

## CALIDAD POZOLERA EN COLECTAS DE MAÍZ CACAHUACINTLE

## QUALITY FOR POZOLE PREPARATION IN ACCESSIONS OF THE CACAHUACINTLE MAIZE

Elvira Isabel Bonifacio Vázquez<sup>1</sup>, Yolanda Salinas Moreno<sup>2\*</sup>, Alberto Ramos Rodríguez<sup>3</sup>  
y Aída Carrillo Ocampo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230 Chapingo, Edo. de México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Maíz, Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Apdo. Postal 10, C.P. 56230. Chapingo, Edo. de Méx. Tel: 01 (595) 952-1500 Ext. 5372. Fax: 01 (595) 954-6528. Correo electrónico: yolysamx@yahoo.com <sup>3</sup>Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.

\* Autor para correspondencia

## RESUMEN

En este trabajo se evaluó la calidad pozolera de 21 colectas de maíz (*Zea mays* L.) Cacahuacintle, representativas de la diversidad que existe en esta raza, en términos de tiempo de cocimiento para reventado (TCR), tanto en grano entero como despuntado, volumen de expansión del grano reventado (VE), porcentaje de granos reventados (PGR), y pérdida de sólidos y viscosidad en caldo de cocimiento. También se evaluaron los caracteres morfológicos y físicos de mazorca y grano, así como algunos caracteres anatómicos del grano. Las formas dominantes de mazorca entre las colectas fueron cónicas y cilíndricas. En el grano se identificaron cuatro formas básicas que fueron: redondeada, redondeada globosa, triangulada apastillada y alargada apastillada. Hubo una relación entre la forma del grano y el TCR, ya que los granos de forma redondeada globosa presentaron los menores TCR. El despunte del grano redujo de manera importante el TCR y mejoró tanto el VE como el PGR. La viscosidad y pérdida de sólidos en el caldo de cocimiento de los granos enteros mostraron una correlación positiva, comportamiento que no se observó en el grano despuntado.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., calidad pozolera, grano, mazorca, razas.

## SUMMARY

In this work we evaluated the “pozole” quality of the grain, in terms of cooking time for popping (TCR) in whole grain and grain without tip cap, volume of popped grain (VE), percentage of popped grain (PGR), solids losses and viscosity in cooking water from popped grain, in 21 accessions of the cacahuacintle maize (*Zea mays* L.), which represent the Mexican diversity of this race. Physical and morphological traits of cob and grain and some anatomical grain characteristics were also evaluated. Two main cob shapes were observed: conical and cylindrical, whereas the grain shapes were rounded, globose rounded, flat triangle, and flat enlarged. The shape of the grain showed relationship with the TCR. The lowest TCR was observed in accessions with a globose and rounded shape. Accessions with a high grain density showed a high TCR. Elimination of the grain tip cap greatly reduced TCR while increased VE and PGR. Viscosity and solids losses in the cooking water showed a positive relationship in whole grain, but not in the grain without the tip cap.

**Index words:** *Zea mays* L., “pozole” quality, grain, cob, races.

## INTRODUCCIÓN

El Centro Nacional de Investigación en Maíz creado en la Universidad Autónoma Chapingo, tiene como uno de sus objetivos primordiales el rescate de la diversidad genética de cultivares autóctonos, con el fin de mejorar los tipos de maíz de amplia demanda para diversas formas de consumo, como lo es el maíz Cacahuacintle, que se aprovecha en productos alimenticios como: atoles, “gorditas”, postres, tamales, galletas de alta calidad, y el pozole, que es la forma de consumo más popular. (Ramos, Com. Personal)<sup>1</sup>.

El grano del maíz Cacahuacintle se caracteriza por ser de color blanco, textura harinosa y de tamaño grande, y que se produce únicamente en localidades del Estado de México, Puebla y Tlaxcala. Su centro de origen y distribución se localizan en la Mesa Central, a altitudes mayores de 2 500 m, con la mayor diversidad genética intrarracial localizada en una pequeña área de laderas nor-orientales del Nevado de Toluca, entre los 2 600 y 2 900 m (Ramos, *Op. cit.*)<sup>1</sup>. Por ser un tipo de maíz con un nicho ecológico muy específico, los productores que se dedican a su cultivo son únicos en su género, lo que les permite tener ante sí un amplio mercado a nivel nacional.

En el estudio sobre aspectos socioeconómicos de este maíz en el Estado de México, Avilés y Carrasco (Com.

<sup>1</sup> A Ramos R (2000). Origen y singularidad de la raza de maíz cacahuacintle. Memorias del XVIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitogenética (SOMEFI). Irapuato, Gto. Octubre del 2000.

Personal)<sup>2</sup> detectaron que su cultivo constituye una actividad agrícola importante más rentable que el cultivo del maíz normal.

