



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

BIOLOGÍA DEL TEOCINTLE Y EFECTOS DE LA COMPETENCIA CON EL MAÍZ

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

SUSANA SANCHEZ NAVA

COMITÉ DE TUTORES:

M. EN FIT. ARTEMIO BALBUENA MELGAREJO

DR. ANDRÉS GONZÁLEZ HUERTA

DR. ENRIQUE ROSALES ROBLES

EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS, MUNICIPIO DE TOLUCA, MÉXICO, JUNIO DE

2015

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento, reconocimiento, respeto y afecto es para ustedes: M. en Fit.

Artemio Balbuena Melgarejo, Dr. Andrés González Huerta y Dr. Enrique Rosales Robles.

Gracias por guiarme y acompañarme en este camino del conocimiento y la investigación, por siempre compartirme de su tiempo, experiencias y conocimientos y por brindarme siempre su apoyo incondicionalmente; en especial agradezco su paciencia y tolerancia; así como su calidez humana, la cual los distingue y los hace ser unas personas excepcionales e invaluable.

DEDICATORIA

“Con gratitud, admiración, respeto y amor para mis adorados padres:

Petra Nava Robles y Fidelio Sánchez Castillo”

Gracias por estar siempre a mi lado, por llenar mi vida de felicidad, ilusión, pasión, sueños y amor, por ser los brazos fuertes que me sostienen y levantan en los momentos difíciles, por escucharme y aconsejarme para ser mejor persona; por preocuparse por mi bienestar, formación y superación personal y profesional; por impulsarme a ser mejor cada día, por apoyarme en todo, en especial moralmente, y sobre todo, gracias por elevar cada mañana una oración a Dios por mi vida y la de mis hermanos, la cual es efectiva pues sé que él es quien nos cuida, bendice, ayuda y fortalece cada instante de nuestras vidas.

Jamás podré pagar todo su inmenso amor y espero que esta vida me alcance para corresponderlo, los amo.

“Gracias Dios por la enorme dicha de tener conmigo a mis hermosos padres”

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS.	ii
RESUMEN.	iii
ABSTRACT.	iv
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	3
2.1. El comportamiento de las arvenses.	3
2.2. Descripción del teocintle (<i>Zea mays</i> L. ssp. <i>mexicana</i> (Schrad.) Iltis).	4
2.3. Generalidades del teocintle.	4
2.4. Clasificaciones del teocintle.	5
2.5. Distribución geográfica del teocintle.	6
2.6. Problemática del teocintle.	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	12
3.1. Descripción del sitio experimental.	12
3.2. Material genético.	12
3.3. Diseño experimental y tamaño de la parcela.	13
3.4. Manejo de los experimentos.	13
3.5. Registro de variables.	14
3.6. Análisis de datos.	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	16
V. CONCLUSIONES GENERALES.	40
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARIAS.	41

LISTA DE CUADROS

Cuadro:	Pág.
1. División racial y nomenclatura de los teocintles.	6

RESUMEN

En las últimas dos décadas el teocintle [*Zea mays* L. ssp. *Mexicana* (Schrad.) Iltis] ha contribuido a la disminución del potencial de rendimiento de grano en maíz (*Zea mays* L.) en el Estado de México, México. Este estudio se hizo en condiciones de secano en los ciclos agrícolas primavera-verano de 2008, 2009 y 2010 en San Mateo Otzacatipan, municipio de Toluca, Estado de México con el objetivo de evaluar las interrelaciones entre H-50, Ixtlahuaca y Criollo San Mateo sembrados con 0, 2, 3, 4 y 5 semillas de teocintle por mata. Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y el análisis de los datos a través de los años se hizo como una serie de experimentos en tiempo. El mayor rendimiento de grano se registró en el Criollo (4189 kg ha⁻¹); éste fue sobresaliente en altura de planta (3.0 m), altura de mazorca (1.60 m), longitud de mazorca (14.39 cm), granos por hilera (28.73), peso de la mazorca (138.6 g) y peso de grano por mazorca (121.9 g). Las densidades de población de teocintle afectaron significativamente a 18 de las 28 variables evaluadas; al incrementarse ésta hubo una disminución en los rendimientos de grano por mazorca y por ha en maíz (de 122.2 a 97.81 g, y de 4504 a 3283 kg ha⁻¹); el mejor año fue 2008 ya que los rendimientos fueron de 146.82 g y 5129 kg ha⁻¹.

Palabras clave: *Zea mays* L., *Zea mays* L. ssp. *Mexicana* (Schrad.) Iltis, Valles Altos del Centro de México, Valle de Toluca.

ABSTRACT

In the last two decades teocintle [*Zea mays* L. ssp. *Mexicana* (Schrad.) Iltis] has contributed to the decrease of potential grain yield in maize (*Zea mays* L.) in the State of Mexico, Mexico. This study was conducted under rainfed conditions in agricultural spring-summer 2008, 2009 and 2010 cycles in San Mateo Oztzacatipan municipality of Toluca, State of Mexico. The objective was to evaluate the interrelationship between corn genotypes H-50, Criollo San Mateo and Ixtlahuaca and teocintle sowing 0, 2, 3, 4 and 5 teocintle seeds per clump. The experimental design was randomized complete block with three replicates and data were collected over the three years to be analyzed as a series of experiments in time. Highest grain yield was recorded in Criollo (4189 kg ha⁻¹), which also was outstanding in plant height (3.0 m), ear height (1.60 m), ear length (14.39 cm), grains per row (28.73), cob weight (138.6 g) and grain weight per ear (121.9 g). Teocintle population densities significantly affected 18 of the 28 variables evaluated; the increase in teocintle plants per clump decreased grain yields per ear and per hectare in maize (from 122.2 to 97.81g, and from 4504 to 3283 kg ha⁻¹ respectively). The best year was 2008 as yields of were 146.82 g and 5129 kg ha⁻¹.

Key words: *Zea mays* L., *Zea mays* L. ssp. *Mexicana* (Schrad.) Iltis, Highlands of Central Mexico, Toluca Valley.

I. INTRODUCCIÓN

México se considera “centro de origen del maíz” ya que los restos arqueológicos más antiguos han sido encontrados aquí (Ribeiro, 2005); la mayor diversidad genética está representada en los criollos y el teocintle solamente crece en forma silvestre en México y norte de Centroamérica conviviendo con el maíz (*Zea mays* L.) (Martínez y Leal, 2001).

En México, la mayoría de las poblaciones de teocintle ocurren como arvenses o ruderales, dentro o alrededor de campos cultivados de maíz; dependen en forma parcial de los nichos agrícolas o hábitats abiertos (Sánchez y Ruíz, 1996). El factor decisivo para la supervivencia del teocintle en una región es la siembra extensiva con maíz (Wilkes, 1996).

El Estado de México es uno de los tres principales productores de maíz a nivel nacional, con 584 401 ha y 1.8 millones de t de grano producidas anualmente y un rendimiento de grano de 3.22 t ha⁻¹ (Soria *et al.*, 2007). Las tres cuartas partes de la producción total provienen de unidades familiares campesinas, la mayoría clasificadas de subsistencia (SAGARPA, 2009).

El maíz es la base de la alimentación de los mexicanos, su cultivo es aprovechado en su totalidad, pero en los últimos años, el teocintle (*Zea mays* L. ssp. *mexicana* (Schrad.) Iltis), una planta silvestre considerada como el ancestro del maíz (Matsuoka *et al.*, 2002; Doebley, 2004 y Espinosa y Sarukhán, 1997), está causando serios problemas en su producción en el centro del estado de México, debido a la elevada incidencia de semillas y de plantas que se registran en campo, por la facilidad en su multiplicación, por la similitud fenotípica entre ambas especies y por la competencia que presenta con el maíz por luz, agua, espacio y nutrientes; la producción de maíz llega a ser nula en los terrenos más infestados de teocintle. Esto es lo que se observa en los campos de cultivo pero no hay suficientes datos publicados al respecto y mucho menos técnicas para su control, esta

situación podría representar un serio problema en los agrosistemas del Valle de Toluca y en zonas aledañas debido a la implementación del monocultivo de maíz. En este tenor se desarrolló la presente investigación en tres años de evaluación con los siguientes objetivos e hipótesis.

Objetivos:

1. Cuantificar la pérdida de rendimiento de grano en tres cultivares de maíz por la competencia con teocintle.
2. Identificar cuáles componentes del rendimiento de maíz son los más afectados por el teocintle.
3. Analizar los efectos causados en maíz cuando éste se siembra en varias densidades de teocintle.

Hipótesis:

La competencia entre maíz y teocintle afecta al rendimiento del grano y a los componentes del rendimiento, pero al menos uno de los genotipos evaluados es sobresaliente o tolerante.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El comportamiento de las arvenses

Las arvenses son malezas que afectan los intereses del hombre, pero específicamente, son aquellas plantas que se encuentran dentro de los campos agrícolas y generan un nivel de competencia tal que afectan el desarrollo ideal de los cultivos.

El cruzamiento entre diversos grupos de plantas ha fomentado la aparición de nuevas razas de plantas arvenses, o bien ha hecho que las plantas que interaccionan influyan mutuamente en su rumbo evolutivo. Muchos de estos casos han ocurrido debido a migraciones. De la interacción genética entre las plantas arvenses han surgido híbridos que resultan más agresivos que sus progenitores (Baker, 1972; McNeill, 1976). La creación de nuevas razas domesticadas y de especies silvestres relacionadas ha ocurrido por la hibridación entre plantas arvenses y cultivos; al introducir una planta ésta se cruza con un pariente silvestre produciendo un híbrido que sólo prospera en ambientes antropogénicos (Anderson (1956), citado por Espinosa y Sarukhán, 1997).

La relación que existe entre las plantas arvenses y los cultivos emparentados es, básicamente, de dos tipos: a) Cuando se forman híbridos exitosos y se parecen a uno de sus progenitores, como la progenie entre rábano (*Raphanus sativus* L.) y rabanillo (*Raphanus raphanistum* L.) (Panetsos y Baker, 1968). b) Cuando da lugar a híbridos que son puentes genéticos entre las especies emparentadas; esto es relevante incluso económicamente, pues la planta arvense está sirviendo como reservorio genético para la planta cultivada y le está transmitiendo caracteres importantes. El cultivo también transmite caracteres a la arvense pero puede causarle problemas a los agricultores para controlarla; un ejemplo adecuado es la que se establece entre maíz y teocintle, de

las que no se conocen híbridos permanentes, pero existe infiltración genética bastante grande (Harlan, 1965).

