
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

**DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
COORDINACIÓN DE POSGRADO**



**“BIOLOGIA DEL POLEN Y ESTIGMAS EN
ESPECIES DEL GÉNERO *Zea* EN MEXICO”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

**PRESENTA:
JOSÉ GUADALUPE RODRÍGUEZ FLORES**

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. JOSÉ DE JESÚS SÁNCHEZ GONZÁLEZ**

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JAL., JULIO 2006



La tesis **“BIOLOGIA DEL POLEN Y ESTIGMAS EN ESPECIES DEL GÉNERO Zea EN MEXICO”** del C. José Guadalupe Rodríguez Flores, se realizó bajo la dirección del Consejo particular que se indica, fue aprobada por el mismo y se aceptó como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

Consejo Particular

Tutor: _____

J. Jesús Sánchez González
Dr. José de Jesús Sánchez González

Asesor: _____

José Ron Parra
Dr. José Ron Parra

Asesor: _____

Fernando Santacruz Ruvalcaba
Dr. Fernando Santacruz Ruvalcaba

Asesor: _____

M.C. Lino De la Cruz Larios
M.C. Lino De la Cruz Larios

Las Agujas Zapopan Jal., julio 2006

AGREDECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara, por la formación profesional recibida.
Así mismo, a todos los maestros del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias por sus enseñanzas.

Un infinito agradecimiento al Dr. J. Jesús Sánchez González, por brindarme su amistad y sus enseñanzas durante la carrera, por su esforzó, apoyo en mi desarrollo como estudiante, por ser el pilar del presente trabajo, mil gracias.

Al Mc. Lino De la Cruz Larios, por ser mi amigo, por las enseñanzas y consejos durante toda la carrera y por su colaboración durante todo el trabajo de investigación.

Al Dr. Fernando Santacruz Ruvalcaba, por su amistad y por sus enseñanzas durante los estudios de la Maestría, por su colaboración muy grande para que este trabajo se realizara.

Al Dr. José Ron Parra, por ser amigo y maestro durante mis estudios, por sus consejos y apoyo durante el desarrollo de la investigación.

Al Centro de Investigaciones de la Empresa Pioneer, Hi-Bred Intl, de Tapachula, Nayarit, México, gracias por el amplio apoyo brindado en la realización del presente trabajo. En especial al Dr. Baltazar Baltazar Montes, destacado investigador de maíz y director del proyecto *Maize and Teosinte Biodiversity studies in Mexico* por su loable actividad e interés en difundir avances relativos al presente estudio.

A mis amigos y compañeros de clase el Dr. Moisés Martín Morales R., Ma. Isabel Torres M., José Guadalupe Martín L., gracias por brindarme su amistad y por el apoyo y consejos durante todo este tiempo que estuvimos conviviendo.

A mis amigos de la generación de la Licenciatura, Ing. Rubén Quevedo L., Ing. Oscar Gandara M, Ing. Kevin Cruzaley S, Ing. José Luis De Dios F, Ing. Raúl Zetina S, por sus apoyo durante todo este tiempo muchas gracias y “si nos lo proponemos lo logramos”.

DEDICATORIAS

A mi familia por todo su apoyo y consejos que tienen para conmigo.

A mi padre José Ma. Rodríguez Ricardo.

A mi madre Antonia Flores Flores.

A mis hermanos:

Eliseo, Griselda, Evelia, Samuel y Andrés.

A mis abuelos:

Ramona Flores C.

Francisco Flores V.

A mi tío abuelo Desiderio Rodríguez M.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	ii
INDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS:.....	2
HIPÓTESIS:	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen y taxonomía del género <i>Zea</i>.....	4
Aspectos importantes en la viabilidad del grano de polen	5
Distribución del teocintle.....	6
MATERIALES Y MÉTODOS	10
Los sitios de estudio	10
Material genético	10
Características medidas.....	11
Análisis de datos.....	13
RESULTADOS.....	15
Días a la floración	15
Longitud y densidad de tricomas de los estigmas	25
Evaluación del efecto de la temperatura en la longevidad del polen	25
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	34
APENDICE.	42
APÉNDICE 2: ARTICULO.....	58

INDICE DE CUADROS

1	<i>Taxonomía del género Zea de acuerdo a WILKES (1967 y 2004), ILTIS y DOEBLEY (1980) y DOEBLEY (1990).</i>	5
2	<i>Número de accesiones, medias de las características del polen y días a floración para los grupos de maíz y teocintle estudiados en Nextipac, Jalisco, México en el verano de 2003</i>	16
3	<i>Número de accesiones, medias de las características del polen y estigmas, número de tricomas, días a floración para los grupos de maíz y teocintle estudiados en Nextipac, Jalisco, México en el verano de 2004</i>	17
4	<i>Número de accesiones, medias de las características del polen y días a floración para los grupos de maíz y teocintle estudiados en Tapachula, Nayarit, México en el invierno de 2004</i>	18
5	<i>Días a floración masculina y femenina y requerimientos térmicos para dos especies de teocintle, razas de maíz e híbridos comerciales de maíz.</i>	20
6	<i>Coefficientes de correlación entre tamaño del polen y porcentaje de granos hidratados y deshidratados en Nextipac 2003, Nextipac 2004 y Tapachula, 2004</i>	22
7	<i>Análisis de varianza para los experimentos del efecto de la temperatura sobre la desecación del polen en Nextipac 2004 y 2005.</i>	27
8	<i>Medias de deshidratación del polen (%) de los diferentes materiales genéticos durante intervalos de tiempo y tres temperaturas en Nextipac, Jal. 2004</i>	28
9	<i>Medias de deshidratación del polen (%) de los diferentes materiales genéticos durante intervalos de tiempo y tres temperaturas en Nextipac, Jal. 2005.</i>	29
1A	<i>Accesiones de maíz y teocintle estudiadas para características del polen y estigmas.</i>	42
2A	<i>Datos de días a floración, diámetro del polen y porcentaje de polen hidratado en maíz y teocintle en Nextipac, Jal. 2003.</i>	46
3A	<i>Datos de días a floración, diámetro del polen y porcentaje de polen hidratado en maíz y teocintle en Nextipac, Jal. 2004.</i>	49
4A	<i>Datos de días a floración, diámetro del polen y porcentaje de polen hidratado en maíz y teocintle en Tapachula, Nay. 2004.</i>	54

INDICE DE FIGURAS

1	<i>Distribución del teocintle en México</i>	9
2	<i>Temperaturas diarias a las 10 am durante el período de recolección del polen en Nextipac, Jalisco durante 2003 y 2004</i>	23
3	<i>Diversidad del tamaño del polen y susceptibilidad a la desecación en las especies de Zea</i>	24
4	<i>Diversidad en las características de los estigmas en las especies de Zea</i>	26
5	<i>Longevidad del polen de maíz y teocintle en tres temperaturas controladas y tiempos de exposición en Nextipac, Jal. 2004</i>	30
6	<i>Longevidad del polen de maíz y teocintle a 20 oC en Nextipac, Jal. 2005</i>	31
7	<i>Longevidad del polen de maíz y teocintle a 27 oC en Nextipac, Jal. 2005</i>	32
8	<i>Longevidad del polen de maíz y teocintle a 35 oC en Nextipac, Jal. 2005</i>	33

RESUMEN

Para determinar la diversidad morfológica del polen y de los estigmas en el género *Zea*, fueron evaluadas 115 poblaciones de teocintle, 60 accesiones de maíz que representan 53 razas, tres variedades mejoradas de polinización libre y 80 híbridos comerciales de maíz. Los parámetros que se midieron fueron: tamaño y longevidad del polen, sincronía floral, longitud de los estigmas y densidad de tricomas. Se encontró un alto nivel de variación entre las poblaciones de *Zea*. El polen de las razas de maíz y los híbridos comerciales es más grande (103-105 μm), que el de teocintle (84 μm). La longitud de los estigmas del maíz es casi el doble comparada con los estigmas del teocintle (16 a 27 cm contra 7.2-11.4 cm, respectivamente). La presencia de tricomas en los teocintles es hasta cinco veces más que en los estigmas del maíz. El polen de los híbridos y las razas de maíz fue afectado menos por la desecación que el polen de los teocintles; los granos de polen de varias accesiones de teocintle se habían colapsado al momento de la recolección del polen pero algunas poblaciones conservaron la viabilidad entre 30 minutos a una hora. La mayoría de las poblaciones de teocintle en el área del valle de México y en la Mesa Central (ssp *mexicana*.) tienden a tener una sincronía floral con las razas de maíz e híbridos comerciales, todos tienen requerimientos térmicos similares. No obstante, en las áreas donde se distribuye la ssp. *parviglumis*, no hay sincronía en la floración del maíz y del teocintle. Las características físicas y biológicas del polen, y la sincronía floral de los miembros de género *Zea* aportan parte de la información básica requerida para estimar la probabilidad del flujo de genes del maíz híbrido a los parientes silvestres de maíz en las áreas en México y América Central en donde las subespecies crecen juntas. Los análisis de varianza para la desecación de los granos de polen durante 2004 y 2005 en Nextipac indicaron que hay diferencias significativas para los dos experimentos en todas las fuentes de variación consideradas. Aun cuando el análisis revela la existencia de diferencias entre materiales y entre temperaturas, el factor de mayor influencia es el tiempo de exposición del polen a las temperaturas establecidas. El porcentaje de la suma de cuadrados del tiempo de exposición del polen, respecto al total representa más del 60%, mientras que ninguna de las fuentes de variación restantes ni las interacciones representan más del 10% del total. Es notorio que la temperatura de 20°C es la única en donde es posible observar diferencias entre los materiales genéticos a través de los diferentes tiempos de exposición; en las temperaturas de 27 y 35 °C, prácticamente todos los materiales tienden a presentar polen totalmente deshidratado a los 15 minutos de exposición.

INTRODUCCIÓN

México y América Central representan el centro de diversidad más grande para el maíz. En esta región, denominada Mesoamérica, se han reportado por lo menos 60 tipos raciales de maíz y seis especies y subespecies de teocintle, lo cual confirma que esta área es el depósito global más grande de los recursos genéticos de maíz (WILKES, 1977; SANCHEZ, *et al.*, 1998; SANCHEZ, *et al.*, 2000). El término *teocintle* se usa para designar de manera conjunta a los parientes silvestres del maíz, los cuales están representados por especies anuales y por especies perennes diploides y tetraploides. La distribución del teocintle se encuentra restringida a áreas tropicales y subtropicales de México, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Los altos niveles de la diversidad genética en las razas de maíz se asocian a las condiciones geográficas de las regiones, a la gran variación de climas y de suelos, y más importante a la influencia de los grupos humanos durante la domesticación y la evolución sucesiva del maíz (SANCHEZ, *et al.*, 2000 b).

Los estudios genéticos de la diversidad de las razas de maíz y del teocintle son numerosos e incluyen el uso de marcadores morfológicos, aspectos bioquímicos y marcadores derivados de secuencias del ADN (DOEBLEY, *et al.*, 1984; SANCHEZ, *et al.* 1998; SANCHEZ, *et al.*, 2000a; MATSUOKA, *et al.*, 2002). Los anteriores estudios han ayudado a definir las relaciones raciales y varios aspectos de la diversidad genética dentro del género *Zea* contribuyendo a complementación de las conclusiones en los estudios raciales clásicos del maíz mexicano reportados por WELLHAUSEN, *et al.* (1952). La polinización, la hibridación y la introgresión posterior se relacionan directamente a los factores genéticos y ambientales así como a las actividades humanas. Los mecanismos más importantes que son responsables del flujo de genes en el género de *Zea* son: 1) barreras y distancia geográficas; 2) sincronía floral entre especies; 3) biología del polen y de los estigmas así como las condiciones atmosféricas durante la liberación del polen, 4) los sistemas de incompatibilidad, y 5) deficiencias reproductivas de los híbridos entre especies y la selección humana contra los híbridos (WILKES, 1977; LUNA, *et al.*, 2001; BALTAZAR *et al.*, 2003 ; 2005). WILKES (1977) indicó que el mecanismo más eficaz que aísla el maíz y el teocintle donde crecen juntos en México y Guatemala ha sido la sincronía floral. Los estudios de la polinización entre el maíz y el teocintle (*Zea mays* ssp. *mexicana*, razas Chalco y Mesa Central) y los estudios de introgresión entre las especies de *Zea* han indicado que la introgresión ocurre en ambas direcciones, pero en frecuencias

bajas (KATO, 1997; KATO y SANCHEZ, 2002; BALTAZAR, *et al.*, 2005). La hibridación y la introgresión entre especies se puede documentar por la presencia de híbridos naturales en poblaciones simpátricas de maíz y teocintle; en varios estudios se reportan las evidencias directas de flujo genético, incluyendo restos arqueológicos como en Tamaulipas para el período 900-400 a.c (MANGELSDORF, *et al.*, 1967) y en Mitla, Oaxaca para el período 700-500 a.c (WILKES, 1977).

Los estudios de los factores principales implicados en la polinización, el flujo de genes y la dispersión del polen se han llevado en México en los últimos cinco años (LUNA, *et al.*, 2001; BALTAZAR y SCHOPER, 2001; BALTAZAR, *et al.*, 2005). Los resultados de estos estudios indicaron que el peso del polen, el tamaño de la fuente del polen, la velocidad y la dirección del viento, la viabilidad del polen así como de los estigmas y el potencial atmosférico del agua son los factores más importantes que influyen en la polinización. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se han realizado usando solamente un número limitado de poblaciones de maíz y de teocintle. Por lo tanto, muy poco se sabe sobre el tamaño y longevidad del polen, el tamaño de los estigmas y la densidad de tricomas para una gama más completa de maíz y de teocintle presentes en México. Un estudio más amplio del género *Zea* proporcionará información importante para estimar la probabilidad del flujo de genes de maíz híbrido a los maíces nativos y parientes silvestres en las áreas donde éstos ocurren en México y América Central.

OBJETIVOS:

El objetivo general de este estudio es caracterizar los factores biológicos que podrían influenciar la polinización, incluyendo la sincronía floral, la longevidad del polen, el tamaño del polen, la longitud del estigma y la densidad de tricomas en el género *Zea*, incluyendo al maíz híbrido comercial, las razas de maíz y del teocintle que crecen, o que se cultivan en México.

Los objetivos particulares son:

- (i) Estimar la diversidad del teocintle, de las razas de maíz e híbridos comerciales de México, con respecto a la biología de polen y estigmas.
- (ii) Realizar valoraciones de riesgo para el flujo de genes entre las razas de maíz, híbridos comerciales de maíz y el teocintle.
- (iii) Investigar los factores ambientales que influyen en la sincronía floral y longevidad del polen.

HIPÓTESIS:

(i) Existe una gran diversidad dentro y entre las especies de *Zea*, en lo que respecta a la biología de polen y estigmas.

(ii) La temperatura es el factor ambiental que mayormente influye en la longevidad del polen y sincronía en floración entre especies de *Zea*.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen y taxonomía del género *Zea*

WILKES (1967), describió cuatro razas de teocintle para México (Nobogame, Mesa Central, Chalco y Balsas) y dos para Guatemala (Guatemala y Huehuetenango). Con base en los trabajos de DOEBLEY (1990) el género *Zea* se divide en dos secciones: (i) la sección *Luxuriantes* incluye *Zea perennis* (Hitch.) Reeves & Mangelsdorf, *Zea diploperennis* Iltis, Doebley & Guzmán, *Zea luxurians* (Durieu & Ascherson) Bird y *Zea nicaraguensis* Iltis & Benz (ii) la sección *Zea* incluye *Zea mays* L. dividida en: *Zea mays* ssp. *mexicana* (Schrader) Iltis para las razas Chalco, Mesa Central y Nobogame; *Zea mays* ssp. *parviglumis* Iltis & Doebley que incluye a la raza de teocintle Balsas, *Zea mays* ssp. *huehuetenangensis* (Iltis & Doebley) Doebley para la raza de teocintle Huehuetenango y *Zea mays* L. ssp. *mays* para el maíz cultivado. En el Cuadro 1 se incluye la nomenclatura usada en el género *Zea* por varios autores.

Después de casi un siglo de estudios en las áreas de Genética, Citología, Botánica, Arqueología, Ecogeografía e Historia y análisis detallados de genética molecular, la hipótesis de que el teocintle es el ancestro silvestre del maíz se ha aceptado ampliamente en la última década. La domesticación del maíz ocurrió en México hace aproximadamente 10,000 años; evolutivamente el maíz es considerado como el descendiente domesticado de una especie tropical de teocintle anual, *Zea mays* ssp. *parviglumis* (MATZUOKA, *et al.*, 2002; DOEBLEY, 2004). Aún cuando existen diferencias morfológicas muy marcadas entre el maíz y el teocinte, especialmente en caracteres de mazorca y la existencia de ramas laterales en teocintle, las diferentes especies, son muy cercanas genéticamente; la hibridación es posible entre todas ellas y los híbridos son completamente fértiles. La herencia entre los caracteres que distinguen al maíz y al teocintle se han estudiado con gran detalle por Doebley y colaboradores por casi dos décadas. Varios de los caracteres morfológicos estudiados están bajo el control de muchos genes que exhiben herencia cuantitativa; se han identificado cinco o seis regiones en el genoma las cuales tienen una gran influencia en las diferencias observadas (DOEBLEY, 2004). Sin embargo, un evento de gran importancia en la domesticación del maíz, la liberación del grano de la gluma endurecida del teocintle está controlada por un solo gene (WANG, *et al.*, 2005).

