

**COMPARACIÓN DE POBLACIONES DE MAÍZ CRIOLLO Y CRIOLLO
MEJORADO CON BASE EN ATRIBUTOS FÍSICOS Y DE CALIDAD DE
GRANO**

EDITH DE LA CRUZ GONZÁLEZ

TESIS

**Presentada como requisito parcial para
obtener el grado de:**

**MAESTRO EN TECNOLOGÍA
DE GRANOS Y SEMILLAS**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**COMPARACIÓN DE POBLACIONES DE MAÍZ CRIOLLO Y CRIOLLO
MEJORADO CON BASE EN ATRIBUTOS FÍSICOS Y DE CALIDAD DE
GRANO**

TESIS

POR:

EDITH DE LA CRUZ GONZÁLEZ

**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y
aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:**

MAESTRO EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

COMITÉ PARTICULAR:

Asesor principal: _____
Ph.D. Norma Angélica Ruiz Torres

Asesor: _____
Ph.D. Froylán Rincón Sánchez

Asesor: _____
M.C. Federico Facio Parra

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de posgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre de 2008.

AGRADECIMIENTOS

A la “**Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por el aprendizaje que me permitió alcanzar una meta más en mi vida.

Al personal del **Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas**, por transmitirme sus conocimientos y la amistad que me brindaron.

A la **Ph. D. Norma Angélica Ruiz Torres**, por permitirme colaborar en su trabajo de investigación, por orientarme en la conducción y realización del presente trabajo pero sobre todo por su amistad.

Al **Ph. D. Froylán Rincón Sánchez**, por sus observaciones y la asesoría en la realización de este trabajo.

A la **M. C. Federico Facio Parra**, por su enseñanza y por la revisión del presente trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por el apoyo económico otorgado durante mis estudios de maestría.

A la **L.C.Q. Magdalena Olvera Esquivel** por el apoyo en la realización del presente trabajo y por su amistad.

DEDICATORIAS

Doy gracias a Dios, por darme la vida, por darme la fuerza para seguir siempre adelante luchando por mis metas y nunca dejarme vencer ante las adversidades por regalarme la mejor familia.

Con amor y admiración al Ing. **Angel Mendoza Hernández** por ser mi compañero de la vida, gracias por tu amor, por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles, te amo.

A mis padres: Aldegunda González Angeles y Victoriano de la cruz Martínez, por ser los mejores y estar conmigo incondicionalmente, gracias porque sin sus enseñanzas no estaría aquí ni sería quien soy ahora.

A mis hermanos Nestor, Daniel e Imelde por creer y confiar siempre en mí, apoyándome en todas las decisiones que he tomado en la vida.

A mi hermana **Fabiola** gracias por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida.

A todos y cada uno de mis amigos y compañeros de la maestría, especialmente a los de mi generación Zaira, Juanita, Lupita, Victor y a mi mejor amigo Eduardo por su amistad y el apoyo durante mi estancia en la universidad.

COMPENDIO

Comparación de poblaciones de maíz criollo y criollo mejorado con base en atribuciones físicos y de calidad de grano

POR

EDITH DE LA CRUZ GONZÁLEZ

MAESTRÍA

TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUANAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE DE 2008.

Ph. D. Norma A. Ruiz Torres -asesor-

Palabras claves: *Zea mays* L., población, caracterización, índice de flotación, calidad de grano.

Los objetivos del presente trabajo fueron: caracterizar las poblaciones de maíz criollo y criollo mejorado con base a atributos físicos y calidad de grano, así como determinar los cambios ocurridos en la población criolla por efecto del mejoramiento genético. La evaluación se llevó a cabo en dos poblaciones 1) Población Jagüey y 2) Población Selección Precoz. Se realizaron tres estudios: 1) Evaluación y caracterización de atributos físicos de la mazorca; 2) Dureza de grano y 3) Calidad de grano a través de, el equipo óhmico. Para el análisis de

los estudios 1 y 2 se utilizó un diseño completamente al azar y en el estudio 3 se realizó una correlación simple de Pearson. Los resultados mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$), entre poblaciones en los atributos físicos de la mazorca, siendo superior la población Selección Precoz en tres de los nueve atributos evaluados PMAZ, LMAZ, DOLO. Con respecto a la dureza de grano, la población Jagüey presentó mayor índice de flotación. En contraste entre atributos físicos se obtuvo correlación positiva y significativa para PSEM y PMAZ; HIL con las variables PMAZ, PSEM y DESG; LMAZ con PMAZ y PSEM; la variable DMAZ con PMAZ, PSEM y HIL; DOLO con PMAZ, PSEM, LMAZ, DMAZ y negativa con DESG; correlación positiva entre PMILS y PMAZ, PSEM, LMAZ, DMAZ y DOLO. Dentro de las variables determinadas con el equipo óhmico, solo se presentó correlación positiva entre RT y CAA, y TF con TI. La población Selección Precoz presentó atributos superiores en las variables PMAZ, LMAZ, DMAZ en comparación a la población Jagüey, atribuyéndose estas diferencias al germoplasma mejorado en la Selección Precoz. En cuanto a la dureza de grano, en la población Selección Precoz 73 familias se clasificaron con endospermo muy duro y 15 como duro, en cambio, en la población Jagüey catorce familias se encontraron dentro de la categoría de endospermo muy duro, 37 duros, 22 intermedios y 6 suaves; siendo estas dos últimas las más aptas para la elaboración de tortillas, debido a que requirió menor tiempo de cocción.

ABSTRACT

**Comparison of a landrace and an improved maize landrace populations
based on physical attributes and grain quality.**

BY:

EDITH DE LA CRUZ GONZÁLEZ

MASTER

GRAIN AND SEED TECHNOLOGY

ANTONIO NARRO AGRARIAN AUTONOM UNIVERSITY

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DECEMBER OF 2008

Ph. D. Norma A. Ruiz Torres. Asesor.

Key words: Zea mays L., population, characterization, flotation index, grain quality.

The objectives of this research work were: To characterize a landrace and an improved maize landrace population based on physical attributes and grain quality, and to determine the changes occurred in the landrace population due to the breeding effect. The evaluation was carried out in two maize populations: 1). Jagüey (landrace) and 2). Early Selection Population (ESP). Three studies were conducted: 1). Evaluation and characterization of physical ear attributes; 2). Determination of grain strength and 3). Grain quality using the Ohmic equipments.

For the first and the second studies, a completely randomized design was used; in the third one a simple Pearson correlation was made. The results showed significant differences ($P < 0.01$) between populations for ear physical attributes; being superior the ESP in three out of nine attributes (Ear weight (PMAZ), ear length (LMAZ), and cob diameter (DOLO)). In relation to grain strength, the Jagüey Population showed higher flotation index. In contrast, there was a positive and significant correlation among physical attributes: seed weight (PSEM) and PMAZ; HIL with PMAZ, PSEM and DESG; LMAZ with PMAZ and PSEM; DMAZ with PMAZ, PSEM and HIL; DOLO with PMAZ, PSEM, LMAZ, DMAZ, and a negative correlation with DESG; a positive correlation was found between PMILS and PMAZ, PSEM, LMAZ, DMAZ and DOLO. In the Ohmic study, there was a positive correlation between RT and CAA, and TF with TI. The Early Selection population showed superior attributes for PMAZ, LMAZ and DMAZ, in contrast to the Jagüey population, due to the bred germplasm in ESP. In relation to the grain strength, 73 families in ESP were classified as very hard and 15 as hard endosperm. In the Jagüey Population, 15 families showed very hard endosperm, 37 were hard grains, 22 intermediate and 6 soft; being the last ones the optimal to make tortillas, due to the least baking time.