2.2. Descripción del teocintle (*Zea mays* L. ssp. *mexicana* (Schrad.) Iltis)

Planta monoica anual, erecta, de 0.65 a 3 m de alto, muy similar al maíz, con raíces adventicias en los nudos inferiores. Culmo liso, verde o rojizo, en ocasiones hueco. Hojas con vaina de 6 a 15 cm de largo, vellosa, abierta hasta la base y con borde ciliado e inconspicuamente festoneado; lígula laminar de 2 a 5 mm de largo, hialina y blanquecina, ápice erósulo y frecuentemente rasgado; láminas dísticas, oblongo-lanceoladas de 20 a 65 cm de largo y 1.8 a 5.0 cm de ancho, planas, con el nervio medio prominente, ápice acuminado, hirsutas o pilosas. Inflorescencia masculina terminal, paniculada de 9 a 25 cm de alto, con espiguillas dispuestas en pares, una sésil y otra pediculada; espiguillas masculinas con dos flósculos de 6.5 a 10.5 mm de largo, glumas lanceoladas, tan largas como las lemas, purpúreas o amarillentas; inflorescencias femeninas axilares, pediculadas, ocultas por vainas, espigas dísticas articuladas con una espiguilla oculta dentro de una cubierta del raquis articulado (cúpula) de 6 a 10 mm de largo y 4 a 6 mm de ancho, cubierta por la primera gluma, endurecida y triangular, segunda gluma membranosa, lema hialina (Espinosa y Sarukhán, 1997).

2.3. Generalidades del teocintle

En náhuatl significa "semilla de los dioses" (Martínez, 1999). En ningún lugar la gente la conoce como teocintle, sólo es llamado así colectivamente. En el Estado de México, *Zea mays* ssp. *mexicana* es conocido como asise, acece, pezuña de burro, casco de burro, diente de burro, maíz forrajero, maíz cimarrón, maíz zapato, etc., nombres asociados a la forma de la semilla y a su semejanza con el maíz (Sánchez y Ruíz, 1996; Espinosa y Sarukhán, 1997).

Esta planta silvestre es considerada ancestro del maíz (Matsuoka *et al.*, 2002; Doebley, 2004). Algunos teocintles son importantes para generar diversidad genética, para incrementar el rendimiento de grano y para mejorar características agronómicas (Salas *et al.*, 2003). Como forraje fue muy utilizado en el sur de la república mexicana debido a los altos rendimientos de biomasa, a su capacidad de adaptación y reproducción, y la raza chalco fue ocupada en la parte central de la República con el mismo propósito, específicamente en el Valle de Chalco, en Xochimilco y en la ciudad de México. El teocintle llegó al Valle de Toluca, como forraje porque su semilla no es apta para consumo humano y sus semillas poco a poco infestaron los campos de los agricultores, cruzándose con sus maíces criollos y afectando el rendimiento de grano; su competencia se da desde la emergencia del cultivo y es imposible reducirla debido a la gran similitud morfológica entre ambas especies (Gertrudis, 1999).

2.4. Clasificaciones del teocintle

Entre los estudios más completos del teocintle anual mexicano, se encuentra el de Wilkes (1967) quien, como resultado de sus estudios extensivos e intensivos en campo y en cultivo experimental, reconoció y describió cuatro razas para México: Nobogame, Mesa Central, Chalco y Balsas. Para Guatemala identificó a Guatemala y Huehuetenango.

Doebley e Iltis (1980) e Iltis y Doebley (1980) propusieron una nueva división del género *Zea* en base a caracteres morfológicos de la inflorescencia masculina, por considerar que ésta no ha estado sujeta a la presión selectiva que el hombre ha impuesto a la inflorescencia femenina. Ellos reconocieron seis taxa, clasificados en cuatro especies. En el cuadro 1 se indica la nomenclatura usada y la división racial (Wilkes, 1967; Sánchez y Ordaz, 1987).

Cuadro 1. División racial y nomenclatura de los teocintles.

<u>Zea mexicana</u> (Schrader) Kuntze teocintle anual (2n=20)	
RAZAS	ESPECIES
CHALCO	<u>Zea mays</u> L. ssp. <u>mexicana</u> (Schrader) Iltis.
MESA CENTRAL	<u>Zea mays</u> L. ssp. <u>mexicana</u> (Schrader) Iltis.
NOBOGAME	<u>Zea mays</u> L. ssp. <u>mexicana</u> (Schrader) Iltis.
BALSAS (Oaxaca)	<u>Zea mays</u> L. ssp. <u>parviglumis</u> Iltis & Doebley var <u>parviglumis</u> .
HUEHUETENANGO	<u>Zea mays</u> L. ssp. <u>parviglumis</u> var <u>huehuetenangensis</u> Iltis & Doebley.
GUATEMALA	<u>Zea luxurians</u> (Durieu) Bird.
<u>Zea diploperennis</u> Iltis, Doebley & Guzmán ... teocintle perenne diploide (2n=20).	
<u>Zea perennis</u> (Hitchcock) Reeves & Mangelsdorf .. teocintle perenne tetraploide (2n=40).	

2.5 Distribución geográfica del teocintle

El teocintle en México crece en una gran diversidad de ambientes, debido a una serie de mecanismos genéticos, como es la acumulación de genes de adaptación durante los procesos de diversificación y movilización de las poblaciones, y por el intercambio genético con maíz, que han permitido su dispersión y establecimiento en altitudes desde 500 hasta 2 500 m, de 16 hasta 27° de Latitud Norte y a temperaturas de 15 a 28 °C (Sánchez y Ordaz, 1987).

La mayoría de los teocintles ocurren como arvenses o ruderales, dentro o alrededor de campos cultivados de maíz y dependen de los nichos agrícolas o hábitats abiertos (Sánchez y Ruíz, 1996).

El factor decisivo para la supervivencia del teocintle en una región es la siembra extensiva del maíz.

La distribución del teocintle no es uniforme en la vertiente occidental de México y en Guatemala. Las razas tienen cierto grado de aislamiento ecogeográfico asociado a la topografía irregular de altas montañas y valles profundos. Estas son las condiciones que, en teoría, favorecen el rápido

cambio genético (evolución), ya que varían en extensión del ciclo de crecimiento, disponibilidad de agua e intensidad de la luz solar. El teocintle anual ha producido razas fisiológicamente diferentes, cada una ha adquirido un limitado patrón morfológico y ecológico de nudos cromosómicos y diferenciación genética (Wilkes, 1967; 1977).

Los teocintles se limitan a dos regiones: la vertiente occidental de México y América Central, en la zona subtropical de temporada seca, con lluvias esporádicas, que se encuentra a altitudes desde 800 hasta 1,800 m y la de la Mesa Central de México, de 1 650 a 2 000 m, con lluvias esporádicas (Wilkes, 1996). Hernández (1987) describe las regiones donde hay teocintle:

i) "Sierra Madre Occidental, de 1 800 a 2 300 msnm, clima templado húmedo, vegas angostas, valles intermontanos, declives; Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango y Nayarit (Hay teocintle clase Nobogame)".

ii) "Llanuras de Jalisco y El Bajío, de 1 000 a 2 000 msnm; clima templado, húmedo y subcálido húmedo; áreas con riego y temporal; Colima, Jalisco, sur de Guanajuato y Michoacán (Abunda teocintle *Zea mexicana* y *Zea perennis*)."

iii) "Mesa Central; de 1 800 a 2 700 msnm; clima templado húmedo; valles intermontanos, vegas, declives, áreas con riego; Michoacán, Guanajuato, Hidalgo, México, Querétaro, Tlaxcala, norte de Morelos, Puebla y Occidente de Veracruz (Abunda teocintle clase Chalqueño)."

iv) "Tierra Caliente, la Cuenca del Río Balsas, de 0 a 1500 msnm, clima cálido húmedo, de temporal y de riego; sur de Michoacán, México, Puebla y Guerrero (Abunda teocintle clase Balsas)" (Sánchez y Ordaz, 1987).

2.6. Problemática del teocintle

En algunas zonas de agricultura tradicional, de difícil acceso y de topografía ondulada, el teocintle es apreciado por su valor en la alimentación animal y se le atribuyen efectos benéficos en el mejoramiento del maíz, pero en regiones donde se ha estado modernizando la agricultura, el teocintle se considera una maleza indeseable (Sánchez y Ordaz, 1987), como en el estado de México donde *Zea mays ssp mexicana* está convirtiéndose en un serio problema en los agrosistemas del Valle de Toluca, porque la implementación del monocultivo de maíz ha provocado que éste sea una maleza exclusiva de este cultivo (Balbuena *et al.*, 2009a).

En los estados de Jalisco, Guanajuato y Michoacán, la planta crece principalmente a lo largo de las cercas de piedra que bordean las milpas, no como una maleza que invade los campos sino como un raro sobreviviente, desplazado de la tierra, que hace su última parada en lo que resta de la estrecha franja de suelo no labrado. En algunos lugares, como Chalco y zonas aledañas, el teocintle ha invadido con éxito las milpas como una “imitación” del maíz cultivado. Allí ambos son tan similares morfológicamente, que ni los agricultores más experimentados pueden distinguirlos fácilmente en las etapas tempranas de crecimiento, por lo que no arrancan el teocintle (Wilkes, 1996), hasta cuando poseen inflorescencias, pero para entonces ya se generó la competencia y hay pérdida segura del rendimiento, y ni siquiera se puede aplicar el control químico durante el cultivo debido a la similitud entre las dos especies.

El teocintle es una maleza agresiva porque representa un problema importante para el maíz al competir por luz, agua espacio, nutrientes y CO₂, ocasionando pérdidas en rendimiento de grano y, por consiguiente, pérdidas económicas para los productores de maíz (Sánchez *et al.*, 2009), ya que produce mayor superficie foliar y más semillas que el maíz, afectando directamente el potencial de rendimiento y los componentes del rendimiento (Gertrudis, 1999; Balbuena *et al.*, 2008;

Valencia, 2009). El rendimiento de grano de maíz disminuye significativamente al incrementarse el número de plantas de teocintle en los terrenos agrícolas, lo cual está sucediendo frecuentemente. Los agricultores tienen que lidiar con este problema cada ciclo agrícola y tratan de controlarlo empíricamente empleando mucha mano de obra e incrementando los costos de producción porque desafortunadamente no hay alternativas de solución viables técnica y económicamente; este problema podría agudizarse si las Instituciones Educativas y Centros de Investigación y Dependencias Gubernamentales no toman cartas en el asunto, reconociendo la importancia social y económica del teocintle en esta región del país y limitando la asignación de recursos financieros para generar la tecnología apropiada para su control eficiente y oportuno.

En el Distrito Agropecuario I (Toluca) se siembran 129 000 ha de maíz, pero hay problemas serios con teocintle ya que en los municipios de Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Xonacatlán y Chapultepec, se registraron más de 1000 semillas por m²; al final del ciclo hubo hasta 20 plantas por metro lineal. Balbuena *et al.* (2009b) y Peña *et al.* (2007) cuantificaron las semillas de teocintle existentes en dos profundidades del suelo: 0-10 y 10-20 cm: los municipios más afectados en 0-10 cm fueron Metepec, Tenango del Valle y Lerma, con 40 281 300, 35 308 300 y 34 811 000 semillas por ha, respectivamente. En los Municipios de Toluca, Zinacantepec y Lerma de 10-20 cm hubo 36 302 900, 30 335 300 y 28 097 450 semillas por ha.