Cuadro 1. Taxonomía del género *Zea* de acuerdo a WILKES (1967 y 2004), ILTIS y DOEBLEY (1980) y DOEBLEY (1990).

WILKES (1967; 2004)	DOEBLEY (1990); ILTIS y BENZ (2000)
<p>Sección: <i>Euchlaena</i> (Schrader) Kuntze</p> <p><i>Zea mexicana</i> (Schrader)Kuntze</p> <p>Chalco Mesa Central Nobogame Balsas Huehuetenango</p> <p>Sección: <i>Luxuriantes</i> (Durieu)</p> <p>Guatemala <i>Zea perennis</i> (Hitch.) Reeves & Mangelsdorf <i>Zea diploperennis</i> Iltis, Doebley & Guzmán</p>	<p>Sección: <i>Zea</i></p> <p><i>Zea mays</i> L. subsp. <i>mexicana</i> (Schrader) Iltis <i>Zea mays</i> L. subsp. <i>mexicana</i> (Schrader) Iltis <i>Zea mays</i> L. subsp. <i>mexicana</i> (Schrader) Iltis <i>Zea mays</i> L. subsp. <i>parviglumis</i> Iltis & Doebley <i>Zea mays</i> L subsp. <i>huehuetenangensis</i> (Iltis & Doebley) Doebley</p> <p>Sección: <i>Luxuriantes</i></p> <p><i>Zea luxurians</i> (Durieu & Ascherson) Bird <i>Zea perennis</i> (Hitch.) Reeves & Mangelsdorf <i>Zea diploperennis</i> Iltis, Doebley & Guzmán <i>Zea nicaraguensis</i> Iltis & Benz</p>
<p>Maíz</p> <p>Sección: <i>Mays</i> L.</p> <p><i>Zea mays</i> L.</p>	<p>Sección: <i>Zea</i></p> <p><i>Zea mays</i> L. subsp. <i>mays</i> Iltis & Doebley</p>

Aspectos importantes en la viabilidad del grano de polen

Uno de los mayores problemas en la propagación para el hombre, es la baja reproducción vía sexual de algunas especies. Las causas de baja fecundidad son inciertas, principalmente porque varios aspectos de la biología reproductiva de las especies permanecen sin conocerse o están incompletos (HUANG, *et al.*, 2004). Para un mejor manejo de los recursos fitogenéticos es importante llevar a cabo trabajos relacionados al conocimiento de la biología del grano de polen y los estigmas.

El polen es el principal vehículo para el flujo genético en especies relacionadas y su longevidad y viabilidad dependen de varios factores principalmente ambientales. FEI y NELSON (2003) mencionan que para conocer la viabilidad del grano de polen es importante primero conocer los patrones de pérdida de longevidad. Generalmente, cuando se observa baja viabilidad en el grano de polen se presenta una corta longevidad del polen (HUANG, *et al.*, 2004).

El contenido de agua en el polen afecta directamente su dispersión en la atmósfera debido principalmente a la velocidad (dinámica) que tendrá al ser transportado por el viento. En el

caso del género *Zea*, se conoce que el grano de polen es muy sensible a la deshidratación, dependiendo en gran medida de la presión de vapor que exista en el medio ambiente, velocidad y la turbulencia del viento (AYLOR, *et al.*, 2005). Se ha caracterizado la morfología del grano de polen en el género y se reporta para los granos completamente hidratados, formas esféricas de color crema; mientras que para los granos con cierto grado de deshidratación, se inicia la aparición de formas prismáticas y la presencia de color ámbar en ellos (AYLOR, 2003). Uno de los factores ambientales que más impactan en la viabilidad del polen es la temperatura, encontrando que incrementos en ella recortan la viabilidad y longevidad; cuando los granos de polen son sometidos a bajas temperaturas generalmente se prolonga su tiempo de vida (Mc KEE y RICHARDS, 1998).

Para la medición de la viabilidad del grano de polen se han empleado metodologías de tinciones y la germinación del tubo polínico en medios artificiales. Se ha encontrado que el polen de teocintle es de menor tamaño y es de 30 a 50% más susceptible a la desecación que los híbridos de maíz. Lo anteriormente señalado, se verá reflejado en pérdida de viabilidad del grano (AYLOR, *et al.*, 2005).

Distribución del teocintle

El nombre del teocintle, es de origen Nahuatl, y el significado de la palabra es el “grano de los dioses” (DOEBLEY, 2004). La distribución geográfica de teocintle en México tiene la característica de que las poblaciones no tienen una distribución uniforme sino que existen condiciones ecológicas específicas donde es posible localizarlas (SÁNCHEZ, *et al.*, 1998). Los reportes más antiguos de la existencia del teocintle se encuentran escritos por LUMHOLTZ (1902), quien en su libro México Desconocido (Unknown Mexico, Vol. I, página 429) indicó: *“En los alrededores de Nabogame crece una planta llamada maicillo o maizmillo; es más pequeña que una planta ordinaria de maíz y sus mazorcas son muy pequeñas. Crece entre el maíz y tiene que ser eliminada ya que daña a las plantas buenas. Varios mexicanos me aseguraron que, cuando se cultiva, las mazorcas se desarrollan; después de tres años, las mazorcas crecen considerablemente más y pueden ser usadas como alimento. Un hombre en Cerro Prieto cultiva esta clase únicamente; otros lo mezclan con el maíz común. Me dijeron que gente de la Tierra Caliente viene a recolectarlo tomando un almud para mezclarlo con su semilla de maíz. Se me dijo que la combinación da resultados espléndidos en suelo fértil. ¿Será ésta la planta silvestre original de la cual el maíz común ha sido cultivado? Si fuera correcta la información que recibí acerca de esto en Mexquitic, Jalisco, entonces dicha pregunta debe contestarse*

negativamente, ya que mi informante ahí, señaló que la planta es triannual. En esa localidad, la planta es llamada maíz de pájaro y se cultiva como sustituto del maíz común o para elaborar atole. Los indios Huicholes también lo conocen y lo cultivan; ellos lo llaman tats". Esta información ha sido confirmada por diversos recolectores; como COLLINS, *et al.* (1937) quienes visitaron la Sierra Madre Occidental en Chihuahua y localizaron teocintle en Cerro Prieto y Nabogame. Los reportes más recientes sobre la distribución del teocintle en México son los de SÁNCHEZ, *et al.* (1998) y de SÁNCHEZ, *et al.* (2004). En la Figura 1 se presenta la distribución del teocintle conocida para México. Las áreas de distribución del teocintle fueron descritas por SÁNCHEZ *et al.* (1998) de la siguiente manera:

Valle de Nabogame, Chih. Este es un valle pequeño de aproximadamente 50 km² situado a 26° 13' de latitud norte (LN) y 106° 56' de longitud oeste (LO), en la Sierra Madre Occidental, aproximadamente a 16 km al noroeste de Guadalupe y Calvo, al sur del estado de Chihuahua, con una altitud media de 1900 m. y clima subtropical semiárido templado. La mayor parte del valle de Nabogame se cultiva con maíz y avena; el teocintle se encuentra creciendo entre el maíz y en las márgenes de los arroyos Nabogame, Tarahumare y Tejamanil que cruzan el valle.

Valle de Guadiana, Dgo. Este valle forma parte de la Altiplanicie Mexicana con una altitud media de 1880 m situado a 24° LN y 104° 30' LO. Esta porción tiene un clima de subtropical semiárido templado con vegetación predominante de plantas xerófilas. El teocintle se encuentra en regular abundancia a los lados de arroyos y canales de riego en un área al este y noroeste distante entre 8 y 20 km de la ciudad de Durango en los lugares conocidos como "Hacienda de Dolores-Puente Dalila" y "Puente Gavilanes", y al noroeste en las inmediaciones de Nuevo Francisco Villa (Hacienda Alcalde).

Occidente de México (Jalisco, Colima y Nayarit). En esta región se presentan grandes contrastes en clima, debido a la conformación variada del relieve y a la influencia de masas de agua, tanto marítimas como lacustres. La ladera norte del Nevado de Colima en donde se localiza *Zea perennis* cuenta con un clima subtropical subhúmedo templado; *Zea diploperennis* se localiza en la Sierra de Manantlán, cuyo clima es subtropical subhúmedo semicálido y subtropical subhúmedo templado. Los teocintles anuales se encuentran en

clima subtropical semiárido semicálido, en climas trópico subhúmedo y en clima trópico subhúmedo muy cálido.

El Bajío (La Mesa Central). Esta área forma parte de la Altiplanicie Mexicana situada entre los 19 y 21° LN y de los 100 hasta los 102° LO, con altitudes que varían de los 1500 a los 2000 m con clima templado moderadamente lluvioso con una amplitud de precipitación anual de 700 a 1000 mm, con invierno seco no riguroso, temperaturas medias anuales de 16 a 22°C, y verano cálido. La clasificación climática para las diferentes áreas cae dentro de los tipos subtropical semiárido semicálido, subtropical semiárido templado, subtropical subhúmedo semicálido y subtropical subhúmedo templado.

Valle de México y sureste de Puebla. Esta región forma parte de la porción sur de la Altiplanicie Mexicana, situada entre los 19 y los 20° LN y los 97 hasta 100° LO. La región está formada por valles rodeados por elevadas montañas que forman parte del Eje Volcánico formando cuencas cerradas. En esta área predomina el clima subtropical semiárido templado y subtropical subhúmedo templado con precipitaciones anuales superiores en lo general a los 700 mm, temperaturas medias anuales de 12 a 18°C y una altitud que varía de los 2250 a los 2750 m.

Cuenca del Balsas. Es una región con altitud media de 1000 m situada entre la Sierra Madre del Sur y la Cordillera Neovolcánica entre los 17 y 20° LN y los 98° a 103° LO. La precipitación pluvial es variable oscilando de 500 a 1200 mm con una media anual de 650 mm. La temperatura es elevada con medias anuales de hasta 28°C; el clima es muy variado incluyendo: trópico subhúmedo semicálido, cálido y muy cálido; subtropical semiárido semicálido y templado; subtropical subhúmedo semicálido y trópico semiárido muy cálido.

Estado de Oaxaca . Dentro del estado de Oaxaca el teocintle se ha recolectado en dos sitios, cercanos de San Pedro Juchatengo: San Cristóbal Honduras y El Rodeo. El área queda comprendida dentro de la Sierra Madre del Sur con un clima trópico subhúmedo cálido.

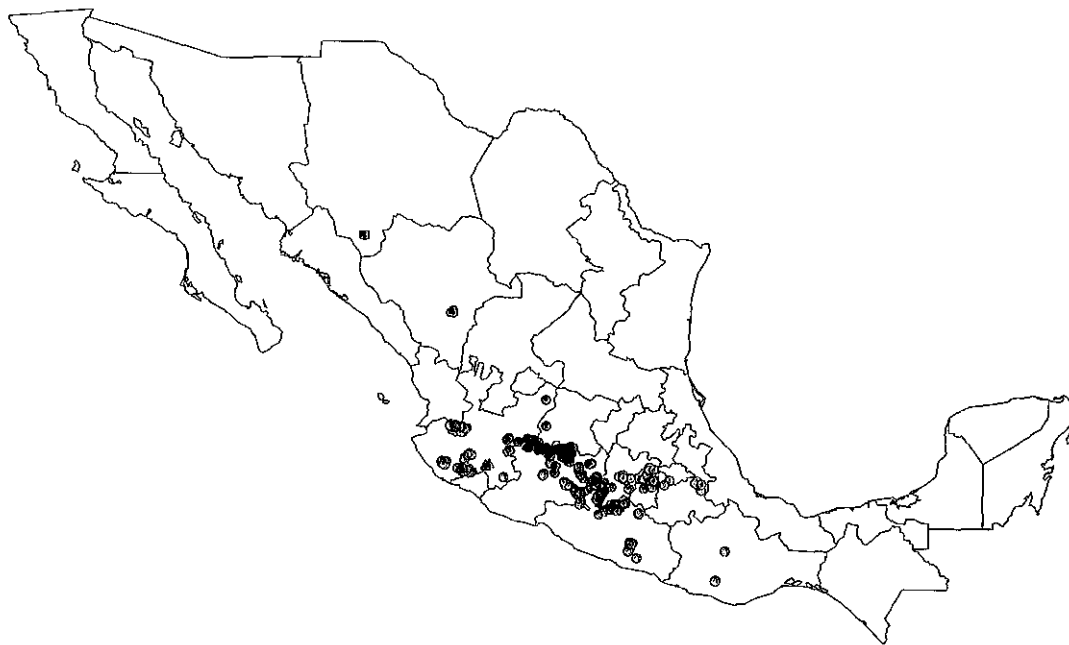


Figura 1. Distribución del teocintle en México. ▲ Zea perennis y Zea diploperennis; Z. mays ssp. mexicana (Razas ● Mesa Central, ■ Nobogame y ⊙ Chalco); Z. mays ssp. parviglumis (Raza ● Balsas).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los sitios de estudio

Con el fin de caracterizar los factores biológicos que podrían influenciar la polinización, incluyendo la sincronía floral, la longevidad del polen, el tamaño del polen, la longitud del estigma y densidad de tricomas en el género *Zea*, se llevaron a cabo experimentos de campo durante los años 2003, 2004 y 2005. Los experimentos fueron realizados en el centro de investigaciones de la empresa Pioneer Hi-Bred Intl, situado cerca de Tapachula, Nayarit, México y en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, situada en Nextipac, Jalisco, México. Tapachula esta situado a 20°49' latitud Norte, 105°55' longitud Oeste con una elevación 26 m.s.n.m., el CUCBA esta situado a los 20° 45' latitud Norte, 103° 31' longitud Oeste con una elevación 1650 m.s.n.m. Los experimentos fueron sembrados el 24 de junio de 2003, el 22 de junio de 2004 y el 27 de junio en el 2005 en el CUCBA y el 3 febrero de 2004 en Tapachula. La temperatura media en Tapachula durante el período de Enero-Junio es cerca de 25° C y no se registra generalmente lluvia. En Nextipac, la temperatura media durante Junio-Octubre es cerca de 23.6° C y la cantidad de lluvia es 816 milímetros.

Material genético

En el presente estudio, se incluyó un total de 115 poblaciones de teocintle (*Zea mays* ssp *mexicana* razas, Chalco, Mesa Central y Nobogame; *Zea mays* ssp *parviglumis*, raza Balsas y *Zea diploperennis*), 63 accesiones de maíz (que representan a los grupos raciales más importantes de México), tres variedades mejoradas de polinización libre y 80 híbridos comerciales de maíz (cultivados en áreas tropicales y subtropicales de México). Las 63 accesiones de maíz y las tres variedades mejoradas de polinización libre fueron proporcionadas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). La mayoría de las poblaciones de teocintle fueron colectadas por investigadores de la Universidad de Guadalajara durante los años 2002 y 2003 (SÁNCHEZ, *et al.* 2004). La lista de accesiones individuales de las razas de maíz y de las poblaciones de teocintle estudiados, se incluye en el (Cuadro 1A del Apéndice).

En el verano 2003 en Nextipac, fueron sembradas 87 poblaciones de teocintle, 14 accesiones de maíz y 40 híbridos comerciales de maíz. En el segundo ciclo de verano en

Nextipac en 2004, el experimento incluyó 63 accesiones de maíz que representan 53 razas, 115 poblaciones del teocintle y 55 híbridos comerciales de maíz. En la estación de invierno en Tapachula 2003-2004, fueron sembradas 63 accesiones de maíz que representan 53 razas, 92 poblaciones de teocintle y nueve híbridos comerciales de maíz. En los tres experimentos, se sembraron dos surcos con 20 plantas para cada población de teocintle y para las razas de maíz, para los híbridos comerciales se sembró un surco con 20 plantas. Todas las plantas fueron establecidas empleando las prácticas culturales estándares para la producción de maíz; a fin de reducir al máximo efectos de competencia entre parcelas, las razas de maíz y teocintle se sembraron en orden en el campo con base en sus similitudes de ciclo vegetativo, altura de planta y origen racial. Cabe aclarar que las accesiones de maíz y teocintle estudiadas en el 2003 fueron incluidas en los experimentos del 2004.

Características medidas

Datos de floración: Los datos de las fechas floración fueron registrados para estimar la sincronía floral entre híbridos, razas de maíz y los teocintles. Los días a la liberación del polen fueron registrados como el número de días desde la siembra a la liberación del polen; las fechas fueron registradas cuando la primera planta (P_i) libera polen y cuando el 50% (P_{50}) de las plantas vertían polen. Los días a la aparición de los estigmas fueron registrados como el número de días transcurridos de la siembra a la presencia de la primera planta con los estigmas expuestos (S_i) y cuando el 50% de plantas estaban con los estigmas expuestos (S_{50}). Los requerimientos térmicos (TR) para el período desde la siembra a la floración fueron calculados con la temperatura base de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T_b), para la ssp. *parviglumis* y para las razas de maíz de las regiones tropicales. Por su parte, las temperaturas base fueron establecidas a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ para las razas distribuidas en el Valle de México y la Mesa Central respectivamente, siguiendo las recomendaciones de RUIZ, *et al.* (1998). Para cualquier día, $TR = (T_{max} (\leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}) + T_{min} (\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C})) / 2 - T_b$. En donde T_{max} y T_{min} representan las temperaturas máximas y mínimas registradas en Tapachula durante la época del trabajo experimental.

