

Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México*

Characteristics and properties of maize (*Zea mays* L.) grown in native Aguascalientes, Mexico

Nicolás González-Cortés¹, Héctor Silos-Espino^{2§}, Juan Carlos Estrada Cabral², José Archivaldo Chávez-Muñoz³ y Leonardo Tejero Jiménez¹

¹Departamento de Ingeniería en Alimentos-División Académica Multidisciplinaria de los Ríos de Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, C. P. 86901. Tabasco, México. Tel: 01 934 34 2 21 10. (nicolas.gonzalez@ujat.mx; batista_chivita@hotmail.com). ²Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales-Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes. Carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, km 18 C. P. 20330. Aguascalientes, México. (itelchar@gmail.com). ³Escuela Secundaria Técnica Núm. 11 San Francisco de los Romo, Aguascalientes. Av. Juárez Núm. 403 Centro C. P. 20300. (ingarchichavez@hotmail.com). [§]Autor de correspondencia: silosespino@hotmail.com.

Resumen

En este estudio se analizaron características de mazorcas y granos, además el contenido de minerales y proteína de nixtamales, nejayotes y tortillas de 12 accesiones de maíces criollos cultivados en la región de El Llano, Aguascalientes, México; un área considerada de alta marginación. Los resultados indicaron que las mazorcas y granos presentaron características similares en longitud, perímetro y número de hileras de granos; sin embargo, sí existió diferencia marcada en peso de los granos y porcentaje de germinación. En cuanto al contenido de minerales, los maíces nixtamalizados con alto contenido de hierro, zinc y boro fueron el "Santa Rosa", "Retoño-7" y el "AMET-2" con 81.3, 29.8 y 59.4 mg kg⁻¹, respectivamente. Mientras que en tortilla con mayor contenido de hierro, zinc y boro fueron las del "Retoño-7", el "AMET-1" y el "Retoño-1", con 54.2, 8.1 y 95 mg kg⁻¹, consecutivamente. En contenido de proteína, destacaron las tortillas elaboradas con el maíz "Retoño-5" (10.72), "Retoño-1" (10.32) y "Retoño-7" (10.31%). Adicionalmente, se encontró que los nejayotes contienen importantes minerales como N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn y B. Se concluye que los maíces criollos presentan características y propiedades importantes para su cultivo y consumo: criterios

Abstract

In this study characteristics of cobs and grains were analyzed, plus the mineral content and protein nixtamales, nejayotes and tortillas to 12 accessions of landraces cultivated in the region of El Llano, Aguascalientes, Mexico; an area considered highly marginalized. The results indicated that the cobs and grains had similar characteristics in length, perimeter and number of rows of kernels; however, it did exist marked difference in grain weight and germination percentage. As for the content of minerals, corn's nixtamalized high in iron, zinc and boron were the "Santa Rosa", "Retoño-7" and "AMET-2" with 81.3, 29.8 and 59.4 mg kg⁻¹, respectively. While in tortilla with higher content of iron, zinc and boron were those of "Retoño-7", the "AMET-1" and "Retoño-1", with 54.2, 8.1 and 95 mg kg⁻¹, consecutively. Protein content, highlighted the tortillas made with corn "Retoño-5" (10.72), "Retoño-1" (10.32) and "Retoño-7" (10.31%). Additionally, it was found that nejayotes contain important minerals such as N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn and B. It is concluded that landraces have features and important properties for cultivation and consumption: important criteria to justify further preservation cultivation and

* Recibido: diciembre de 2015
Aceptado: marzo de 2016

importantes que justifican seguir preservando su cultivo y la diversificación de estas razas nativas, aunado a fortalecer la investigación en el cultivo y fomentar la utilización de esta riqueza genética endémica.

Palabras claves: *Zea mays* L., hierro, proteína, tortilla, zinc.

Introducción

El maíz es una especie central en la alimentación y cultura de Centroamérica (Kato *et al.*, 2009). Coll y Godínez (2003) consideran al maíz como un elemento estratégico para la soberanía y seguridad alimentaria en sus distintas formas de usos y valores socioculturales de los mexicanos, principalmente para el medio rural. Este cereal fue domesticado y venerado por las culturas prehispánicas, y sigue siendo la base de la alimentación mexicana (Coll y Godínez, 2003, FAO, 2006). En México, el maíz es consumido en varias formas: en elote, en tlaxcal, tamales, bebidas fermentadas, pero principalmente en forma de tortilla, con un consumo per cápita de 100 kg de maíz al año en diferentes formas. La tortilla es un alimento de forma circular aplanada de 10 a 30 cm de diámetro y 0.2 a 0.6 cm de grosor, se elabora a partir de diferentes tipos de maíz cocido con hidróxido de calcio; proceso conocido como nixtamalización que hace más biodisponible los nutrientes, y el agua residual del proceso de nixtamalización es conocido como nejayote.

Cruz y Verdelet (2007) indican que la tortilla es considerada como un alimento de primera necesidad para el 94% de la población mexicana, principalmente en las zonas rurales, donde su consumo es de 328 g diarios per cápita y provee el 70% del total de calorías, cerca de 50% de la proteína y 49% del calcio. Esto hace que los mexicanos sean los principales consumidores de tortilla en el mundo, con una producción y consumo cercano a los 12 millones de toneladas de tortillas por año. Para la producción de maíz, a nivel nacional se destina aproximadamente 35% de la superficie cultivable (INEGI, 2009). En el ciclo 2013, se sembró maíz en casi todos los estados de la república mexicana, con una producción aproximada de 23.273 millones de toneladas de maíz, en una superficie de 7.426 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de 3.3 t ha⁻¹ (SIAP, 2014) y es el cultivo que presenta el mayor número de productores con 4 millones, y de estos son 3.2 millones ejidatarios (SIAP, 2012).

diversification of these native breeds, together with strengthening research in culture and encourage the use of this endemic genetic wealth.

Keywords: *Zea mays* L., iron, protein, tortilla, zinc.

