 a	Chalqueño	00:52:27 a	Chalqueño	00:56:42 a	Chalqueño	02:31:34 a
Chalqueño	00:03:30 b	Palomero t.	00:10:37 b	Chalqueño	00:02:04 b	Palomero t.	00:25:53 b	Palomero t.	00:48:19 a	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
Cacahuacinte	00:02:38 e	Cacahuacinte	00:08:49 e	Cacahuacinte	00:01:41 d	Cacahuacinte	00:17:09 d	Cacahuacinte	00:36:47 c	Cacahuacinte	00:37:52 c	Cacahuacinte	01:44:56 e
Datos Estadísticos	C.V. = 5 D.M.S. = 8		C.V. = 2 D.M.S. = 9		C.V. = 7 D.M.S. = 6		C.V. = 5 D.M.S. = 64		C.V. = 13 D.M.S. = 277		C.V. = 10 D.M.S. = 223		C.V. = 5 D.M.S. = 303

^{*} 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 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 teocinte 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 teocintes en estos experimentos se utilizó un molcajete doméstico con su respectivo tejolote de piedra.

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

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

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	Selección y limpiar frutos	Raza	Elaborar nixtamal	Raza	Lavar nixtamal	Raza	Moler nixtamal	Raza	Acondicionar nixtamal en metate	Raza	Manufacturar tortillas	Raza	Cocer tortillas en comal de barro	Raza	Total
Teocintle sr	09:28:07 a	Teocintle cr	00:19:32 a	Teocintle cr	00:02:31 a	Teocintle cr	00:08:16 a	Teocintle cr	00:19:55 a	Teocintle cr	00:54:44 a	Teocintle cr	00:51:37 a	Teocintle sr	11:06:15 a
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 Estadísticos	C.V. = 4 D.M.S. = 468		C.V. = 3 D.M.S. = 16		C.V. = 6 D.M.S. = 4		C.V. = 7 D.M.S. = 12		C.V. = 7 D.M.S. = 37		C.V. = 3 D.M.S. = 45		C.V. = 3 D.M.S. = 42		C.V. = 3 D.M.S. = 468
Palomero l.	00:04:02 a	Chalqueño	00:10:56 a	Palomero l.	00:02:13 a	Chalqueño	00:05:07 a	Chalqueño	00:11:27 b	Chalqueño	00:37:25 a	Chalqueño	00:56:41 a	Chalqueño	01:46:38 a
Chalqueño	00:03:31 b	Palomero l.	00:10:31 b	Chalqueño	00:02:10 a	Palomero l.	00:04:28 b	Palomero l.	00:09:21 b	Palomero l.	00:33:22 b	Palomero l.	00:55:15 b	Palomero l.	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
Cacahuacinte	00:02:39 e	Cacahuacinte	00:08:50 e	Cacahuacinte	00:01:31 c	Cacahuacinte	00:02:50 d	Cacahuacinte	00:07:28 d	Cacahuacinte	00:27:36 d	Cacahuacinte	00:31:50 d	Cacahuacinte	01:22:18 e
Datos Estadísticos	C.V. = 7 D.M.S. = 11		C.V. = 2 D.M.S. = 9		C.V. = 7 D.M.S. = 5		C.V. = 10 D.M.S. = 19		C.V. = 8 D.M.S. = 38		C.V. = 5 D.M.S. = 68		C.V. = 3 D.M.S. = 42		C.V. = 3 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	Selección y limpiar frutos	Raza	Elaborar nixtamal	Raza	Lavar nixtamal	Raza	Moler nixtamal	Raza	Acondicionar nixtamal en metate	Raza	Manufacturar tortillas	Raza	Cocer tortillas en comal de barro	Raza	Total
Teocintle sr	09:28:07 a	Teocintle cr	00:19:32 a	Teocintle cr	00:02:18 a	Teocintle cr	00:07:57 a	Teocintle cr	00:18:16 a	Teocintle cr	00:52:58 a	Teocintle cr	00:50:13 a	Teocintle sr	11:01:09 a
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 Estadísticos	C.V. = 4 D.M.S. = 468		C.V. = 3 D.M.S. = 16		C.V. = 5 D.M.S. = 3		C.V. = 9 D.M.S. = 15		C.V. = 8 D.M.S. = 38		C.V. = 3 D.M.S. = 40		C.V. = 3 D.M.S. = 41		C.V. = 3 D.M.S. = 486
Palomero l.	00:04:02 a	Chalqueño	00:10:56 a	Palomero l.	00:01:50 a	Chalqueño	00:04:53 a	Chalqueño	00:10:35 a	Chalqueño	00:35:12 a	Chalqueño	00:35:04 a	Chalqueño	01:41:45 a
Chalqueño	00:03:31 b	Palomero l.	00:10:31 b	Cónico	00:01:39 b	Palomero l.	00:04:16 b	Palomero l.	00:09:05 b	Palomero l.	00:32:05 b	Palomero l.	00:31:51 b	Palomero l.	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	Cónico	00:30:16 c	Tuxpeño	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
Cacahuacinte	00:02:39 e	Cacahuacinte	00:08:50 e	Cacahuacinte	00:01:24 d	Cacahuacinte	00:02:41 d	Cacahuacinte	00:06:51 d	Cacahuacinte	00:26:38 e	Cacahuacinte	00:27:52 e	Cacahuacinte	01:16:58 e
Datos Estadísticos	C.V. = 7 D.M.S. = 11		C.V. = 2 D.M.S. = 9		C.V. = 7 D.M.S. = 5		C.V. = 10 D.M.S. = 18		C.V. = 9 D.M.S. = 36		C.V. = 6 D.M.S. = 91		C.V. = 4 D.M.S. = 63		C.V. = 3 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 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.

Tiempo (hr:min:seg) menos requerido para:

Material	Seleccionar y limpiar frutos	Material	Elaborar nixtamal	Material	Lavar nixtamal	Material	Acondicionar en metate	Material	Manufactura tortillas	Material	Cocer tortillas en comal de barro	Material	Total
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 limpiar frutos	Material	Elaborar nixtamal	Material	Lavar nixtamal	Material	Acondicionar en metate	Material	Manufacturar tortillas	Material	Cocer tortillas Comal de barro	Material	Total
Chalqueño	0	Chalqueño	0	Palomero L.	26	Tuxpeño	31	Teocintle sr	39	Teocintle cr	45	Chalqueño	23
Palomero L.	0	Palomero L.	0	Chalqueño	25	Cónico	24	Palomero L.	30	Teocintle sr	43	Palomero L.	21
Cacahuacintle	0	Cacahuacintle	0	Teocintle sr	18	Chalqueño	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	Teocintle sr	17	Cónico	23	Palomero L.	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. Medias de las calificaciones otorgadas por cincuenta catadores a la calidad de consumo atribuida a tortillas elaboradas 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

* Basado en la prueba de Tukey (0.05).