Características del polen: Para cada material genético, se obtuvo polen fresco a las 9:45 mañana de tres o cinco plantas por parcela usando bolsas de papel de las empleadas en polinización manual del maíz (LAWSON SHOWERPROOF No. 404 y No. 402). El polen fue llevado al laboratorio y fue tamizado para quitar insectos y anteras; posteriormente fue

colocado en cajas de Petri para ser expuesto al aire libre bajo condiciones atmosféricas naturales por períodos de 30 minutos (10:00 mañana, 10:30 mañana, 11:00 mañana). En ésta y para todas las observaciones microscópicas se tomaron fotografías usando un microscopio Zeiss Axiostar Plus™ (Carl Zeiss Alemania), una cámara fotográfica Zeiss Axiocam MRc (1300 x 1030 pixeles) y el software de Zeiss AXIOVISION 4.1. Para la observación del aspecto del polen se utilizó el lente del microscopio 10X. El aspecto visual del polen fue registrado a las 10:00 mañana, 10:30 mañana y 11:00 mañana. En pocas ocasiones, el polen fue observado a las 11:30 mañana para registrar cambios en color y forma como indicación de la pérdida de la viabilidad del polen (LUNA, *et al.*, 2001). La temperatura y la humedad relativa fueron registradas diariamente durante el tiempo de la colección del polen y cuando estaba expuesto a las condiciones atmosféricas en diversos períodos. La temperatura diaria desde la siembra al la floración sólo estuvo disponible en Tapachula 2003-2004.

El tamaño del polen fue medido de las muestras colectadas a las 9:45 am, después de limpiar la muestra. Se utilizó el microscopio con el lente de ampliación 20X y se obtuvieron fotografías; las mediciones se llevaron a cabo con base en el software de Zeiss AXIOVISION 4,1. Las mediciones de granos polen para cada población en cada ambiente se basó en dos campos a 20X y el número de granos medidos varió entre 10 y 25 granos.

Características de los estigmas. De cada material genético se tomaron aleatoriamente cuatro jilotes cuando los estigmas tenían expuesta una sección de 3 cm de longitud. Se examinaron de dos a tres estigmas de cada accesión para la medición de la longitud y la densidad de tricomas presentes en los estigmas (número de tricomas en 1400µm). La longitud del estigma fue medida de la base del estigma donde se encuentra unido al óvulo hasta el extremo total del estigma. Para estimar la densidad de tricomas se tomaron fotografías utilizando el lente 5X con el equipo microscópico anteriormente descrito. Las fotografías se tomaron de la porción expuesta de los estigmas cerca de su terminación; se examinó un segmento de los estigmas de 1.4 milímetros, para posteriormente hacer conteos del número total de tricomas visibles del segmento.

Determinación del efecto de la temperatura en la desecación del polen: Durante el ciclo Primavera-Verano 2004 y 2005 en el CUCBA, se llevó a cabo el experimento para determinar el efecto de la temperatura en la viabilidad de los granos de polen y determinar la diversidad respecto a la tolerancia a la desecación del polen en los teocintles, razas de

maíz e híbridos comerciales. Para poder lograr lo anterior, el polen fue expuesto a tres diferentes temperaturas controladas en cámaras de incubación (20, 27 y 35°C) con una humedad relativa del 60%. Para el experimento Primavera-Verano del 2004 se utilizaron seis materiales: tres teocintles (*Zea mays* spp. *mexicana*, *Zea mays* spp. *parviglumis*, *Zea diploperennis*) una colecta de maíz de la raza Pepitilla, un híbrido comercial (P-3066W) y una línea de la UdeG (LUG-03).

Para el experimento Primavera-Verano del 2005 se utilizaron 10 materiales incluyendo siete poblaciones de teocintle de *Zea mays* spp. *mexicana*, *Zea mays* spp. *parviglumis*, y *Zea diploperennis*, dos razas de maíz (Tuxpeño y Chalqueño) y un híbrido experimental de la UdeG (LUG03 X LUG14).

Para cada material, se colectó polen de 10 a 12 plantas, el cual fue obtenido a las 9:45 de la mañana y llevado al laboratorio en bolsas de papel. El polen se tamizó para quitar los insectos y las anteras y una vez limpio fue colocado en cajas de petri para ser expuesto a las temperaturas indicadas anteriormente. Se utilizaron tres cámaras de incubación (TerlabTM), las cuales previamente fueron calibradas a tres temperaturas (20, 27, 35° C) con una humedad constante del 60%. Al momento de la colecta y durante el desarrollo del experimento, la apariencia de los granos de polen fue observada y registrada mediante fotografías. Para posteriormente realizar conteos de los granos de polen deshidratados. Para registrar cambios en color y forma como indicación de la pérdida de la viabilidad del polen (LUNA, *et al.*, 2001), se utilizó la ampliación del microscopio 10X. El aspecto visual del polen fue observado y registrado mediante fotografías por intervalos de tiempo de 15 minutos, comenzando con los registros a las 10:00 am y hasta que el color y la apariencia del polen indicaba la pérdida de la viabilidad y total deshidratación del polen tal y como lo describe Luna, *et al.* (2001). En pocas ocasiones se observó y fotografió el polen después de tres horas; esto pasó sobretodo en la temperatura de 20° C.

Análisis de datos

Los datos de teocintle fueron agrupados basados en la geografía, la morfología y semejanzas citológicas (SANCHEZ, *et al.*, 1998), las razas de maíz fueron agrupadas basadas en la morfología y las isoenzimas (SANCHEZ, *et al.*, 2000), mientras que los híbridos comerciales fueron agrupados basándose en su origen (institución pública o privada). Las diferencias entre los grupos para las diversas características fueron analizadas usando el procedimiento MIXED del sistema de análisis estadístico (SAS INSTITUTE, INC., 1992) con los grupos y las accesiones-dentro-grupos tratados como variables de

clasificación. Los cuadrados medios para el tamaño del polen, para la longevidad del polen (indicada por el porcentaje de los granos de polen colapsados), los días a floración, longitud de los estigmas y densidad de tricomas, fueron calculados para cada grupo. Para cada una de esas variables, es posible comparar las diferencias entre grupos y entre el teocintle, las razas de maíz y los híbridos comerciales, usando el cuadrado medio de las accesiones dentro grupos como término apropiado del error.

Los experimentos establecidos para determinar el efecto de la temperatura sobre la viabilidad del polen fueron analizados como factoriales completos con las fuentes de variación: repeticiones, temperaturas, materiales genéticos y tiempo de exposición del polen. En el 2004 se evaluaron dos repeticiones por material genético, mientras que en el 2005 se evaluaron los materiales con base en cuatro repeticiones para seis materiales y dos repeticiones para el resto. El análisis de varianza se llevó a cabo con base en el procedimiento ANOVA del sistema de análisis estadístico (SAS INSTITUTE, INC., 1992).

RESULTADOS

Los datos para las accesiones individuales se presentan en los cuadros 2A, 3A y 4A para Nextipac 2003, Nextipac 2004 y Tapachula 2004, respectivamente. Con base en los análisis de varianza, se determinó que existen diferencias significativas entre el maíz y el teocintle para las características del polen y los estigmas. Las diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre grupos ocurrieron para todas las características, en todos los ambientes. El diámetro del polen es diferente entre el maíz y el teocintle en Nextipac 2003, sin embargo, no se detectaron diferencias entre grupos raciales. Una situación similar se presentó para los granos de polen colapsados a las 10:30 en Nextipac 2004. Las medias para las características del polen y los estigmas en Nextipac 2003, Nextipac 2004 y Tapachula 2004 son presentados para cada grupo en los cuadros 2, 3 y 4 respectivamente. Los coeficientes de la variación son bajos para el diámetro del polen y las fechas de floración y muy altos para los granos de polen colapsados a las 10:30 mañana. Cabe señalar que las diferencias entre todas las medias de grupos se calcularon con los errores estándar apropiados derivados del procedimiento MIXED del SAS. Adicionalmente, se incluyeron como referencia las diferencias mínimas significativas promedio (LSD) en los cuadros 2, 3 y 4 para las características del polen y de los estigmas.

Días a la floración

Nextipac, Jalisco (Cuadro 2 y Cuadro 3): Para el teocintle Nobogame (*ssp. mexicana*) la floración masculina comenzó a los 53 días después de la siembra en el 2004 y 57 días en el 2003, mientras que el teocintle del sur de Guerrero la liberación de polen inició a los 109 días después de la siembra en el 2003 y 116 días en el 2004. Las fechas de floración femenina para la raza Chalco (*ssp. mexicana*) fueron entre 66 y 74 días, mientras que para Mesa Central (*ssp. mexicana*) fueron entre 69 y 83 días. Hay algunas poblaciones en el occidente de Jalisco y el este de Nayarit (*ssp. parviglumis*), en que la floración femenina ocurrió entre 83 y 93 días, sin embargo, para el resto de *ssp. parviglumis*, esta ocurrió entre 96 y hasta cerca de 122 días. Las razas de maíz presentaron un rango muy amplio de floración, comenzando en 50 días para el grupo de la Sierra de de Chihuahua (año 2004) y 84 días para el grupo de los maíces tardíos del sureste. Los rangos de la floración masculina y femenina para los híbridos comerciales fueron más bajos que en las razas de maíz; los cuales fueron registrados entre 72 y 77 días. En promedio, la floración en días era perceptiblemente más alta en teocintle. Dentro del maíz, las razas de la Sierra de

Chihuahua y el grupo de los maíces tardíos del sureste tuvieron el número más bajo y más alto de días a la floración.

Cuadro 2. Número de accesiones, medias de las características del polen y días a floración para los grupos de maíz y teocintle estudiados en Nextipac, Jalisco, México en el verano de 2003.

Grupo	Número Accesión.	Polen Diámetro (μm)	Polen colapsado (%)		Número de días a la floración			
			10hs	10:30hs	Pi	P50	Si	S50
TEOCINTLE MEXICANO	87	83.7	20.6	78.7	87	94	87	94
<i>Zea mays ssp. mexicana</i>								
Chalco	11	87.5	9.9	49.8	69	75	68	73
Mesa Central (Cuitzeo)	12	86.2	13.2	75.0	73	80	72	81
Mesa Central (Churintzio)	12	82.4	23.4	90.2	74	81	74	83
Durango	3	85.8	5.2	23.9	68	74	69	75
Nabogame	2	83.2	5.5	76.1	57	63	59	62
<i>Zea mays ssp. parviglumis</i>								
E Jalisco-SO Nayarit	6	82.6	25.5	91.7	82	91	85	93
Jalisco	12	86.4	25.2	84.3	105	113	106	113
Centro de Guerrero	5	82.2	14.9	83.4	96	101	96	101
Huitzucó, Guerrero	2	80.6	62.6	100.0	104	113	104	113
Sur de Guerrero	3	80.4	11.3	92.4	109	114	113	117
SO Mexico-E Michoacán	6	80.2	19.2	96.3	99	107	100	108
Oaxaca	1	80.4	39.1	93.6	108	112	106	111
Huetamo	11	80.9	27.9	80.9	107	112	106	113
<i>Zea diploperennis</i>	1	75.4	74.6	99.1	104	112	97	106
HIBRIDOS	40	102.7	13.4	57.8	72	76	72	75
Monsanto	15	102.7	15.8	56.3	71	75	70	74
Novasem	1	105.6	5.5	40.1	74	78	72	76
Hartz	2	106.0	4.1	17.5	71	75	71	74
Pioneer	8	101.5	7.3	66.2	73	77	72	76
INIFAP-subtropicales	12	102.7	14.2	58.4	73	77	73	76
Univ. de Guadalajara	2	103.5	27.5	81.1	73	77	73	76
RAZAS DE MAIZ	14	102.5	15.5	64.9	72	78	76	80
Cónico	5	100.6	9.8	55.1	67	74	70	77
Ocho Hileras	2	105.9	5.1	78.0	65	69	66	70
Dentado Tropicales	4	102.6	27.0	69.0	79	83	79	84
Tropicales Precoces	1	97.8	2.3	14.1	57	64	86	65
Tardíos del Sureste	2	105.9	23.6	93.9	87	92	91	98
Media general		91.1	18.0	71.3	82	87	82	87
Coefficiente de variación		5.3	20.9	33.4	7.4	5.8	6.8	5.6
DMS (5%)		7.9	28.0	38.7	9.7	8.1	9.0	7.9

Pi = el número de días de la siembra a la liberación del polen (inicios); P50 = días en que el 50% de las plantas que presentan polen. Si = días de la siembra hasta la primera planta que presenta estigmas expuestos y S50 = 50% de plantas presentan los estigmas expuestos.

Cuadro 3. Número de accesiones, medias de las características del polen y estigmas, número de tricomas, días a floración para los grupos de maíz y teocintle estudiados en Nextipac, Jalisco, México en el verano de 2004

Grupo	Número Access.	Polen Diámetro (μm)	Pollen colapsado (%)		Número de días a la floración				Estigmas Longitud (cm)	Tricomas número ¹
			10hs	10:30hs	Pi	P50	Si	S50		
TEOCINTLE MEXICANO	115	84.4	20.8	96.1	88	94	88	95	9.3	16
<i>Zea mays ssp. mexicana</i>										
Chalco	17	85.8	18.5	98.7	67	74	66	74	11.4	19
Mesa Central (Cuitzeo)	12	87.5	17.4	96.7	69	78	69	78	11.0	17
Mesa Central (Churintzio)	12	84.8	18.4	99.4	72	81	73	81	8.7	18
Durango	3	84.3	9.8	97.5	63	72	65	75	8.1	18
Nabogame	2	78.3	31.4	94.8	53	58	55	59	7.7	17
<i>Zea mays ssp. parviglumis</i>										
E Jalisco-SO Nayarit	7	82.7	19.5	89.1	81	91	83	92	8.4	17
Jalisco	13	82.9	42.3	99.5	115	109	111	109	8.1	14
Centro de Guerrero	12	84.2	15.4	82.8	98	106	100	108	10.0	14
Huitzaco, Guerrero	1	86.6	38.1	100.0	108	112	107	110	10.0	10
Sur de Guerrero	4	85.0	25.3	97.3	116	123	113	122	8.8	16
SO Mexico-E Michoacán	15	84.4	17.0	96.8	101	109	102	111	8.7	13
Oaxaca	2	82.3	24.8	100.0	109	116	108	114	9.6	10
Huetamo	13	83.2	18.0	99.5	101	108	101	109	8.5	13
<i>Zea diploperennis</i>	2	79.0	24.7	100.0	96	104	101	109	7.2	42
HYBRIDOS	55	102.9	5.7	84.0	72	76	72	76	25.1	8
Monsanto	20	101.4	7.0	84.6	71	75	70	75	24.4	8
Novasem	1	100.6	2.4	93.1	74	77	72	75	21.1	7
Hartz	2	102.6	2.5	80.1	71	75	71	75	24.1	10
Pioneer	12	101.9	2.4	80.2	72	76	72	76	26.6	7
INIFAP-subtropical	11	104.6	7.8	80.4	74	77	73	77	25.9	7
INIFAP-tropical	5	105.0	9.0	94.0	71	75	70	73	24.1	8
Univ. de Guadalajara	2	105.9	5.6	86.4	74	76	74	76	26.0	7
Aspros	1	106.6	0.0	88.7	72	76	73	78	22.3	10
Ceres	1	105.0	0.0	95.6	74	78	74	79	25.0	7
MAIZE LANDRACES	66	103.3	16.7	75.2	64	70	65	71	21.3	8
Sierra de Chihuahua	5	101.0	11.5	64.0	50	54	50	55	18.7	9
Cónico	16	99.8	15.9	69.1	59	65	60	67	20.6	8
Ocho Hileras	9	105.1	14.2	73.0	59	64	60	65	19.0	11
Dentados Tropicales	10	104.9	23.0	88.4	69	75	69	77	22.5	8
Chapalote	4	104.0	16.7	95.2	63	69	66	71	19.9	6
Tropicales Precoces	7	103.8	13.8	65.4	60	65	60	65	17.3	8
Tardíos del Sureste	11	104.0	17.7	71.4	83	90	84	92	25.5	7
Noroeste de México	4	109.0	19.2	93.1	59	64	60	65	15.8	11
Media general		94.0	16.2	87.4	78	78	83	83	15.9	12
Coefficiente de variación		3.8	15.0	24.0	8.0	7.5	5.9	5.9	16.9	27.6
DMS (5%)		7.1	18.0	29.9	8.9	7.0	8.3	7.0	4.1	7.1

Pi = el número de días de la siembra a la liberación del polen (inicios); P50 = días en que el 50% de las plantas que presentan polen. Si = días de la siembra hasta la primera planta que presenta estigmas expuestos y S50 = 50% de plantas presentan los estigmas expuestos.

¹Número de tricomas por milímetro.

Cuadro 4. Número de accesiones, medias de las características del polen y días a floración para los grupos de maíz y teocintle estudiados en Tapachula, Nayarit, México en el invierno de 2004.