El grano de maíz Cacahuacintle para la preparación de pozole se comercializa principalmente en dos presentaciones: maíz entero y “despuntado”, que representan 20 y 65 % del volumen total, respectivamente. El maíz entero es absorbido por las agroindustrias que producen grano precocido, en tanto que el “despuntado” es consumido por las amas de casa que gustan del pozole preparado de manera tradicional (Avilés y Carrasco, *Op. cit.*)<sup>2</sup>.

La elaboración del pozole involucra el proceso de nixtamalización con el propósito de remover el pericarpio del grano. Después, el grano que se deja reposar por 14 a 16 h y se lava intensamente para eliminar todo el pericarpio. Posteriormente, la punta o pico puede retirarse manualmente con el fin de reducir el tiempo de cocimiento para el reventado del grano. Este cocimiento se hace sin álcali, ya que el agua de cocimiento constituirá el caldo del pozole.

No obstante, las características que debe poseer el grano de maíz Cacahuacintle para elaborar un buen pozole no son bien conocidas. De manera empírica se considera que el grano debe tener un tiempo corto de cocimiento para reventado, y que una vez reventado no se desbarate, que el caldo no sea muy espeso, que el grano sea blanco y de textura agradable.

Con el fin de identificar fuentes de germoplasma promisorias para estas características, se evaluó un conjunto de 21 colectas de maíz Cacahuacintle seleccionadas por el Programa de Mejoramiento y Rescate de Maíces Criollos de la Universidad Autónoma Chapingo, como representativas de esta raza. En ellas se determinaron diversos caracteres morfológicos y anatómicos del grano con el fin de relacionarlos con la calidad pozolera del mismo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las 21 colectas de maíz Cacahuacintle se seleccionaron entre 80 materiales recolectados inicialmente, a las cuales el Programa Interdisciplinario de Rescate y Mejoramiento de Maíz Cacahuacintle (PIRMMC), determinó como las más sobresalientes en aspectos agronómicos y de mayor variabilidad en las características de mazorca y gra-

no. Las claves de colecta de estas accesiones se muestran en el Cuadro 1.

*Cuadro 1. Colectas de maíz Cacahuacintle bajo estudio, identificadas con la clave de acceso en el Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.*

ARR 1	ARR 16	ARR 22	ARR 41	ARR 74	ARR 89	ARR 95
ARR 11	ARR 17	ARR 36	ARR 52	ARR 75	ARR 90	ARR 112
ARR 15	ARR 19	ARR 37	ARR 64	ARR 87	ARR 93	ARR 113

## Caracteres morfológicos

Las características de la mazorca se midieron con base en el Manual de Descriptores para Maíz (CIMMYT, 1991). La forma y tamaño del grano se determinaron de manera visual, en grupos de 5 a 7 granos tomados al azar. Dichos grupos se ubicaron en las categorías: redondeada, alargada, triangular, globosa y apastillada; estas dos últimas formas se establecieron en función del grosor del grano. Dentro de la forma catalogada como globosa, la magnitud de esta característica fue expresada indirectamente por medio de una escala denotada por cruces, en la que un mayor número de cruces indica una forma más globosa.

## Características físicas

Las variables físicas fueron: Peso de mil granos (PMG), determinada en 100 granos pesados en balanza semianalítica, y el resultado se multiplicó por 10; Peso hectolítrico (PH), medido con el método 84-10 del AACC (1972); Densidad, que se evaluó según lo descrito por Kniep y Mason (1989); Espesor de pericarpio (EP), para cuya determinación el grano se remojó en agua caliente, y con un bisturí se retiró el pericarpio, mediante cortes laterales, desde el ápice a la corona; luego con un vernier se midió el grosor (en  $\mu\text{m}$ ), de cinco capas de pericarpio puestas una sobre la otra, y las capas fueron tomadas de la cara del grano opuesta a la ubicación del germen (Salinas, Com. personal)<sup>3</sup>; Porcentaje de pericarpio (PP), determinado en 25 granos sanos que se remojaron en agua caliente ( $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) durante 30 min, y luego con un bisturí se separó el pericarpio del resto del grano. Las fracciones de pericarpio y grano se colocaron en cajas de aluminio para humedad y se pusieron en estufa a  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante. El PP se obtuvo de la relación entre el peso seco de pericarpio y el peso seco de grano multiplicado por 100; Color del grano (CG), la medición del color se obtuvo en porcentaje de luminosidad de la harina de grano

<sup>2</sup> M Avilés y C Z M T Carrasco (2000). Costos de producción y comercialización del maíz Cacahuacintle en Santa María Nativitas, municipio de Calimaya, Estado de México. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Económico-Administrativas. Universidad Autónoma Chapingo. 93 p.

<sup>3</sup> Y Salinas M (2000). Antocianinas en el grano de maíces criollos mexicanos. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 102 p.

crudo, medida con un colorímetro "AGTRON" (M-500 A, San José, C.A.).