Introduction

Corn is a plant species in the food and culture of Central America (Kato *et al.*, 2009). Coll and Godínez (2003) consider maize as a strategic element for the sovereignty and food security in their various forms of uses and cultural values of Mexicans, mainly for rural areas. This cereal was domesticated and revered by the Hispanic cultures, and remains the basis of Mexican food (Coll and Godínez, 2003, FAO, 2006). In Mexico, corn is consumed in various forms: in corn, in tlaxcal, tamales, fermented beverages, but mainly in the form of tortilla with a per capita consumption of 100 kg of maize per year in different ways. The tortilla is a food circular flattened 10 to 30 cm in diameter and 0.2 to 0.6 cm thick, is made from different types of cooked corn with calcium hydroxide; nixtamalization process known as making more bioavailable nutrients, and waste water nixtamalization process is known as nejayote.

Cruz and Verdelet (2007) indicate that the tortilla is considered a staple food for 94% of the Mexican population, especially in rural areas, where consumption is 328 g per capita per day and provides 70% of total calories, about 50% of protein and 49% calcium. This makes Mexicans are the main consumers of tortillas in the world, with production and consumption of close to 12 million tons of tortillas per year. For corn production nationwide it spends about 35% of arable land (INEGI, 2009). In the cycle 2013, corn was planted in almost every state of Mexico, with a production of approximately 23 273 million tons of corn, in an area of 7 426 million hectares with an average yield of 3.3 t ha⁻¹ (SIAP, 2014) and is the crop that has the highest number of producers with 4 million and 3.2 million of these are ejidatarios (SIAP, 2012).

Mexico is positioned between the fifth and seventh as a corn producer globally (FAO, 2009), but the third as an importer of the same grain to meet domestic demand (SIAP, 2012). SAGARPA (2015) reported that in the state of Aguascalientes was destined for the production of corn

México se posiciona entre el quinto y séptimo lugar como productor de maíz a nivel global (FAO, 2009), pero el tercero como importador del mismo cereal para cubrir la demanda interna (SIAP, 2012). La SAGARPA (2015) informó que en el estado de Aguascalientes se destinó para la producción de maíz para grano en ciclo primavera verano 5 533 ha con riego y 33 451 de temporal. Por su parte, el INEGI (2014) describió que 82.2% de la superficie cultivada en México se utilizan semillas de variedades criollas, las cuales además de estar adaptadas a las condiciones climáticas y tecnológicas de los productores, poseen características que les permite responder a sus gustos alimenticios de poblaciones y culturas muy específicas. La siembra de semillas criollas de maíz por los campesinos, ha generado un recurso fitogenético de gran biodiversidad, con más de 50 razas nativas reconocidas (Kato *et al.*, 2009).

La diversidad genética de los maíces criollos se mantiene principalmente al uso de este cereal en la alimentación básica de las comunidades rurales e indígenas; los cuales a la vez, son promotores naturales de la conservación y generación de la biodiversidad *in situ*. Sin embargo, Vidal-Martínez *et al.* (2010) indican que los maíces nativos como polos fitogenéticos de biodiversidad se ven amenazados de forma creciente por factores, socioeconómicos, políticos, comerciales, bióticos y abióticos. En este último, FONTAGRO (2015) indica que las temperaturas más altas por efecto del calentamiento global han reducido el rendimiento global del maíz en 3.8%, que equivale a un quinto de las reservas mundiales actuales.

La SAGARPA (2009) a través de la Subsecretaría de Desarrollo Rural de la Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural (SDRDGADS), estableció que la selección de maíces criollos permite desarrollar variedades adaptadas a las condiciones naturales y socioeconómicas de los productores, prácticamente con los mismos recursos de una explotación comercial, pero con la ventaja de obtener un rendimiento gradualmente mayor en relación a la variedad original, sin perder la diversidad genética en este importante cultivo, básico para la seguridad y soberanía alimentaria del país.

En áreas de temporal en donde las lluvias son insuficientes y mal distribuidas, como es el caso del estado de Aguascalientes, las semillas de las variedades criollas normalmente son obtenidas por el productor después de la cosecha, realizando la selección con base a características morfológicas tales como: tamaño y forma de la mazorca, color del maíz, elote delgado, entre otros. Sin embargo, por falta de conocimiento, no toman en cuenta uno de los criterios más importantes

for grain in spring-summer cycle 5533 ha with irrigation and 33,451 temporary. Meanwhile, the INEGI (2014) reported that 82.2% of the cultivated area in Mexico surface seeds of landraces are used, which besides being adapted to the climatic and technological conditions of producers, have characteristics that allow them to respond to their food tastes very specific populations and cultures. Planting criollo corn seeds by farmers, has generated a plant genetic resource of great biodiversity, with more than 50 recognized native breeds (Kato *et al.*, 2009).

The genetic diversity of landraces is maintained primarily to the use of this cereal in the basic food of rural and indigenous communities; which in turn, are natural promoters of conservation and *in situ* generation of biodiversity. However, Vidal-Martínez *et al.* (2010) indicate that the native maize biodiversity and plant genetic poles are threatened increasingly by factors, socioeconomic, political, commercial, biotic and abiotic. In the latter, FONTAGRO (2015) indicates that higher temperatures effect of global warming have reduced the overall yield of maize by 3.8%, equivalent to a fifth of current global reserves.

SAGARPA (2009) through the Department of Rural Development of the Directorate General of Support for Rural Development (SDRDGADS) established that the selection of landraces allows to develop varieties adapted to the natural and socio-economic conditions of producers, virtually the same resources for commercial exploitation, but with the advantage of obtaining a gradually increased performance compared to the original variety, without losing genetic diversity in this important crop, essential for food security and sovereignty of the country.