CONTENIDO

	Pág.
ÌNDICE DE CUADROS	xi
ÌNDICE DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Material genético	14
Experimento 1. Evaluación y caracterización de atributos físicos de la mazorca	15
Experimento 2. Dureza de grano	17
Índice de flotación	17
Experimento 3. Calidad de grano por medio del equipo óhmico	19
Preparación y cocimiento del maíz	19
Elaboración de harina instantánea	19
Capacidad de absorción de agua (CAA)	19
Elaboración de tortillas	20
Pérdida relativa de peso de la tortilla durante el cocimiento (PP)	20
Rendimiento de masa (RM)	21
Rendimiento de tortilla (RT)	21
Temperaturas de gelatinización obtenidas a partir del cocimiento a través del equipo Óhmico.	22
Análisis estadístico	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
Experimento 1. Evaluación y caracterización de atributos físicos de la mazorca.	24
Experimento 2. Estudio de dureza de grano	30

Experimento 3. Estudio de calidad de grano	34
Análisis de correlación	34
CONCLUSIONES	38
LITERATURA CITADA	39

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 2.1 Relación que existe en el índice de flotación con la dureza de grano y el tiempo de cocción del grano de maíz.	12
Cuadro 4.1 Cuadrados medios de los análisis de varianza para atributos físicos de la mazorca de dos poblaciones, Jagüey y Precoz.	25
Cuadro 4.2 Comparación de medias para atributos físicos de grano de maíz de dos poblaciones Jagüey y Precoz, evaluadas en la localidad de El Mezquite.	27
Cuadro. 4.3 Coeficiente de correlación simple de los atributos físicos y calidad de grano de dos poblaciones de maíz, población Jagüey y población Precoz	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1. Temperatura inicia y temperatura final de gelatinización.	22
Figura 4.1. Dureza de grano determinado por medio del índice de flotación de maíz en la población Jagüey	33
Figura 4.2. Dureza de grano determinado por medio del índice de flotación de maíz en la población Precoz	33

INTRODUCCIÓN

El maíz es un cereal con amplia diversidad de uso, además de su consumo en forma de harina en la alimentación humana, puede ser usado en la alimentación animal, como el principal componente en las raciones de aves. En la industria este cereal puede ser transformado en varios subproductos.

El maíz en forma de tortilla es un componente básico en la dieta alimenticia del pueblo mexicano, debido a que es un acompañante frecuente en los platillos de la gastronomía, sin embargo el consumo per cápita ha disminuido en los últimos años de 2000 a 2007 se redujo de 90 a 70 kg, lo que representa una disminución de 22 % (FIRA, 2008). La tortilla provee 38.8 % de proteínas, 45.2 % de calorías y 49.1 % de calcio en la dieta diaria de la población mexicana, mientras que en las zonas rurales proporciona aproximadamente el 70 % del total de las calorías y el 50 % de las proteínas ingeridas diariamente (González *et al.*, 1997).

Actualmente hay interés por mejorar el rendimiento y la calidad de la semilla, sin embargo las semillas mejoradas han tenido poca aceptación por agricultores

mexicanos, por su alto precio y porque requiere continuamente de insumos, además, difícilmente pueden igualar los resultados que obtienen cuando adaptan ciertos insumos, prácticas e instrumentos, en el uso de semillas criollas.

En el proceso de selección y mejoramiento del maíz se debe elevar la calidad de las tortillas, así como el rendimiento. En el campo Mexicano algunas variedades criollas no ha sido posible desplazarlas por híbridos o variedades mejoradas más rendidores, debido a que no producen tortillas o alimentos de la misma calidad.

Considerando la problemática anterior profesores investigadores del Programa de Recursos Fitogenéticos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y productores de maíz criollo del Sur de Nuevo León y Sureste de Coahuila han desarrollado trabajos de mejoramiento genético con la finalidad de mejorar sus materiales en cuanto a rendimiento y atributos de calidad del grano.

En esta investigación se planteó como objetivos: 1) caracterizar las poblaciones de maíz criollo (Jagüey) y criollo mejorado (Precoz) con base a atributos físicos y de calidad de grano, y 2) determinar los cambios ocurridos en la población

criolla por efecto del mejoramiento genético. La hipótesis propuesta fue “la Población Precoz presenta características de la mazorca y de calidad de grano superiores a los de la población criolla Jagüey”.

REVISIÓN DE LITERATURA

México es uno de los países más importantes en el consumo de maíz, debido a una tradición que se ha desarrollado en este cultivo y al constituir la base fundamental de la alimentación de la población tanto urbana como rural. Existen diversos productos que incluyen en una forma u otra derivados del maíz, dentro de algunos procesos se pueden mencionar el grano de maíz de molienda seca, la cual consiste principalmente en separar la constitución física y anatómica del grano; mediante este proceso se obtiene el endospermo en forma entera, quebrada o en harina que son utilizados principalmente como hojuelas de maíz y cereales (Álvarez, 2006).

Por otra parte, la molienda húmeda se utiliza como método para la obtención del almidón, los subproductos principales son el gluten y el germen. La calidad del grano de maíz está asociado tanto con su constitución física (textura y dureza), como con su composición química que lo define el valor nutricional y las propiedades tecnológicas (Alfaro *et al.*, 2004).

Últimamente ha incrementado la demanda de esta gramínea destinado al proceso vía industrial, lo que ha provocado que las características de calidad de grano sean importantes tanto en los programas de mejoramiento genético como en el proceso industrial; los rasgos morfológicos y fisiológicos del maíz mexicano se relacionan con la selección del medio, pero también existe interés para fijar características deseables de calidad de grano para la industrialización (Vázquez *et al.*, 2004).

El nivel y la uniformidad de la calidad del grano de maíz empleado como materia prima son de suma importancia para obtener un producto final de calidad. Las características de calidad de grano son determinadas por factores genéticos y por condiciones de producción, así como el manejo que se le de; entre las características mas relevantes se encuentran: tipo de maíz usado como semilla, dureza del endospermo, color del pericarpio y olote, facilidad que pierde el pericarpio durante el cocimiento, así como el tamaño del grano (Almeida y Rooney, 1996).

El grano de maíz esta constituido principalmente por almidón (80 %), proteínas (10 %), lípidos (4.5 %) y fibra cruda (3.5 %), también de componentes

minoritarios como azúcares libres, minerales y vitaminas (2 %) (Jugenheimer, 1981).

Las propiedades intrínsecas del maíz, así como las de otros cereales, tales como contenidos de almidón, grasa y proteína, afecta tanto el rendimiento como la calidad de sus productos y puede relacionarse directamente con los valores de su uso final (Hurburgh, 1989).

El almidón del grano de maíz es fuente de energía dentro de los alimentos, es un polisacárido de glucosa que se encuentra en forma de gránulo, consta de dos fracciones, de amilosa y la amilopectina que son moléculas de glucosa unidas por enlace glucosídicos (1-4), que en número de 2 moléculas forman la maltosa. La amilopectina contiene más o menos 40,000 moléculas de glucosa, es la fracción más grande del almidón.

El almidón de cada grano difiere en la proporción en que se encuentran estos dos polisacáridos; para el caso de maíz se encuentra 27 % de amilosa y 73 % de amilopectina, la funcionalidad de almidón se debe por estos dos polisacáridos componentes de alto peso molecular, así como a la organización

física de estas moléculas dentro de la estructura del grano (Biliaderis, 1991). Los estudios de la relación estructura-función han determinado el comportamiento del almidón cuando los alimentos son procesados y almacenados.

Las propiedades funcionales de los productos elaborados a partir de maíz son reguladas principalmente por el almidón, a diferencia de lo que ocurre en los fabricados con cereales como el trigo, en los que las características del producto están dadas por las proteínas, principalmente (Serna *et al.*, 1990).