### Variables de calidad de cocimiento

#### Tiempo de cocción, porcentaje de granos reventados y volumen de expansión

Se nixtamalizaron 50 g de grano durante 20 min a ebullición, con 0.7 % de cal y una relación agua:grano de 2:1. El tiempo de nixtamalización se estableció en función del índice de flotación que presentaron las muestras, que fue en todos los casos de 100 %. El tiempo de nixtamalización se consideró a partir de que la mezcla comenzó a ebullición. Una vez nixtamalizadas, las muestras se dejaron reposar de 14 a 16 h y transcurrido este tiempo se descartó el caldo de cocimiento ("nejayote") y el nixtamal se lavó con agua corriente hasta eliminar todo el pericarpio. Cada muestra de grano nixtamalizado se separó en dos submuestras de igual número de granos; a los granos de una de ellas se les quitó el pedicelo con ayuda de un bisturí (grano "despuntado"). Luego se pesó el grano de cada submuestra y se midió su volumen con una probeta de 250 mL.

Cada submuestra se depositó en un vaso de precipitados con 140 mL de agua y se sometió a cocción a temperatura de ebullición. El tiempo de cocción para reventado (TCR) se midió a partir del inicio de la ebullición y se suspendió cuando al tomar cinco granos de la muestra, tres de ellos ya estaban "floreados" o "reventados", momento en que se consideró que al menos 50 % del total de granos habían cumplido con dicha característica. Las muestras se dejaron enfriar para separar a los granos del caldo de cocimiento. Se contabilizó el número total de granos reventados y el volumen de dichos granos. También se midió el volumen del caldo de cocimiento. El volumen de expansión (VE) se calculó como la diferencia entre el volumen inicial (grano nixtamalizado) y el volumen final (grano "reventado").

#### Pérdida de sólidos

El caldo de cocimiento se aforó con agua a un volumen constante para todas las muestras, y luego de homogenizar se tomó una alícuota de 15 mL que se depositó en un vaso de precipitados de 25 mL (el cual fue previamente puesto a peso constante), y se colocó en la estufa a 60 °C por espacio de 14 a 16 h. Una vez fuera de la estufa, la muestra se dejó enfriar en un desecador, para posteriormente ser pesada en balanza analítica. Por diferencia de pesos se calculó el porcentaje de pérdida de sólidos. Esta determinación incluye tanto los sólidos solubles como los suspendidos.

### Viscosidad del caldo de cocción

Se midió con el viscosímetro de Ostwald, en el caldo de cocción sobrante del análisis anterior. El caldo se calentó unos minutos, para facilitar su filtrado que se realizó con papel filtro (Whatman No. 42) y con bomba de vacío. De la muestra filtrada se pusieron 5 mL en el viscosímetro y se registró el tiempo que tardó el líquido en pasar a través de la burbuja del viscosímetro. Las mediciones se hicieron por triplicado, y se tomó como referencia al tiempo en que el agua a 26 °C pasa por la burbuja y, que en este caso fue de 96 s. El resultado se expresó en términos de viscosidad relativa, al dividir el tiempo de la muestra entre el tiempo del agua.

### Caracteres anatómicos

La microtecnia usada en la obtención y tinción de los cortes se hizo en el Laboratorio de Botánica Estructural del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. Se aplicó sólo en muestras seleccionadas que presentaron características contrastantes en calidad pozolera, que fueron las colectas ARR 11 y 87. Estas dos colectas son de grano globoso y redondeado, pero con tiempos de reventado muy diferentes. Los cortes del tejido y observaciones al microscopio se efectuaron en el grano entero y endospermo, para comparar visualmente el espacio poroso. La metodología de estos análisis fue la descrita por Espinosa (Com. Personal)<sup>4</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracteres morfológicos de mazorca y grano

Sólo las colectas ilustradas en el Cuadro 2 fueron evaluadas en forma de mazorca, debido a que el resto fue donado en forma de grano. Las formas básicas observadas fueron cónica y cilíndrica, con un número de hileras que varió desde 8 hasta 18, en donde la colecta 87 presentó el menor número y la 95 el mayor. Estas dos colectas representaron los extremos en el tamaño de grano.

Es preferible que las mazorcas destinadas a la obtención de grano despuntado sean de forma cilíndrica para aprovechar los granos de la base y punta, con el mayor número posible de hileras que permitan conservar el tamaño y forma del grano deseado, y que las hileras sean lineales o regulares. Para la obtención de maíz precocido, las características deseables de la mazorca son las mismas

<sup>4</sup> M G Espinosa O (1992). Anatomía del desarrollo de la semilla de *Hippocratea celastroides*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 69 p.

que para grano despuntado, excepto que las hileras pueden ser irregulares, ya que la mazorca se va a desgranar.

Cuadro 2. Características morfológicas de mazorca en maíz Cacahuacintle\*.