In rainfed areas where rainfall is insufficient and poorly distributed, as in the case of the state of Aguascalientes, the seeds of landraces are normally obtained by the producer after harvesting, making the selection based on morphological characteristics such as: size and shape of the cob, corn color, thin corn, among others. However, due to lack of knowledge, they do not take into account one of the most important criteria such as the nutritional composition. Therefore, the objective of this study was to analyze the nutritional composition of nixtamales, nejayotes and tortillas to 12 accessions of native maize (*Zea mays* L.) State of Aguascalientes, Mexico, in order to establish additional criteria for the selection of corn's criteria and still maintain the biodiversity of this genetic material.

como es la composición nutricional. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue analizar la composición nutricional de nixtamales, nejayotes y tortillas de 12 accesiones de maíces criollos (*Zea mays* L.) del estado de Aguascalientes, México, con el fin de establecer criterios adicionales para la selección de maíces con criterios y seguir manteniendo la biodiversidad de este material genético.

Materiales y métodos

a) Selección de material. Se recolectaron 12 accesiones de maíces criollos de productores ejidatarios; de estas fueron cuatro del ejido de El Tildio, dos de Santa Rosa, cinco del El Retoño y una de El Terremoto, todos pertenecientes al municipio de El Llano, Aguascalientes, México, de las cosechas del ciclo primavera-verano del 2009. Esta región es considerada de alta marginación y los cultivos básicos son producidos preferentemente bajo condiciones de temporal y con pocos o casi nulos implementación de sistemas de fertilización.

b) Área de trabajo. Los análisis se realizaron en el laboratorio de análisis de suelo, planta y agua de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, México. Todas las muestras de los genotipos de maíz se colectaron el mismo ciclo de cultivo.

c) Análisis de características físicas: se realizó una caracterización física de las mazorcas, maíces y olotes, además el porcentaje de germinación de 100 semillas, tomadas de la parte media de las mazorcas. Las semillas se colocaron en algodón humedecido con agua estéril en cajas Petri, a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ\text{C}$) y en total oscuridad, el experimento se realizó por triplicado.

Análisis de proteína. En análisis se realizó en base al método de la AOAC (1984) para la cuantificación de nitrógeno por Kjeldahl (Tecator, Sweden) involucrando una digestión ácida de la muestra y luego una destilación alcalina; utilizando el factor 6.25 para la conversión del nitrógeno a proteína, el análisis se realizó por triplicado.

Análisis de minerales. El análisis de minerales fue el siguiente: fósforo (AOAC 965.17), potasio (AOAC 985.35), calcio y magnesio (AOAC 968.08), sodio (AOAC 985.35), hierro y manganeso (AOAC 968.08), zinc (AOAC 968.08), cobre y boro (AOAC 968.08), mediante espectrometría

Materials and methods

a) Selection of material. 12 accessions of landraces of ejidatarios producers were collected; these were four ejido of El Tildio, two of Santa Rosa, five from El Retoño and one of El Terremoto, all belonging to the municipality of El Llano, Aguascalientes, Mexico, crop of spring-summer 2009. This region is considered highly marginalized and staple crops are preferably produced under rainfed conditions and with few or almost no implementation of fertilization systems.

b) Work Area. Analyses were performed in the laboratory analysis of soil, plant and water from the Autonomous University of Aguascalientes, Mexico. All samples of the same maize genotypes were collected crop cycle.

c) Analysis of physical characteristics: physical characterization of cobs, corn cobs and also the percentage of germination of 100 seeds taken from the middle of the ears was performed. The seeds were placed in sterile water with cotton dipped in Petri dishes at room temperature ($24 \pm 2^\circ\text{C}$) and in total darkness, the experiment was performed in triplicate.

Analysis of protein. In analysis was performed based on the AOAC (1984) for quantifying Kjeldahl nitrogen (Tecator, Sweden) involving acid digestion of the sample and then an alkaline distillation; using the conversion factor of 6.25 for nitrogen to protein analysis was performed in triplicate.

Mineral analysis. Mineral analysis was as follows: phosphorus (AOAC 965.17), potassium (AOAC 985.35), calcium and magnesium (AOAC 968.08), sodium (AOAC 985.35), iron and manganese (AOAC 968.08), zinc (AOAC 968.08), copper boron (AOAC 968.08) by atomic absorption spectrometry flame. It is worth mentioning that all bromatological and mineral analyzes were performed at the Laboratory of La Posta Zootécnica of the Autonomous University of Aguascalientes (UAA), analyzes were performed in triplicate.

Results and discussion

a) Physical characteristics and germination percentage. The 12 samples of accessions of landraces collected in the municipality of El Llano, Aguascalientes (Table 1) were

por absorción atómica de llama. Es conveniente mencionar que todos los análisis bromatológicos y de minerales se realizaron en el Laboratorio de La Posta Zootécnica de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), los análisis se realizaron por triplicado.

Resultados y discusión

a) Características físicas y porcentaje de germinación. Las 12 muestras de accesiones de maíces criollos recolectados en el municipio de El Llano, Aguascalientes (Cuadro 1) se les realizaron mediciones a las mazorcas, maíces y olotes. Se observó que las mazorcas tuvieron una longitud promedio de 15.16 ± 1.5 cm con un perímetro promedio de 16.23 ± 1.13 cm, el olote con 8.68 ± 0.9 cm de perímetro, y con 13.33 ± 0.8 hileras de granos. En cuanto a las semillas se encontró que el peso promedio de 100 semillas de la parte media de las mazorcas fue de 41.78 ± 5.1 g, la longitud promedio de los maíces fue de 1.30 ± 0.16 cm y el porcentaje de germinación fue de $81 \pm 12\%$. Es importante destacar que el porcentaje de germinación de las 12 accesiones, fluctuó entre 64 y 100%, siendo el "T-JD" el más bajo y las semillas del "Retoño-2" todas germinaron.

performed measurements cobs, corn and corncobs. It was observed that the cobs had an average length of 15.16 ± 1.5 cm with an average circumference of 16.23 ± 1.13 cm, the cob with 8.68 ± 0.9 cm perimeter, and 13.33 ± 0.8 rows of grain. As seeds was found that the average weight of 100 seeds of the middle part of the cobs was 41.78 ± 5.1 g, the average length of the corn was 1.3 ± 0.16 cm and the germination percentage was 81 ± 12 . Importantly, the germination percentage of the 12 accessions ranged between 64 and 100%, the "T-JD" the lowest and the seeds of "Retoño-2" all germinated.