En los gránulos de almidón ocurre un fenómeno importante denominada gelatinización esto sucede en la mayoría de los procesos alimentarios, los gránulos de almidón absorben agua a medida que hay un incremento en la temperatura y forman una solución viscosa o un gel, dependiendo de la cantidad de agua presente. Este fenómeno se caracteriza por pérdida del orden de la cristalinidad dentro de los gránulos de almidón, manifestando cambios irreversibles en algunas propiedades como la pérdida de birrefringencia, original (Karaptansios *et al.*, 2000). Los cambios en los gránulos del almidón contribuyen a las propiedades de los alimentos, tales como textura, viscosidad y retención de agua o humedad.

Salinas *et al.* (2003) realizó un estudio sobre la modificación de la proporción de amilosa: amilopectina en el almidón de harinas nixtamalizadas de maíz en las características reológicas de harina y la calidad de tortilla, en la que se utilizaron dos harinas comerciales y otra obtenida mediante el método tradicional, con diferentes proporciones de amilosa: amilopectina, el aumento en la proporción de amilosa en las harinas propició el incremento en la temperatura de inicio de gelatinización, y reducción del desarrollo de viscosidad y ausencia de pico de viscosidad máxima.

El punto inicial de gelatinización y el intervalo bajo la cual ocurre, se encuentra relacionada principalmente por la concentración de almidón, el método de análisis empleado, el tipo de gránulo y la heterogeneidad de los gránulos, la temperatura a la cual el almidón empieza a sufrir estos cambios se denomina temperatura de gelatinización; está varía de acuerdo al origen del almidón (Mauricio, 2001).

Los cambios que sufre el almidón gelatinizado de un estado amorfo a un estado cristalino más ordenado se denominan retrogradación, y es propiciado por la reasociación de las moléculas de amilosa del almidón, la cual se caracteriza por

un incremento gradual de la rigidez del alimento, además causa cambios drásticos en las características de los alimentos (Gaytán, 2004).

Mauricio *et al.* (2000) señalan que los maíces que tienen baja capacidad de absorción de agua, se pueden usar para la elaboración de tostadas, pero que presentan un bajo rendimiento de tortilla debido a la gran pérdida de peso durante el cocimiento, ya que los maíces aptos para la elaboración de tortillas presentan textura suave y temperatura de gelatinización baja.

La viscosidad se define como la oposición de un fluido este fenómeno sucede cuando el almidón es calentado, provocando un cambio en el comportamiento en la suspensión a medida que los gránulos del almidón se hinchan propiciando la formación de un gel esta se ve acompañada por un gran incremento en la viscosidad relativa. Este parámetro es apto para describir la resistencia a la deformación y la consistencia. Es indudable que tanto a los proveedores así como a los usuarios, les interesa conocer la calidad del almidón y el comportamiento del fluido para predecir el uso final que se le vaya a dar (Zobel, 1984).

Otras propiedades que también afectan el rendimiento y la calidad de los productos de maíz son el peso de 1000 granos, su susceptibilidad al rompimiento, su dureza de grano, y su capacidad de absorción de agua (Paulsen, 1985). El peso del grano se determina en una muestra de número conocido y posteriormente se calcula el de mil semillas (Moreno, 1996).

El peso de mil granos es un indicador del tamaño del grano. La prueba es importante ya que el tamaño del grano está relacionado con los rendimientos de la molienda; la industria molinera prefiere los granos uniformes y grandes ya que contienen una mayor proporción de endospermo. Esta prueba no es un indicador preciso de ningún atributo de calidad del grano, aunque el peso del grano sigue siendo un factor importante ya que en general los defectos de calidad esta asociada con bajo peso no se refleja en ninguna otra categoría de las clases oficiales (Freeman, 1973).

El maíz con bajo peso tiene generalmente un bajo porcentaje de endospermo duro y por consiguiente produce bajo rendimiento en la elaboración de sus productos. La proporción relativa de endospermo córneo y harinoso en un grano de maíz esta asociada a la textura del endospermo, la cual influye sobre el

potencial de almacenamiento, las características de procesamiento y las propiedades durante la cocción (Kirleis *et al.*, 1984).

Por su parte Salinas *et al.* (1992), menciona que la calidad del maíz para la preparación de tortillas se determina por las características del grano, dentro de las cuales se destacan la dureza, relacionada con la proporción del endospermo harinoso o cristalino. Esta se encuentra asociada en forma directa con otras variables como: peso hectolítrico, densidad y contenido de proteína.

La dureza del maíz y por consecuencia el tiempo de cocimiento esta relacionada con el índice de flotación, esto se debe al tipo de almidón en el grano de maíz. Los granos duros presentan un endospermo más denso y los maíces suaves presentan un endospermo harinoso; en los primeros predominan las moléculas de amilopectina y en los suaves las de amilosa (Boyer y Shannon, 1987).

La evaluación de la dureza de los cereales incluyen métodos tanto destructivos como no destructivos la determinación de la densidad por el desplazamiento de etanol (Kniep y Mason 1989) o el índice de flotación en soluciones salinas son

métodos no destructivos (Felker y Paulis, 1993). La determinación de dureza en los granos de maíz es un parámetro importante para predecir la calidad industrial del maíz y el destino final del mismo.

Por su parte Gómez (1993), menciona que la dureza de grano determina en gran medida el tiempo de nixtamalización requerido por un maíz para obtener una masa con características de calidad adecuada para la preparación de tortilla, de manera que los maíces duros requieren tiempos de cocimiento más prolongados mientras que los maíces suaves necesita un lapso de tiempo menor. Como se muestra en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Relación que existe en el índice de flotación con la dureza de grano y el tiempo de cocción del grano de maíz.

Granos flotantes	Dureza	Tiempo de cocción (min)
0-12	Muy duros	45
13-37	Duros	40
38-62	Intermedios	35
63-87	Suaves	30
88-100	Muy suaves	25

De acuerdo a la norma NMX-FF-034/1-SCFI-2002 15/18

En los maíces duros, el acceso del agua y los agentes gelatinizantes hacia el gránulo de almidón se dificulta más que en los maíces suaves, por encontrarse embebidos en una densa matriz proteica y completamente rodeados por numerosos cuerpos de zeína, lo que le confiere al endospermo una estructura sólida y compacta (Watson y Ramstad, 1987).

El contenido de humedad del maíz, también es elemento importante de su composición química, influye en la composición, en los cambios de calidad durante el almacenamiento y elaboración, y en su valor económico. El maíz con humedad elevada, de textura blanda, se deteriora con facilidad durante el almacenamiento, mientras que el cereal con niveles bajos de humedad se quiebra (Pomeranz *et al.*, 1986).

MATERIALES Y MÉTODOS

La semilla se obtuvo de un trabajo realizado en campo que se llevó a cabo en la localidad de El Mezquite, perteneciente al municipio de Galeana, N.L., este se ubica a los 24° 49' de latitud norte 100° 05' de longitud oeste, a una altitud de 1890 msnm. La precipitación total anual es de 429.8 mm y la temperatura media anual es 15.8 °C.

Las pruebas físicas y de calidad de grano se realizaron en los laboratorios del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) y de Genética del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Material genético

Población (Jagüey): Su mazorca es del tipo cónico, dentado, adaptada a condiciones de estrés y bajos niveles de fertilizantes.

Población criolla mejorada (Selección Precoz): Se obtuvo a partir de la cruce y selección de la población criolla, con características de precocidad.

Se evaluaron 80 familias de hermanos completos de la población Jagüey y 100 familias de hermanos completos de la población Selección Precoz.

Experimento 1. Evaluación y caracterización de atributos físicos de la mazorca.

Después de la cosecha de campo se seleccionaron tres mazorcas de cada parcela de las dos poblaciones Jagüey y Selección Precoz, cuyas variables evaluadas fueron las siguientes:

- **Número de hileras en la mazorca:** se contaron el número de hileras presentes en la mazorca.
- **Longitud de la mazorca:** se midió en centímetros desde la base de su inserción en el pedúnculo hasta su ápice.
- **Diámetro de la mazorca y olote:** se midió con un Vernier en centímetros en la parte central tanto de la mazorca como el de olote.
- **Peso de la mazorca:** se pesó cada mazorca de manera individual y se reportó su peso en gramos ajustando al 12 por ciento de la humedad.
- **Peso de las semillas:** una vez desgranada cada una de las mazorcas se reportó su peso en gramos, ajustando al 12 por ciento de la humedad.