Variedad	Forma	Núm. de hileras	Disposición de hileras	% de olote	Longitud (cm)
ARR 74	Cónica	12-14	Lineales	12.09	14.5 -15
ARR 75	Semicónica	12-14	Lineales	9.75	16.0
ARR 87	Semicilíndrica	8-12	Lineales	10.78	10 - 11.5
ARR 93	Cilíndrica	10-12	Irregulares	11.75	14 - 16.5
ARR 95	Cilíndrica	12-18	Irregulares	15.8	18.5

\*Promedio de tres mazorcas.





De los maíces evaluados, 81 % se ubicó en las formas redondeada globosa y redondeada, que es la forma caracte-

rística de esta raza (Wellhausen *et al.*, 1951), por lo que es posible que las colectas con grano apastillado triangulado y alargado apastillado no sean colectas puras de Cacahuacintle (Cuadro 3).

### Características físicas

En el Cuadro 4 se presentan los valores máximos, mínimos y promedios y coeficientes de variación para las variables físicas de las 21 colectas analizadas. El mayor coeficiente de variación se registró en el peso de mil granos (PMG) y en el porcentaje de pericarpio (PP), en tanto que el color de grano y peso hectolítrico mostraron la menor variabilidad.

Cuadro 3. Identificación y clasificación de las colectas por su forma del grano.

Forma del grano†		Representación	Número de variedad (ARR)
<b>Redondeado Globoso</b> ††	<b>XX</b>		17, 11, 22, 41, 1
	<b>X</b>		95, 93, 74, 90, 75, 87
<b>Redondeado</b>			15, 37, 52, 64, 89, 112
<b>Apastillado triangulado</b>			16, 36
<b>Alargado apastillado</b>			19, 113

†La corona del grano determinó el carácter globoso y apastillado; ††Las "X" se usaron para denotar grado de globosidad en el grano, Dos "X" denota un grano más globoso que una "X".

Cuadro 4. Valores máximo, mínimo, y promedio, y coeficiente de variación, de las características físicas del grano entero.

Parámetros	Colecta	PMG	Colecta	Ph	Colecta	Color	Colecta	EP	Colecta	PP
Valor máximo	ARR 17	804	ARR 15	64.4	ARR 64	86	ARR 17	110.0	ARR 74	6.1
Ajustar valor mínimo	ARR 87	393	ARR 75	56.6	ARR 87	80	ARR 75	92.65	ARR 36	4.7
Valor promedio de las 21 colectas		552		60.4		83.4		106.5		5.4
CV (%)		5.7		0.5		1.1 <sup>8</sup>		2.7		4.8

PMG= peso de mil granos (g); Ph = peso hectolítrico (kg/hL); Color (% de reflectancia); EP= espesor de pericarpio (µm); PP = porcentaje de pericarpio; CV: Coeficiente de variación.

El maíz Cacahuacintle fue de grano grande y globoso, de textura harinosa y color blanco, lo que se ve reflejado en los promedios de las colectas evaluadas. La densidad verdadera promedio de todas las colectas fue de  $1.07 \text{ g mL}^{-1}$ , valor que es inferior al de los maíces dentados que varía de  $1.28$  a  $1.30 \text{ g mL}^{-1}$  (Salinas y Pérez, 1997).

Todas las colectas tuvieron grano blanco, pero los valores de reflectancia de sus harinas crudas mostraron diferentes grados de blancura, con valores que fluctuaron de  $86$  a  $80 \%$  de reflectancia (Cuadro 4). El carácter harinoso del grano de maíz Cacahuacintle hace que los valores de reflectancia, que expresan el color del grano, sean elevados. Dentro de maíces blancos tipo dentado la reflectancia más alta se observa en maíces con mayor proporción de endospermo harinoso (Salinas *et al.*, 1992).

El color del grano de maíz depende de los colores del pericarpio, aleurona, y del endospermo. En la preparación del pozole a partir de grano no procesado, el pericarpio es removido durante la nixtamalización y lavado del grano; por tanto, el color del grano en el pozole dependerá del tono que la capa de aleurona adquiera durante la nixtamalización. Esta estructura permanece en el grano después de la nixtamalización (Paredes-López y Saharópulos, 1982) y adquiere una tonalidad amarillenta por la presencia del hidróxido de sodio añadido para facilitar la remoción del pedicelo. En el caso del maíz precocido, en el cual se emplean cantidades elevadas de álcali para remover el pericarpio y pedicelo, el color del grano es sumamente amarillo, por lo que se hace necesario el uso de blanqueadores (Pineda, Com. Personal)<sup>5</sup>, ya que el consumidor prefiere el grano blanco.