El teocintle produce 337 % más granos que el maíz en siembra comercial. Balbuena *et al.* (2007) cuantificaron en el municipio de Metepec, pérdidas de hasta 60% por la competencia que se genera entre ambas especies, desde la emergencia del cultivo hasta su madurez fisiológica. Los resultados de su investigación indicaron que cada planta de teocintle produce 1 631 granos, y una planta cuatera sólo 484 granos.

Sánchez *et al.* (2007) comentaron que en terrenos infestados el rendimiento de grano del teocintle fue de 4 837 kg ha⁻¹, y el de maíz de sólo 3 313 kg ha⁻¹; ésto se debe a que cada planta de la primera generación puede producir hasta 728 granos, y la de maíz sólo 273 granos; la densidad de población en teocintle fue de 63 750 plantas por ha con una producción de 48 368 750 granos por ha.

El control del teocintle es complicado porque su germinación y emergencia es discontinua, ya que a lo largo del ciclo agrícola se van presentando plantas nuevas, con un promedio de cuatro mimicrías por ciclo agrícola. Torres *et al.* (2008) cuantificaron antes de la siembra de maíz 16 001 157 plantas ha⁻¹ y estimaron que eliminaron más de 30 000 000 de plantas de esta maleza con manejo integrado (MIT) en ese ciclo agrícola; con el MIT en tres o cuatro años la reducción de semillas podría ser de casi 80%. Sánchez *et al.* (2008) proponen al MIT para reducir hasta en un 95% la incidencia de teocintle.

El teocintle es una maleza exclusiva del cultivo de maíz; con otras especies reduce su porcentaje de germinación. Balbuena *et al.* (2009a) sugieren rotar cultivos con trigo, frijol, haba y chícharo, y Peña *et al.* (2008) recomiendan avena, haba, chícharo y frijol, para controlar parcialmente al teocintle, sembradas a una densidad mayor a la comercial.

El bajo rendimiento de grano en maíz en terrenos infestados con teocintle se debe a la baja sobrevivencia de plantas de esta gramínea causada por el alto porcentaje de emergencia de plantas de esta maleza y por la alta competencia interespecífica generada. Valencia (2009) cuantificó las plantas de maíz y teocintle en un terreno infestado en tres genotipos: H-50 (híbrido), Ixtlahuaca (variedad) y Criollo San Mateo en San Mateo Oztacatipan, Toluca, México. En 4.8 m² en H-50, Ixtlahuaca y Criollo se registraron 79, 64 y 32 plantas de teocintle, en Criollo, Ixtlahuaca y H-50 sólo hubo 9.8, 6.8 y 3.2 plantas, respectivamente; a mayor número de plantas de teocintle menor número de plantas de maíz y, por lo tanto, mayor competencia interespecífica y reducción

significativa en el rendimiento. Criollo San Mateo produjo 1.8 t ha^{-1} , Ixtlahuaca rindió 1.4 t ha^{-1} y en H-50 sólo se cosecharon 470 kg ha^{-1} , estos datos sugieren que los criollos pueden ser más competitivos pero que en terrenos infestados de teocintle se genera una gran competencia interespecífica que afecta severamente su rendimiento y sus componentes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del sitio experimental

Este trabajo se realizó en condiciones de temporal en San Mateo Oztzacatipan, municipio de Toluca, estado de México, México, en los ciclos agrícolas 2008, 2009 y 2010. Esta localidad está situada a 19° 20' 07'' de Latitud Norte y 99° 36' 02'' de Longitud Oeste, a una altitud de 2 605 m. El clima templado sub-húmedo está caracterizado por una temperatura media anual de 13.7 °C y precipitación media anual de 1,000 a 1,200 mm. Hay heladas de 80 a 140 días (Sánchez y García, 2005).

3.2. Material genético

Se utilizaron los maíces H-50 (híbrido), Ixtlahuaca (variedad mejorada) y San Mateo (criollo) y semillas de teocintle de la raza Chalco colectadas en el Valle de Toluca, México, específicamente en San Mateo Oztzacatipan, en los ciclos agrícolas 2008, 2009 y 2010. Las características agronómicas de los tres genotipos de maíz se describen a continuación (Segura, 2002; Agricultor cooperante).

1. **H-50:** Híbrido de ciclo tardío apto para altitudes de 2 400 a 2 600 m, se siembra del 15 de marzo al 20 de abril a 65 000 plantas por ha⁻¹, tiene altura promedio de 2.40 m, el espigamiento es de 85 a 90 días y la madurez fisiológica de 170 a 240 días; el grano es blanco, la mazorca tiene buena cobertura y hay del 5 al 10 % de acame.
2. **Ixtlahuaca:** Variedad apta para el Distrito Rural I de Toluca, su ciclo vegetativo es intermedio en siembras del 5 al 30 de abril y se establece a 65 000 plantas ha⁻¹, los días a espigamiento son de 108 a 112, su altura de planta es de 2.25 m, a los 190 días alcanza su

madurez fisiológica, el grano es blanco cremoso, se adapta a altitudes desde 2 500 a 2 800 m, tiene 30% de acame y mazorca expuesta.

3. **Criollo:** Es de ciclo tardío, se siembra del 2 al 12 de abril a 65 000 plantas por ha⁻¹, los días a espigamiento van de 125 a 130, con altura de planta de 3.15 m; a los 210 días alcanza su madurez fisiológica. Se desarrolla entre 2 500 y 2 700 msnm, presenta 40 % de acame y mazorca expuesta.

3.3. Diseño experimental y tamaño de la parcela

En cada uno de los tres ciclos agrícolas los tres genotipos de maíz (Factor A) fueron sembrados en campo con 0, 2, 3, 4 y 5 semillas de teocintle (Factor B) por mata en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. El análisis de los datos combinando la información de los años se hizo como una serie de experimentos en tiempo, en la forma como lo sugirió Martínez (1994).

La parcela experimental constó de tres surcos de 4.2 m de longitud y 0.80 m de ancho; cada hilera tuvo siete matas de maíz, con tres semillas, cada mata separada a 60 cm; la cantidad de semillas de cada cultivar de maíz fue constante (62 500 semillas ha⁻¹). La parcela experimental útil fue el surco central, pero se eliminaron las matas de cada extremo para disminuir los efectos de competencia por efecto de borde.

3.4. Manejo de los experimentos

La preparación del suelo consistió en un barbecho y un paso de rastra; antes de barbechar se aplicaron 50 kg ha⁻¹ de nitrógeno utilizando como fuente a la urea. La siembra manual se hizo en abril de 2008, 2009 y 2010; la parcela donde se montó el experimento no tenía infestación de teocintle y por ello se sembró el teocintle.

La fertilización inorgánica se efectuó con 150, 130 y 60 kg ha⁻¹ de urea (N), superfosfato de calcio triple (P) y cloruro de potasio (K), respectivamente. Se realizaron dos escardas en diferentes periodos, dependiendo de la disponibilidad de humedad en el suelo.

El control de la maleza emergida fue manual, mecánico y químico; para este último se aplicaron por hectárea 1 kg de Atrazina® y 1 L de 2, 4, D-amina®, disueltos en 200 L de agua por ha. Al inicio de la floración, se aplicaron 100 kg ha⁻¹ de urea. El teocintle se eliminó manualmente a los 100 días de competencia con el maíz, para evitar que sus semillas maduraran. La cosecha se hizo manualmente la última semana de noviembre de cada uno de los tres años.

3.5. Registro de variables

En este estudio se evaluaron 28 variables: 1) número de hojas de maíz (HM), 2) número de hojas de teocintle (HT), 3) días a espigamiento en maíz (DEM), 4) días a floración masculina en maíz (DFMM), 5) días a floración femenina en maíz (DFFM), 6) altura de la mazorca de maíz (AMZM), 7) altura a la espiga de maíz (AEM), 8) altura a la ramificación de teocintle (ART), 9) altura a la espiga de teocintle (AET), 10) diámetro del tallo de maíz (DTM), 11) diámetro del tallo de teocintle (DTT), 12) número total de plantas de maíz (NTPM), 13) plantas de maíz con dos mazorcas (P2MZM), 14) número de plantas de maíz infértiles (PJM), 15) número de mazorcas por planta de maíz (NMZM), 16) número de mazorcas podridas (NMZPM), 17) porcentaje de pudrición (PPM), 18) longitud de la mazorca de maíz (LMZM), 19) diámetro de la mazorca de maíz (DMZM), 20) número de hileras por mazorca de maíz (NHM), 21) número de granos por hilera (NGRHM), 22) peso de la mazorca de maíz (PMZM), 23) peso del olote (POM), 24) peso de grano por mazorca de maíz (PGRMZM), 25) rendimiento de grano de maíz por hectárea (RGRM), 26) número de teocintles por parcela (TEOSP), 27) número de teocintles por mata (TEOSM) y 28) porcentaje de plantas de teocintle emergidas por parcela (PETEOP). Las variables agronómicas o de rendimiento

se registraron en tres plantas o en 10 mazorcas, elegidas al azar en la unidad experimental útil. Los procedimientos empleados para el registro de los datos de estas variables están descritos en CIMMYT (1995).

3.6. Análisis de datos

Se hizo un análisis de varianza combinado y una comparación de medias para los tres factores de estudio con la prueba de Tukey al nivel de significancia del 1 %. Las salidas se obtuvieron con el Sistema para Análisis Estadístico (Statistical Analysis System, SAS) Versión 9, para Windows. Los procedimientos algebraicos están descritos en Martínez (1994).

Adicionalmente se hizo un análisis de componentes principales (ACP) para representar las interrelaciones entre cada combinación que surge de un nivel del Factor A (cultivares de maíz) con cada nivel del Factor B (densidades de población en teocintle); los datos se promediaron sobre repeticiones y años. La matriz de datos se construyó asignando a las hileras las 15 combinaciones entre los niveles de ambos factores y en las columnas se asignaron los valores de éstas para cada una de las 28 variables.

Las salidas para construir el biplot con los componentes principales 1 y 2 en Excel se obtuvieron con el SAS, en la forma como lo sugirieron Sánchez (1995) y González *et al.* (2010).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Artículo enviado:

Re: Envío de artículo para arbitraje

viernes, 17 de abril de 2015, 12:54

Marcar como no leído

De: "Revista Agronomía Costarricense" <RAC.CIA@ucr.ac.cr>

Para: "Artemio Balbuena Melgarejo" <balmelart@yahoo.com.mx>

Encabezados completos Vista imprimible

Estimado señor Balbuena:

Buenos días, le comunico que el 9 de abril del 2015 recibimos para posible publicación su manuscrito titulado "Efecto de cinco densidades de siembra de teocinte sobre tres genotipos de maíz en Toluca, Estado de México, México", el cual será analizado durante el segundo semestre del 2015, de conformidad con el orden de ingreso de los documentos para posible publicación.