As has been reported, farmers select seed corn from the barn after harvest, considering the size of the cob, cob size and shape of the seed. However, in this study the germination percentage, additional features are reported to be considered for the selection of native seeds and ensure optimum number of plants in the field. This considering the results reported by Herrera *et al.* (2002) who mentioned that 76.5% of farmers use native seeds for planting, lower value with data reported by INEGI (2014), where 82.2% of farmers select the best ears for seed, mainly considering the following characteristics: ear size (81.2%), health (69.2%), small cobs (38%), number of rows (36.9%), but did not consider producers the germination percentage of the seeds, which

Cuadro 1. Características físicas de mazorca, grano y olote de 12 accesiones de maíces criollos cultivados en El Llano, Aguascalientes, México.

Table 1. Physical characteristics of cob, grain and cob 12 accessions of landraces cultivated in El Llano, Aguascalientes, Mexico.

Comunidad de colecta	Nombre accesión	Mazorca			Grano			Olote
		Hileras	Longitud (cm)	Perímetro (cm)	a)	b)	c)	
El Tildío	"AMET-1"	12	15	16.3	46.1	71	1.2	9.1
El Tildío	"AMET-2"	14	16.3	15.4	36.1	99	1.3	8.6
El Tildío	"AMET"	12	13	18	45.3	85	1.4	8.9
El Tildío	"Celaya-2 criollo"	14	17.8	17.7	42.9	77	1.1	10.4
Santa Rosa	"SR-Pipitillo"	14	13.9	15.3	28.5	95	1.1	7.3
Santa Rosa	"Santa Rosa"	12	16.7	14	41.8	78	1.2	7.5
Retoño	"Retoño-1"	14	14.5	16.6	44.5	73	1.5	8.5
Retoño	"Retoño-2"	14	16.6	17	43.6	100	1.5	8.4
Retoño	"Retoño-5"	14	15.9	16	40.1	69	1.5	8
Retoño	"Retoño-6"	14	15	16.5	46.3	70	1.5	9
Retoño	"Retoño-7"	13	14.1	15.2	45.1	91	1.1	10
Terremoto	"T-JD"	13	13.2	16.8	41.1	64	1.3	8.5
Promedio		13.33	15.16	16.23	41.78	81	1.3	8.68
DE		0.88	1.5	1.13	5.1	12.57	0.16	0.9

a) Peso de 100 semillas de maíz; b) Porcentaje de germinación; c) Longitud del grano de maíz (cm); y d) Perímetro del olote.

Como bien se ha reportado, los campesinos seleccionan la semilla de maíz desde el granero después la cosecha, considerando el tamaño de la mazorca, tamaño de olote y forma de la semilla. Sin embargo, en este estudio se reporta el porcentaje de germinación, características adicionales a considerar para la selección de semillas criollas y asegurar un número óptimo de plantas en campo. Esto al considerar los resultados reportados por Herrera *et al.* (2002) quienes mencionan que el 76.5% de los agricultores utilizan semillas criollas para la siembra, valor inferior con los datos reportados por el INEGI (2014) donde el 82.2% de los campesinos seleccionan las mejores mazorcas para semilla, considerando principalmente las siguientes características: tamaño de la mazorca (81.2%), sanidad (69.2%), olote delgado (38%), número de hileras (36.9%), pero no consideraron los productores el porcentaje de germinación de las semillas, el cual es un elemento importante a considerar para contar con el número óptimo de plántulas por hectárea, para evitar después la resembrá, haciendo de este un gasto preventivo.

b) Contenido de minerales en maíz nixtamalizado. Los beneficios físicos, nutrimentales y sensoriales que se derivan de la nixtamalización son suficientes para sugerir que estos fueron las razones para su implementación y uso en la elaboración de la tortilla. En los maíces criollos nixtamalizados se encontraron diferenciales valores de minerales (Cuadro 2). El maíz nixtamalizado identificado como el "Retoño-6" sobresalió en P (0.36 mg kg^{-1}), el "AMET-2" mostró mayor contenido de K, Zn y B (0.39 , 8.8 y 59.4 mg kg^{-1} , respectivamente), en el "AMET" se encontró mayor contenido de Na y Fe (16.5 y 63 mg kg^{-1}), el mineral Mg y Mn fue mayor en el "Celaya 2 criollo". El contenido de hierro, cobre y zinc son mayores que los reportados por Bressani *et al.* (1990), quienes reportan que el contenido de minerales del maíz promedio de cinco muestras fue de 4.8 , 1.3 y $4.6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente.

c) Contenido de minerales en tortillas de maíces criollos. El maíz nixtamalizado y transformado en tortilla es el alimento que proporciona cantidades significativas de calorías, proteína, fibra y minerales. En el Cuadro 3 se presenta el contenido de minerales en las tortillas de 12 accesiones de maíces criollos. Se encontró los siguientes valores promedios representados todos en mg kg^{-1} : P (0.17 ± 0.05), K (0.24 ± 0.05), Ca (0.92 ± 0.17), Mg (0.1 ± 0.01), Na (12.13 ± 1.71), Fe (38.57 ± 12.03), Mg (3.61 ± 1.41), Zn (6.55 ± 0.94), Cu (1.18 ± 0.6) y Bo (46.84 ± 30.43). Como se puede apreciar, el contenido de Fe, Zn y Bo en tortillas es altamente variable de una accesión de maíz a otra. El contenido de

is an important element to consider to have the optimal number of seedlings per hectare, to avoid after the resembrá, making this a preventative spending.