### Variables de calidad de cocimiento

#### Tiempo de cocimiento para reventado (TCR)

En el grano entero se presentaron TCR mayores que en grano despuntado. El rango de tiempo en grano entero fue de  $140$  a  $262 \text{ min}$ , en tanto que en grano despuntado fue de  $120$  a  $218 \text{ min}$  (Figura 1). En ambas modalidades de grano, entero y despuntado, se observó variabilidad del TCR entre colectas. Las variedades ARR 11 y 93 presentaron los TCR más bajos en grano entero, y las variedades ARR 36 y 37 los tiempos más largos. Las primeras dos accesiones son de grano grande y de forma redondeada globosa, en tanto que las dos restantes presentaron una forma apastillada triangulada (36) a redondeada (37). Se-

gún los productores de maíz Cacahuacintle de la región de Calimaya, Méx., los granos más grandes y redondos son los mejores para el pozole. Los resultados de este trabajo confirman que los granos redondeados globosos son los que requieren menor tiempo de cocimiento para el reventado, que es una variable de calidad del maíz pozolero.

No se observó una relación clara entre el tamaño del grano, expresado por medio del peso de  $1000$  granos, y el TCR en grano entero. Las colectas ARR 17 y 87 representan los extremos en la variable PMG, con TCR de  $210$  para la 17, y  $236 \text{ min}$  para la 87. La primera presentó el segundo peso hectolítrico más alto del total de muestras evaluadas ( $63.2 \text{ kg hL}^{-1}$ ), y una densidad verdadera de  $1.09 \text{ g mL}^{-1}$ ; la colecta ARR 87 también presentó un PH elevado ( $62.4 \text{ kg hL}^{-1}$ ) y una densidad verdadera de  $1.11 \text{ g mL}^{-1}$  (datos no mostrados), de manera que la diferencia en el peso del grano entre muestras se debe verdaderamente al tamaño del grano, y no a su densidad.

Aunque las cuatro colectas consideradas son de endospermo harinoso, la menor densidad verdadera del grano en las colectas ARR 11 y 93, denota un mayor espacio poroso, lo que podría permitir una mejor penetración y distribución del agua durante el cocimiento del grano. La región harinosa en el endospermo del grano de maíces tipo dentado se caracteriza por presentar un mayor espacio poroso que en la parte vítrea, debido a que la cantidad de cuerpos de zeína que conforman la matriz proteínica que rodea a los gránulos de almidón es menor a la que se observa en la fracción vítrea (Watson, 1987).

La reducción del TCR por efecto del despunte del grano no fue homogénea entre las colectas evaluadas. En algunas como ARR 11 y ARR 17, la diferencia entre el TCR en grano entero y despuntado fue sólo  $20 \text{ min}$ , en tanto que en colectas como ARR 15 llegó a ser de hasta  $103 \text{ min}$ . Las colectas en las que la diferencia del TCR entre grano entero y despuntado es pequeña ( $20$ - $30 \text{ min}$ ), la práctica de despunte podría considerarse como innecesaria.

El porcentaje de granos reventados (PGR) se vio favorecido por el despunte, en la mayoría de las colectas evaluadas, excepto en ARR 15, 37 y 112, en las cuales el mayor porcentaje se presentó en grano entero (datos no mostrados). Las colectas ARR 15 y ARR 37 presentaron las más altas diferencias entre el TCR para grano entero y despuntado. Posiblemente el tener un TCR tan elevado en el grano entero contribuyó a que un mayor número de granos reventaran, aun cuando el criterio para suspender el cocimiento fue el mismo para todas las muestras.

<sup>5</sup> S Pineda R (2003). Estandarización del proceso de elaboración de grano precocido para pozole. Tesis de Licenciatura. Depto. de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. 55 p.

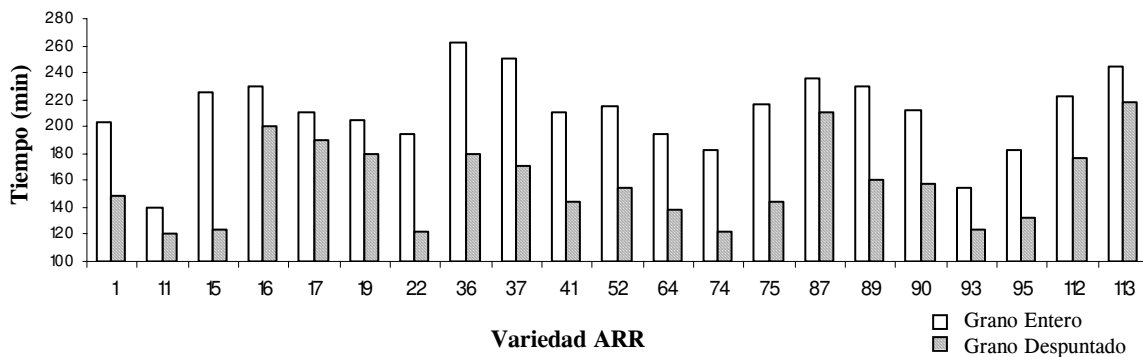


Figura 1. Tiempo de cocimiento para reventado del grano entero y despuntado en 21 colectas de maíz Cacahuacintle.