- **Peso de mil semillas:** se pesaron 2 repeticiones de 50 granos seleccionados al azar de cada una de las muestras con una balanza de 0.01 gramos; posteriormente se calculó el peso de 1000 granos. Con la siguiente fórmula.

$$pmils = (p50s1 + p50s2) * 10$$

- **Por ciento de desgrane total en la mazorca:** una vez obtenidos los valores de peso de semilla y el peso de mazorca, se calculó el por ciento de desgrane con la siguiente fórmula.

$$Desgrane = (Psem / Pmaz) * 100$$

Donde: Psem = peso de semilla y Pmaz = peso de la mazorca.

- **Humedad del grano:** Para determinar la humedad del grano, se llevó a cabo por medio del secado en estufa, a una temperatura de 130°C por un periodo de una hora. Se pesó cada una de las cajas de aluminio en una balanza de tres decimales y se identificaron cada una de las cajas de aluminio, se taró y se le agregó la muestra de maíz hasta cubrir el fondo.
- Se hicieron dos repeticiones de cada muestra, posteriormente se colocaron cada una de las cajas conteniendo el maíz destapadas en la estufa, a una temperatura de 130°C, el tiempo de secado comenzó desde que la estufa alcanzó nuevamente la temperatura de 130°C.

- Las cajas se mantuvieron en la estufa una hora, después de este periodo de tiempo, se colocaron a cada una de las cajas las tapas de aluminio (dentro de la estufa) con la ayuda de guantes y pinzas. Posteriormente, se colocaron las cajas el desecador por cinco minutos para enfriarlas y se procedió a pesar cada una sin destaparla.

La humedad del grano se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Hum = \left[\frac{PH - PS}{PH} \right] * 100$$

Donde: Hum = humedad del grano; PH = peso de la muestra húmeda;

PS = peso seco de la muestra.

Experimento 2. Dureza de grano.

Índice de flotación

En el Laboratorio de Fisiología y Bioquímica del CCDTS, se realizó la prueba de índice de flotación de las dos poblaciones, Jagüey y la Población Precoz.

Este método se basa en el principio de que los granos duros son de mayor densidad y por consiguiente tales granos flotan en menor cantidad que los granos de menor densidad, en la solución de nitrato de sodio.

Esto se llevó a cabo en una solución de nitrato de sodio de 300 ml ajustada a 1.25 g/ml de densidad previamente preparada, se introdujeron 100 granos limpios libres de impurezas, separando los granos por medio de un agitador de vidrio, después de un minuto se contaron el número de granos que flotaron en la solución.

Para obtener una solución al 1.25 de densidad se ajustó a una concentración de nitrato de sodio del 41 %, sin embargo ésta concentración puede variar de acuerdo a la pureza del reactivo, se empleó un volumen de 300-350 ml de agua destilada contenidos en un vaso de 600 ml.

El índice de flotación se calculó con la siguiente fórmula:

$$IF = \left[\frac{\text{granos que flotaron}}{\text{total de granos}} \right] * 100$$

El índice de flotación nos permitió la discriminación del material, de cada una de las poblaciones se seleccionaron quince familias de acuerdo a la dureza de grano y posteriormente se evaluaron la calidad de grano de acuerdo al tiempo de gelatinización con el equipo óhmico.

Experimento 3. Calidad de grano por medio del cocimiento Óhmico

Preparación y cocimiento del maíz

Se molió cada una de las muestras en un molino de café marca Braun, la muestra molida se cribó en un tamiz. Del material pasado a través del tamiz se tomaron siete gramos y se mezcló con 4.9 ml de agua destilada, la mezcla que se obtuvo fue colocada en el interior de una celda de nylamine, posteriormente fue sometida a cocimiento óhmico con un voltaje constante de 70 V hasta alcanzar una temperatura de 120°C. Con este método se obtuvo la temperatura de gelatinización y la energía total de cocción de cada uno de los materiales.

Elaboración de harina instantánea

Después de someter la muestra a cocimiento óhmico se deshidrató en una estufa a 60 ° C por 12 horas, las muestras deshidratadas se molieron en un molino.

Capacidad de absorción de agua (CAA)

Este parámetro se obtuvo de la siguiente manera: se pesó la harina instantánea obtenida del cocimiento Óhmico, se agregó agua con una bureta mezclando manualmente hasta obtener una consistencia adecuada, que se definió tomando una porción de la masa oprimiéndola con las manos, y se observó si presentaba aberturas; si no las había era indicativo de que la masa tenía consistencia adecuada para elaborar las tortillas, en caso contrario se seguía

agregando agua hasta que la masa no mostrara tales aberturas. La capacidad de absorción de agua se reportó en litros de agua por kilogramo de tortilla. Esta se obtuvo con la siguiente fórmula.

$$CAA = \left(\frac{\text{ml de agua absorbida}}{\text{g de harina}} \right)$$

Elaboración de tortillas

Al obtener la masa con una buena consistencia, con una tortilladora manual se elaboró una tortilla de la que se contaron círculos de tortillas de 2.5 cm de diámetro y 1.2 mm de espesor, se cocieron en un comal a una temperatura de 280 grados centígrados durante un periodo de tiempo de 30 segundos por una cara, posteriormente se volteó y se dejó por 25 segundos por la otra cara, para formar la capa delgada. Antes de someterla a cocimiento se registró el peso de cada de las tortillas.

Pérdida relativa de peso de la tortilla durante el cocimiento (PP)

Se pesó cada una de las tortillas después de que obtuvieron la temperatura ambiente, se utilizó datos de peso de la tortilla antes de cocer y el peso de la

tortilla después de cocer; la pérdida relativa de peso que la tortilla sufrió durante el cocimiento.

Esto se obtuvo a partir de la siguiente fórmula.

$$pp = \left(\frac{PT1 - PT2}{PT1} \right) * 100$$

Donde PP = pérdida de peso relativo de la tortilla durante el cocimiento; PT1= peso de la tortilla antes del cocimiento; PT2= peso de la tortilla después del cocimiento.

Rendimiento de masa (RM)

Este parámetro es el resultado de sumar el peso de la harina obtenida después del cocimiento óhmico más el peso del agua necesaria para llevar la mencionada harina a un estado óptimo para la elaboración de tortillas. Se calculó con el valor obtenido en la capacidad de absorción de agua sumándole una unidad.

$$RM = CCA + 1$$

Donde: RM = rendimiento de masa; CAA = capacidad de absorción de agua.

Rendimiento de tortilla (RT)

Es el peso de las tortillas obtenidas a partir de cierta cantidad de harina.

Se calculó basándose en la siguiente fórmula:

$$RT = RM * \left(1 - \left(\frac{PP}{100} \right) \right)$$

Donde: RT = rendimiento de tortilla; RM = rendimiento de masa; PP = pérdida de peso.

Temperaturas de gelatinización obtenidas a partir del cocimiento a través del equipo Óhmico.

De cada una de las muestras se derivó la intensidad de corriente obteniendo de esta forma la temperatura inicial, y la temperatura final de gelatinización; así como la corriente necesaria para cocer una cantidad determinada de harina para cada una de las muestras de las dos poblaciones (Jagüey y Precoz).

Proceso de cocimiento óhmico

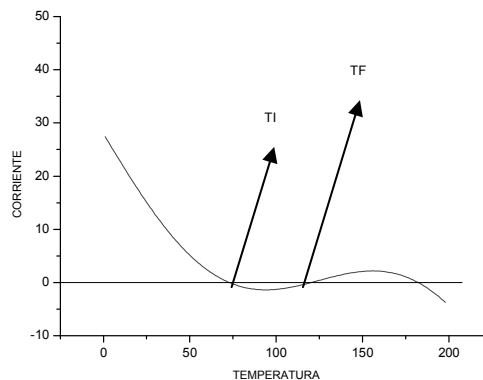


Figura 3.1. Temperatura inicia y temperatura final de gelatinización.