Grupo	Número Access.	Polen Diámetro (μm)	Polen colapsado (%)		Número de días a la floración			
			10hs	10:30hs	Pi	P50	Si	S50
TEOCINTLE								
MEXICANO	92	84.1	37.0	99.7	54	59	54	60
<i>Zea mays ssp. mexicana</i>								
Chalco	17	83.4	46.9	100.0	49	55	47	54
Mesa Central (Cuitzeo)	12	87.5	25.8	100.0	47	52	46	52
Mesa Central (Churintzio)	12	83.0	44.0	100.0	46	52	46	52
Durango	3	81.3	44.0	92.5	44	50	44	49
Nabogame	2	78.8	40.2	100.0	41	48	40	48
<i>Zea mays ssp. parviglumis</i>								
E Jalisco-SO Nayarit	6	85.6	44.3	100.0	54	60	54	60
Jalisco	13	86.5	27.6	100.0	67	69	67	71
Centro de Guerrero	4	82.8	30.8	100.0	62	67	61	68
Huitzucó, Guerrero	2	86.0	.	.	51	57	52	59
Sur de Guerrero	2	80.2	41.7	100.0	60	64	61	65
SO Mexico-E Michoacán	7	82.5	41.8	99.4	59	63	58	62
Oaxaca	1	84.7	23.9	100.0	70	73	69	75
Huetamo	9	83.3	21.4	100.0	62	66	62	67
<i>Zea diploperennis</i>	2	80.6	92.6	100.0	70	78	69	80
HÍBRIDOS	43	104.2	11.4	92.0	59	61	60	62
Monsanto	15	104.3	12.7	98.1	60	62	60	62
Novasem	1	105.3	2.8	54.6	60	63	60	62
Hartz	2	99.0	53.8	100.0	59	60	59	61
Pioneer	7	104.1	7.4	95.0	60	62	60	62
INIFAP-subtropical	11	105.2	6.6	79.5	60	62	60	62
INIFAP-tropical	5	103.3	11.1	99.1	57	59	57	60
Univ. de Guadalajara	2	106.1	5.1	98.0	58	61	59	62
RAZAS DE MAIZ	66	103.5	14.2	95.7	59	63	60	65
Sierra de Chihuahua	5	101.2	12.5	91.6	48	52	47	52
Cónico	16	102.0	12.9	99.5	54	59	56	61
Ocho Hileras	9	103.2	21.0	98.2	52	57	53	58
Dentados Tropicales	10	103.5	15.5	97.4	65	70	66	69
Chapalote	4	108.2	16.4	100.0	60	63	60	65
Tropicales Precoces	7	102.2	4.7	91.9	56	60	57	61
Tardíos del Sureste	11	106.2	14.7	90.3	73	77	76	82
Noroeste de México	4	103.8	16.7	93.0	55	61	57	62
Media general		94.9	23.7	96.7	57	61	57	62
Coefficiente de variación		3.5	24.2	10.9	8.6	8.9	8.7	8.5
DMS (5%)		4.8	25.9	14.7	6.9	7.7	7.0	7.5

Pi = el número de días de la siembra a la liberación del polen (inicios); P50 = días en que el 50% de las plantas que presentan polen. Si = días de la siembra hasta la primera planta que presenta estigmas expuestos y S50 = 50% de plantas presentan los estigmas expuestos.

Tapachula, Nayarit. Durante el invierno, la floración femenina en los teocintles de Chalco ocurrió entre 47 y 54 días, para los de la Mesa Central entre los 46 y 52 días y para el teocintle de la raza Balsas (*ssp.parviglumis*) entre 51 y 75 días. El teocintle de Nobogame fue el de número más bajo de días a floración (entre 40-48 días). Dentro de las razas de maíz, el rango de floración masculina y femenina fue muy amplio. El grupo de la Sierra de Chihuahua tuvo un rango de floración entre 47 y 52 días y el último grupo de los tardíos del sureste entre 73 y 82 días (Cuadro 4).

Sincronía floral: Las estimaciones para sincronía floral entre el maíz y el teocintle se presentan en el Cuadro 5 basada en los rangos de floración femenina en los teocintles y la floración masculina de las razas de maíz y los híbridos comerciales. Además de días a floración, los requerimientos térmicos (TR) se presentan para las poblaciones más típicas de teocintle y para las razas de maíz cultivadas en la misma región que los híbridos comerciales de maíz.

En el área de Chalco están presentes varias razas de maíz como son: Cónico, Chalqueño, Elotes Cónicos, Cacahuacintle, Palomero Toluqueño, mientras que en la Mesa Central se puede encontrar: Celaya, Cónico Norteño, Mushito, Chalqueño, Tabloncillo, Elotes Occidentales y Zamorano Amarillo. Los híbridos comerciales se siembran en la región de la Mesa Central, y más recientemente en el área de Chalco. En la región de la Cuenca del Balsas, el teocintle, (*ssp parviglumis*) forma las poblaciones más grandes conocidas en México. En varias áreas, las laderas son cubiertas casi exclusivamente por el teocintle, no obstante es muy común que se encuentren el maíz y el teocintle creciendo juntos. Las razas de maíz y los híbridos comerciales crecen o se siembran juntos en la región del Balsas; las razas más comunes de maíz son Tuxpeño, Vandefío, Tepecintle, Pepitilla, Ancho, Conejo, Bolita, Tabloncillo, Celaya, Tabloncillo Perla, Reventador y Olotillo. Puesto que las fechas de floración del maíz y el teocintle *in situ* no están disponibles, los datos que se reportan en el Cuadro 5 pueden ser muy útiles en predecir la sincronía floral entre los teocintles y los maíces de diferentes regiones de México. La mayoría de las poblaciones del teocintle en el Valle de México y las áreas de la Mesa Central (*ssp.mexicana*), tienden a florecer durante el mismo período de tiempo que las razas de maíz e híbridos comerciales, y al parecer tienen requerimientos térmicos similares. En algunas áreas el teocintle de la Cuenca del Balsas (*ssp. parviglumis*) y algunos derivados de las razas de maíz Tuxpeño y Vandefío tienen sincronía floral. Para estas áreas, los híbridos comerciales de maíz tienen períodos

de floración y requisitos térmicos similares que los teocintles, sólomente en algunas regiones específicas de Jalisco.

Cuadro 5. Días a floración masculina y femenina y requerimientos térmicos para dos especies de teocintle, razas de maíz e híbridos comerciales de maíz.

Teocintle ¹	S50	TR ²	Razasa de Maíz/ Híbridos	P50	TR ²
<i>Zea mays ssp. mexicana</i>			<i>Zea mays ssp. mays</i>		
Chalco	67-78	808-1024	Cónico	60-69	888-938
			Cacahuacintle	57-64	872-938
			Chalqueño	66-73	1020-1094
			Híbridos comerciales	64-71	923-956
Mesa Central	73-83	628-759	Mushito	75	1123
			Elotes Occidentales	63-65	618
			Tabloncillo	59-64	678
			Celaya	63-70	718-739
			Zamorano Amarillo	64-69	690
			Híbridos comerciales	65-82	645-739
Durango	73-77	614-671	Celaya	63-70	718-739
			Híbridos comerciales	65-82	645-739
Nabogame	58-59	614-628	Cristalino de Chihuahua-Gordo	48-61	562-643
<i>Zea mays ssp. parviglumis</i>					
Sur de Guerrero	64-66	739-767	Pepitilla	56-58	710
			Vandeño-Tuxpeño	66-71	767-834
			Híbridos comerciales	58-62	659-714
Teloloapan, Guerrero	61-64	700-714	Ancho	58-60	659-687
			Pepitilla	56-58	710
			Vandeño	60-71	687-834
			Híbridos comerciales	58-62	659-714
Huetamo	63-70	727-806	Vandeño	66-71	767-834
			Tuxpeño	69-75	806-890
			Híbridos comerciales	58-62	659-714
Oaxaca	69-75	806-890	Bolita	59-62	673-714
			Tepecintle	62-64	714-739
E Jalisco-SW Nayarit	57-68	645-792	Tabloncillo	51-59	569-673
			Tuxpeño	69-75	806-890
			Híbridos comerciales	56-68	630-792

¹ Fechas de floración para el *ssp. mexicana* y sus fechas correspondientes del maíz vienen de accesiones individuales establecidas en Nextipac 2004 y para el *ssp. parviglumis* los datos vienen de Tapachula 2004. S50= días aparición de los estigmas. P50= son días a la liberación del polen.

² TR = requerimiento térmico (calculado con la temperatura base = 10 °C para *ssp. parviglumis*, y la temperatura base = 5 °C y 8 °C para las razas distribuidas en el Valle de México y de la Mesa Central respectivamente. RUIZ *et al.*, 1998).

Tamaño de polen: Con base en el promedio de todos los materiales estudiados se determinó que los granos de polen de las razas de maíz de México y los híbridos

comerciales de maíz son muy similares en tamaño (103-105 μ m), mientras que los granos de polen de teocintle son significativamente más pequeños (84 μ m). Los resultados de los tres experimentos se presentan en los cuadros 1, 2 y 3; el rango de tamaño del polen para los teocintles de la raza Balsas (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) es de 80 μ m a 87 μ m, para *Zea mays* ssp. *mexicana* de 78 μ m a 88 μ m., mientras que para *Zea diploperennis* fue de 75 a 81 μ m. En lo que respecta a las regiones, el tamaño de polen fue perceptiblemente mayor en la región de la Mesa Central, especialmente cerca del lago de Cuitzeo (87.5 μ m). El tamaño y el aspecto del polen a la hora de la colecta para algunos híbridos comerciales de maíz, razas de maíz y poblaciones del teocintle se presentan en la Figura 3.

Longevidad del polen: La exposición del polen a condiciones atmosféricas fue la base para estimar la longevidad de los granos del polen. Los efectos se registraron en fotografías a diferentes horas siguiendo la metodología descrita por LUNA, *et al.* (2001). Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) dentro de grupos y entre los ambientes para la longevidad de los granos del polen expuestos a las condiciones atmosféricas. En un gran número de accesiones de teocintle el polen ya se encontraba colapsado a la hora de la colecta. En Nextipac 2003, el polen colapsado varió (Cuadro 2A del Apéndice) a partir de 1 al 93%; en Nextipac 2004 los rangos se presentaron entre 0 y el 88%, mientras que en Tapachula, el polen colapsado varió desde 3 a 94%. *Zea diploperennis* y la ssp. *parviglumis* presentaron los índices más altos de polen colapsado; a los 30 minutos después de ser expuestos a las condiciones atmosféricas, la mayoría del polen se encontraba colapsados.

La proporción de polen colapsado en todos los experimentos es perceptiblemente más alta en teocintle que en cualquier maíz a la hora de la colecta y también a los 30 minutos después de exponerlo a condiciones atmosféricas (Cuadros 2, 3 y 4). Después de ser expuesto a las condiciones ambientales por 30 minutos, la desecación del polen del teocintle fue significativamente más alta que en maíz; representando el 50, 16 y 4% respecto a los valores del maíz en Nextipac 2003, Nextipac 2004 y Tapachula 2004. El teocintle de Huitzuco, Guerrero presentó los valores más altos de polen colapsado a las 10 am en Nextipac 2003, mientras que los teocintles de Chalco y de Durango presentaron valores significativamente más bajos para el polen colapsado a las 10:30 de la mañana. En el experimento en Nextipac 2004, los valores más bajos del polen colapsado a la hora de la colecta se presentó en los teocintles de Durango y el más alto en el teocintle de Jalisco. En Tapachula, *Zea diploperennis* exhibió el promedio más elevado de granos de polen

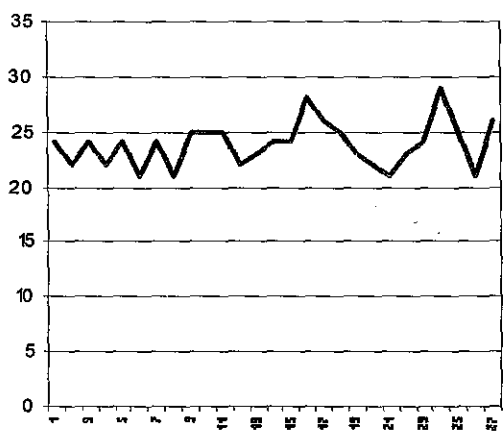
colapsados a la hora de la colecta, mientras que el teocintle de Huetamo, Michoacan, presentó los menores valores de desecación cuando fue expuesto por 30 minutos a las condiciones atmosféricas. Para el resto de las poblaciones de teocintle, la mayoría del polen se encontraba muerto a los 30 minutos.

A fin de investigar el efecto del tamaño del polen sobre la longevidad del polen, se llevaron a cabo análisis de correlación simple entre el tamaño del polen y el porcentaje de granos hidratados al momento de la recolección y 30 minutos después de exponerlo a condiciones atmosféricas.

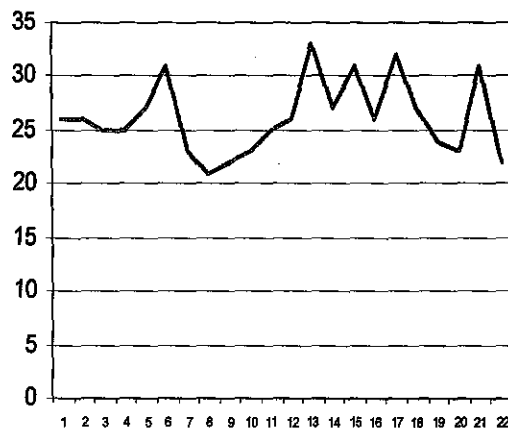
Cuadro 6. Coeficientes de correlación entre tamaño del polen y porcentaje de granos hidratados y deshidratados en Nextipac 2003, Nextipac 2004 y Tapachula, 2004.

	Polen hidratado				Polen deshidratado			
	10:00 a.m.	Prob > r	10:30 a.m.	Prob > r	10:00 a.m.	Prob > r	10:30 a.m.	Prob > r
Zea-Nextipac, 2003	0.312	0.0002	0.459	<.0001	-0.312	0.0002	-0.459	<.0001
Teo-Nextipac, 2003	0.418	<.0001	0.506	<.0001	-0.418	<.0001	-0.506	<.0001
Zea-Nextipac, 2004	0.375	<.0001	0.368	<.0001	-0.375	<.0001	-0.368	<.0001
Teo-Nextipac, 2004	0.336	0.0003	0.041	0.6657	-0.336	0.0003	-0.041	0.6657
Zea-Tapachula, 2004	0.549	<.0001	0.253	0.0004	-0.549	<.0001	-0.253	0.0004
Teo-Tapachula, 2004	0.296	0.0054	-0.042	0.7022	-0.296	0.0054	0.042	0.7022

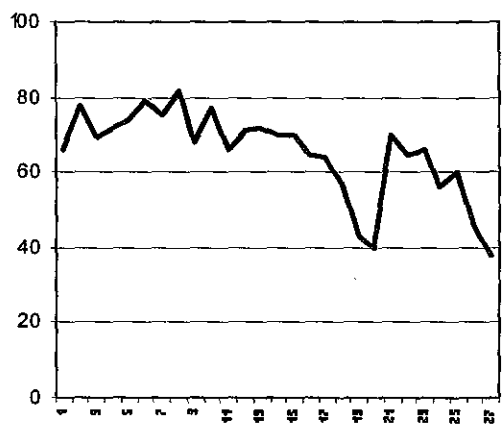
En el Cuadro 6, se incluyen los coeficientes de correlación calculados para todas las accesiones estudiadas, es decir, razas de maíz, híbridos comerciales de maíz y poblaciones de teocintle (*Zea*) y también para teocintle únicamente (Teo). Los valores de correlación entre diámetro de polen y polen hidratado son idénticos en valor a los de diámetro de polen y polen deshidratado, sólo que de signo contrario. Todos los coeficientes de correlación referentes al polen colectado a las 10 am fueron positivos y significativos con polen hidratado, lo cual indica que el polen de mayor tamaño tiende a presentar los mayores porcentajes de granos hidratados. Por su parte, los coeficientes de correlación calculados con polen expuesto durante 30 minutos a las condiciones ambientales fueron positivos y significativos para el caso de Nextipac 2003. Adicionalmente, los coeficientes para Nextipac 2004 y Tapachula 2004 fueron significativos sólo cuando se incluyó tanto maíz como teocintle y no fueron diferentes de cero cuando se incluyeron únicamente las poblaciones de teocintle. Como se notará, los coeficientes de correlación fueron relativamente de mayor magnitud en Nextipac 2003 y reducen su valor en 2004 especialmente cuando el polen había sido expuesto a las condiciones ambientales durante 30 minutos. Parte de la explicación puede encontrarse en las diferencias en temperatura y humedad relativa entre los dos años.



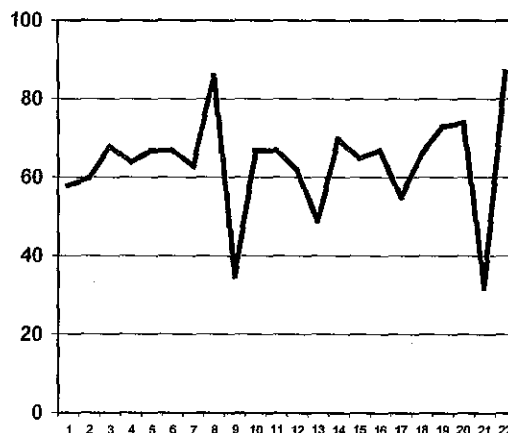
Temperaturas diarias, Sep 1 a Octubre 23 Nextipac, Jal. 2003.