El volumen de expansión del grano reventado también se mejoró con la práctica del despunte. En ARR 16, 19, 37 y 113, el volumen de expansión del grano entero fue igual o mayor que el del grano despuntado. En colectas como ARR 11, 36, 74, 87 y 93, se tuvo un incremento notable del volumen de expansión con el despunte del grano.

En maíz palomero se tienen bien identificadas cuáles son las características que están asociadas con mayores volúmenes de expansión; entre ellas destaca la integridad del pericarpio (Hoseney, 1991). Sin embargo, los procesos que rigen la expansión del grano en ambos maíces es diferente. El grano de maíz Cacahuacintle que se pone a cocer para reventar, ya no posee pericarpio sino sólo la capa de aleurona, por lo que es posible que esta estructura sea la responsable de mantener la presión ejercida por el agua dentro del grano; así, al alcanzar determinada presión por incremento de la temperatura y llenado máximo de los espacios porosos, ocurre la explosión del grano.

#### Pérdida de sólidos y viscosidad del caldo de cocimiento

Estas dos variables mostraron un comportamiento similar entre los dos tipos de grano procesados, entero y despuntado (Figura 2). El rango de valores para VC en grano entero fue de 1.18 a 1.40 %, en tanto que para grano despuntado se ubicó entre 1.19 a 1.52 %.

Para la variable PS el rango de valores también fue muy cercano, pues en grano entero los valores fueron de 1.78 a 3.73 %, y para grano despuntado de 2.25 a 3.67 %. Estos valores de PS son inferiores a los que se observan en el licor de cocimiento del grano nixtamalizado, que llegan a ser de 8 a 12 %, cuando el grano se procesa comercialmente (Pflugfelder *et al.*, 1988), y de 3 a 6.7 % cuando se procesa a nivel laboratorio (Salinas y Arellano, 1989). El componente más importante de la PS en el caldo de co-

cimiento o nejayote, es el pericarpio del grano (Pflugfelder *et al.*, 1988), pero en el caso del caldo de cocimiento del pozole el pericarpio ya no está presente, por lo que los sólidos podrían estar formados por proteínas solubilizadas, almidón y fragmentos de granos reventados.

Al inicio del trabajo se postuló que la mayor pérdida de sólidos estaría asociada con una mayor viscosidad de caldo. Sin embargo, esta condición sólo fue cierta para el grano entero, en donde las variables PS y VC mostraron una correlación positiva y significativa ( $r=0.579$ ). En cambio, en el grano despuntado la correlación entre estas variables fue de sólo 0.220 y no fue significativa. Este resultado podría deberse a que la medición de viscosidad se llevó a cabo en el caldo de cocimiento filtrado, de modo que en la evaluación de esta variable los sólidos suspendidos no participaron, pero sí fueron cuantificados en la PS como parte de los sólidos totales.

Para un mejor entendimiento de la relación que guardan la VC y PS será necesario que en futuros trabajos se cuantifiquen por separado los sólidos solubles y los sólidos suspendidos en el caldo del pozole.

#### Caracteres anatómicos

Los resultados encontrados en esta parte del estudio deben tomarse en forma preliminar y deberán confirmarse en trabajos posteriores, ya que los granos procesados por microtecnia provinieron de una cosecha distinta a la de los granos empleados en la evaluación de calidad, debido a que parte de las colectas que se destinaron a la evaluación de calidad fueron sembradas en Chapingo, Méx. durante el ciclo primavera-verano de 1997, para poder tener muestras de grano que pudieran ser procesados cuando alcanzaran la madurez fisiológica y realizar con éstos los estudios anatómicos.

Se seleccionaron las colectas ARR 11 y 87 porque presentaron valores contrastantes en el tiempo de cocimiento para reventado del grano. Al comparar la capa de aleurona presente en ambas, se apreciaron diferencias en el tamaño de sus células. En la ARR 87 el grosor de las paredes externas de la capa de aleurona y de la cutícula que las cubre es mayor que las de las células de la capa de aleurona de la muestra ARR 11 (Figura 3, secciones A y B). Es posible que las características de la cutícula desarrollada entre las paredes del pericarpio interno y las células de la capa de aleurona (Kiesselbach y Walter, 1952), tenga alguna relación con la velocidad de reventado de los granos.

Paredes-López y Saharópulos (1982) encontraron, por medio de microscopia electrónica de barrido, que el proce-

so de nixtamalización afectó de diferente manera la parte harinosa y córnea del maíz dentado amarillo; además observaron que la organización intracelular de los granos de almidón de la región harinosa del endospermo resultó más alterada que la región córnea, cuyos granos de almidón casi conservaron su organización dentro de cada célula del endospermo. El maíz Cacahuacintle es de endospermo 100 % harinoso, por lo que la velocidad de migración del agua durante el cocimiento debiera ser similar entre muestras con el mismo tipo de endospermo. Sin duda es necesario hacer más estudios de la participación de los caracteres anatómicos del grano de maíz Cacahuacintle sobre las variables que determinan la calidad pozolera de este maíz harinoso.