Atentamente,

Rosibel Serrano Gómez
Asistente Editorial
Revista Agronomía Costarricense
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica

Teléfono (506)2511-2080
Fax (506) 2234-1627
E-mail rac.cia@ucr.ac.cr

El 9/4/15 12:47, "Artemio Balbuena Melgarejo" <balmelart@yahoo.com.mx> escribió:

>Estimada MSc. Silvia Elena Arce Quesada:
>Editora Principal de la Revista Agronomía Costarricense
>Presente
>
>Por este medio envío a su amable consideración, como archivo adjunto, la
>propuesta de artículo titulado "Efecto de cinco densidades de siembra de
>teocinte sobre tres genotipos de maíz en Toluca, estado de México,
>México", cuyos autores son Susana Sánchez, Artemio Balbuena, Andrés
>González, Enrique Rosales y Delfina de Jesús Pérez.
>
>Espero que la presente propuesta sea del interés del Honorable Comité
>Editorial de esta prestigiosa revista a su muy digna dirección.
>
>Feliz fin de semana y mejor inicio en la próxima.
>
>Atentamente: M. en C. Artemio Balbuena Melgarejo. Autor para
>correspondencia.



EFEECTO DE CINCO DENSIDADES DE SIEMBRA DE TEOCINTLE SOBRE TRES GENOTIPOS DE MAÍZ EN TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

Susana Sánchez*, Artemio Balbuena^{*/1}, Andrés González*, Enrique Rosales** y Delfina de Jesús Pérez*

Palabras clave: *Zea mays* L., *Zea mays* L. ssp. *Mexicana* (Schrad.) Iltis, Valles Altos del Centro de México, Valle de Toluca, rendimiento de grano.

Key words: *Zea mays* L., *Zea mays* L. ssp. *Mexicana* (Schrad.) Iltis, Highlands of Central Mexico, Toluca Valley, grain yield.

RESUMEN

En las últimas dos décadas el teocintle [*Zea mays* L. ssp. *Mexicana* (Schrad.) Iltis] ha contribuido a la disminución del rendimiento de grano en maíz (*Zea mays* L.) en el Estado de México, México. Este estudio se hizo en secano en los ciclos agrícolas primavera-verano de 2008, 2009 y 2010 en San Mateo Oztzacatipan, municipio de Toluca, Estado de México para evaluar los efectos de 0, 2, 3, 4 y 5 semillas de teocintle sobre el rendimiento y otros componentes del rendimiento de los genotipos de maíz H-50, Ixtlahuaca y Criollo San Mateo. Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y el análisis de los datos a través de los años se hizo como una serie de experimentos en tiempo. El mayor rendimiento de grano se registró en el genotipo Criollo (4189 kg ha⁻¹); éste fue sobresaliente en alturas de planta (3.0 m), y mazorca (1.60 m), longitud de mazorca (14.39 cm), granos por hilera (28.73), pesos de la mazorca (138.6 g) y del grano por mazorca (121.9 g). Las densidades de población de teocintle afectaron significativamente a 18 de las 28 variables evaluadas; al incrementarse ésta hubo una disminución en los rendimientos por mazorca y por hectárea en maíz (de 122.2 a 97.81 g, y de 4504 a 3283 kg ha⁻¹); el mejor año fue 2008 con medias de 146.82 g y 5129 kg ha⁻¹, respectivamente.

ABSTRACT

Effect of five densities of teocintle's sowing on three corn genotypes in Toluca State of Mexico,

Mexico. In the last two decades teocintle [*Zea mays* L. ssp. *Mexicana* (Schrad.) Iltis] has contributed to the decrease of grain yield in maize (*Zea mays* L.) in the State of Mexico, Mexico. This study was conducted under rainfed in agricultural spring-summer 2008, 2009 and 2010 cycles in San Mateo Oztzacatipan municipality of Toluca, State of Mexico to evaluate the effects of 0, 2, 3, 4 and 5 teocintle seeds on the yield and other components of yield of the corn genotypes H-50, Criollo San Mateo and Ixtlahuaca. The experimental design was randomized complete block with three replicates and data were collected over the three years to be analyzed as a series of experiments in time. Highest grain yield was recorded in Criollo genotype (4189 kg ha⁻¹), which also was outstanding in plant heights (3.0 m) and ear (1.60 m), ear length (14.39 cm), grains per row (28.73), cob weight (138.6 g) and grain per ear (121.9 g). Teocintle population densities significantly affected 18 of the 28 variables evaluated; the increase in teocintle plants per clump decreased yields per ear and per hectare in maize (from 122.2 to 97.81g, and from 4504 to 3283 kg ha⁻¹ respectively); the best year was 2008 with averages of 146.82 g and 5129 kg ha⁻¹, respectively.

INTRODUCCIÓN

El Estado de México es uno de los tres principales productores de maíz (*Zea mays* L.) a nivel nacional si se considera su superficie y su volumen de producción; de 584 401 ha, 479 245 ha se siembran en temporal y 100 010 ha en punta de riego. La producción anual de 1.8 millones de t de grano se comercializan en 2 940 millones de pesos; el rendimiento de grano es de 3.22 t ha⁻¹. En dicha producción participan los ocho Distritos de Desarrollo Rural: Atlacomulco, Coatepec Harinas, Jilotepec, Tejupilco, Texcoco, Toluca, Valle de Bravo y Zumpango (Soria et ál. 2007); las tres cuartas partes provienen de unidades familiares campesinas, la mayoría de subsistencia (SAGARPA 2009).

El maíz es la base de la alimentación de los mexicanos y su grano se usa para la elaboración de tortillas y otros alimentos, las brácteas o totomoxtle se utilizan en tamales, el olote y las raíces son combustible y las

hojas y los tallos alimentan ganado. El teocintle (*Zea mays* L. ssp. *Mexicana* (Schrad.) Iltis), considerado como ancestro del maíz (Matsuoka et ál. 2002; Doebley 2004 y Espinosa et ál. 1997), está causando serios problemas en el centro del estado de México, debido a la elevada incidencia de semillas y plantas que se registra en campo, la facilidad en su multiplicación, la similitud fenotípica entre ambas especies, la competencia que presenta con maíz por luz, agua, espacio y nutrientes, y la viabilidad de sus semillas por más de cinco años, limitantes que afectan directa o indirectamente su producción y componentes del rendimiento.

Hasta hoy son pocos los estudios que se han publicado sobre el comportamiento de ambas especies; en este contexto se desarrolló la presente investigación en tres años de evaluación con los objetivos de cuantificar la pérdida de rendimiento de grano en tres cultivares de maíz por la presencia de teocintle, identificar cuáles componentes del rendimiento son los más afectados y analizar los efectos causados en maíz en cinco densidades de siembra con teocintle.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio. Este trabajo se realizó en temporal en 2008, 2009 y 2010 en San Mateo Otzacatipan, municipio de Toluca, estado de México, México, situado a 19° 20' 07'' de Latitud Norte y 99° 36' 02'' de Longitud Oeste, a 2 605 msnm. Su clima templado sub-húmedo tiene una temperatura media anual de 13.7 °C y una precipitación de 1,000 a 1,200 mm. Hay heladas de 80 a 140 días (Sánchez et ál. 2005).

Material genético. Se utilizaron H-50, Ixtlahuaca y Criollo San Mateo y semillas de teocintle de la raza Chalco colectadas en San Mateo Otzacatipan, México en 2007, 2008 y 2009.

Diseño experimental y tamaño de la parcela. En cada ciclo agrícola los tres maíces fueron sembrados en campo con 0, 2, 3, 4 y 5 semillas de teocintle por mata en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. El análisis combinado con los años se hizo como una serie de experimentos en tiempo (Martínez 1994). La parcela experimental constó de tres surcos de 4.2 m de longitud y 0.80 m de ancho; cada hilera tuvo siete matas de maíz, separadas a 60 cm con tres semillas cada una. Los maíces se

sembraron a 62 500 semillas ha⁻¹. La parcela experimental útil fue el surco central, sin las matas de cada extremo.

Manejo de los experimentos. Se realizó un barbecho y una rastra; se sembró manualmente en abril de 2008, 2009 y 2010. Se aplicaron 150, 130 y 60 kg ha⁻¹ de urea (N), superfosfato de calcio triple (P) y cloruro de potasio (K), respectivamente y se realizaron dos escardas. El control de maleza fue manual, mecánico y químico; para este último se aplicaron 1 kg de Atrazina® y 1 L de 2, 4, D-amina®, en 200 L de agua por ha⁻¹. Al inicio de floración se aplicaron 100 kg ha⁻¹ de urea. El teocintle sembrado se eliminó manualmente a los 100 días de la siembra. La cosecha se hizo la última semana de noviembre.

Registro de variables. En maíz (M) y en teocintle (T) se evaluaron: número de hojas (HM y HT), días a espigamiento (EM), días a floraciones masculina (FMM) y femenina (FFM), alturas de la mazorca (AMM), a la espiga (AEM y AET) y a la ramificación (ART), diámetro del tallo (DTM y DTT), total de plantas (TPM), plantas con dos mazorcas (P2MM), plantas infértiles (PJM), mazorcas por planta (NMM), mazorcas podridas (MP), porcentaje de pudrición (PM), longitud (LM), diámetro (DM), número de hileras (NH), número de granos por hilera (NGM) y peso de la mazorca (PMM), pesos del olote (POM) y del grano por mazorca (PGMM), rendimiento por ha (RHM), teocintles por parcela (TP) y por mata (TM) y teocintles emergidos en la parcela (TEP). Éstas se registraron en tres plantas o en 10 mazorcas, elegidas al azar en la unidad experimental útil. Los procedimientos para el registro de los datos están descritos en CIMMYT (1995).

Análisis de datos. Se hizo un análisis de varianza combinado y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($P = 0.01$). Las salidas se obtuvieron con el Sistema para Análisis Estadístico (Statistical Analysis System, SAS) Versión 9, para Windows. Los procedimientos algebraicos están descritos en Martínez (1994). Adicionalmente se hizo un análisis de componentes principales (ACP) para representar las interrelaciones entre los cultivares de maíz con las densidades de teocintle, promediando sobre repeticiones y años. En la matriz de datos se asignaron a las hileras las 15 combinaciones de ambos factores y en las columnas los valores de éstas para cada una de las 28 variables. Las salidas para construir en Excel el biplot

con los componentes principales 1 y 2 se obtuvieron con el SAS, como lo sugirieron Sánchez (1995) y González et ál. (2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza combinado

Entre genotipos de maíz hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en número de hojas en maíz (HM) y en teocintle (HT), días a espigamiento (EM), floraciones masculina (FMM) y femenina en maíz (FFM), altura a la mazorca (AMM) y a la espiga de maíz (AEM), altura a la espiga de teocintle (AET), diámetro del tallo de teocintle (DTT), plantas con dos mazorcas (P2MM), longitud (LM) y diámetro de la mazorca de maíz (DM), granos por hilera de la mazorca de maíz (NGM), pesos de la mazorca (PMM), del olote (POM) y del grano de la mazorca (PGMM), rendimiento por hectárea (RHM) y teocintles emergidos por parcela (TP) y por mata (TM) (Cuadro 1). Estos resultados se atribuyen a las diferencias genéticas que existen entre los materiales empleados en este trabajo y a la forma como éstos se obtuvieron en el programa de mejoramiento genético (Figura 1): Balbuena et ál. (2011) señalaron que Ixtlahuaca y Criollo son variedades de polinización libre colectadas en el Valle Toluca-Atlacomulco, México, que podrían pertenecer a la raza Cónico, descrita para esta región por Wellhausen et ál. (1951). H-50 es un híbrido del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), formado con las líneas M-17, M-18, CML 246 y CML 242; las dos primeras (hembra) pertenecen a la población Michoacán 21, de la raza Cónico, y las otras dos al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), de germoplasma proveniente de otros países pero adaptable a Valles Altos del Centro de México.