Temperaturas diarias, Agosto 24 a Noviembre 3, Nextipac, Jal. 2004.



Humedad relativa diaria, Sep 1 a Octubre 23, Nextipac, Jal. 2003.



Humedad relativa diaria, Agosto 24 a Noviembre 3, Nextipac, Jal. 2004.

Figura 2. Temperaturas diarias a las 10 am durante el período de recolección del polen en Nextipac, Jalisco durante 2003 y 2004.

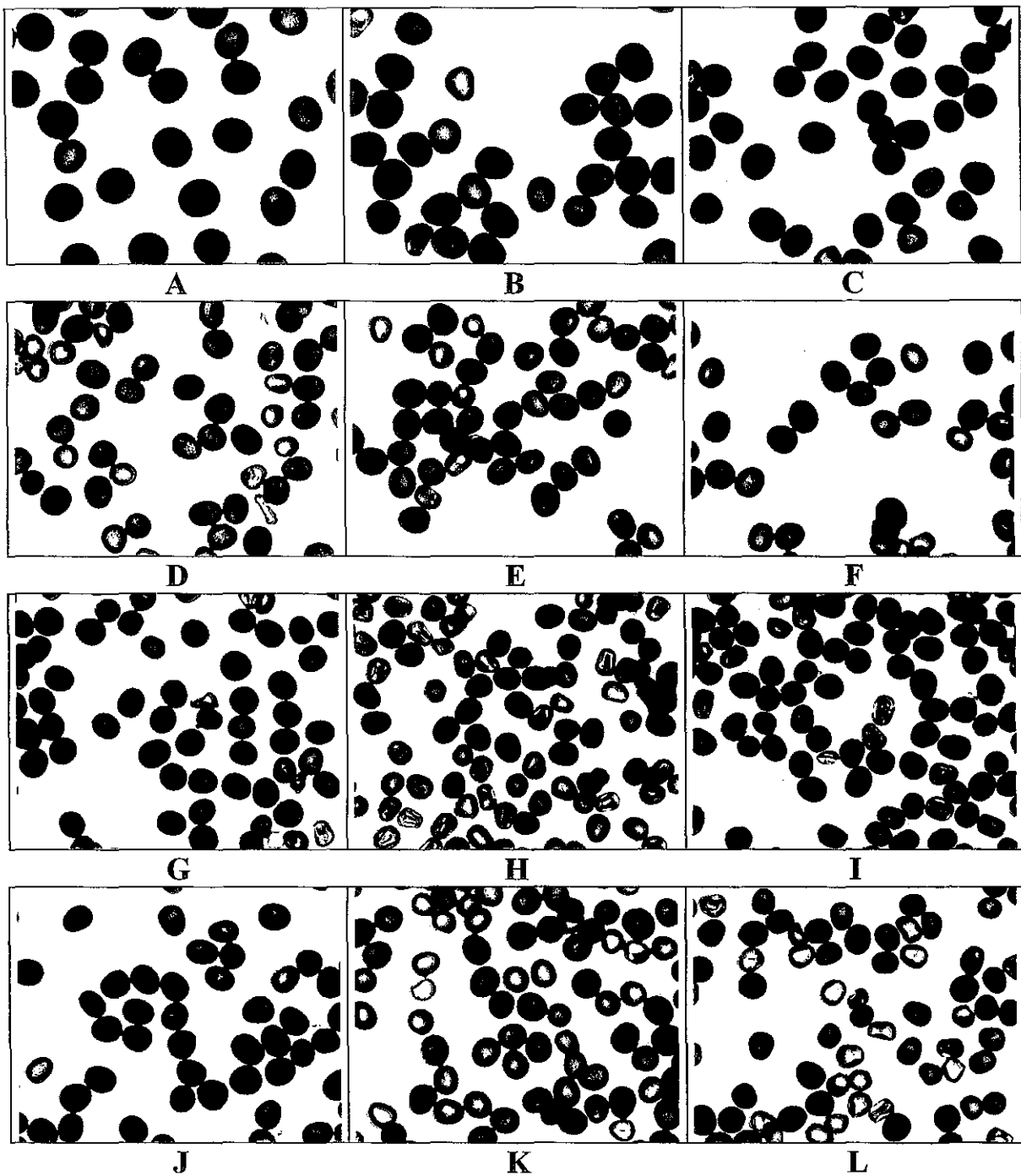


Figura 3 - Diversidad del tamaño del polen y susceptibilidad a la desecación en las especies de *Zea*. Maíz: (A) Zapalote Grande, Tropicales Precoces (115 μm); (B) Híbrido de la UdeG; (C) Apachito, Sierra de Chihuahua. Teocintle: (D) Chalco; (E) Mesa Central (Cuitzeo); (F) Durango; (G) Nobogame; (H) Mesa Central (Churintzio); (I) *Zea diploperennis*; (J) Centro de Guerrero; (K) Huetamo; (L) Este de Jalisco (77 μm). Fotografías obtenidos usando el lente 10x.

En la Figura 2 se incluyen las gráficas de la distribución de las temperaturas y niveles de humedad relativa a la hora de recolección de polen. Es claro que durante 2004 hubo un mayor número de días con temperaturas de 30 °C o más y con excepción de unos pocos días la humedad relativa también fue inferior.

Longitud y densidad de tricomas de los estigmas

Las características de los estigmas se presentan en el Cuadro 3 para Nextipac 2004. La longitud de los estigmas en teocintle es cerca de 40% con respecto al maíz, con una media de 9.3 centímetros; el rango se encuentra entre 7.2 y 11.4 centímetros. En maíz la media para la longitud de los estigmas en las razas es de 21 centímetros y 26 centímetros en híbridos comerciales. El rango en la razas de maíz es más alto (16-26 cm) que en los híbridos (26-27 cm). Dentro de los teocintles, Chalco y Mesa Central (cerca del lago Cuitzeo) tienen los estigmas significativamente más largos que *ssp. parviglumis* y los de *Zea diploperennis*. Dentro de las razas de maíz, el grupo de las razas tardías del sureste tiene estigmas perceptiblemente más largos que el resto de las razas.

Con respecto a los tricomas, hay más tricomas por unidad de superficie en los estigmas de teocintle que en los de maíz. La media en teocintle es dos veces más que el número de tricomas en maíz, sin embargo, *Zea diploperennis* tiene cerca de cinco veces más el número de tricomas que el maíz y dos veces el número más que el teocintle de Chalco. Las características de los estigmas para algunas razas de maíz, híbridos comerciales de maíz y poblaciones del teocintle se presentan en la Figura 4.

Evaluación del efecto de la temperatura en la longevidad del polen

El análisis de varianza para la desecación de los granos de polen durante 2004 y 2005 en Nextipac se presenta en el Cuadro 7. Los resultados del análisis de varianza indican que hay diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para los dos experimentos en todas las fuentes de variación consideradas. Aun cuando el análisis revela la existencia de diferencias entre materiales y entre temperaturas, el factor de mayor influencia es el tiempo de exposición del polen a las temperaturas establecidas. El porcentaje de la suma de cuadrados del tiempo de exposición del polen, respecto al total representa más del 60%, mientras que ninguna de las fuentes de variación restantes ni las interacciones representan más del 10% del total. Los coeficientes de variación son muy bajos lo que nos indica que el modelo de análisis involucra las fuentes de variación apropiadas y poca variación queda por explicar.

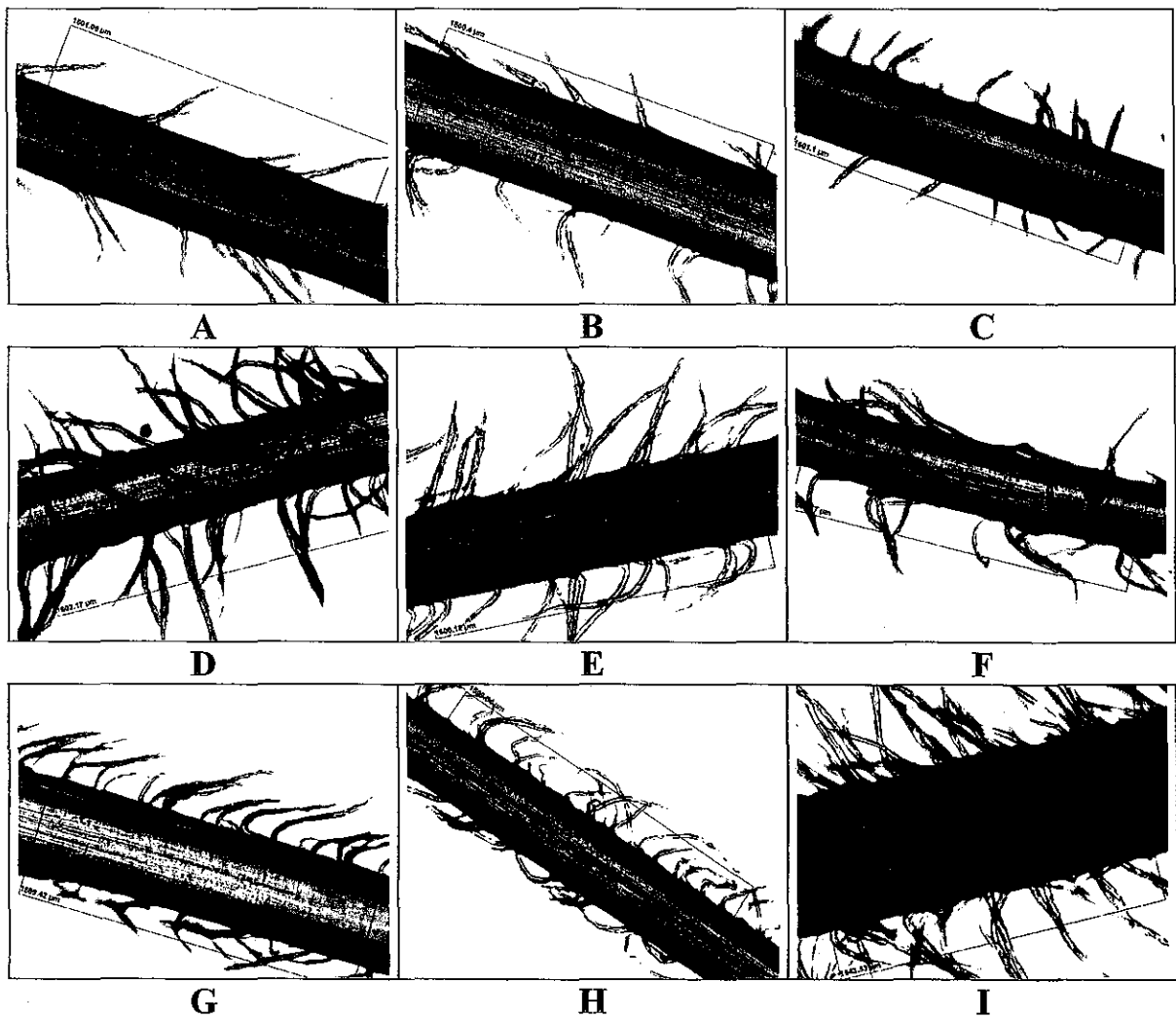


Figura 4 - Diversidad en las características de los estigmas en las especies de *Zea*. Maíz: (A) Pioneer 3028W; (B) Tuxpeño, Tropicales Dentados; (C) Ancho, Ocho Hilas. Teocintle: (D) Chalco; (E) Mesa Central (Cuitzeo); (F) Nobogame; Centro de Guerrero (G); (H) Huetamo; (I) *Zea diploperennis*. Figuras obtenidas usando el lente 5x.

Cuadro 7. Análisis de varianza para los experimentos del efecto de la temperatura sobre la desecación del polen en Nextipac 2004 y 2005.

Fuente de Variación	G.L.	Nextipac 2004		G.L.	Nextipac 2005	
		S.C.	% SC		S.C.	% SC
Repetición	1	246.71	0.12	3	8394.65	1.14
Accesión (A)	5	17579.84	8.72	9	33528.83	4.55
Temperatura (T)	2	14009.63	6.95	2	32138.81	4.36
Tiempo de exposición (E)	6	128202.29	63.60	11	474392.72	64.39
A x T	10	5511.44	2.73	18	17575.98	2.39
A x E	30	12212.53	6.06	99	71042.35	9.64
T x E	12	12992.34	6.45	22	52569.48	7.14
A x T x E	60	7406.78	3.67	198	36141.23	4.91
Error	125	3410.06	1.69	787	18718.90	2.54
Total	251	201571.62	100	1151	736720.54	100
Coefficiente de variación			6.50			5.50

En los cuadros 8 y 9, se presentan los promedios de la deshidratación del polen en los experimentos realizados en el ciclo de Primavera-Verano en Nextipac, 2004 y 2005, respectivamente. Los datos se presentan como promedios para cada material genético, temperatura y tiempo de exposición. En los cuadros 8 y 9 es notorio que la temperatura de 20°C es la única en donde es posible observar diferencias entre los materiales genéticos a través de los diferentes tiempos de exposición; en las temperaturas de 27 y 35 °C, prácticamente todos los materiales tienden a presentar polen totalmente deshidratado a los 15 minutos de exposición. Las únicas excepciones son para la accesión de maíz Gro-335, de la raza Pepitilla en 2004 y la accesión de maíz Ver-39 de la raza Tuxpeño y la cruce simple de maíz LUG-03 x LUG-14 en 2005. Con base en estos resultados, se puede mencionar que a fin de evaluar la diversidad que hay entre los diferentes materiales en lo que se refiere a la tolerancia a la desecación del polen, será necesario usar temperaturas controladas de 20 °C. En esta temperatura es donde hay las mayores diferencias en la permanencia del polen hidratado en los maíces con respecto del polen del teocintle.

Probablemente las temperaturas intermedias (22 a 24 °C) y tiempos de exposición de 10 minutos (10, 20 y 30 minutos) serían de gran utilidad para evaluar con gran detalle la diversidad existente entre y dentro de poblaciones respecto a tolerancia del polen a la desecación.

Cuadro 8. Medias de deshidratación del polen (%) de los diferentes materiales genéticos durante intervalos de tiempo y tres temperaturas en Nextipac, Jal. 2004.

Temperatura °C	Accesión ¹	Tiempo de exposición						
		10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:30	12:00
20	Zmm-San Nicolás de los Ranchos	45.0	53.2	82.8	96.9	94.3	100.0	100.0
20	Zmp-Zacazonapan-Otzoloapan	23.4	53.1	52.7	77.5	88.2	97.7	100.0
20	Z. diploperennis-Las Joyas	33.3	69.0	63.5	96.4	95.0	98.5	100.0
20	Zmy-LUG-03	15.4	41.6	53.7	72.7	88.7	100.0	100.0
20	Zmy-GRO-335 Pepitilla	6.1	12.3	12.3	49.4	61.0	84.4	94.1
20	Zmy-P-3066W	56.4	76.9	88.9	78.0	89.2	84.4	100.0
27	Zmm-San Nicolás de los Ranchos	45.0	57.9	91.7	98.0	97.5	100.0	100.0
27	Zmp-Zacazonapan-Otzoloapan	23.4	70.6	98.1	100.0	100.0	100.0	100.0
27	Z. diploperennis-Las Joyas	33.3	93.8	98.8	100.0	100.0	100.0	100.0
27	Zmy-LUG-03	15.4	73.7	97.9	100.0	100.0	100.0	100.0
27	Zmy-GRO-335 Pepitilla	6.1	32.8	70.4	35.0	73.0	100.0	98.9
27	Zmy-P-3066W	56.4	88.0	89.4	97.2	100.0	100.0	100.0
35	Zmm-San Nicolás de los Ranchos	45.0	92.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Zmp-Zacazonapan-Otzoloapan	23.4	95.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Z. diploperennis-Las Joyas	33.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Zmy-LUG-03	15.4	94.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Zmy-GRO-335 Pepitilla	6.1	89.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Zmy-P-3066W	56.4	96.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

¹ Zmm = *Zea mays* ssp. *mexicana*, Zmp = *Zea mays* ssp. *parviglumis*, Zmy = Maíz

La Figura 5 presenta de manera gráfica la influencia de la temperatura en la desecación del polen de seis materiales genéticos en Nextipac 2004. Como se había indicado, en el 2004 sobresale por su tolerancia a la desecación Gro-335, mientras que el polen del resto de los materiales tiende a deshidratarse con gran velocidad, especialmente a las temperaturas de 27 y 35 °C. Gro-335 representó el único caso en que fue posible encontrar polen hidratado dos horas después de iniciado el experimento a temperaturas de 20 °C.

Cabe hacer notar que en varios casos el valor de deshidratación del polen al momento de su recolección fue alto y en diversas ocasiones sobrepasó el 30%. Tal es el caso de el teocintle de San Nicolas de los Ranchos (Chalco) con 45%, *Zea diploperennis* de Las Joyas, Jal. (33%) y el híbrido comercial P-3066W (56%).

Cuadro 9. Medias de deshidratación del polen (%) de los diferentes materiales genéticos durante intervalos de tiempo y tres temperaturas en Nextipac, Jal. 2005.