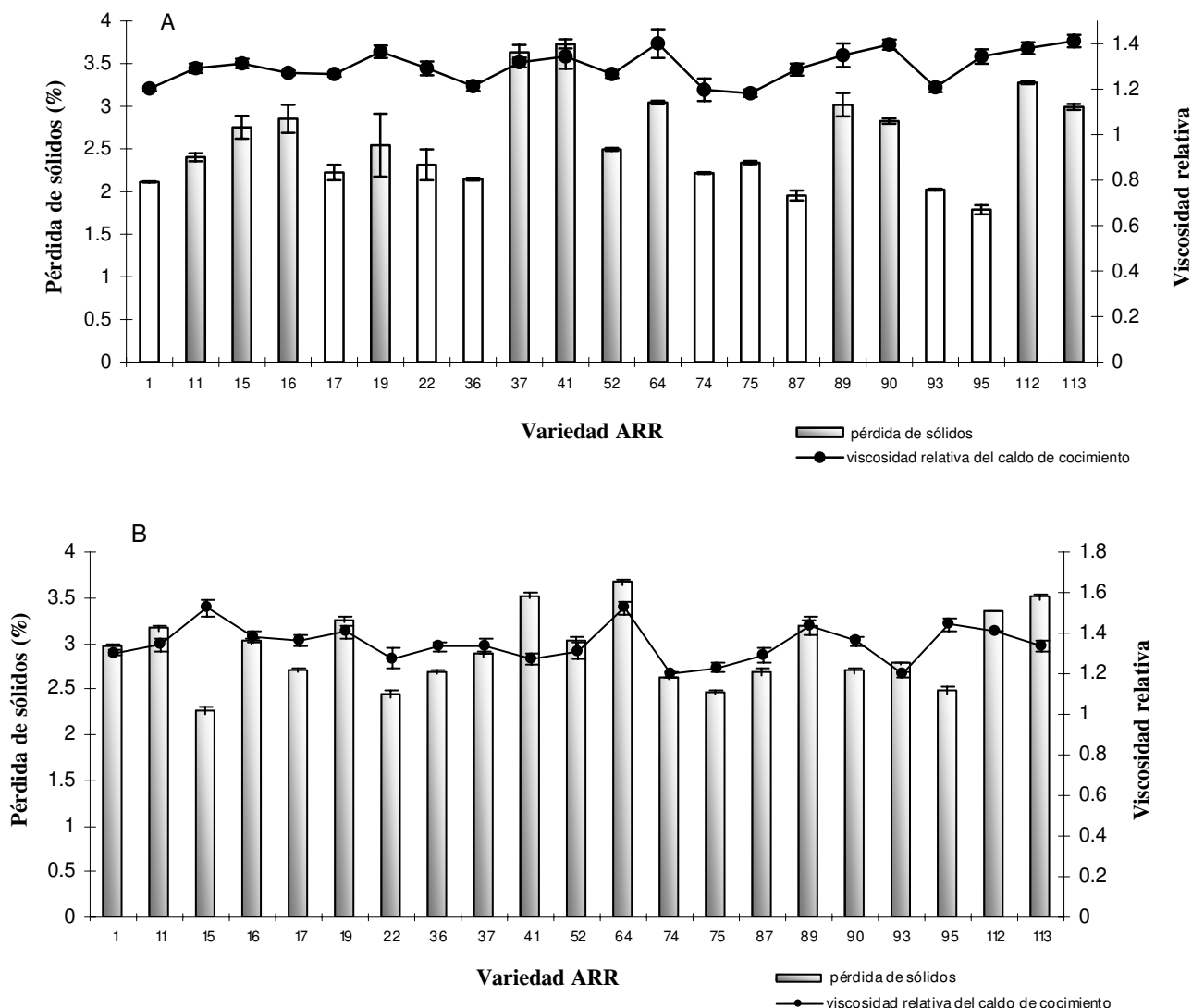


Figura 2. Pérdida de sólidos y viscosidad de caldo en grano reventado entero (A) y despuntado (B). Las barras de error corresponden a la desviación estándar de dos o tres observaciones.