b) Content of minerals in nixtamal. Physical, nutritional and sensory benefits derived from the nixtamalización are enough to suggest that these were the reasons for their implementation and use in the preparation of the tortilla. In landraces nixtamalized mineral differential values (Table 2) were found. Corn nixtamalized identified as the "Retoño-6" excelled in P (0.36 mg kg^{-1}), the "AMET-2" showed higher content of K, Zn and B (0.39 , 8.8 and 59.4 mg kg^{-1} , respectively) in the "AMET" higher content of Na and Fe (16.5 and 63 mg kg^{-1}), he found the mineral mg and Mn was higher in the "Celaya 2 criollo". The iron content, copper and zinc are greater than those reported by Bressani *et al.* (1990), who report that the mineral content of corn average of five samples was 4.8 , 1.3 and $4.6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, respectively.

c) Content of minerals in tortillas to maize native. The processed corn and tortilla is transformed into food that provides significant amounts of calories, protein, fiber and minerals. Table 3 shows the mineral content is presented in tortillas to 12 accessions of landraces. The following mean values represented in mg kg^{-1} all met: P (0.17 ± 0.05), K (0.24 ± 0.05), Ca (0.92 ± 0.17), Mg (0.1 ± 0.01), Na (12.13 ± 1.71), Fe (38.57 ± 12.03), Mg (3.61 ± 1.41), Zn (6.55 ± 0.94), Cu (1.18 ± 0.6) y Bo (46.84 ± 30.43). As you can see, the content of Fe, Zn and Bo in tortillas is highly variable from one accession corn to another. The iron content ranges from 19.9 to 54.2 mg kg^{-1} , the corn tortilla identified as the Retoño-7 with higher iron content (54 mg kg^{-1}).

This amount is in good proportion to supplement the minimum daily requirements in people. Wyatt and Triana-Texas (1994) state that the content of soluble Fe in tortillate is about 26% of total iron. While Hurrell and Egli (2010) considers that the bioavailability of iron has been estimated in the range of 14-18% for mixed diets and 5-12% for vegetarian diets, and dietary factors influencing iron absorption they are phytate, polyphenols, ascorbic acid and calcium. Moreover the zinc content in native corn tortillas was 4.6 to 8.1 mg kg^{-1} , the corn tortilla "Amet-1" with the highest content of zinc (8.1 mg kg^{-1}). Kaur *et al.* (2014) analyzed several studies on the importance of zinc, and discloses that it is one of the most important trace elements essential trace in human nutrition, its deficiency can severely

hierro va de 19.9 a 54.2 mg kg⁻¹, siendo la tortilla del maíz identificado como el Retoño-7 con el mayor contenido de hierro (54 mg kg⁻¹).

affect the homeostasis of a biological system, it is essential for many physiological functions and plays an important role in a series of enzymatic action and cellular neural systems.

Cuadro 2. Contenido de minerales en maíz nixtamalizado de accesiones criollos cultivados en El Llano Aguascalientes, México.

Table 2. Mineral content in Creole nixtamal accessions grown in El Llano Aguascalientes, Mexico.

Nombre de la accesión	Minerales (mg kg ⁻¹)									
	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	B
“AMET-1”	0.2	0.31	1.22	0.12	13.1	48.5	6	7.5	1	15.9
“AMET-2”	0.26	0.38	0.95	0.13	10.1	40.9	3.5	8.8	2.9	59.4
“AMET”	0.25	0.29	0.59	0.12	16.5	63	4.8	7.5	0.3	39.9
“Celaya 2 criollo”	0.21	0.3	0.89	1.17	12.3	50.6	29.8	7.5	1.5	29.4
“SR Pipitillo”	0.21	0.31	0.73	0.11	8.9	29.8	4.8	7.5	1.8	44.4
“Santa Rosa”	0.18	0.26	1.12	0.09	13.8	81.3	4.8	7.5	2.1	24.9
“Retoño-1”	0.26	0.32	1.22	0.12	10.2	42.2	2.3	5	N.D.	8.4
“Retoño-2”	0.26	0.32	0.74	0.11	9.8	36.4	7.3	5	0.7	2.4
“Retoño-5”	0.29	0.37	1.15	0.15	13.1	28	9.7	8.8	3.6	ND
“Retoño-6”	0.36	0.35	0.52	0.11	7.8	15.4	7.3	5	0.7	ND
“Retoño-7”	0.26	0.34	0.48	0.13	12.1	40.2	7.3	10	0.8	39.9
“T-JD”	0.25	0.25	0.55	0.09	8.1	28.2	4.8	7.5	0.5	17.4
Promedio	0.25	0.31	0.85	0.2	11.32	42.04	7.7	7.3	1.45	28.2
DE	0.05	0.04	0.28	0.44	2.6	17.53	7.24	1.59	1.09	19.48

Cuadro 3. Contenido de minerales en tortillas de maíz de accesiones criollos cultivado en El Llano, Aguascalientes, México.

Table 3. Mineral content in corn tortillas Creole accessions grown in El Llano, Aguascalientes, Mexico.

Nombre de la accesión	Minerales (mg kg ⁻¹)									
	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	B
“AMET-1”	0.21	0.28	0.7	0.09	10.9	19.9	2	8.1	1.4	60
“AMET-2”	0.17	0.27	0.83	0.1	11.8	42.4	5.3	7.4	1.5	41.4
“AMET”	0.14	0.25	1.25	0.1	9.7	36.7	5.3	6.7	1.7	33
“Celaya-2” criollo	0.2	0.26	0.78	0.1	12.3	27.5	5.2	7.3	1.6	36
“SR-Pipitillo”	0.1	0.14	1.07	0.1	12.1	50.9	2.1	6.5	0.3	3
“Santa Rosa”	0.08	0.25	1.07	0.09	14	26.8	5.3	6.5	1.7	19.8
“Retoño-1”	0.18	0.2	0.96	0.11	11.9	46	2.3	5.4	1.2	95
“Retoño-2”	0.22	0.31	1.02	0.12	10	23.4	4.5	6.4	0.4	66
“Retoño-5”	0.16	0.29	0.9	0.11	13.3	49	2.8	6	ND	76.5
“Retoño-6”	0.24	0.25	1.07	0.11	11.2	34.8	3.8	6.4	1.3	17.4
“Retoño-7”	0.13	0.29	0.73	0.1	12.4	54.2	2.3	4.6	0.5	22.5
“T-JD”	0.21	0.16	0.74	0.08	15.9	51.2	2.5	7.3	1.2	91.5
Promedio	0.17	0.24	0.92	0.1	12.13	38.57	3.61	6.55	1.16	46.84
DE	0.05	0.05	0.17	0.01	1.71	12.03	1.41	0.94	0.6	30.43