Temperatura °C	Accesión ¹	Tiempo de exposición							
		10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	12:00
20	Zmm-San Agustín del del Maíz	7.9	45.7	57.6	81.8	87.0	97.1	98.4	100.0
20	Zmm-Amecameca	11.1	49.4	53.2	88.3	96.7	99.1	99.3	100.0
20	Zmp-Ixcateopan	36.5	54.7	79.6	87.0	92.4	96.6	98.2	100.0
20	Zmp-Oaxaca	16.9	18.4	38.4	58.9	80.2	87.9	92.6	98.0
20	Zmp-El Salado	11.3	17.5	35.8	56.3	68.5	82.1	92.9	98.2
20	Z. diploperennis-Las Joyas	73.3	84.8	96.9	98.5	99.6	100.0	100.0	100.0
20	Z. luxurians-Agua Blanca	50.1	75.6	89.1	93.8	97.7	99.0	99.0	100.0
20	Zmy-Comp. Chalqueño	10.9	23.7	20.4	66.1	92.3	96.5	97.0	99.1
20	Zmy-Ver-39 Tuxpeño	15.3	30.8	50.9	64.0	84.0	92.1	95.8	98.6
20	Zmy-LUG03 x LUG14	0.0	12.2	2.4	35.1	35.6	55.5	73.0	100.0
27	Zmm-San Agustín del del Maíz	7.9	93.1	97.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
27	Zmm-Amecameca	11.1	94.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
27	Zmp-Ixcateopan	36.5	88.7	91.2	98.7	100.0	100.0	100.0	100.0
27	Zmp-Oaxaca	16.9	92.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
27	Zmp-El Salado	11.3	92.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
27	Z. diploperennis-Las Joyas	73.3	97.7	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
27	Z. luxurians-Agua Blanca	50.1	96.4	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
27	Zmy-Comp. Chalqueño	10.9	76.0	92.1	92.9	98.1	100.0	100.0	100.0
27	Zmy-Ver-39 Tuxpeño	15.3	30.1	35.6	89.4	97.8	99.3	100.0	100.0
27	Zmy-LUG03 x LUG14	0.0	28.5	91.6	98.2	99.1	100.0	100.0	100.0
35	Zmm-San Agustín del del Maíz	7.9	94.7	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Zmm-Amecameca	11.1	96.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Zmp-Ixcateopan	36.5	83.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Zmp-Oaxaca	16.9	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Zmp-El Salado	11.3	94.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Z. diploperennis-Las Joyas	73.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Z. luxurians-Agua Blanca	50.1	98.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Zmy-Comp. Chalqueño	10.9	72.0	92.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Zmy-Ver-39 Tuxpeño	15.3	47.3	92.0	97.9	100.0	100.0	100.0	100.0
35	Zmy-LUG03 x LUG14	0.0	72.8	96.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

¹ Zmm = *Zea mays* ssp. *mexicana*, Zmp = *Zea mays* ssp. *parviglumis*, Zmy = Maíz

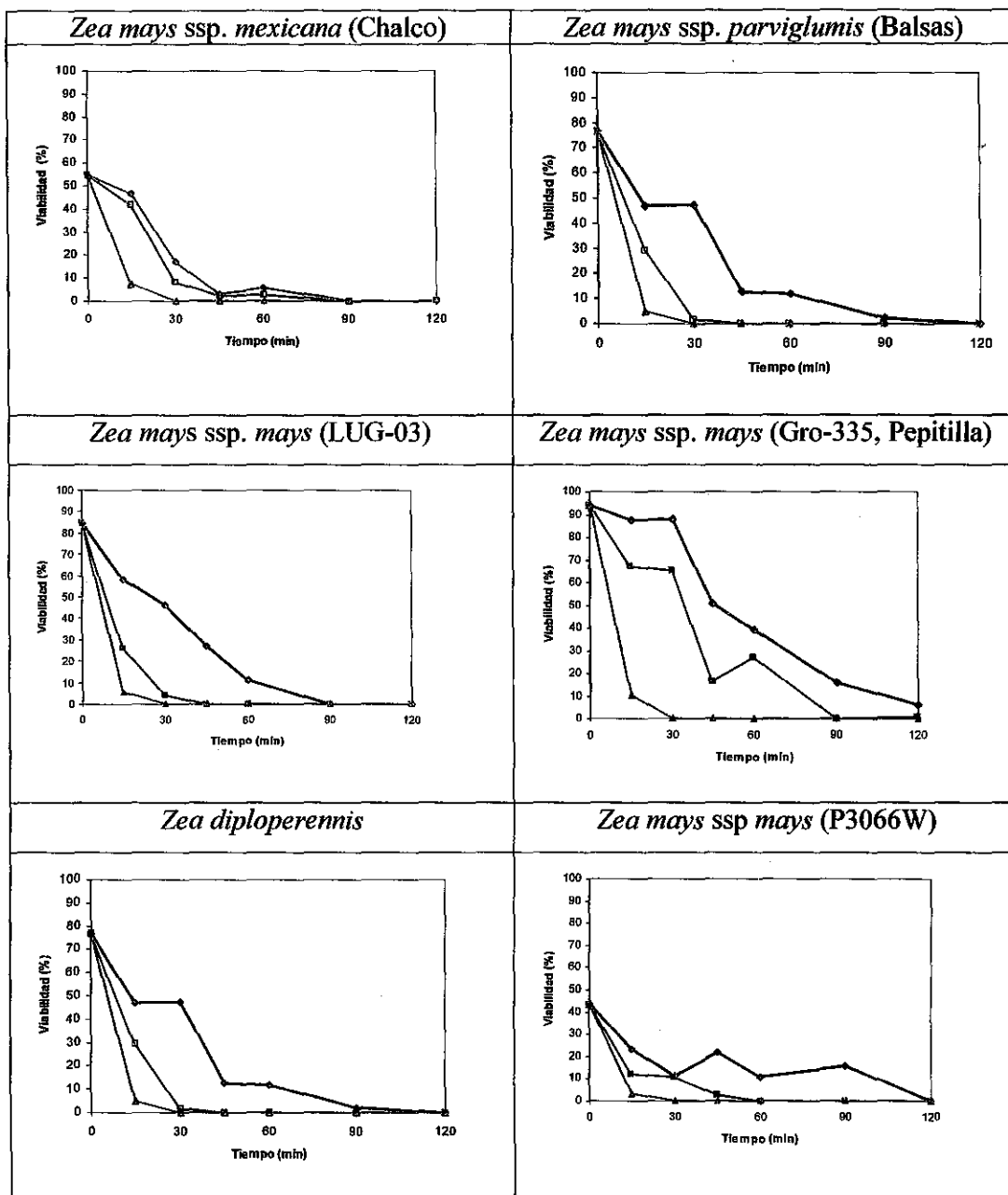


Figura 5. Longevidad del polen de maíz y teocintle en tres temperaturas controladas y tiempos de exposición en Nextipac, Jal. 2004 (Línea negra 20 °C, línea roja 27 °C y línea azul 35 °C).

Las figuras 6, 7 y 8 presentan los resultados de 10 materiales genéticos en Nextipac 2005 para las temperaturas de 20, 27 y 35 °C, respectivamente.

La gráfica de la Figura 6 nos presenta la velocidad de desecación de los granos de polen para la temperatura de 20 °C en el estudio del 2005. Como se había indicado anteriormente, en general el teocintle presentó una mayor velocidad de desecación que el maíz. En esta temperatura, *Zea diploperennis* y *Zea luxurians* de Agua Blanca presentaron los más altos niveles de desecación; a los 30 minutos de exposición, casi el 100% de los granos de polen estaban deshidratados. Por su parte las poblaciones de teocintle de San Cristóbal Honduras, Oaxaca y de El Salado, Guerrero (ssp. *parviglumis*) fueron los que presentaron mayor tolerancia a la desecación pues estos requirieron de casi dos horas para llegar al 100% de los granos polen desecados. Los maíces presentaron mayor tolerancia a la desecación de manera general, sin embargo, la cruza simple blanca (LUG-03 x LUG-14) sobresale del resto dado que es la que presenta los menores valores de desecación durante todo el período de exposición.

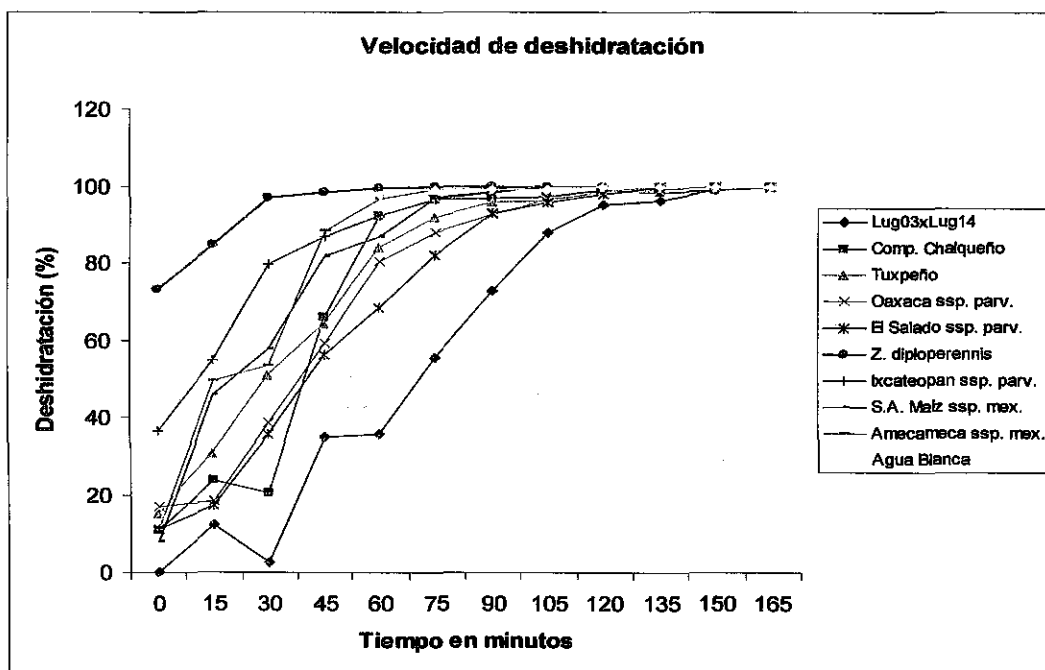


Figura 6. Longevidad del polen de maíz y teocintle a 20 °C en Nextipac, Jal. 2005.

En la Figura 7 se presentan los 10 materiales que fueron expuestos a la temperatura de 27 °C. En dicha figura se puede observar que en general, en el teocintle, los granos de polen

pierden más rápido la turgencia que el maíz. Casi en su totalidad, las poblaciones de teocintle presentaron valores de desecación del 100% después de 45 minutos de ser expuestos a la temperatura de 27 °C, mientras que el polen de los maíces tiende a una ligera resistencia a la desecación. La mayor parte de los maíces presentan una desecación del 100% a los 75 minutos de ser expuestos a la temperatura de 27 °C.

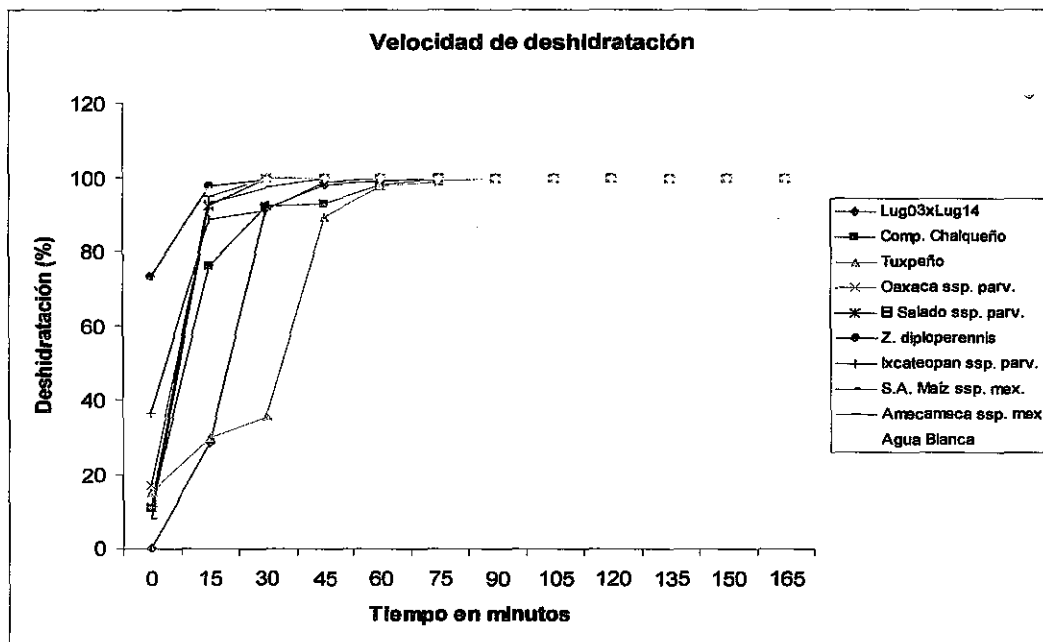


Figura 7. Longevidad del polen de maíz y teocintle a 27 °C en Nextipac, Jal. 2005.

La Figura 8 muestra el comportamiento de los granos de polen al ser expuestos durante diferentes intervalos de tiempo a una temperatura de 35 °C. Como podrá notarse, todas las poblaciones de teocintle tienden a presentar valores cercanos al 100% de granos deshidratados a los 15 minutos de exposición, mientras que los tres maíces incluidos en el estudio presentan aún valores de cerca del 30% de granos hidratados. Únicamente Ver-39 (Tuxpeño) mostró unos pocos granos de polen hidratados 45 minutos después de exponerlos a las temperaturas de 35 °C.

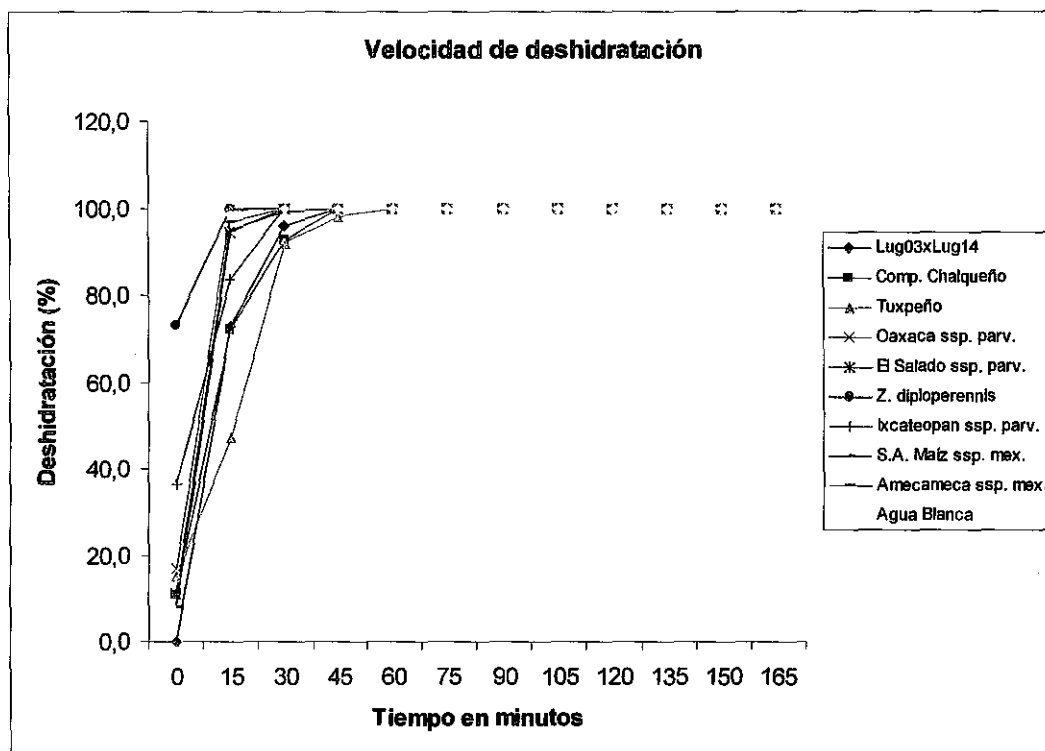


Figura 8. Longevidad del polen de maíz y teocintle a 35 °C en Nextipac, Jal. 2005.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la última década ha habido un gran debate motivado por la posible incorporación del maíz transgénico en los sistemas agrícolas de México, el cual se ha centrado alrededor de varias preguntas de gran importancia. La mayor parte de las preguntas se relacionan con el posible impacto del flujo genético del maíz transgénico hacia las variedades nativas del maíz y de sus parientes silvestres. Recientemente varios investigadores (LUNA, *et al.*, 2001; BALTAZAR, *et al.*, 2003; 2005; AYLOR, 2003; AYLOR, *et al.*, 2005) han reportado resultados de varios estudios relacionados con el flujo de genes entre el maíz y teocintle. Estos estudios son de gran utilidad en la determinación de los factores biológicos, físicos y ambientales principales que afectan la polinización. No obstante, debido al número reducido de materiales y factores estudiados, es obvio que se requiere ampliar la investigación con un mayor número de accesiones de maíz y de teocintle para cubrir toda la diversidad genética del género *Zea* presente en México. Asimismo, el poder disponer de datos de sincronía floral de las razas de maíz, del teocintle y de los híbridos comerciales cultivados en México aumentará la posibilidad para determinar el riesgo del flujo de genes entre las especies de este importante género.