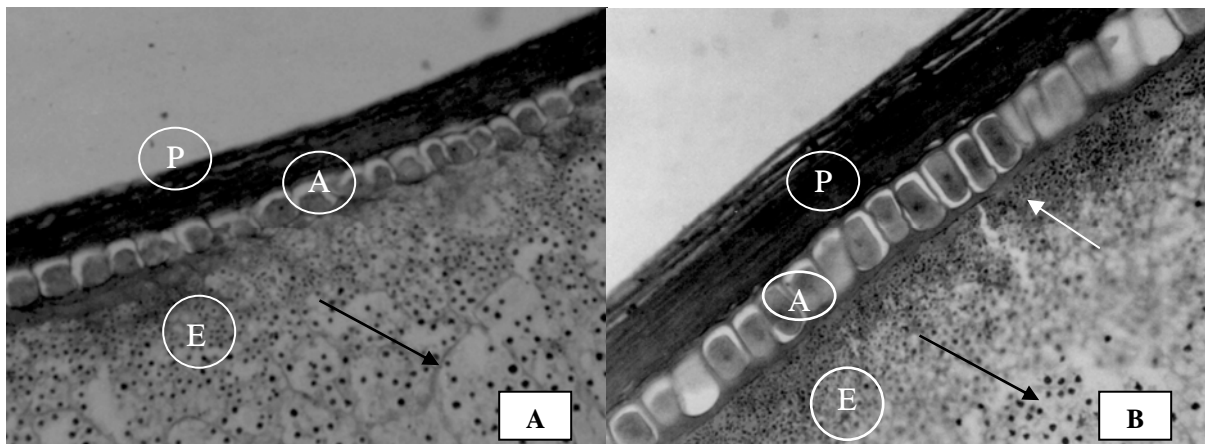


Figura 3. Cortes medianos de la región distal (corona) del grano de *Zea mays* raza Cacahuacintle, teñidos con safranina-verde rápido. A corresponde a una muestra de la accesión 11 y B a una muestra de la accesión 87. Nótese como el grosor del pericarpio (P) y el tamaño de las células de la capa de aleurona (A) de la muestra 87 son mayores comparados con las mismas estructuras de la muestra 11. En la muestra 87 hay una zona de las células del endospermo que se tiñe de rojo, posiblemente debido a la presencia de alguna sustancia fenólica. A = Capa de aleurona; E = Endospermo; P = Pericarpio; Flecha negra = granos de almidón; Flecha blanca = zona del endospermo que se tiñe con safranina de color rojo. Aumento=100 X.

## CONCLUSIONES

Se identificaron cuatro formas de mazorca en las colectas evaluadas: cónica, semicónica, cilíndrica y semicilíndrica, con hileras lineales en las dos primeras e hileras irregulares en las dos últimas.

Las formas generales de grano en las colectas de maíz Cacahuacintle fueron: apastillado triangulado, alargado apastillado, redondeado y redondeado globoso; las formas dominantes fueron las dos últimas, en cuyas categorías se ubicó 81% de los maíces.

La forma del grano y su densidad verdadera son características que se relacionan con el tiempo de cocimiento para reventado. Las colectas de grano grande y con forma redondeada globosa fueron las de mejor calidad pozolera.

El despunte del grano acorta el tiempo de cocimiento para reventado e incrementa el porcentaje de granos reventados, pero aumenta la pérdida de sólidos en el caldo de cocimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

American Association of Cereals Chemists (AACC) (1972) Approved Methods of the AACC. The Association. 7th. Edition. St. Paul. Minnesota.

- CIMMYT. (1991) Descriptores para maíz. International Board for Plant Genetic Resources. Rome. 87 p.
- Hoseney R C (1991) Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 321 p.
- Kiesselbach T A, E R Walker (1952) Structure of certain specialized tissues in the kernel corn. Amer. J. Bot. 39:561-569.
- Knip K R, S C Mason (1989) Kernel breakage and density of normal and opaque-2 maize grain as influenced by irrigation and nitrogen. Crop Sci. 29:158-163.
- Paredes-López O, M E Saharópolus (1982) Scanning electron microscopy studies of limed corn kernels for tortilla making. J. Food Technol. 87:687-693.
- Pflugfelder R L, L W Rooney, R D Waniska (1988) Dry matter losses in commercial corn masa production. Cer. Chem. 65:127-132.
- Salinas M Y, J L Arellano V, F Martínez B (1992) Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para Valles Altos. Arch. Latinoam. Nutr. 42(2):161-167.
- Salinas M Y, P Pérez H (1997) Calidad nixtamalera-tortillera en maíces comerciales de México. Rev. Fitotec. Mex. 20:121-136.
- Salinas M Y, J L Arellano V (1989) Calidad nixtamalera-tortillera de híbridos de maíz con diferente tipo de endospermo. Rev. Fitotec. Mex. 12:129-135.
- Watson A S (1987) Structure and composition. In: Corn: Chemistry and Technology. A S Watson, P E Ramstad (eds). Amer. Assoc. Cereal Chem. St. P. Minnesota, USA. pp:53-81.
- Wellhausen E J, L M Roberts, E Hernández X, P C Mangelsdorf (1951) Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. In: Xolocotzia. Obras de E Hernández X. Rev. Geografía Agrícola. Tomo II. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. pp:609-732.