Entre densidades de población en teocintle también hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en: HT, EM, FMM, FFM, AMM, altura a la primera ramificación del teocintle (ART), AET, DTT, total de plantas de maíz por parcela (TPM), P2MM, mazorcas de maíz por parcela (NMM), LM, NGM, PMM, PGMM, RHM, TP, TM y plantas de teocintle emergidas por parcela (TEP) (Cuadro 1). Estas diferencias se deben a los niveles de competencia interespecífica condicionada por las cinco densidades de población en relación a la

luz, el agua, nutrientes y espacio. Para EM, FMM y FFM, Sangoi et ál. (2002) indicaron que la floración en maíz responde a las variaciones en la densidad de población y la emergencia de los estigmas es más sensible a incrementos en ésta. Las diferencias en HT, AMM, ART, AET y DTT se atribuyen, según Maddonni et ál. (2001), al efecto de las densidades de población, pues su incremento genera un aumento en la altura de la planta y una disminución en el diámetro del tallo, y en consecuencia, una disminución en los componentes del rendimiento y en el rendimiento de grano por planta y por ha.

Las diferencias significativas ($P < 0.05$) observadas entre años de evaluación en 27 de las 28 variables evaluadas (Cuadro 1) indican condiciones ambientales muy heterogéneas asociadas principalmente con precipitación pluvial y temperatura. Según el Observatorio Meteorológico Universitario "Mariano Bárcena" (2011), de abril a noviembre de 2008, 2009 y 2010 (establecimiento y duración de los experimentos), se registraron los siguientes datos: 14.40, 14.95 y 15.04° C y 642.98, 930.18 y 794.08 mm, respectivamente.

Pérez et ál. (2014) sugirieron que las localidades del Valle Toluca-Atlaconulco, en el estado de México y, particularmente las del Valle de Toluca, representan ambientes estadísticamente diferentes. Reynoso et ál. (2014) también confirmaron que la región centro de México es muy heterogénea: el clima, la precipitación pluvial, la altitud, su ubicación geográfica y el tipo de suelo son los principales componentes de esta variabilidad cuando se realizan ensayos a través de localidades en el mismo año.

No obstante lo anterior, en esta región del Centro de México existen pocos estudios para analizar los efectos que causan los años de evaluación, o las combinaciones de éstos con localidades, sobre el rendimiento de grano y sus componentes del rendimiento en maíz (González et ál. 2010; Reynoso et ál. 2014).

Maíces evaluados

En Criollo San Mateo se registraron mayores dimensiones en alturas de planta (3 m) y mazorca (1.60 m), longitud (14.39 cm), granos por hilera (28.73) y pesos de la mazorca (138.58 g) y de su grano (121.91 g); éste también produjo 4189.20 kg ha⁻¹, pero fue igual estadísticamente que H-50 (3676.80 kg ha⁻¹) en ésta y en diámetro de mazorca (4.35 y 4.49 cm; Cuadro 2; Figura 1).

Ixtlahuaca fue más precoz en espigamiento y en floraciones masculina y femenina (81.72, 84.74 y 89.54 días) y H-50 fue el más tardío (91.21, 93.88 y 96.48 días) pero en éste hubo más plantas cuateras (1.59), hojas por planta (14.71) y altura de 2.87 m (Cuadro 2; Figura 1).

En teocintle se observó mayor altura y más hojas por planta cuando compitió con Criollo y H-50 (2.21 y 2.28 m y 9.36 y 9.52 hojas), y tuvo mayor diámetro del tallo (1.30 cm) en presencia del último (Cuadro 2; Figura 1). Estos datos difieren de los observados en terrenos infestados naturalmente de teocintle y de los de Balbuena et ál. (2011); la altura del teocintle es 20 cm mayor que la de esta gramínea en los campos de cultivo del Valle de Toluca, México.

En el Cuadro 2 se observa que el híbrido presentó un intervalo de floración más corto que el Criollo e Ixtlahuaca. Edmeades et ál. (2000) observaron que una mayor sincronía floral reduce el riesgo de pérdidas en el rendimiento de grano, pero en este trabajo esta condición contribuyó a una mayor productividad, debido quizás a que las dos variedades de polinización libre fueron poco sensibles a la competencia interespecífica impuesta por las diferentes densidades de población de teocintle. El mayor rendimiento de grano estuvo relacionado con mazorcas de mayor longitud, más granos por hilera y grano más pesado.

En otros estudios se ha observado que el rendimiento de grano está determinado principalmente por el número de granos, más que por el peso individual de éstos (Borrás et ál. 2004); ésto se confirma en el presente trabajo, ya que en el Criollo se registró el mayor promedio y más rendimiento. Balbuena et ál. (2011) también observaron que el Criollo fue superior en ambas variables. El mayor peso de grano que se registró en el Criollo se atribuye a que éste fue sobresaliente en longitud de mazorca, componente primario del rendimiento que determina una mayor productividad por unidad de superficie (Figura 1); un incremento en ambas causa mayor rendimiento de grano por planta y por ha (Balbuena et ál. 2011).

En este contexto, el Criollo fue el más sobresaliente, seguido de H-50 e Ixtlahuaca; estos resultados sugieren que la competencia entre H-50 y teocintle fue más crítica que entre este último y Criollo (Figura 1). Estos hechos concuerdan con los obtenidos por Balbuena et ál. (2011), quienes mencionaron que la superioridad

del Criollo se atribuye a que está bien adaptado a las condiciones ambientales predominantes en su lugar de siembra y que tolera mejor la competencia interespecífica que ejerce el teocintle.

Densidades de población en teocintle

Con 0, 2, 3, 4 y 5 teocintles por mata, hay 0, 41 666, 62 500, 83 333 y 104 166 plantas ha⁻¹.

Las variables afectadas significativamente por la alta competencia entre ambas especies fueron espigamiento, floraciones masculina y femenina, plantas de maíz, plantas cuateras, número de mazorcas, longitud, granos por hilera y pesos de la mazorca y de su grano, rendimientos ha⁻¹ y emergencia del teocintle (Cuadro 3; Figura 1).

Con más teocintles los maíces presentaron tardíamente el espigamiento y las floraciones masculina y femenina; también hubo una disminución en plantas de maíz por parcela, plantas con dos mazorcas, mazorcas cosechadas, longitud de mazorca, granos por hilera, pesos de mazorca, de grano y en rendimiento por ha (Figura 1).

Los genotipos que no tuvieron competencia con teocintle presentaron la espiga a los 83.27 días; con 2, 3 y 4 teocintles en cada mata el espigamiento se presentó entre 85 y 86.44 días, y con 5 teocintles éste ocurrió a 87.59 días (Cuadro 3). La floración masculina del maíz, sin teocintles, ocurrió a 86.29 días; con 2 a 4 teocintles se presentó entre 87.81 y 89.09 días, y con 5 teocintles a 90.74 días; la floración femenina se presentó a 90.48 días en ausencia de teocintles, con 2 teocintles ocurrió a 91.59 días, con 3 y 4 se registró a 92.35 y 92.92 días, y con 5 teocintles por mata se manifestó a 94.70 días (Cuadro 3). Estos resultados muestran la influencia de las densidades de población en espigamiento y en ambas floraciones del maíz (Figura 1). Sangoi et ál. (2002) observaron resultados similares e indicaron que la floración en maíz responde a variaciones en la densidad de población.

En plantas de maíz por parcela se observaron diferencias estadísticas cuando hubo 0, 2, 3 y 4 teocintles por mata (de 13.11 a 12.34); con 5 teocintles su número disminuyó a 10.61 (Cuadro 3). Balbuena et ál. (2011), al evaluar en condiciones de infestación natural, concluyeron que a más teocintles menos maíces.

Los resultados muestran que sin teocintles hubo 0.92 plantas con dos mazorcas, 11.07 mazorcas por parcela de 13.89 cm, 28.12 granos por hilera, mazorcas de 144.39 g con 122.20 g de grano y 4054.40 kg ha⁻¹; con 5 teocintles por mata 0.43 plantas tuvieron doble mazorca, 9.14 mazorcas en la parcela, de 12.81 cm, 24.65 granos por hilera, cada mazorca pesó 113.45 g y su grano 97.81 g con rendimiento de 3283.2 kg ha⁻¹ (Cuadro 3; Figura 1).

Sattin y Berti (2004) comentan que la densidad de población en el cultivo está establecida a un nivel que optimiza el rendimiento de un cultivar en un ambiente determinado, pero la presencia de maleza reducirá su rendimiento medio.

La longitud de la mazorca es un componente primario del rendimiento de grano; un incremento en ésta contribuye a un mayor rendimiento por planta y por ha. Balbuena et ál. (2011) concluyeron que al aumentar las plantas de teocintle disminuyeron los componentes primarios del rendimiento; esto coincide con los resultados observados en esta investigación.

El peso de grano es otro de los componentes primarios del rendimiento (Borrás et ál. 2001). López et ál. (2004) observaron que al aumentar la densidad de población en maíz disminuyó el peso del grano por mazorca; este hecho coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio. Rosales et ál. (2006) comentaron que las pérdidas originadas por la maleza aumentan si la infestación se eleva.

Años de evaluación

En cada variable se observaron diferencias estadísticas entre años (Cuadro 4); en 2008 la planta de maíz registró un mayor desarrollo vegetativo: 14.17 hojas, 3.13 m de altura, 1.55 m de altura a la mazorca y 2.94 cm en diámetro del tallo. El teocintle tuvo más hojas (9.62) y mayores alturas de planta (2.30 m) y diámetros

del tallo (1.37 m), pero éstos están por debajo de los observados en una infestación natural de teocintle. Las mayores dimensiones de la mazorca corresponden a este año: 14.90 cm de longitud, 4.60 cm de diámetro, 16.50 hileras, 27.37 granos por hilera, 165.32 g por mazorca, 146.82 g de grano y 12.60% de pudrición; éstos se reflejaron en mayor rendimiento de grano por ha (5129.8 kg ha⁻¹); en 2009 y 2010 sólo hubo 3092 y 3059 kg ha⁻¹ (Cuadro 4).

En 2009 los maíces presentaron anticipadamente el espigamiento y las floraciones masculina y femenina (81.66, 84.17 y 87.88 días) y los menores valores en plantas por parcela (10.81), dos mazorcas (0.14), número de mazorcas (8.23) y pesos de la mazorca (102.08 g) y de su grano (85.38 g); también hubo más pudrición de mazorca (49.75%). En 2010 los materiales se comportaron tardíamente (88.70, 91.60 y 94.85 días, respectivamente) y se vieron afectados en longitud (11.98 cm), diámetro (4.04), hileras (15.90) y granos por hilera en la mazorca (25) (Cuadro 4).