Con base en cerca de 200 accesiones incluyendo todas las razas de maíz descritas para México y todas las variantes diploides de teocintle conocidas para México, se encontró que el polen de teocintle es más pequeño que el polen de maíz (rango 15-30%) y es más susceptible a la desecación después de ser expuesto a las condiciones atmosféricas. Para algunas poblaciones de teocintle, el polen se había colapsado a la hora de la colecta; y la desecación en general se presenta más rápidamente para el polen del teocintle que para el polen del maíz. Sin embargo, la diversidad para estas características varió entre regiones y dentro de las razas. En general, *Zea mays* ssp. *mexicana* presenta los granos de polen de mayor tamaño, mientras que los de la ssp. *parviglumis* son más susceptibles a la desecación después de ser expuesto a las condiciones atmosféricas. Estos resultados están de acuerdo con los estudios de BALTAZAR y SCHOPER, (2001); BALTAZAR, *et al.* (2005) y los de LUNA, *et al.* (2001). En ambientes controlados, la temperatura, y especialmente el tiempo de exposición de polen a ciertas temperaturas, son los factores que mayormente influyen en la variación observada. A temperaturas de 20 °C, el teocintle y el maíz tienden a mantener viable el polen hasta dos horas, sin embargo a temperaturas de 27

y 35 °C, la desecación ocurre rápidamente y el polen no permanece viable por más de 15 minutos. En condiciones naturales, se esperaría que en las regiones de los valles altos (Valle de México, Valle de Toluca y Mesa Central), el polen sobreviva un mayor tiempo que en las regiones tropicales. Cabe señalar que aún cuando se asumen diferencias genéticas entre y dentro de especies, en gran medida las diferencias entre el maíz y el teocintle respecto a tolerancia a la temperatura se explica en gran medida por las diferencias en el tamaño del polen. Es bien conocido que la viabilidad del polen en el género *Zea* está determinada en gran medida por su sensibilidad a la pérdida de agua; adicionalmente se ha encontrado que aún cuando los granos de polen del teocintle, debido a su menor tamaño, pueden viajar mayores distancias, su desecación ocurre 40% más rápido que el maíz, por lo que la viabilidad en la atmósfera es también mucho más reducida (AYLOR, *et al.*, 2005). Si tomamos en cuenta la morfología de la planta del maíz y la del teocintle, se pudiera pensar que debido a la existencia de las ramas laterales e hijos en teocintle, la producción de polen es mayor y por un período más largo en las especies silvestres. Adicionalmente, se podría pensar que debido a su tamaño, el polen del teocintle podría viajar mayores distancias con la probabilidad de polinizar otras plantas a mayores distancias. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la menor longevidad del polen del teocintle y las condiciones atmosféricas, incluyendo la temperatura, la turbulencia y la velocidad del viento y la humedad relativa definirán las probabilidades de flujo genético entre especies.

La longitud y la densidad de tricomas en los estigmas son muy variables en las especies del género *Zea*. Estas características son potencialmente de gran importancia con respecto al flujo de genes dado que determinan el área receptiva para atrapar el polen. La longitud de los estigmas en maíz es el doble comparada con los estigmas del teocintle (16 a 27 centímetros contra 7.2 a 11.4 centímetros, respectivamente). Sin embargo, en los estigmas de *Zea diploperennis* se observaron hasta cinco veces más tricomas, que en los estigmas del maíz. Los resultados para el número de tricomas en los híbridos de maíz, incluidos en este estudio, concuerdan con los obtenidos por ANDERSON, *et al.*, (2004).

WILKES (1977), indicó que el mecanismo genético más eficaz que produce el aislamiento entre el maíz y el teocintle en donde crecen juntos en México, es la falta de sincronía floral. En la mayoría de las regiones, el maíz florece de dos a cuatro semanas antes que el teocintle; hay casos donde el maíz y el teocintle no se aíslan estacionalmente, por ejemplo

en el Valle de Nabogame al sur de Chihuahua. En este caso, aumenta la posibilidad de que exista hibridación entre especies, con la suposición de que el polen y los estigmas son viables y que el proceso de la polinización se puede completar. En las áreas de la Mesa Central y de Chalco, el maíz y el teocintle se aíslan sólo de manera parcial. La floración del teocintle es relativamente uniforme pero las razas de maíz exhiben una variación considerable. En general, los resultados presentados en el Cuadro 5 coinciden con los reportados por WILKES (1977), sin embargo, el movimiento de semillas en México es intenso, y la probabilidad de sincronía entre las especies de *Zea* dependerá del tipo de maíz sembrado. Por ejemplo, en las regiones donde se sembraba predominantemente la raza Tabloncillo, en las últimas décadas las variedades locales han sido reemplazadas por variedades derivadas de la raza Tuxpeño, así como los híbridos que tienen como base el germoplasma de Tuxpeño. Las variedades basadas en Tuxpeño florecen de dos a tres semanas después que los tipos Tabloncillo, de tal manera que el aislamiento mencionado por WILKES (1977) ya no ocurre en algunas áreas de la Cuenca del Balsas y en varias regiones de la Mesa Central.

A pesar de que exista sincronía floral entre el maíz y el teocintle en el Valle de México y en la Mesa Central y que es frecuente observar híbridos F_1 o diversos niveles de retrocruzamiento entre ellos, y que el polen puede tener una mayor longevidad, el teocintle y el maíz permanecen como entidades biológicas y genéticas separadas. En estas áreas los sistemas de incompatibilidad para el polen y los estigmas entre y dentro de especies del género *Zea* están presentes en diferentes proporciones (KERMICLE y ALLEN, 1990; EVANS y KERMICLE, 2001; KERMICLE, 2006a; KERMICLE, *et al.*, 2006b). EVANS, *et al.* (2001) describieron el locus responsable del reconocimiento entre el polen y los estigmas, *Tcb1* (Teosinte crossing barrier), que "podría desempeñar un papel muy importante en aislar el teocintle del maíz desde el punto de vista reproductivo". Además, el locus *gal* es también muy importante porque el alelo *Gal-s* condiciona esterilidad no-recíproca en el maíz (NELSON, 1996). Sin embargo, en las áreas de Mesa Central y de Chalco en donde están presentes los factores de la incompatibilidad en poblaciones de teocintle, el flujo de genes entre el maíz y el teocintle es probable, lo cual ha sido probado por la presencia de una frecuencia, aunque baja, de híbridos F_1 .

La información que aquí se presenta, sugiere la posibilidad de flujo de genes entre las especies del género *Zea* en el Valle de México (Puebla, Toluca y Chalco), en la Mesa Central, en el Valle de Nabogame y las regiones central y oriental de Jalisco, en donde el

maíz y el teocintle crecen en simpatria. Sin embargo, en la mayoría de las áreas donde se distribuye la ssp *parviglumis*, no existe sincronía en floración con el maíz y el teocintle, disminuyendo así la probabilidad del intercambio de genes entre dichas especies.

Los resultados de este estudio demuestran que existe un rango muy amplio de diversidad de las características que afectan la polinización entre las especies del género *Zea* en su centro de origen. Estos resultados tienen dos implicaciones de gran importancia: (i) contribuyen con información básica para estimar la probabilidad de ocurrencia del flujo de genes entre el maíz y el teocintle, (ii) dada la gran diversidad genética entre los miembros del género *Zea*, la gran diversidad de ambientes y la gran diversidad de sistemas de manejo por los grupos humanos, a fin de estimar con gran precisión la probabilidad de flujo genético entre especies, será necesario establecer experimentos repetidos en diferentes áreas de México y América Central en donde las subespecies crecen en simpatria, y obtener la información básica de los factores climáticos, las características morfológicas, fisiológicas y genéticas responsables de la polinización y del flujo genético entre especies y poblaciones.

REFERENCIAS

- ANDERSON, S.R., M.J. LAUER, J.B. SCHOPER, R.M. SHIBLES, 2004 Pollination timing effects on kernel set and silk receptivity in four maize hybrids. *Crop Science* 44: 464-473.
- AYLOR, D.E., 2003 Rate of dehydration of corn (*Zea mays* L.) pollen in the air. *Journal of Experimental Botany* 54: 2307-2312.
- AYLOR, D.E., B. BALTAZAR M., J.B. SCHOPER, 2005 Some physical properties of teosinte (*Zea mays* subsp. *parviglumis*) pollen. *Journal of Experimental Botany* 56: 2401-2407.
- BALTAZAR, B.M., SCHOPER, J.B., 2001. Maize pollen biology, pollen drift and transgenes. Proceedings of the 56th Corn & Sorghum Seed Research Conference. Chicago, III. December, 5-7- 2001.
- BALTAZAR B., M., J.J. SÁNCHEZ G., L. DE LA CRUZ L., J. SCHOPER., 2003 Gene flow in maize (*Zea mays* L.). pp. 165-170 in: III Congresso Brasileiro de Biossegurança. III Simposio Latino Americano de Productos Transgénicos. 24 a 27 de Setembro de 2003. Recife, Brasil.
- BALTAZAR, B.M., J.J. SÁNCHEZ G., L. DE LA CRUZ L., J. SCHOPER, 2005 Pollination between maize and teosinte: An important determinant of gene-flow in Mexico. *Theoretical and Applied Genetics* 110: 519-526.
- COLLINS, G.W., J.H. KEMPTON, R. STADELMAN. 1937. Maize investigations. Carnegie Institution of Washington, Year Book No. 36. p. 149-150.
- DOEBLEY, J.F. 1990. Molecular systematics of *Zea* (Gramineae). *Maydica* 35: 143-150.
- DOEBLEY, J. F., M. M. GOODMAN, C. W. STUBER, 1984 Isoenzymatic variation in *Zea* (Gramineae). *Systematic Botany* 9(2): 203-218.

DOEBLEY, J. F., 2004 the genetics of maize evolution. Annual Review of Genetics. 38:37–59

EVANS, M.M.S., J.L. KERMICLE, 2001 *Teosinte crossing barrier1*, a locus governing hybridization of teosinte with maize. Theoretical and Applied Genetics. 103: 259-265.

FEI, S., E. NELSON, 2003. Estimation of pollen viability, shedding pattern, and longevity of creeping bentgrass on artificial media. Crop Science 43:2177-2181.

HUANG, Z., J. ZHU, X. MU, J. LIN, 2004. Pollen dispersion, pollen viability and pistil receptivity in *Leymus chinensis*. Annals of Botany 93: 295-301.

ILTIS, H.H., B.F. BENZ, 2000 *Zea nicaraguensis* (Poaceae), a new teosinte from Pacific Coastal Nicaragua: Novon 10: 382-390.

ILTIS, H.H., J.F. DOEBLEY, 1980 Taxonomy of *Zea* (Gramineae).II. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. American Journal of Botany 67: 994_1004.

KATO Y., T.A., 1997 Review of introgression between maize and teosinte. pp. 44-53. In: Serratos, J. A., M. C. Willcox, and F. Castillo (eds.). Gene flow among maize landraces, improved maize varieties, and teosinte: implications for transgenic maize. CIMMYT, Mexico, D. F.

KATO Y., T.A., J.J. SÁNCHEZ G., 2002 Introgression of chromosome knobs from *Zea diploperennis* into maize. Maydica 47: 33-50.

KERMICLE, J. L., J. O. ALLEN, 1990 Cross-incompatibility between maize and teosinte. Maydica 35: 399- 408.

KERMICLE, J. L., 2006 A selfish gene governing pollen-pistil compatibility confers reproductive isolation between maize relatives. Genetics 172: 499–506

- KERMICLE, J.L., S. TABA, M.M.S. EVANS, 2006 The *gametophyte-1* locus and reproductive isolation among *Zea mays* subspecies. *Maydica* 52 (En Prensa)
- LUMHOLTZ, C. 1902. Unknown Mexico, Vol I. C. Scribner's Sons, N.Y, USA. 530p.
- LUNA V., S., J. FIGUEROA M., B. BALTAZAR M., R. GOMEZ L., R. TOWNSEND, J.B. SCHOPER, 2001 Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control. *Crop Science* 41:1551-1557.
- MANGELSDORF, P. C., R.S. MacNeish and W.C. Galinat 1967. Prehistoric maize, Teocintle and *Tripsacum* from Tamaulipas, Mexico. *Botanical Museum Leaflets* 22: 33-63. Harvard University.
- MATSUOKA, Y., Y. VIGOUROUX, M.M. GOODMAN, J. SANCHEZ G., E. BUCKLER, J. DOEBLEY, 2002 A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 6080-6084.
- Mc KEE, J., A.J. RICHARDS, 1998. The effect of temperature on reproduction in five *Primula* species. *Annals of Botany* 82: 359-374
- NELSON, O.E., 1996 The gametophyte factors of maize. pp. 496-503 In: M. Freeling & V. Walbot (eds.) *The Maize Handbook*. Springer-Verlag.
- RUÍZ C., J.A., J.J. SÁNCHEZ G., M.M. GOODMAN, 1998 Base temperature and heat unit requirement of 49 Mexican maize races. *Maydica* 43: 277-282.
- SANCHEZ G., J.J., M.M. GOODMAN, C.W. STUBER, 2000a Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Economic Botany* 54: 43-59.
- SANCHEZ G., J.J., T.A. KATO Y., M. AGUILAR S., J.M. HERNANDEZ C., A. LOPEZ R., J.A. RUIZ J C., 1998 Distribución y caracterización del teocintle. Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

SANCHEZ G., J.J., C.W. STUBER, M.M. GOODMAN, 2000b Isozymatic diversity of the races of maize of the Americas. *Maydica* 45: 185-203.

SÁNCHEZ G., J.J., R. MIRANDA M., L. DE LA CRUZ L. 2004. Recolección y conservación de las especies silvestres del genero *Zea* (Teocintle) en México. *Informe de actividades 2002-2003*, Preparado para la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre.

SAS INSTITUTE, INC., 1992 SAS Technical Report P-229. SAS/STAT Software: Changes and Enhancements. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

WANG, H., T. NUSSBAUM-WAGLER, B. LI, Q. ZHAO, Y. VIGOUROUX, M. FALLER, K. BOMBLIES, L. LUKENS, J.F. DOEBLEY. 2005 The origin of the naked grains of maize. *Nature* 436: 714-719.

WELLHAUSEN, E. J., L. M. ROBERTS, E. HERNÁNDEZ X., In collaboration with P. C. MANGELSDORF, 1952 Races of maize in Mexico. The Bussey Institution of Harvard University.

WILKES, H.G. 1967. Teosinte: the closest relative of maize. Bussey Institution Harvard University 159p.

WILKES, H.G., 1977 Hybridization of maize and teosinte, in Mexico and Guatemala and the improvement of maize. *Economic Botany* 31: 254- 293.

WILKES, G., 2004 Corn, Strange and Marvelous: But Is a Definitive Origin Known? Pp.3-63 In: C.W. Smith (Ed) *Corn: Origin, History, Technology, and Production*. John Wiley & Sons.

APENDICE.

Cuadro 1A. Adesiones de maíz y teocinte estudiadas para características del polen y estigmas.