Análisis estadístico

Para el análisis de los materiales en estudio, se utilizó un diseño completamente al azar, cuyo modelo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1 \dots \tau$; i = Poblaciones

Donde:

Y_{ij} = Respuesta en la j – ésima unidad experimental con la población i – ésima;

μ = Media general; τ_i = Efecto de la i – ésima población y ε_{ij} = Error experimental en la i – ésima población.

Los datos de las variables evaluadas se procesaron con el paquete estadístico SAS (2004). Para la fuente de variación que resultó significativa estadísticamente, se efectuó la correspondiente comparación de medias a través de la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) ($\alpha \leq 0.01$). Además se llevó a cabo una correlación simple de Pearson con la finalidad de analizar la asociación entre los atributos físicos y calidad de grano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presenta los resultados y su interpretación de tres estudios: Experimento 1. Evaluación y caracterización de atributos físicos de la mazorca; Experimento 2. Dureza de grano; Experimento 3. Calidad de grano por medio del cocimiento óhmico.

Experimento 1. Evaluación y caracterización de atributos físicos de la mazorca.

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza y las significancias de nueve atributos físicos evaluados en poblaciones Jagüey y selección Precoz. Destacando diferencias significativas ($P < 0.01$) entre las poblaciones para las variables peso de mazorca (PMAZ), desgrane (DESG), longitud de la mazorca (LMAZ) y el diámetro de olote (DOLO). Las diferencias que se muestran indican que el mejoramiento genético que se ha llevado a cabo en la población criolla, ocasionó las diferencias entre las poblaciones Jagüey y población Precoz. Sin embargo, en peso de semilla (PSEM), número de hileras (HIL), diámetro de mazorca (DMAZ), peso de mil semillas (PMILS) y en el contenido de humedad (HUM), el comportamiento fue similar de las dos poblaciones en estudio.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios de los análisis de varianza para atributos físicos de la mazorca de dos poblaciones, Jagüey y Precoz.

F.V	G.L.	PMAZ (g)	PSEM (g)	DESG (%)	HIL	LMAZ (cm)	DMAZ (mm)	DOLO (mm)	PMILS (g)	HUM (%)
POB	1	9620.57 **	2753.61 ns	0.04 **	13.28ns	27.57 **	31.67 ns	648.98 **	2881.45 ns	2.15 ns
Error	511	1411.52	1112.40	0.00	2235.55	3.31	15.13	9.17	2920.53	658.85
C.V.	%	20.99	21.25	3.55	13.96	13.16	8.26	2.67	14.85	13.07

** = Nivel de significancia al 0.01 de probabilidad. ns = no significativo. FV = Fuente de variación; gl = Grados de libertad; PMAZ = Peso de mazorca (g); PSEM = Peso de semilla (g); DESG = Desgrane; HIL = Hileras de mazorca; LMAZ = Longitud de mazorca (cm); DOLO = Diámetro de olote (mm); PMILS = Peso de mil semillas (g); HUM = Humedad del grano.

En la comparación de medias de las dos poblaciones (Cuadro 4.2), se encontró que hay diferencias en algunos de los atributos físicos evaluados. En cuanto al carácter peso de mazorca (PMAZ) la población Selección Precoz presentó 182.95 g, y la población Jagüey obtuvo 174.26 g, existiendo en este caso una diferencia entre poblaciones de 8.69 g. Respecto a esta variable Viera (2004), considera de suma importancia dicho carácter debido a que está directamente relacionado al rendimiento de la cosecha; el mismo autor al evaluar 12 cultivares de maíz y maíces criollos obtuvo como resultado en los maíces criollos un promedio de 81.47 g (PMAZ), siendo superior en los demás cultivares. Así mismo Uribe (2006) al evaluar 10 genotipos de maíces encontró resultados similares.

Con respecto a la variable desgrane de mazorca (DESG) se considera de gran importancia, debido a que puede ocasionar grandes pérdidas de grano en la cosecha, en este sentido la población Precoz obtuvo 0.86 % de desgrane, mientras que la población Jagüey presentó 0.88 %, siendo ligeramente mayor pero estadísticamente superior.

Cuadro 4.2. Comparación de medias para atributos físicos de grano de maíz de dos poblaciones Jagüey y Precoz, evaluadas en la localidad de El Mezquite.

POB	PMAZ (g)	PSEM (g)	DESG (%)	HIL	LMAZ (cm)	DMAZ (g)	DOLO (mm)	PMILS (g)	HUM (%)
Jagüey	174.26 b	154.39 a	0.88 a	15.15 a	13.57 b	47.30 a	22.69 b	366.47 a	8.61 a
Precoz	182.95 a	159.04 a	0.86 b	14.83 a	14.03 a	46.81 a	24.94 a	361.71 a	8.74 a
Media	178.93	156.89	0.87	14.98	13.82	47.04	23.90	363.91	8.68
DMS	6.53	5.80	0.00	0.36	0.31	0.67	0.52	9.96	0.19

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. PMAZ = Peso de mazorca (g); PSEM = Peso de semilla (g); DESG = Desgrane; HIL = Hileras de mazorca; LMAZ = Longitud de mazorca (cm); DOLO = Diámetro de olote (mm); PMILS = Peso de mil semillas (g); HUM = Humedad del grano.

Para la variable longitud de la mazorca (LMAZ), la población Selección Precoz fue estadísticamente superior a la población Jagüey, con 14.03 y 13.57 cm, respectivamente. Resultados similares obtuvieron Hernández y Esquivel (2004) al encontrar poca variación en dicho carácter; esta información se corrobora por Salazar (1996) al evaluar variedades, híbridos y maíces criollos en los estados Apure, Portuguesa y Barinas. Mani *et al.* (2000) señala que las variables número de hileras en la mazorca, peso de grano de mazorca, tienen herabilidad alta (mayor a 55 %), mientras lo correspondiente a la longitud de mazorca es baja (15 %). Esta variable es importante en la determinación del rendimiento de grano debido al que al tener una mayor longitud de mazorca incrementa el rendimiento.

Para diámetro de olote, la población Precoz mostró 24.94 mm superando estadísticamente a población Jagüey, que presentó menor diámetro con solo 22.69 mm.

El carácter diámetro de mazorca está directamente relacionado con la longitud de la mazorca y es un buen parámetro para medir el rendimiento. Estos dos parámetros están determinados por factores genéticos y ambientales. Si los factores ambientales son adversos afectará el tamaño de la mazorca en

formación, y por consiguiente se obtendrán menores diámetros de mazorcar, lo que al final repercute en bajos rendimientos. En este sentido la Población Precoz presentó 46.81 mm, mientras que la Población Jagüey presentó un diámetro de mazorca de 47.30 mm, como se puede observar la diferencia entre las dos poblaciones fue mínima.

Para la variable peso de mil semillas no hubo diferencias entre las poblaciones, por el contrario Antonio *et al.* (2004), encontró diferencias significativas al evaluar 24 variedades de maíz criollo teniendo como resultados que las variedades denominadas 13 y 24 fue de mayor valor 45.0 y 46.3 g, y las de menor fueron la 10 y 16, con 40.1 y 38.5, respectivamente.

En general la población Precoz presentó mayor peso y longitud de mazorca, diámetro de olote y menor porcentaje de desgrane, en comparación a la población Jagüey (original). Los resultados indican un beneficio en cuanto al mejoramiento aplicado a la población original.