Los ambientes juegan un papel importante en el comportamiento agronómico. En esta región del Centro de México existen pocos estudios para analizar los efectos que causan los años de evaluación, o las combinaciones de éstos con localidades, sobre el rendimiento de grano y sus componentes del rendimiento en maíz (González et ál. 2010; Reynoso et ál. 2014). Los resultados de este trabajo permiten inferir que éstos y la presencia del teocintle en el maíz están influenciados por los años de evaluación.

CONCLUSIONES

Las diferencias altamente significativas que se observaron entre años en la mayoría de las variables, sugieren que es deseable explorar en el tiempo la respuesta de los genotipos de maíz y las densidades de población en teocintle.

En el Criollo se registró el mayor rendimiento de grano (4.1 t ha⁻¹), seguido de H-50 (3.6 t ha⁻¹) e Ixtlahuaca (3.4 t ha⁻¹); este hecho sugiere que el Criollo tolera mejor la presencia de teocintle.

Al incrementarse la densidad de población en teocintle hubo una disminución en los rendimientos de grano por mazorca y por ha en maíz (de 122.2 a 97.81 g, y de 4504 a 3283 kg ha⁻¹).

Las altas densidades de población retrasan la floración, disminuyen el número de plantas, de mazorcas, el cuateo, la longitud de mazorca, granos por hilera y pesos de mazorca, del grano y del rendimiento por ha.

Los componentes del rendimiento que explicaron el mayor rendimiento de grano que se observó en el Criollo fueron longitud de mazorca, número de granos y pesos de la mazorca y de su grano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALBUENA A., ROSALES E., VALENCIA J. C., GONZÁLEZ A., PÉREZ D. J., SÁNCHEZ S., FRANCO A. L., VENCES C. 2011. Competencia entre maíz y teocintle: efecto en el rendimiento y sus componentes. *Centro Agrícola*. 38(1): 5-12.
- BORRÁS L., OTEGUI E. 2001. Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. *Crops Science*. 49:1816-1822.
- BORRÁS L., SLAFER G., OTEGUI E. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulation in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*. 86:131-146.
- CIMMYT. 1995. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. 5ª reimpresión. México, D.F. 21 p.
- DOEBLEY F. 2004. The genetics of maize evolution. *Annual Review of Genetics*. 38:37-59.
- EDMEADES O., BOLAÑOS J., ELINGS A., RIBAUT M., BÄNZIGER. 2000. Physiology and modeling kernel set in maize. *CSSA*. p: 46-76.
- ESPINOSA F. J., SARUKHÁN J. 1997. Manual de malezas del Valle de México. Primera edición. México, D. F. 407 p.
- GONZÁLEZ A., PÉREZ D. J., SAHAGUN J., FRANCO O., MORALES E., RUBÍ M., GUTIÉRREZ F., BALBUENA A. 2010. Aplicación y comparación de métodos univariados para evaluar la

estabilidad en maíces del Valle Toluca-Atlacomulco, México. *Agronomía Costarricense*. 34(2):129-143.

LÓPEZ J. A., REYES C. A., CASTRO S., BRIONES F. 2004. Componentes del crecimiento de grano de cultivares prolíficos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27:23-26.

MADDONNI A., OTEGUI E., CIRILO G. 2001. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. *Field Crops Research*. 71:183-193.

MARTÍNEZ A. 1994. Experimentación Agrícola. Métodos Estadísticos. Editorial Universidad Autónoma Chapingo. 1ª Edición, Chapingo, México. 358 p.

MATSUOKA Y., VIGOUROUX Y., GOODMAN M., SÁNCHEZ J. DE J., BUCKLER E., DOEBLEY F. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National AcaEMy of Sciences*. 99:6080-6084.

Observatorio Meteorológico Universitario "Mariano Bárcena" Universidad Autónoma del Estado de México. 2011.

PÉREZ D. J., GONZÁLEZ A., FRANCO O., RUBÍ M., RAMÍREZ J. F., CASTAÑEDA A., AQUINO J. G. 2014. Aplicación de métodos multivariados para identificar cultivares sobresalientes de haba para el Estado de México, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(2):265-278.

REYNOSO C. A., GONZÁLEZ A., PÉREZ. D. J., FRANCO O., TORRES J. L., VELÁZQUEZ G. A., BRETON C., BALBUENA A., MERCADO O. 2014. Análisis de 17 híbridos de maíz sembrados en 17 ambientes de los Valles Altos del Centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(5):553-570.

ROSALES E., SÁNCHEZ R., SALINAS J. R., PECINA V., LOERA J., ESQUEDA V. A. 2006. Periodo crítico de competencia de la correhuela perenne (*Convolvulus arvensis*) en sorgo para grano. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 29(001):47-53.

SAGARPA. 2009. Situación actual y perspectivas del maíz en México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Toluca, México, México. 21/09/2010, <http://www.sagarpa.gob.mx>.

- SÁNCHEZ J. J. 1995. El análisis biplot en clasificación. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 18:188-203.
- SÁNCHEZ A., GARCÍA F. 2005. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Toluca, México, México. 02/04/2010, <http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15106a.htm>.
- SANGOI L., GRACIETTI M. A., RAMPAZZO C., BIANCHETTI P. 2002. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant population. *Field Crops Research*. 79:39-51.
- SATTIN M., BERTI A. 2004. Parámetros para la competencia malezas-cultivos. Depósito de documentos de la FAO. Toluca, México, México. 22/05/2010, <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s04.htm>.
- SORIA J., BÁEZ A. D., RODRÍGUEZ V. M., RAMOS J. L., REYES L., GONZÁLEZ M. A. 2007. Predicción de cosecha, metodología y resultados para maíz en el Estado de México Ciclo P-V 2006. INIFAP. México. p. 5.
- WELLHAUSEN S., ROBERTS M., HERNÁNDEZ E. en colaboración con P. C. Mangelsdorf. 1951. Razas de Maíz en México: su origen, características y distribución, Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D. F. p. 3-6.

CUADROS Y FIGURAS

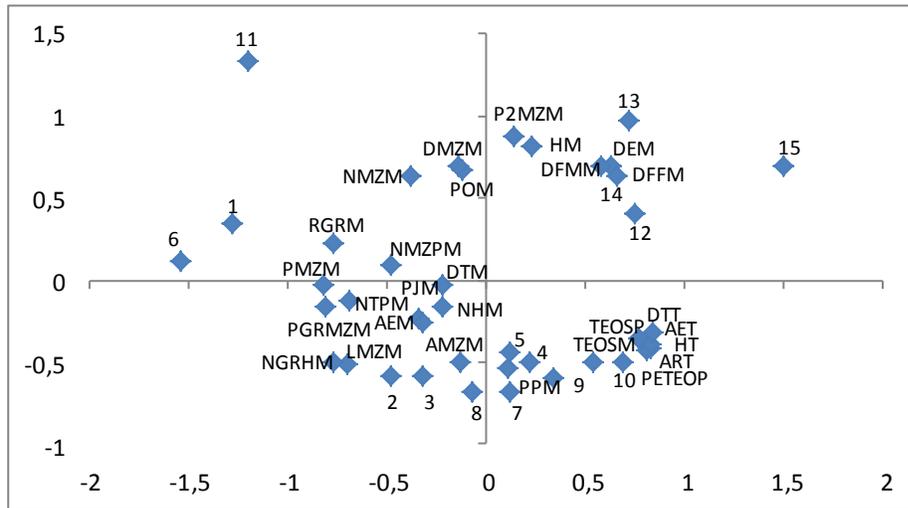


Figura 1. Interrelaciones entre tres cultivares de maíz y cinco densidades de siembra en teocintle (en número) y 28 variables agronómicas (en letras).

Cuadro 1. Valores de F y su significancia estadística observados en el análisis de varianza combinado.

FV ^y	GL ^y	Variables						
		HM	HT	EM	FMM	FFM	AMM	AEM
Genotipos (G)	2	106.03**	4.87**	210.14**	272.27**	182.47**	25.17**	9.52**
Repeticiones	6	2.89*	1.28 ns	0.47 ns	0.85 ns	1.97 ns	2.69*	0.70 ns
Densidades (D)	4	1.88 ns	1708.84**	13.17**	18.92**	20.63**	2.78*	1.51 ns
Años (A)	2	24.51**	7.78**	104.57**	168.62**	213.19**	9.14**	54.59**
GxD	8	2.38*	2.59*	1.91 ns	2.20*	2.24*	1.05 ns	1.62 ns
GxA	4	5.92**	0.76 ns	29.62**	21.91**	12.87**	3.24*	4.65**
DxA	8	2.36**	1.55 ns	4.07**	5.72**	8.44**	1.37 ns	0.85 ns
GxDxA	16	1.43 ns	1.01 ns	2.85**	4.08**	5.81**	1.36 ns	1.04 ns

Media	13.63	9.33	85.48	88.39	92.41	1.47	2.91
C V (%)	4.88	7.03	2.72	2.22	1.94	9.85	6.21

^y FV = fuente de variación, GL = grados de libertad; HM = hojas en maíz; HT = hojas en teocintle; EM = días a espigamiento en maíz; FMM = floración masculina en maíz; FFM = floración femenina en maíz; AMM = altura de la mazorca del maíz; AEM = altura a la espiga del maíz; ns = no significativo (P>0.05); * = significativo al 5 %; ** = significativo al 1 %.

Continuación del Cuadro 1.

FV ^y	GL ^y	Variables						
		ART	AET	DTM	DTT	TPM	P2MM	PJM
Genotipos (G)	2	1.60 ns	9.68**	0.42 ns	20.96**	2.30 ns	82.83**	0.91 ns
Repeticiones	6	1.23 ns	0.60 ns	0.58 ns	1.91 ns	1.06 ns	1.11 ns	0.78 ns
Densidades (D)	4	256.72**	757.12**	0.55 ns	353.76**	3.61**	3.44*	0.93 ns
Años (A)	2	8.29**	8.53**	16.80**	36.51**	8.22 ns	26.29**	4.60*
GxD	8	0.60 ns	2.07*	1.91 ns	1.82 ns	1.18 ns	4.05**	3.75**
GxA	4	3.13*	1.00 ns	0.88 ns	3.47*	1.89 ns	19.06**	3.03*
DxA	8	2.66*	0.81 ns	1.13 ns	3.82**	1.16 ns	8.50**	1.08 ns
GxDxA	16	4.13**	0.72 ns	1.10 ns	1.12 ns	1.56 ns	6.79**	2.27**
Media		0.86	2.18	2.57	1.18	12.00	0.66	2.26
C V (%)		18.26	10.58	23.48	15.46	20.70	90.48	74.58

^y FV = fuente de variación, GL = grados de libertad; ART = altura a la ramificación de teocintle; AET = altura a la espiga de teocintle; DTM = diámetro del tallo de maíz; DTT = diámetro del tallo de teocintle; TPM = plantas de maíz; P2MM = plantas con dos mazorcas; PJM = plantas infértiles; ns = no significativo (P>0.05); * = significativo al 5 %; ** = significativo al 1 %.