Esta cantidad es de buena proporción para complementar los requerimientos mínimos diarios en personas. Wyatt y Triana-Tejas (1994) afirman que el contenido de Fe soluble en tortilla es del orden de 26% del hierro total. Mientras que Hurrell y Egli (2010) considera que la biodisponibilidad de hierro ha sido estimada en el intervalo de 14-18% para las dietas mixtas y 5-12% para las dietas vegetarianas, y los factores dietéticos que influyen en la absorción de hierro son los fitato, polifenoles, calcio y ácido ascórbico. Por otra parte el contenido de zinc en las tortillas de maíces criollos fue de 4.6 a 8.1 mg kg⁻¹, siendo la tortilla del maíz "Amet-1" con el mayor contenido de zinc (8.1 mg kg⁻¹). Kaur *et al.* (2014) analiza diversos estudios sobre la importancia del zinc, y describe que es uno de los más importantes oligoelementos traza esenciales en la nutrición humana, su deficiencia puede afectar severamente la homeostasis de un sistema biológico, es esencial para muchas funciones fisiológicas y juega un papel importante en una serie de acciones enzimáticas y en los sistemas neuronales celulares.

De igual forma se puede observar una gran variabilidad en el contenido de boro en cada una de las 12 accesiones (3 a 95 mg kg⁻¹), siendo el "Retoño-1" con el mayor contenido de este microelemento (95 mg kg⁻¹). De acuerdo con Nielsen (2008) describe que el boro es un elemento bioactivo para completar el ciclo de vida, y que la ingesta baja de boro repercute en el deterioro óseo, la función del cerebro, y la respuesta inmune; por lo tanto, la baja ingesta de boro es una preocupación nutricional relevante, que las dietas ricas en frutas, verduras, frutos secos y semillas pueden prevenir.

d) Contenido de proteína en maíz nixtamalizado y tortillas. La composición y el valor nutricional del maíz dependen del genotipo, del ambiente y del manejo agronómico. Según la FAO (1993) el contenido promedio de proteína del maíz es de 10%. En este estudio (Cuadro 4) se encontró que el contenido de proteína en maíz nixtamalizado incrementa ligeramente cuando es transformado mediante la nixtamalización a tortilla. De igual forma, se observó que los valores de proteína cruda varía según la accesión y lugar; el contenido de proteína de las tortillas elaboradas con maíces cultivados en el ejido El Tildío fue de $9.27 \pm 4.65\%$, en Santa Rosa fue de $8.23 \pm 0.48\%$, El Retoño fue de $10.08 \pm 0.54\%$ y las tortillas elaboradas con maíz del ejido El Terremoto fue el más bajo con 8.14%, sobresaliendo las tortillas de la accesión de maíz identificado como el "AMET-1" con el mayor contenido de proteína (10.72 g/100 de tortilla).

Similarly it can be observed a large variability in the contents for boron in each of the 12 accessions (3 to 95 mg kg⁻¹), the "Retoño-1" with the highest content of this microelement (95 mg kg⁻¹). According to Nielsen (2008) discloses that boron is a bioactive element to complete the cycle of life, and low intake of boron affects bone loss, brain function, and the immune response; therefore, low intake of boron is an important nutritional concern that diets rich in fruits, vegetables, nuts and seeds can be prevented.

d) Protein content in nixtamalized corn and tortillas. The composition and nutritional value of corn depend on the genotype, environment and agricultural management. According to FAO (1993) the average protein content of corn is 10%. In this study (Table 4) it was found that the protein content in processed corn increases slightly when transformed by nixtamalización a tortilla. Similarly, it was observed that the values of crude protein accession varies and place; the protein content of tortillas made with corn grown in the ejido The western snowy plover was $9.27 \pm 4.65\%$ in Santa Rosa was $8.23 \pm 0.48\%$, El Retoño was $10.08 \pm 0.54\%$ and tortillas made with corn El Terremoto ejido was the lowest with 8.14%, excelling tortillas corn accession identified as the "AMET-1" with the highest protein content (10.72 g/100 tortilla).

Paredes *et al.* (2009) indicate that there are studies that show that the quality of protein corn tortilla nixtamalized is better than white flour or refined plan of wheat. Mendoza-Elos *et al.* (2006) determined the body composition of whole seed of four genotypes of QPM and two varieties, and found that fat, ash and carbohydrates no significant difference, but if for protein in maize cultivars QPM was 10.38 and for yellow cultivars was 10.93. These values are very important in terms of food, considering described by Jasso and Becerra (2003) who indicate, based on information from the Survey of Income and Expenditure Survey (ENIGH), the National Institute of Statistics, geography and Informatics (INEGI), the poorest households dietary intake emphasizes the consumption of tortillas.

As can be seen, the nutrient content in native corn tortillas is important, therefore some researchers as Kato *et al.* (2009) recommend important to preserve not only these food materials, but also the production processes since ancient times have generated, maintained and diversified these native breeds, together with strengthening research

Cuadro 4. Contenido de proteína en nixtamales y tortilla de maíces criollos cultivado en El Llano, Aguascalientes, México.
Table 4. Protein content in nixtamales and tortilla landraces cultivated in El Llano, Aguascalientes, Mexico.