Experimento 2. Estudio de dureza de grano

La evaluación de dureza de grano se realizó por medio del índice de flotación, para la cual se presentan a continuación dos figuras que muestran el comportamiento de las poblaciones Jagüey (80 familias de hermanos completos) y Selección Precoz (100 familias de hermanos completos). En la Figura 4.1 se observa el comportamiento que presentó la población Jagüey, cuyo rango de índice de flotación fue de 0 a 72.0, indicando variación en dureza de grano, esto se relaciona directamente con el tipo de endospermo y por consiguiente con el tiempo de cocción. Quince familias mostraron ser de endospermo muy duro, requiriendo 45 min para su cocción. Por otra parte, 37 familias mostraron un índice de flotación con un rango de 13 a 37, requiriendo 40 min para cocción, clasificándose como endospermo duro. Dentro de la categoría de dureza intermedia, se ubicaron 22 familias, con un índice de flotación de 38 a 62. Seis familias mostraron un tiempo de cocción de 30 min, ya que el rango de índice de flotación fue de 63 a 72 los cuales se ubican dentro de endospermo suave (norma NMX-FF-034/1-SCFI-2002 15/18). Lo anterior coincide con lo reportado por Sánchez *et al.* (2007) al evaluar 12 híbridos de maíz, 6 normales y 6 QPMs encontraron que el índice de flotación y peso hectolítrico, son parámetros asociados con dureza de grano. Además el índice de flotación y dureza grano son variables de interés por ser indicativos del tiempo de cocción, debido a que la industria harinera prefiere maíces de

dureza intermedia y suave para reducir los costos al disminuir el tiempo de cocción. Los granos para elaborar tortillas deben presentar dureza intermedia, para producir atoles y pinoles se caracterizan por tener menor dureza gravedad específica, los granos palomeros son de mayor gravedad específica, pequeños y duros, los granos empleados para botanas son más largos y duros (Mauricio *et al.*, 2004).

Respecto a la población Selección Precoz (Figura 4.2), 74 familias presentaron un rango de índice de flotación de 0.0 a 12.5, esto es con endospermo muy duro y tiempo de cocción de 45 min, 15 resultaron de 13.0 a 29.5 considerándose grano duro con un tiempo de cocción de 40 min. En un rango de 39.0 a 44.0 se ubicaron 3 familias, con una clasificación intermedia, y 2 familias con grano suave cuyo rango fue de 71.5 a 75.0. Narváez *et al.* (2007a) al analizar 71 razas de maíz con textura suave encontraron que mas del 90 % de los gránulos de almidón con diámetro mayores de 12 μm se encuentran en el endospermo suave y 85 % de gránulos menores a 12 μm se localizan en el endospermo duro, mientras que en razas de textura dura 71 % de gránulos de almidón menores de 12 μm en su endospermo suave y 78 % de gránulos mayores que 12 μm en su endospermo duro. En otro estudio de Narváez *et al.* (2007b) concluyeron que los granos duros presentan gránulos de almidón pequeños, mientras que en los granos suaves fueron gránulos grandes; los

gránulos grandes contienen altos niveles de humedad y amilosa aparente, pero bajos niveles de proteína. Por su parte Tester *et al.*, (2004) menciona que los gránulos de almidón están embebidos en una matriz proteica que sirve como material de soporte entre los gránulos y provee la rigidez a la estructura, además Narváez *et al.* (2007) revela que existe una relación entre los aspectos microestructurales del grano como el tamaño del gránulo de almidón con el uso potencial. En este sentido Salinas *et al.* (1992), señala que la capacidad de absorción de agua esta relacionada con la dureza del endospermo, pues en el endospermo duro los gránulos de almidón se agrupan en una red protéica que restringe la absorción de agua.

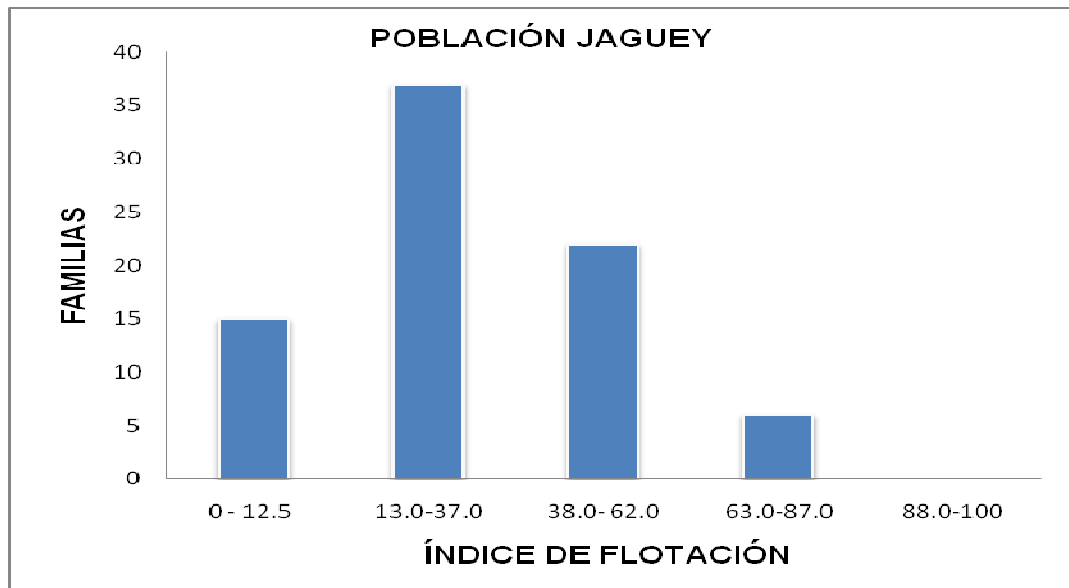


Figura 4. 1. Dureza de grano determinado por medio del índice de flotación de maíz en la población Jagüey.

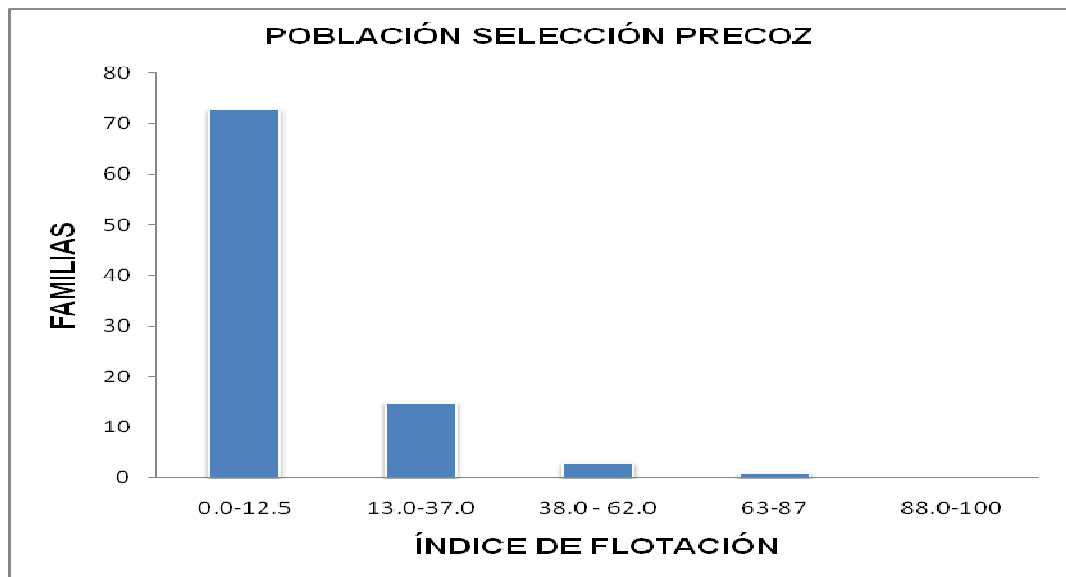


Figura 4.2. Dureza de grano determinado por medio del índice de flotación de maíz en la población Precoc.