Continuación del Cuadro 1.

FV ^y	GL ^y	Variables						
		NMM	MP	PM	LM	DM	NH	NGM
Genotipos (G)	2	2.96 ns	0.36 ns	1.27 ns	49.50**	8.46**	0.98 ns	39.14**
Repeticiones	6	1.05 ns	0.51 ns	0.70 ns	1.08 ns	1.22 ns	1.32 ns	0.37 ns
Densidades (D)	4	3.26*	0.44 ns	0.63 ns	3.56**	1.56 ns	2.03 ns	5.81**
Años (A)	2	36.65**	50.19**	138.02**	82.86**	37.79**	4.03*	6.58**
GxD	8	2.02 ns	0.95 ns	1.26 ns	3.17**	2.74**	2.22*	2.77**
GxA	4	0.66 ns	1.34 ns	1.75 ns	1.87 ns	2.60*	1.43 ns	1.06 ns
DxA	8	3.88**	1.20 ns	0.42 ns	2.96**	2.42*	2.87**	2.64 ns
GxDxA	16	3.96**	0.92 ns	1.56 ns	2.17*	3.57**	2.42**	1.91*
Media		9.97	3.80	33.43	8.29	4.35	16.26	26.20
C V (%)		22.79	46.17	32.41	13.26	7.14	6.48	11.82

^y FV = fuente de variación, GL = grados de libertad; NMM = mazorcas por planta de maíz; MP = mazorcas podridas; PM = pudrición de mazorcas; LM, DM, NH, NGM = longitud, diámetro, hileras por mazorca y granos por hilera en maíz; ns = no significativo (P>0.05); * = significativo al 5 %; ** = significativo al 1 %.

Continuación del Cuadro 1.

FV ^y	GL ^y	Variables						
		PMM	POM	PGMM	RHM	TP	TM	TEP
Genotipos (G)	2	13.18**	18.00**	16.97**	5.45**	4.35*	4.22*	2.40 ns
Repeticiones	6	0.84 ns	1.11 ns	0.41 ns	0.44 ns	2.35*	2.24*	2.02 ns
Densidades (D)	4	7.32**	1.34 ns	5.06**	4.71**	233.95**	233.47**	169.12**
Años (A)	2	112.24**	39.44**	121.90**	49.48**	10.14**	10.30**	4.46*

GxD	8	3.16**	0.99 ns	2.01 ns	1.79 ns	2.67*	2.59*	2.09*
GxA	4	3.44*	4.28**	1.99 ns	1.29 ns	1.89 ns	1.94 ns	1.34 ns
DxA	8	3.50**	1.85 ns	2.47*	2.43*	3.16**	3.12**	4.64**
GxDxA	16	2.44**	1.39 ns	1.54 ns	3.13**	1.52 ns	1.52 ns	1.22 ns
Media		124.70	16.13	107.32	3760.44	13.04	2.61	48.14
C V (%)		17.89	17.75	9.40	30.07	22.82	22.86	23.17

∧ FV = fuente de variación, GL = grados de libertad; PMM, POM, PGMM, RHM = pesos de la mazorca, del olote, de grano por mazorca y rendimiento de grano de maíz por hectárea; TP, TM y TEP = teocintles por parcela, por mata y emergidos en la parcela; ns = no significativo (P>0.05); * = significativo al 5 %; ** = significativo al 1 %.

Cuadro 2. Comparación entre genotipos de maíz.

Niveles	Variables						
	HM	HT	EM	FMM	FFM	AMM	AEM
Criollo	13.48 b	9.36 ab	83.52 b	86.54 b	91.20 b	1.60 a	3.00 a
Ixtlahuaca	12.69 c	9.09 b	81.72 c	84.74 c	89.54 c	1.42 b	2.85 b
H-50	14.71 a	9.52 a	91.21 a	93.88 a	96.48 a	1.41 b	2.87 b
DMSH	0.33	0.33	1.17	0.99	0.9	0.07	0.09

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. HM y HT = hojas en maíz y teocintle; EM, FMM, FFM, AMM y AEM = espigamiento, floraciones masculina y femenina y altura de la mazorca y de la espiga en maíz.

Cuadro 2. Continuación del Cuadro 2.

Niveles	Variables						
	ART	AET	DTM	DTT	TPM	P2MM	PJM
Criollo	0.88 a	2.21 a	2.63 a	1.20 b	12.04 a	0.27 b	2.25 a

Ixtlahuaca	0.83 a	2.07 b	2.53 a	1.05 c	12.54 a	0.11 b	2.50 a
H-50	0.86 a	2.28 a	2.54 a	1.30 a	11.42 a	1.59 a	2.02 a
DMSH	0.07	0.11	0.3	0.09	1.25	0.30	0.84

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. ART y AET = alturas a la ramificación y a la espiga de teocintle; DTM y DTT = diámetros del tallo en maíz y teocintle; TPM, P2MM y PJM = total de plantas, plantas cuateras e infértiles en maíz.

Continuación del Cuadro 2.

Niveles	Variables						
	NMM	MP	PM	LM	DM	NH	NGM
Criollo	9.73 a	3.63 a	33.32 a	14.39 a	4.35 ab	16.38 a	28.73 a
Ixtlahuaca	9.54 a	3.93 a	35.30 a	13.30 b	4.22 b	16.32 a	26.82 b
H-50	10.63 a	3.85 a	31.66 a	12.08 c	4.49 a	16.08 a	23.05 c
DMSH	1.14	0.88	5.45	0.55	0.15	0.53	1.55

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. NMM, MP y PM = total de mazorcas, mazorcas podridas y pudrición de éstas; LM, DM, NH y NGM = longitud, diámetro, número de hileras y granos por hilera de la mazorca.

Continuación del Cuadro 2.

Niveles	Variables						
	PMM	POM	PGMM	RHM	TP	TM	TEP
Criollo	138.58 a	16.64 a	121.91 a	4189.2 a	14.10 a	2.82 a	51.04 a
Ixtlahuaca	118.96 b	14.12 b	102.02 b	3415.3 b	12.56 b	2.51 b	47.24 a
H-50	116.57 b	17.63 a	98.03 b	3676.8 ab	12.45 b	2.49 b	46.13 a
DMSH	11.22	1.44	10.47	568.9	1.49	0.3	5.61

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente.; PMM = peso de la mazorca de maíz; POM = peso del olote; PGMM = Peso de grano por mazorca de maíz; RHM = rendimiento de grano de maíz ha⁻¹; TP, TM y TEP = teocintles por parcela, por mata y emergidos por parcela.

Cuadro 3. Densidades de población (D1 a D5) de teocintle.

Niveles	Variables								
	HM	HT	EM	FMM	FFM	AMM	AEM	ART	AET
D1	13.84 a	0.00 b	83.27 c	86.29 c	90.48 c	1.42 a	2.90 a	0.00 c	0.00 c
D2	13.71 a	11.67 a	85.00 bc	87.81 b	91.59 bc	1.52 a	2.98 a	1.04 b	2.75 ab
D3	13.37 a	11.38 a	85.11 b	88.01 b	92.35 b	1.53 a	2.90 a	1.03 b	2.62 b
D4	13.64 a	11.86 a	86.44 b	89.09 b	92.92 b	1.45 a	2.89 a	1.17 a	2.86 a
D5	13.58 a	11.72 a	87.59 a	90.74 a	94.70 a	1.47 a	2.86 a	1.04 b	2.70 ab
DMSH	0.50	0.49	1.76	1.49	1.36	0.11	0.30	0.11	0.17

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. HM y HT = hojas en maíz y teocintle; EM, FMM y FFM = días a espigamiento y floraciones masculina y femenina en maíz; AMM y AEM = alturas de la mazorca y de la espiga de maíz; ART y AET = alturas a la ramificación y a la espiga del teocintle.

Continuación del Cuadro 3.

Niveles	Variables									
	DTM	DTT	TPM	P2MM	PJM	NMM	MP	PM	LM	DM
D1	2.62 a	0.00 b	13.11 a	0.92 a	2.63 a	11.07 a	4.13 a	30.88 a	13.89 a	4.45 a
D2	2.52 a	1.53 a	11.88 ab	0.51 ab	2.34 a	9.44 ab	3.89 a	34.44 a	13.21 ab	4.25 a
D3	2.49 a	0.43 a	12.05 ab	0.83 ab	2.02 a	10.48 ab	3.78 a	33.84 a	13.29 ab	4.38 a
D4	2.51 a	1.50 a	12.34 ab	0.59 ab	2.44 a	9.71 ab	2.69 a	32.81 a	13.09 ab	4.35 a
D5	2.70 a	1.45 a	10.61 b	0.43 b	1.86 a	9.14 b	3.53 a	35.16 a	12.81 b	4.34 a

DMSH	0.45	0.13	1.88	0.45	1.28	1.72	1.33	8.22	0.83	0.23
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. DTM y DTT = diámetros del tallo del maíz y teocintle; TPM, P2MM, PJM, NMM y MP = total de plantas, plantas con dos mazorcas, plantas infértiles, mazorcas por planta y mazorcas podridas; PM, LM y DM = pudrición, longitud y diámetro de la mazorca del maíz.

Continuación del Cuadro 3.

Niveles	Variables								
	NH	NGM	PMM	POM	PGMM	RHM	TP	TM	TEP
D1	16.23 a	28.12 a	144.39 a	17.12 a	122.20 a	4504.4 a	0.00 e	0.00 e	0.00 c
D2	16.48 a	26.26 ab	123.02 b	15.92 a	107.08 ab	3559.3 b	9.90 d	1.98 d	72.44 a
D3	16.43 a	27.00 ab	121.07 b	16.38 a	104.76 b	3911.9 ab	13.74 c	2.74 c	58.86 b
D4	16.40 a	24.96 b	121.60 b	15.67 a	104.74 b	3543.4 b	18.91 b	3.78 b	56.87 b
D5	15.77 a	24.65 b	113.45 b	15.55 a	97.81 b	3283.2 b	22.64 a	4.54 a	52.53 b
DMSH	0.80	2.35	16.93	2.17	15.80	858.20	2.25	0.45	8.46

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. NH, NGM, PMM, POM, PGMM y RHM = hileras de grano, granos por hilera, pesos de la mazorca, del olote, del grano por mazorca y rendimiento por hectárea en maíz; TP, TM y TEP = teocintles por parcela, por mata y emergidos por parcela.

Cuadro 4. Comparación de medias entre años.