Ejido	El Tildio			Santa Rosa			Retoño			Terremoto		
Accesión	“AMET 1”	“AMET 2”	“AMET”	“Celaya-2 criollo”	“SR- Pipitillo”	Rosa”	“Retoño 1”	“Retoño-2”	“Retoño 5”	“Retoño 6”	“Retoño 7”	“T-JD”
Proteína cruda (%) en maíz nixtamalizado	7.71	9.51	9.28	8.61	7.82	7.79	10.96	9.66	10.08	9.81	10.81	7.75
Promedio	8.77			7.53			10.26			7.75		
DE	0.80			0.021			0.58			--		
Proteína cruda (%) en tortilla	9.74	9.30	8.79	8.74	7.89	8.58	10.32	9.75	10.72	9.33	10.31	8.14
Promedio	9.27			8.23			10.08			8.14		
DE	4.65			0.48			0.54			--		

Paredes *et al.* (2009) indican que existen estudios que evidencian que la calidad de proteína de la tortilla de maíz nixtamalizado es mejor que la del plan blanco o harinas refinadas de trigo. Mendoza-Elos *et al.* (2006) determinaron la composición proximal de la semilla completa de cuatro genotipos de maíz QPM y dos variedades, y encontraron que para grasa, ceniza y carbohidratos no existió diferencia significativa, pero si para proteína, en los cultivares de maíz QPM fue de 10.38 y para los cultivares amarillo fue de 10.93. Estos valores son muy importante del punto de vista alimentario, al considerar lo descrito por Jasso y Becerra (2003) quienes indican, en base a la información de la Encuesta de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), los hogares más pobres el aporte dietético destaca el consumo de la tortilla.

Como se puede observar, el contenido de nutrientes en tortillas de maíces criollos es importante, por ende algunos investigadores como Kato *et al.* (2009) recomiendan importante conservar no sólo estos materiales alimentarios, sino también los procesos de producción que desde tiempos ancestrales han generado, mantenido y diversificado estas razas nativas, aunado a fortalecer la investigación en el tema y fomentar la utilización de esta riqueza genética, tarea que se ha descuidado en el país. Para proteger la diversidad genética de maíz, se debe apoyar a los más de dos millones de agricultores a pequeña escala o marginados que existen en el país, a través de subsidios, asesoría técnica y programas de desarrollo rural.

e) Contenido de minerales en nejayotes. El nejayote es el agua residual, producto de la cocción del maíz con cal (hidróxido de calcio) para la elaboración de la tortilla. En la mayoría de los casos, el nejayote es desechado, sin encontrar un uso potencial, sobre todo las tortillerías que desechan grandes volúmenes de nejayote al drenaje. En este estudio se encontró que el nejayote contiene una fuente importante de macronutrientes (NPK) y micronutrientes como Ca, Mg, Fe, Zn (Cuadro 5). Es sobresaliente el contenido de K (79.50-252 mg L⁻¹) y de Ca (429.4 a 6 052.1 mg L⁻¹), en el contenido de Bo no fue detectado. El nejayote debe ser considerado al momento de elaborar la tortilla. Otra alternativa para uso potencial del nejayote puede ser como fertilizante foliar, como humectante para alimentos para animales, solución nutracéutica para humanos o medio de cultivo para tejidos vegetales *in vitro*.

into the issue and encourage the use of this genetic wealth task which it has been neglected in the country. To protect the genetic diversity of corn, it should support more than two million small-scale farmers or marginalized in the country, through grants, technical assistance and rural development programs.

e) Mineral content in nejayotes. The nejayote is the wastewater product of cooking maize with lime (calcium hydroxide) for the preparation of the tortilla. In most cases, the nejayote is disposed of without finding a potential use, especially tortillerías that large volumes of nejayote discarded to drain. This study found that nejayote contains an important source of macronutrients (NPK) and micronutrients such as Ca, Mg, Fe, Zn (Table 5). Is outstanding K content (79.50-252 mg L⁻¹) and Ca (429.4 a 6 052.1 mg L⁻¹), Bo content was not detected. The nejayote should be considered when preparing the tortilla. Another alternative for potential use nejayote can be as foliar fertilizer, as a humectant for animal feed, nutraceutical solution for humans or culture medium for plant tissue *in vitro*.

Conclusions

The maize native cultivated in Aguascalientes Mexico have important physical characteristics such as weight and seed germination percentage, coupled with important minerals and protein contended in nixtamalized corn and tortillas. Both criteria should be considered for cultivation and nutrition of the population; principles to continue to preserve the culture and diversification of these native breeds, together with strengthening research in culture and encourage the use of this endemic genetic wealth, considering that Mexico's rural population depends on tortillas as its main power source.

End of the English version



Literatura citada

- AOAC. 1984. Official methods of analysis centennial edition, 14th. Washington, DC. 829-832 pp.
- Bressani, R.; Benavides, V.; Acevedo, E. and Ortiz, M. 1990. Changes in selected nutrient contents and in protein quality of common and quality protein maize during rural tortilla preparation. Cereal Chem. 67(6): 515-518.

Cuadro 5. Contenido de minerales en nejayote de maíz criollo cultivado en El Llano, Aguascalientes, México.
Table 5. Mineral content in nejayote of native corn grown in El Llano, Aguascalientes, Mexico.