Experimento 3. Estudio de Calidad de grano

Análisis de correlación

Las interrelaciones entre los atributos físicos y los de calidad de grano correspondiente a las dos poblaciones (Jagüey y Precoz) se presentan en el Cuadro 4.3, por medio de la correlación simple de Pearson que sirve para medir en términos relativos el grado de asociación entre pares de características de un determinado carácter, se recomienda cuando las unidades de medida de las variables son diferentes.

La variable PSEM mostró correlación positiva y significativa al ($p \leq 0.01$) con PMAZ (0.987), por otra parte la variable HIL obtuvo un correlación positiva y altamente significativa con PMAZ (0.294), PSEM (0.328) y DESG (0.237). Para LMAZ existió una correlación positiva y significativamente con PMAZ (0.751) y PSEM (0.746). Mientras que la variable DMAZ presentó correlación positiva y altamente significativa con PMAZ, PSEM e HIL (0.507, 0.493, 0.351, respectivamente) esto se corrobora con el estudio de Viera (2004) al encontrar correlación positiva en las variables número de hojas, peso de mazorca y número de hileras y Luna *et al.* (2007) en dicha variable observó correlación estadísticamente y positivamente con número de hileras y los componentes del rendimiento NGM y PGM lo cual resulta lógico por tener mayor diámetro;

excepto en las variables DM y PGM aunque se esperaría que a mayor número de granos por mazorca corresponda un menor peso de grano.

El diámetro de olote (DOLO) correlacionó positiva y significativamente con PMAZ, PSEM, LMAZ, DMAZ, sin embargo con la variable DESG fue negativo. La variable PMILS correlacionó positiva y significativamente con PMAZ, PSEM, LMAZ, DMAZ, DOLO y negativa con HIL. Con respecto al IF, se observó una correlación positiva con DESG y HIL y negativa con DOLO. También se presentó correlación positiva y significativa entre la variable RT y CAA. Lo anterior indica que al existir una mayor absorción de agua existe un mayor rendimiento de tortilla. Sin embargo, para obtener un alto rendimiento de tortillas es indispensable que el agua absorbida sea retenida durante la cocción y que exista una baja pérdida de peso (Mauricio *et al.*, 2004). Con respecto a la variable TF correlacionó positiva y significativamente con TI, en este sentido Seetharaman *et al.* (2001) y Chiotelli y Le Meste, (2002) mencionan que los gránulos grandes de los granos suaves gelatinizan a temperaturas más bajas y entalpías más altas que los gránulos pequeños de granos duros, esto puede deberse a un arreglo menos ordenado de las cadenas de polisacáridos en los gránulos pequeños, cuyos cristales podrían ser menos estables; también Martínez *et al.* (1997) con cuerda con estos autores al afirmar que los granos con endospermo duro expresan una alta temperatura de gelatinización y

requieren de un largo tiempo de cocción y son poco apropiados para la elaboración de tortilla mediante el proceso tradicional (masa de maíz nixtamalizado), pero resultan excelentes para la fabricación de harinas instantáneas.

Cuadro. 4.3 coeficiente de correlación simple de los atributos físicos y calidad de grano de dos poblaciones de maíz, población Jagüey y población Precoz.

	PMAZ	PSEM	DESG	HIL	LMAZ	DMAZ	DOLO	PMILS	HUM	IF	CAA	RT	TI	TF
PMAZ		0.987**	-0.072ns	0.294**	0.751**	0.507**	0.498**	0.543**	-0.010ns	-0.129ns	0.074ns	0.063ns	-0.042ns	-0.156ns
PSEM			0.085ns	0.328**	0.746**	0.493**	0.413**	0.523**	-0.004ns	-0.068ns	0.058ns	0.043ns	-0.046ns	-0.131ns
DESG				0.237**	-0.024ns	-0.083ns	-0.531**	-0.132ns	0.039ns	0.383**	-0.207ns	-0.247ns	0.114ns	0.313ns
HIL					0.099ns	0.351**	0.183ns	-0.245**	0.033ns	0.243**	-0.154ns	-0.253ns	0.008ns	0.184ns
LMAZ						0.089ns	0.239**	0.329**	0.045ns	-0.115ns	0.107ns	0.076ns	-0.018ns	-0.136ns
DMAZ							0.602**	0.395**	-0.104ns	0.089ns	-0.099ns	-0.046ns	-0.179ns	-0.213ns
DOLO								0.320**	-0.095ns	-0.304**	0.220ns	0.253ns	-0.223ns	-0.369ns
PMILS									-0.050ns	-0.104ns	-0.130ns	-0.016ns	-0.180ns	-0.287ns
HUM										0.013ns	0.203ns	0.233ns	0.065ns	0.120ns
IF											-0.398ns	-0.249ns	-0.041ns	0.226ns
CAA												0.766**	-0.192ns	-0.303ns
RT													0.306ns	-0.396ns
TI														0.860**
TF														

*, ** = significativa al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; PMAZ = Peso de mazorca (g); PSEM = Peso de semilla (g); DESG = Desgrane; HIL = Hileras de mazorca; LMAZ = Longitud de mazorca (cm); DOLO = Diámetro de olote (mm); PMILS = Peso de mil semillas (g); HUM = Humedad del grano. IF = Índice de flotación; CAA = Capacidad de absorción de agua; RT = Rendimiento de tortilla; TI = Tiempo inicial de gelatinización; TF = Tiempo final de gelatinización.

CONCLUSIONES

Considerando los objetivos planteados en esta investigación y relacionándolos con los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

La población selección precoz fue superior en los atributos PMAZ, LMAZ y DMAZ con respecto a la población Jagüey y en el resto de las variables ambas poblaciones tuvieron un comportamiento similar.

En cuanto a dureza de grano según el índice de flotación, la población selección precoz presentó 73 familias con endospermo muy duro y 15 duros, en cambio, en la población Jagüey 15 familias se encontraron dentro de la categoría de endospermo muy duro, 37 duros, 22 intermedios y 6 suaves; siendo estas dos últimas las más aptas para la elaboración de tortillas debido a que requirió menor tiempo de cocción.

En las poblaciones mostró correlación dentro de los atributos físicos de la mazorca, sin embargo entre los atributos físicos y calidad de grano no existió.

LITERATURA CITADA

- Alfaro Y., V. Segovia., M. Mireles., P. Monasterios., G. Alejos y M. Pérez. 2004. El maíz amarillo para la molienda húmeda. Revista Digital CENIAP Núm. 6. Maracay, Aragua, Venezuela.
- Almeida, H. L. y W. Rooney. 1996. Avances en la manufactura y calidad de productos de maíz nixtamalizado. Seminario de la asociación de soya. México, D.F. Industria alimentaria 6:4-13.
- Álvarez, A. 2006. Aplicaciones del maíz en la tecnología alimentaria y otras industrias. Serie de Informes Especiales de ILSI Argentina. Vol. II: maíz y nutrición. 9 p.
- Antonio M. M., J.L. Arellano V., G. García S., J. A. Mejía C. y F. V. González C. 2004. Variedades criollas de maíz azul raza chalqueño. Características agronómicas y calidad de semilla. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 27 (1): 9-15.
- Avila, U. G. 2006. Estrategias para la producción de semilla de maíz criollo mejorado. Tesis de maestría en tecnología de semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila México. pp. 1-64.
- Biliaderis, C. G. 1991. The structure and interactions of starch with food constituents. Can J. Physiol. Pharmacol. 69: 60-78.
- Boyer, Ch. D. and J.C. Shannon. 1987. Carbohydrates of the kernel. In: Corn chemistry and technology. P.E ed. Am Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN USA, pp. 235-272.
- Chiotelli E. and M. Le Meste. 2002. Effect of small and large wheat starch granules on thermomechanical behavior of starch. Cereal Chem. 779:286-293.
- Felker F., C. and J. W. Paulis, 1993. Quantitative estimation of corn endosperm vireosity by video image analysis. 70: 685-689.
- Freeman J., E. 1973. Quality factors affecting value of corn for wet milling trans. ASAE 16: 671.

- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2008. Análisis del mercado de la tortilla en México. Dirección de Análisis Económico y Sectorial. p. 3
- Gaytán M., M. 2004. Evaluación y validación de métodos para la clasificación de calidad alimentaria en maíces criollos. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México. 144 p.
- González H., J., J. D. Figueroa C., L. Martínez., H. Vargas and F. Sánchez S. 1997. Technological modernization of the alkaline cooking process for the production of masa and tortilla. In: R. Gazzinelli R.L. Moreira, W.N. Rodrigues, (eds). Physics and industrial development: Bridging the gap. Singapore and London. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 126-178.
- Gómez, M. H., K. Lee, J., D. Waniska, R and L. W. Rooney. 1993. Effects of nixtamalization and grinding conditions on the starch in masa. Cereal Foods World. pp 321.
- Hernández C., J. M. y G. Esquivel E. 2004. Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de valles altos de México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 27(1): 27-31.
- Hurburgh, C. R. Jr. 1989. The value of quality to new and existing corn uses. American Society of Agricultural. The society: St. Joseph, MI.
- Jugenheimer, W. R. 1981. Maíz: variedades mejoradas, método de cultivo y producción de semilla. Ed. Limusa, México. 841 pp
- Karaptansions, T. D., E. P. Sakonidou and S. N. Raphaelides 2000. Electrical conductance study of fluid motion and heat transport during starch gelatinizacion J. Food Sci. 65(1): 144-150.
- Kirleis A. W., K. D. Crosby and T. L. Housley. 1984. A method for quantitatively measuring vitreous endosperm area in sectioned sorghum grain. Cereal Chemi. 61(6): 556-558
- Kniep K. R. C. and C. Mason. 1989. Kernel breakage and density of normal and opaque-2 maize grain as influenced by irrigation and nitrogen. Crop Sci. 29: 158-162.

- López H., G. A., J. D. Figueroa C., A. Mendoza G., M. Gaytán M. y J. J. Velez M. 2004. Avances en la evaluación de la dureza en granos de maíz utilizando la técnica de ultrasonido Cinvestav-Unidad Querétaro. IPN. Simposio de metrología.
- Luna F. M., O. Madrid C., A. Lara H., J. Hernández M., M. A. Salas L. y J. I. Alcalá S. 2007. Densidad de plantas en maíces de calidad proteica en condiciones de riego en Zacatecas, México. Investigación científica. Revista nueva epoca Vol. 3 (2): 11
- Mani V. P., N. P. Gupta, G. S. Bisht, R. Singh. 2000. Genetic variance and heritability of some ear traits in prolific maize (*Zea mays l.*). Crop Res. Vol. 20: 217-220.
- Martínez-Flores H. E., F. Martínez B., J. D. Figueroa C., y J. González H. 1997. Tortillas from extruded masa as related to com genotype and milling process. J. Food Sci. 62 (6): 1-4.
- Mauricio S., R.A. J. D. Figueroa C., A. Mendoza. G., M. Gaytan M. y S. Taba S. 2000. Uso final de razas mexicanas de maíz, por medio de sus propiedades fisicoquímicas, térmicas y eléctricas. Memoria XVIII congreso nacional de fitogenetica. Irapuato, Gto. P. 143.
- Mauricio S., R. A. 2001. Caracterización fisicoquímica, térmica y eléctrica de razas mexicanas de maíz y evaluación de sus posibles usos en la industria alimentaria. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, Querétaro, México. 142 p.
- Mauricio S., R. A., J.D. Figueroa C., S. Taba., M. Reyes V., F. Rincón S. y A. Mendoza G. 2004. Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. Rev. Fitotec. Mex. 27(3):213-222.
- Moreno, M. E.1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. D.F. México. 3ª ed. 259 p.
- Narváez-González E. D., J. D. Figueroa C., y S. Taba. 2007a. Aspectos microestructurales y posibles usos del maíz de acuerdo con su origen geográfico. Rev. Fitotec. Mex. 30(3): 321-325.
- Narváez-González E. D., J. D. Figueroa C., S. Taba., E. Castaño T., R. A. Martínez P. 2007b. Efecto del tamaño de almidón de maíz en sus propiedades térmicas y de pastificado. Rev. Fitec. 30(3): 269-277.

- Paulsen M. R. and L. D. Hill. 1985. Corn quality factors effecting dry milling performance. *J. Agri. Eng.* 31:255.
- Pomeranz, Y., Z. Czachajowska, and F.S. Lai. 1986. Comparison of methods for determination of hardness and breakage susceptibility of commercially dried corn. *Cereal Chem.* 63: 39-43.
- Salazar, P. 1996. Evaluación de maíces (*Zea mays* L.) criollos sembrados en los Llanos Occidentales del país. *Memorias de la III Jornada Científica Nacional del Maíz*. Araure, Portuguesa. Venezuela. pp. 23-24.
- Salinas, M. Y., F. Martínez B. y J. Gómez H. 1992. Comparación de métodos para medir la dureza del maíz (*Zea mays* L.). *Archivos latinoamericanos de nutrición*. Vol. 42 (1): 59-63.
- Salinas M. Y., H. Pérez P., J. Castillo M., y A. Alvares. 2003. Amylose: amylopectin Ratio in starch of nixtamalized maize flour and its relationship with tortilla Quality. *Rev. Fitotec. Mex.* 26: 115-121pp
- Sánchez F. C., Y. Salinas M., M. G. Vázquez C., G. A. Velázquez C. y N. Aguilar G. 2007. Efecto de las prolaminas del grano de maíz (*Zea mays* L.) sobre la textura de la tortilla. *Archivos latinoamericanos de nutrición*. Vol. 57(3): 295-301.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS ISTAT 9.1 User is Guide. Cary, NC:SAS Institute Inc. USA. 5121p.
- Seetharaman K., A. Tziotis., F. Borrás., P. J. While., M. Ferrer and J. Robutti. 2001. Thermal and functional characterization of starch from Argentinean corn. *Cereal Chem.* 78:379-386.
- Serna-Saldivar, S. O., Gomez, M. H. and L. W. Rooney. 1990. Technology, chemistry and nutritional value of alkaline cooked corn products. In: *Advances in Cereal Science and Technology*. Pomeranz, (ed.) Am. Assos. Cereal chem. ST. Paul MN. Vol. X: 243-307.
- Secretaría de Economía. 2002. NMX-FF-034/1-SCFI-2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano- cereales-maíz blanco para procesos alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado – especificaciones y métodos de prueba. Dirección General de Normas. SAGARPA. México D. F. 18 p.
- Tester R. F., J. Karlakas and X Qi. 2004. Starch-composition, fine structure and architecture *J. Cereal Sci.* 39:151-165.

- Vázquez, C. G., A. R. Márquez, y F. Márquez S. 2004. Evaluación física, química y tortillera del compuesto pepitilla de maíz. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 13: 117-128.
- Viera A., L. 2004. Caracterización y evaluación de seis híbridos y seis variedades de polinización libre de maíz (*Zea mays L.*) en el Viejo Chinandega. Tesis de Ingeniero Agrónomo en Orientación en Fitotecnia. Universidad Nacional Agraria de Managua, Nicaragua. pp. 3-38.
- Warman A. 1982. El cultivo del maíz en México: Diversidad, Limitaciones y alternativas. Centro de Ecodesarrollo. México, D.F. 132 p.
- Watson, A. S and E. P. Ramstad. 1987. Corn: Chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists. Inc: St. Paul Minnesota. 605 pp.
- Zobel, F.H. 1984. Starch gelatinization and mechanical properties In: Chapter IX. Starch Chemistry and Technology. 2nd Ed. Whistler, R.L Miller J.C and Paschal, E. F. (eds). USA. pp. 285-307.