Niveles	Variables								
	HM	HT	EM	FMM	FFM	AMM	AEM	ART	AET
2008	14.17 a	9.62 a	86.08 b	89.40 b	94.48 a	1.55 a	3.13 a	0.78 b	2.30 a
2009	13.48 b	9.09 b	81.66 c	84.17 c	87.88 b	1.46 b	2.83 b	0.90 a	2.10 b
2010	13.22 b	9.27 b	88.70 a	91.60 a	94.85 a	1.42 b	2.76 b	0.89 a	2.15 b

DMSH	0.33	0.33	1.17	0.99	0.90	0.07	0.09	0.07	0.11
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. HM y HT = hojas en maíz y teocintle; EM, FMM y FFM = días a espigamiento y floraciones masculina y femenina en maíz; AMM y AEM = alturas de la mazorca y de la espiga de maíz; ART y AET = alturas a la ramificación y a la espiga del teocintle.

Continuación del Cuadro 4.

Niveles	Variables									
	DTM	DTT	TPM	P2MM	PJM	NMM	MP	PM	LM	DM
2008	2.94 a	1.37 a	12.84 a	1.00 a	1.66 b	12.23 a	2.11 c	12.60 c	14.90 a	4.60 a
2009	2.56 b	1.10 b	10.81 b	0.14 b	2.71 a	8.23 c	5.79 a	49.75 a	12.89 b	4.42 b
2010	2.20 c	1.07 b	12.35 a	0.83 a	2.41 ab	9.44 b	3.52 b	37.93 b	11.98 c	4.04 c
DMSH	0.30	0.09	1.25	0.30	0.84	1.14	0.88	5.45	0.55	0.15

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. DTM y DTT = diámetros del tallo del maíz y teocintle; TPM, P2MM, PJM, NMM y MP = total de plantas, plantas con dos mazorcas, plantas infértiles, mazorcas por planta y mazorcas podridas; PM, LM y DM = pudrición, longitud y diámetro de la mazorca del maíz.

Continuación del Cuadro 4.

Niveles	Variables								
	NH	NGM	PMM	POM	PGMM	RHM	TP	TM	TEP
2008	16.50 a	27.37 a	165.32 a	18.49 a	146.82 a	5129.8 a	11.57 b	2.31 b	46.41 b
2009	16.39 ab	26.23 ab	102.08 b	16.69 b	85.38 b	3092.2 b	13.14 a	2.62 a	45.82 b
2010	15.90 b	25.00 b	106.72 b	13.21 c	89.75 b	3059.3 b	14.40 a	2.88 a	52.18 a
DMSH	0.53	1.55	11.22	1.44	10.47	568.92	1.49	0.30	5.61

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. NH, NGM, PMM, POM, PGMM y RHM = hileras de grano, granos por hilera, pesos de la mazorca, del olote, del grano por

mazorca y rendimiento por hectárea en maíz; TP, TM y TEP = teocintles por parcela, por mata y emergidos por parcela.

V. CONCLUSIONES GENERALES

El Criollo tolera mejor la competencia con teocintle, su rendimiento de grano fue de 4.1 t ha⁻¹, seguido de H-50 (3.6 t ha⁻¹) e Ixtlahuaca (3.4 t ha⁻¹).

Las altas densidades de población del teocintle retrasan la floración del maíz, disminuyen los números de plantas de maíz, de dos mazorcas y el total de éstas, así como la longitud de la mazorca, número de granos por hilera, peso de la mazorca, peso del grano y rendimiento por hectárea.

Los componentes del rendimiento que contribuyen a un mayor rendimiento en el maíz Criollo fueron longitud de mazorca, número de granos, peso de mazorca y de su grano; por ello, es muy importante controlar el teocintle e impedir que siga infestando los terrenos de los agricultores.

El teocintle en un campo infestado naturalmente es altamente competitivo pero en este trabajo minimizó su potencial genético, por lo que necesario explorar en tiempo y espacio la respuesta de los genotipos de maíz y las densidades de población para el Valle de Toluca, México.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARIAS

Baker, H. G. 1972. Human influences on plant evolution. *Econ. Bot.* 26: 32-43.

Balbuena, M. A., González, H. A., Pérez, L. D. de J., Sánchez, N. S., Vences, C. C., y Gutiérrez, R. F. 2009a. Germinación y emergencia del teocintle con otras especies cultivables. Memorias del XXX Congreso Nacional de la ASOMECEMA A. C. Culiacán, Sinaloa, México. p: 1.

Balbuena, M. A., González, H. A., Sánchez, N. S., Pérez, L. D. de J., y Franco, M. A. L. 2008. Efecto del manejo integrado de teocintle y rendimiento y componentes del rendimiento de seis genotipos de maíz en Toluca, México. Memorias del XXIX Congreso Nacional de la ASOMECEMA A. C. Tapachula, Chiapas, México. p: 48.

Balbuena, M. A., González, H. A., Sánchez, N. S., Torres, R. A., Peña, S. H., y Rosales, R. E. 2007. Comportamiento del teocintle en cinco genotipos de maíz en el municipio de Metepec, Estado de México. Memorias del XXVIII Congreso Nacional de la ASOMECEMA A. C. Mazatlán, Sinaloa, México. p: 278.

Balbuena, M. A., Sánchez, N. S., González, H. A., Pérez, L. D. de J., Franco, M. A. L., y Vences, C. C. 2009b. Variabilidad de plantas de teocintle y problemática en el cultivo de maíz en el Estado de México. Memorias del III Foro Internacional Biológico Agropecuario. Tuxpan, Veracruz, México. p: 316.

Doebley, J. F., and Iltis, H. H. 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae) I. A subgeneric classification with key to taxa. *Amer. J. Bot.* 67: 982-993.

- Gertrudis, E. J. 1999. Distribución biológica, etnobotánica e historia invasiva del teocintle (*Zea mays* spp. *mexicana*) en el Valle de Toluca, Estado de México. Tesis de Licenciatura. UAEM. Toluca, Estado de México.
- Harlan, J. R. 1965. The possible role of weed races in the evolution of cultivate races plants. *Euphytica* 14:173-176.
- Hernández, X. 1987. Razas de maíz en México: Su origen, características y distribución. *Geografía Agrícola* 2:609-732.
- Iltis, H. H., and Doebley, J. F. 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae) II. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. *Amer. Bot.* 67: 994-1004.
- Martínez, S. J. P. R. 1999. Maíz, ¿regalo de dioses o esclavo de mortales? *Periodismo de Ciencia y Tecnología*. (<http://www.invdes.com.mx/anteriores/Septiembre1999/htm/maiz.html>). Accesada: 10 de octubre de 2008.
- Martínez, S. J. P. R., y Leal, K. D. S. 2001. Maíz y teocintle, hermanos incómodos. Fuente: <http://www.jornada.uam.mx/2001/01/29/cien-maiz.html>. Accesada: 10 de octubre de 2008.
- McNeill, J. 1976. The taxonomy and evolution of weeds. *Weed Res.* 16: 399-413.
- Panetsos, C. A., y Baker, H. G. 1968. The origin of variations in “wild” *Raphanus sativus* (Cruciferae) in California, *Genetica* 38: 243-274.
- Peña, S. H., Balbuena, M. A., González, H. A., Pérez, L. D. de J., y Sánchez, N. S. 2008. Germinación de semillas de teocintle y otras especies cultivadas. *Memorias del XXIX Congreso Nacional de la ASOMECIMA A. C.* Tapachula, Chiapas, México. p: 27.

- Peña, S. H., Balbuena, M. A., González, H. A., Pérez, L. D. de J., Torres, R. A., y Sánchez, N. S. 2007. Banco de semillas de teocintle en terrenos de 10 municipios del Distrito I del Estado de México. Memorias del XXVIII Congreso Nacional de la ASOMECEMA A. C. Mazatlán, Sinaloa, México. p: 140.
- Ribeiro, S. 2005. El zorro en el gallinero, Monsanto en Manantlán. Fuente: <http://www.rel-vita.org/agricultura/transgenicos/el-zorro.htm>. Accesada: 11 de septiembre de 2008.
- Salas, C. J. F., Chuela, B. M., Montes, H. S., Ramírez, D. J. L., Ron, P. J., y Sánchez, G. J. de J. 2003. Características agronómicas en retrocruzamientos maíz-teocintle. Sociedad Mexicana de Fitogenética. (<http://nsdl.org/resource/2200/20071099183533330T>). Accesada: 12 de noviembre de 2008.
- Sánchez, G. J. de J., y Ordaz, S. L. 1987. El teocintle en México. Distribución y situación actual de las poblaciones. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools: 2. IBPGR, Roma, Italia. (http://www2.biodiversityinternational.org/publications/Web_version/266/). Accesada: 06 de marzo de 2008.
- Sánchez, G. J. de J., y Ruíz, C. J. A. 1996. Distribución del teocintle en México. Memoria del Foro Flujo Genético entre Maíz Criollo, Maíz Mejorado y Teocintle: Implicaciones para el Maíz Transgénico. México. CIMMYT. México. pp: 20-38.
- Sánchez, N. S., Balbuena, M. A., González, H. A., Pérez, L. D. de J., y Franco, M. A. L. 2009. Manejo integrado de teocintle en maíz, en Toluca, Estado de México. Memorias del III Foro Internacional Biológico Agropecuario. Tuxpan, Veracruz, México. p: 203.

- Sánchez, N. S., Balbuena, M. A., González, H. A., Pérez, L. D. de J., Franco, M. A. L., y Peña, S. H. 2008. Manejo integrado del teocintle con seis genotipos de maíz en el Valle de Toluca, Estado de México. Memorias del Foro Interno de Investigación, Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEMEX.
- Sánchez, N. S., Balbuena, M. A., Torres, R. A., Peña, S. H., y González, H. A. 2007. Manejo integrado de teocintle en cinco genotipos de maíz en Toluca, Estado de México. Memorias del XXVIII Congreso Nacional de la ASOMECIMA A. C. Mazatlán, Sinaloa, México. p: 182.
- Segura, L. J. 2002. Características agronómicas de híbridos y variedades de maíz en el Estado de México, ICAMEX, Estado de México.
- Torres, R. A., Balbuena, M. A., González, H. A., Pérez, L. D. de J., Sánchez, N. S., Peña, S. H., y Valencia, H. J. C. 2008. Manejo integrado de teocintle en el cultivo de maíz. Memorias del XXIX Congreso Nacional de la ASOMECIMA A. C. Tapachula, Chiapas, México. p: 88.
- Valencia, H. J. C., Balbuena, M. A., González, H. A., Pérez, L. D. de J., Sánchez, N. S., Franco, M. A. L., y Vences, C. C. 2009. Competencia entre maíz y teocintle. Memorias del XXX Congreso Nacional de la ASOMECIMA A. C. Culiacán, Sinaloa, México. p: 38.
- Wilkes, H. G. 1967. Teosinte: The Closest Relative of maize. Cambridge: Bussey Institution of Harvard University.
- Wilkes, H. G. 1977. Hybridization of maize and teosinte in Mexico and Guatemala and the improvement of maize. *Econ. Bot.* 31:254-293.

Wilkes, H. G. 1996. El teocintle en México: Panorama retrospectivo y análisis personal. Memoria del Foro Flujo Genético entre Maíz Criollo, Maíz Mejorado y Teocintle: Implicaciones para el Maíz Transgénico. CIMMYT. México. pp: 11-19.