Nombre de la accesión	Minerales (mg L ⁻¹)									
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Cu	B
“AMET-1”	3.4	2.5	79.5	4444.5	2	4.6	4	0.35	ND	ND
“AMET-2”	3.8	2	27.2	429.4	1.1	5.7	0.3	0.25	0.1	0.4
“AMET”	3.4	1	199	3708.4	3.3	9.5	3.2	0.35	0.1	ND
“Celaya-2 criollo”	2.9	2.5	174.5	4017.6	2.5	9.1	3.2	0.4	0.1	ND
“SR-Pipitillo”	2.2	2.5	239.5	4507.8	4.3	8.7	1.1	0.1	0.15	ND
“Santa Rosa”	3.2	5	251.7	4157.1	0.8	8.6	2.3	0.3	0.1	ND
“Retoño-1”	4.4	10	196.5	5567.6	2.5	10.5	4	0.1	0.25	2.3
“Retoño-2”	2.7	4.5	130.8	1351.9	2.3	8	2	0.4	ND	ND
“Retoño-5”	4.4	14	252	5261.8	2.7	10.8	2.5	0.1	0.35	ND
“Retoño-6”	2.5	12	198.5	3541.4	4.1	9.4	1.7	0.35	ND	ND
“Retoño-7”	2.4	3.5	168.6	4875.2	3.5	8.1	2	0.1	0.2	ND
“T-JD”	3.4	7.5	216.8	6052.1	3.9	8	4.6	0.15	0.25	0.4
Promedio	3.22	5.58	177.88	3992.9	2.75	8.41	2.58	0.25	0.18	1.03
DE	0.728	4.3	68.86	1639.38	1.121	1.78	1.27	0.13	0.11	0.66

Conclusiones

Los maíces criollos cultivados en Aguascalientes México presentan características físicas importantes como el peso de las semillas y el porcentaje de germinación, aunado al contenido importante de minerales y proteína en el maíz nixtamalizados y tortillas. Ambos criterios deben ser considerados para el cultivo y nutrición de la población; principios para seguir preservando el cultivo y la diversificación de estas razas nativas, aunado a fortalecer la investigación en el cultivo y fomentar la utilización de esta riqueza genética endémica, considerando que la población rural mexicana depende de la tortilla como su principal fuente de alimentación.

Agradecimientos

A los alumnos egresados de la Ing. En agronomía del Instituto Tecnológico que participaron en el Programa de Apoyo para Zonas Marginadas (L. G. Castillo Macías, M. A. Cabrera Vega, M. Muñoz Rodríguez, C. Pérez Ortega y F. Ferrel Leos) y a FIRCO Delegación Aguascalientes por medio de los Ing. Luis Sáenz Guardado e Ing. Juan Manuel de Loera, quienes fueron los responsables del apoyo económicos y conducción del programa.

- Coll, H. A. y Godínez, L. 2003. La agricultura en México: un atlas en blanco y negro. México, D. F. Instituto de Geografía UNAM. I. 5.4 (No. S451 C64).
- Cruz, H. E. y Verdelet, G. I. 2007. Tortillas de maíz: una tradición muy nutritiva. *Revista de Divulgación Científica y Tecnología de la Universidad de Veracruz*. 20(3):1-3.
- FONTAGRO. 2015. Concurso de casos exitosos de innovaciones para la adaptación al cambio climático de la agricultura familiar. <http://www.fontagro.org>.
- Herrera, C. B. E.; Macías, L. A.; Díaz, R. R.; Ramírez, V. M. y Delgado, A. A. 2002. Uso de semillas criollas y caracteres de mazorcas para la selección de semillas de maíz en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(1):17-23.
- Hurrell, R. and Egli, I. 2010. Iron bioavailability and dietary reference values. *Am. J. Clin. Nutr.* 91(5):1461S-1467S.
- INEGI. 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria ENA-2014. 40 p.
- Jasso, I. M. y Becerra, P. A. V. 2003. La alimentación en México: un estudio a partir de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. *Notas: Rev. Inf. An.* 21:26-37.
- Kato, Y. T.; Mapes, S. C.; Mera, O. L.; Serratos, H. J. y Bye, B. R. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. UNAM-CONABIO editores. Distrito Federal, México. 119 p.
- Kaur, K.; Gupta, R.; Saraf, S. A. and Saraf, S. K. 2014. Zinc: the metal of life. *comprehensive reviews in Food Science and Food Safety*. 13(4):358-376.
- Mendoza-Elos, M.; Andrio-Enríquez, E.; Juárez-Goiz, J. M.; Mosqueda-Villagómez, C.; Latourmerie-Moreno, L.; Castañón-Nájera, G. y Moreno-Martínez, E. 2006. Contenido de lisina y triptofano en genotipos de maíz de alta calidad proteica y normal. *Universidad y Ciencia*. 22(2):153-61.
- Nielsen, F. H. 2008. Is boron nutritionally relevant? *Nutrition reviews*. 66(4):183-191.

- Paredes, L. O.; Guevara, L. F. y Bello, P. L. A. 2009. La nixtamalización. *Ciencias*. 92: 60-70.
- FAO. 1993. Composición química y valor nutritivo del maíz. <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S03.htm#>.
- FAO. 2006. El maíz en la nutrición humana. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. <http://www.fao.org/docrep/t0395s/t0395s00.htm>.
- FAO. 2009. Perspectivas alimentarias análisis de los mercados mundiales. SMIA. <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural>.
- SAGARPA. 2015. Avance de siembras y cosechas año agrícola 2015 riego + temporal. <http://www.siap.gob.mx/avance-de-siembras-y-cosechas-por-cultivo/>.
- SAGARPA-SIAP. 2012. ¿de dónde viene nuestra comida? La agricultura, ganadería y pesca en México y el Mundo. Distrito Federal, México. 45-48 pp.
- SSAGARPA-SIAP. 2014. Producción agropecuaria y pesquera. www.siap.gob.mx/agricultura/.
- Vidal-Martínez, V. A.; Herrera, F. B.; Coutiño-Estrada, J. J.; Sánchez-González J.; Ron-Parra A.; Ortega-Corona A. y Guerreño-Herrera M. de J. 2010. Identificación y localización de una especie de *Tripsacum* spp. En Nayarit, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):27.30.
- Wyatt, C. J. and Triana-Tejas, A. 1994. Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca and phytates in foods commonly consumed in Northern Mexico. *J. Agric. Food Chem.* 42(10):2204-2209.