Localidad	Municipio	Estado	Alt.	Raza	Adesión
San Isidro (S.Fco. Tlalcalcalpa)	Almoloya de Juárez	Mexico	2766	Chalco	JSG-RMM-LCL-469
Soyatzingo	Amecameca	Mexico	2480	Chalco	JSG-RMM-LCL-476
San Pedro Nexapa	Amecameca	Mexico	2705	Chalco	JSG-RMM-LCL-477
Amecameca	Amecameca	Mexico	2471	Chalco	JSG-RMM-LCL-479
Km 1 Cocotitlán-Juchitepec	Cocotitlán	Mexico	2280	Chalco	JSG-RMM-LCL-480
Chapultepec	Chapultepec	Mexico	2595	Chalco	JSG-RMM-LCL-471
Temamatla-Tenango del Aire	Temamatla	Mexico	2295	Chalco	JSG-RMM-LCL-482
Km 1 Tenango del Aire-Juchitepec	Tenango del Aire	Mexico	2432	Chalco	JSG-RMM-LCL-481
Autopista Atlacomulco-Toluca	Toluca	Mexico	2636	Chalco	JSG-RMM-LCL-468
Km 1 Cacalomacán-Toluca	Toluca	Mexico	2769	Chalco	JSG-RMM-LCL-470
Km 1 Aljojuca-SS El Seco	Aljojuca	Puebla	2465	Chalco	JSG-433
Km 102 Autopista Mexico-Puebla	Puebla	Puebla	2230	Chalco	JSG-431
Ejido San Antonio	San Juan Atenco	Puebla	2520	Chalco	JSG-432
San Nicolas de Buenos Aires	San Nicolas B. Aires	Puebla	2402	Chalco	JSG-435
S.Nicolás de los Ranchos	S. N. de los Ranchos	Puebla	2475	Chalco	JSG-437
Km 1 Sta. Ma. Coatepec-SS El Seco	San Salvador el Seco	Puebla	2470	Chalco	JSG-434
San Francisco Independencia	Tlachichuca	Puebla	2701	Chalco	JSG-436
Piñicuaro	Moroleón	Guanajuato	2025	Mesa Central	JSG Y RMM-445
Sepio (Carr. Piñicuaro-Moroleón)	Moroleón	Guanajuato	1917	Mesa Central	JSG Y RMM-446
Uriangato (salida a Yuriria)	Uriangato	Guanajuato	1880	Mesa Central	JSG Y RMM-447
Km 3 Cd. Hidalgo-Morelia	Ciudad Hidalgo	Michoacan	2102	Mesa Central	JSG-RMM-LCL-536
San Agustín del Maíz	Copándaro	Michoacan	1855	Mesa Central	JSG Y RMM-450
2 Km Sur de Cuamio	Cuitzeo	Michoacan	1854	Mesa Central	JSG Y RMM-448
Km 267.5 Guadalajara-Morelia	Chucándiro	Michoacan	2019	Mesa Central	JSG Y RMM-451
Hacienda La Estancia	Huandacareo	Michoacan	1888	Mesa Central	JSG Y RMM-449
Km 3 Puruándiro-Las Pilas	Puruándiro	Michoacan	1948	Mesa Central	JSG Y RMM-441
Km 2 Puruándiro-Cuitzeo	Puruándiro	Michoacan	1941	Mesa Central	JSG Y RMM-443
Batuecas	Puruándiro	Michoacan	2186	Mesa Central	JSG Y RMM-444
Opopeo	Villa Escalante	Michoacan	2225	Mesa Central	JSG Y RMM-463
San Jerónimo	Ayotlán	Jalisco	1597	Mesa Central	JSG-465
San Jose de las Moras	La Barca	Jalisco	1505	Mesa Central	JSG Y ERV-407
La Providencia	La Barca	Jalisco	1520	Mesa Central	JSG, MAS Y ERV-411
Km 3 Ahuatlán-Poncitlán	Poncitlán	Jalisco	1510	Mesa Central	JSG Y ERV-409
Changuitiro	Churintzio	Michoacan	1910	Mesa Central	JSG Y RMM-438
Km 3.2 Churintzio-La Noria	Churintzio	Michoacan	1809	Mesa Central	JSG Y RMM-439
Km 351.3 Guadalajara-Morelia	Churintzio	Michoacan	1801	Mesa Central	JSG Y RMM-452
Cerro Churintzio	Churintzio	Michoacan	1940	Mesa Central	JSG-426
El Salitre	Ixtlan	Michoacan	1574	Mesa central	JSG-427
Penjamillo	Penjamillo	Michoacan	1775	Mesa Central	JSG Y RMM-440
Jalapa	Zináparo	Michoacan	1917	Mesa Central	JSG Y RMM-442
Puente Gavilanes	Durango	Durango	1875	Mesa Central	JSG Y RMM-428
Nuevo Francisco Villa (3 km E)	Durango	Durango	1875	Mesa Central	JSG Y RMM-429
Puente Dalila-Hda. de Dolores	Durango	Durango	1887	Mesa Central	JSG Y RMM-430
Nabogame (Tejamanil)	Guadalupe y Calvo	Chihuahua	1919	Nobogame	JSG-414
Nabogame (Tarahumares)	Guadalupe y Calvo	Chihuahua	1950	Nobogame	JSG-415
Quexpan-Las Raíces	Ameca	Jalisco	1139	Balsas	JSG-467
La Ciénega (La Fortuna)	Guachinango	Jalisco	1305	Balsas	JSG Y SHP-464

Localidad	Municipio	Estado	Alt.	Raza	Accesión
K10 Guachinango-La Ciénega	Guachinango	Jalisco	1400	Balsas	JSG-421
El Rodeo	Guachinango	Jalisco	888	Balsas	JSG-JRP-ERG-544
El Tablillo	Guachinango	Jalisco	1123	Balsas	JSG-JRP-ERG-545
Poncitlan	Poncitlán	Jalisco	1565	Mesa Central	JSG, MAS Y ERV-412
3 km E de Amatlán de Cañas	Amatlán de Cañas	Nayarit	856	Balsas	JSG-JRP-ERG-542
Amatlán de Cañas v	Amatlán de Cañas	Nayarit	880	Balsas	JSG-JRP-ERG-543
El Sauz	Minatitlán	Colima	1103	Balsas	JSG-LCL-554
Ejutla-Unión de Tula-El Grullo	Ejutla	Jalisco	1334	Balsas	RMM-2
San Lorenzo	Ejutla	Jalisco	984	Balsas	RMM-3
Los Naranjos	Ejutla	Jalisco	1003	Balsas	RMM-4
El Estanco	Ejutla	Jalisco	945	Balsas	RMM-6
El Coyotomate	Juchitlán	Jalisco	1288	Balsas	RMM-9
La Lima	Tolimán	Jalisco	1450	Balsas	RMM-11
El Rodeo	Tolimán	Jalisco	1364	Balsas	RMM-7
Los Cimientos	Villa Purificación	Jalisco	552	Balsas	JSG-RMM-LCL-546
El Tepopote	Villa Purificación	Jalisco	683	Balsas	JSG-RMM-LCL-547
La Cofradía (2km al E)	Villa Purificación	Jalisco	635	Balsas	JSG-RMM-LCL-548
1 Km N Talpitita	Villa Purificación	Jalisco	526	Balsas	JSG-RMM-LCL-555
Jirosto (Las Carboneras)	Villa Purificación	Jalisco	426	Balsas	RMM-14
Amates Grandes	Acapetlahuaya	Guerrero	1110	Balsas	JSG-RMM-LCL-511
Km 3 Amates Grandes-Teloloapan	Acapetlahuaya	Guerrero	1210	Balsas	JSG-RMM-LCL-512
Km 1 El Crustel-Teloloapan	Acapetlahuaya	Guerrero	985	Balsas	JSG-RMM-LCL-513
Zacatlancillo	Ixcapuzalco	Guerrero	1740	Balsas	JSG-RMM-LCL-500
Km 3.5 Carr. Ixcapuzalco	Ixcapuzalco	Guerrero	1652	Balsas	JSG-RMM-LCL-502
Ixcateopan (Salida a Taxco)	Ixcateopan	Guerrero	1890	Balsas	JSG-RMM-LCL-495
Km 3-4 Ixcateopan-Pachivia	Ixcateopan	Guerrero	1735	Balsas	JSG-RMM-LCL-497
Ahuacatlán	Ixcateopan	Guerrero	1528	Balsas	JSG-RMM-LCL-498
Km 72 Iguala-Arcelia	Teloloapan	Guerrero	1506	Balsas	JSG-RMM-LCL-499
Rincón del Sauce	Teloloapan	Guerrero	1624	Balsas	JSG-RMM-LCL-510
Amatlán (La Puerta)	Tepoztlán	Morelos	1654	Balsas	JSG-RMM-LCL-474
Camino Amatlán-Huilotepec	Tepoztlán	Morelos	1696	Balsas	JSG-RMM-LCL-475
Plan de los Timbres	Huizuco	Guerrero	1215	Balsas	JSG-RMM-LCL-503
El Rincón-Acahuizotla	Mochitlán	Guerrero	827	Balsas	JSG-RMM-LCL-490
Acahuizotla-Palo Blanco	Mochitlán	Guerrero	1016	Balsas	JSG-RMM-LCL-491
El Salado	Mochitlán	Guerrero	1132	Balsas	JSG-RMM-LCL-494
Tecoanapa-Saucitos+B28	Tecoanapa	Guerrero	590	Balsas	JSG-RMM-LCL-487
Km 132 Toluca-Altamirano	Amatepec	Mexico	849	Balsas	JSG-RMM-LCL-527
Ruinas de Malinalco	Malinalco	Mexico	1901	Balsas	JSG-RMM-LCL-473
Km 8 Zuluapan-Tingambato	Otzoloapan	Mexico	1178	Balsas	JSG-RMM-LCL-534
Salitre-Monte de Dios	Tejupilco de Hidalgo	Mexico	958	Balsas	JSG-RMM-LCL-523
Km 107-108 Toluca-Altamirano	Tejupilco de Hidalgo	Mexico	1422	Balsas	JSG-RMM-LCL-524
Km 112 Toluca-Altamirano	Tejupilco de Hidalgo	Mexico	1355	Balsas	JSG-RMM-LCL-525
Km 119 Toluca-Altamirano	Tejupilco de Hidalgo	Mexico	1015	Balsas	JSG-RMM-LCL-526
Acatitlán-El Puente	Tejupilco de Hidalgo	Mexico	1075	Balsas	JSG-RMM-LCL-531
El Puente	Tejupilco de Hidalgo	Mexico	1085	Balsas	JSG-RMM-LCL-532
K2 Zacazonapan-Otzoloapan	Zacazonapan	Mexico	1468	Balsas	JSG-RMM-LCL-533
1 Km Norte de Santa Ana	Benito Juárez	Michoacan	1332	Balsas	JSG Y RMM-453
Km 100 B40Uruapan-L. Cárdenas	Taretan	Michoacan	1256	Balsas	JSG-RMM-557
Taretan (La Perimera)	Taretan	Michoacan	1170	Balsas	JSG-RMM-558
Km 33.5 Temascal-Huetamo	Tzitzio	Michoacan	1100	Balsas	JSG-RMM-LCL-538
Queretanillo	Tzitzio	Michoacan	1342	Balsas	JSG-RMM-LCL-539
San Cristobal Honduras	Miahuatlán	Oaxaca	1272	Balsas	JSG-RMM-LCL-483
El Rodeo	Miahuatlán	Oaxaca	982	Balsas	JSG-RMM-LCL-486

Localidad	Municipio	Estado	Alt.	Raza	Accesión
Cuirindalillo	Caracuaro	Michoacan	697	Balsas	JSG Y RMM-460
El Zapote	Caracuaro	Michoacan	915	Balsas	JSG Y RMM-461
Puerto de la Cruz	Caracuaro	Michoacan	870	Balsas	JSG-RMM-LCL-517
El Zapote	Caracuaro	Michoacan	834	Balsas	JSG-RMM-LCL-518
Puerto El Coyote	Caracuaro	Michoacan	727	Balsas	JSG-RMM-LCL-519
El Potrero	Huetamo	Michoacan	654	Balsas	JSG Y RMM-457
Quenchendio	Huetamo	Michoacan	635	Balsas	JSG Y RMM-458
Puertas de Chiripio	Huetamo	Michoacan	653	Balsas	JSG Y RMM-459
La Cadena	Nocupetaro	Michoacan	759	Balsas	JSG-RMM-LCL-515
El Guayabo	Tiquicheo	Michoacan	555	Balsas	JSG Y RMM-455
La Crucita	Tiquicheo	Michoacan	609	Balsas	JSG Y RMM-456
Los Guajes	Tuzantla	Michoacan	985	Balsas	JSG Y RMM-454
Casa Blanca	Villa Madero	Michoacan	1268	Balsas	JSG Y RMM-462
Las Joyas	Cuautilán	Jalisco	1870	<i>Zea diploperennis</i>	JSG-RMM-LCL-551
Corralitos	Cuautilán	Jalisco	1854	<i>Zea diploperennis</i>	JSG-RMM-LCL-552
San Juanito	Bocoyna	Chihuahua	2400	Apachito	CHIH-166
Ejido Gomez	Gomez Farias	Chihuahua	2140	Azul	CHIH-147
Madera	Madera	Chihuahua	2095	Cristalino de Chihuahua	CHIH-128
Guerrero	Guerrero	Chihuahua	2040	Gordo	CHIH-160
Madera	Madera	Chihuahua	2095	Palomero de Chihuahua	CHIH-135
Tepielulco	Cofre De Perote	Veracruz	2220	Arrocillo Amarillo	VER-311
Km 60 Mexico Toluca	Toluca	Mexico		Cacahuacintle	MEX-7
Atemajac	Atemajac De Brizuela	Jalisco	2565	Complejo Serrano de Jalisco	JAL-173
Rancho Guadalupe	Tenango	Mexico	2520	Cónico	MEX-108
				Cónico	POP 902, CIMMYT
Rancho Izocorro	Cuapixtla	Tlaxcala	2483	Conico	TLAX-151
Marroquin	Silao	Guanajuato	1780	Cónico Norteño	GTO-23
				Chalqueño	COMP-CHALQUEÑO
Chalco	Chalco	Mexico	2250	Chalqueño	MEX-208
Santa Maria Hidalgo	Ocoyucan	Puebla	2200	Elotes Cónicos	PUE-510
Colotlan	Colotlan	Jalisco	1700	Maiz Dulce	JAL-304
Tapalpa	Tapalpa	Jalisco	1800	Mountain Yellow	JAL-127
Tanaco	Úruapan	Michoacan	2200	Mushito	MICH-328
Santa Monica	Ocuilan	Mexico		Palomero Toluqueño	MEX-210
Km 57 Mexico Toluca	Toluca	Mexico	2640	Palomero Toluqueño	MEX-5
Zamora	Zamora	Michoacan	1564	Zamorano Amarillo	MICH-5
Sn Andres Cuautempan	Tlayacapan	Morelos	1630	Ancho	MOR-62
Mexquitic	Mezquitic	Jalisco	1400	Bofa	JAL-289
San Juan Chilateca	Ocotlan De Morelos	Oaxaca	1526	Bolita	OAX-40
		Oaxaca		Bolita	OAX-803
Altiplano De Jalisco	Tepatitlan	Jalisco		Elotes Occidentales	JAL-633
Etla		Oaxaca	1640	Negrito	OAX-26
Colotlan	Colotlan	Jalisco	1700	Tablilla De Ocho	JAL-306
		Jalisco		Tabloncillo	JAL-263
Santa Ana	Union De Tula	Jalisco	1331	Tabloncillo	JAL-43
Zona Federal	Salvatierra	Guanajuato	1749	Celaya	GTO-36
Jaralillo	Santa Cruz	Guanajuato		Celaya	GTO-88
Santa Maria Papalo	Santa Maria Papalo	Oaxaca	2060	Nal-Tel de Altura	OAX-301
Huitzuco	Huitzuco	Guerrero	900	Pepitilla	GRO-335
Gutierrez Zamora	Gutierrez Zamora	Veracruz	40	Tuxpeño	VER-39
Ejido Saucillo	Saucillo	Chihuahua	1210	Tuxpeño Norteño	CHIH-13
				Tuxpeño	POP 2, CIMMYT
				Tuxpeño	POP 502, CIMMYT

Localidad	Municipio	Estado	Alt. Raza	Accesión
Mapastepec	Mapastepec	Chiapas	100Vandeño	CHIS-25
Culiacan	Culiacan	Sinaloa	84Chapalote	SIN-2
Alcoyunque	Culiacan	Sinaloa	70Dulcillo del Noroeste	SIN-25
La Noria	Mazatlan	Sinaloa	200Elotero de Sinaloa	SIN-17
Ejido Tuxpan	Tuxpan	Nayarit	100Reventador	NAY-39
El Trienta	Acapulco	Guerrero	50Conejo	GRO-17
Oxkutzcab	Oxkutzcab	Yucatan	30Nal-Tel	YUC-148
Comales	Camargo	Tamaulipas	80Ratón	TAMS-66
Mapastepec	Mapastepec	Chiapas	100Tepecintle	CHIS-26
Colonia Azteca	Arriaga	Chiapas	100Zapalote Chico	CHIS-662
Reforma	La Reforma	Oaxaca	50Zapalote Chico	OAX-48
San Felipe	Escuintla	Chiapas	100Zapalote Grande	CHIS-224
El Retiro		Chiapas	1400Comiteco	CHIS-39
San Diego	Huatusco	Veracruz	1515Coscomatepec	VER-404
Huimilpan	Huimilpan	Quintana Roo	2300Dzit Bacal	QR00-20
Jala	Jala	Nayarit	1060Jala	NAY-54
Jala	Jala	Nayarit	1060Jala	NAY-6
Las Amelas	El Fuerte	Sinaloa	115Maiz Blando de Sonora	SIN-7
Motozintla	Motozintla	Chiapas	1270Motozinteco	CHIS-650
Region Lacandona	Ococingo	Chiapas	400Negro de Chimaltenango	CHIS-230
San Lucas	Zapotal El	Chiapas	670Olotillo	CHIS-81
Chempil	Huistan	Chiapas	2100Olotón	CHIS-684
Mazapa	Mazapa De Madero	Chiapas	1000Tehua	CHIS-229
Ejido San Vicente	Rosamorada	Nayarit	100Harinoso De Ocho	NAY-24
Mazatan	Mazatan	Sonora	500Onaveño	SON-155
Ejido Las Penitas	Tuxpan	Nayarit	20Tabloncillo Perla	NAY-12

Cuadro2A. Datos días a floración, diámetro del polen y porcentaje de polen hidratado en maíz y teocintle en Nextipac, Jal. 2003*.

Accesión	Raza/variedad	Inicio FM	50% FM	Inicio FF	50% FF	Diámetro de polen	Hid10	H1030
JSG-425	Balsas	106	113	106	114	85.93	90.2	7.0
RMM Y LEMD-7	Balsas	96	106	96	108	86.95	56.5	1.1
JSG-200	Balsas	98	108	100	109	83.95	86.3	37.7
RMM Y LEMD-8	Balsas	96	108	97	110	81.85	82.1	12.8
RMM, LEMD Y ATC-6	Balsas	99	109	100	109	85.10	79.1	1.9
RMM, LEMD Y ATC-5	Balsas	95	111	95	112	78.79	41.8	0.0
RMM Y LEMD-4	Balsas	95	108	102	109	82.91	95.0	59.5
RMM, VHRO Y RAM-3	Balsas	107	115	108	115	83.05	53.9	0.0
RMM Y VHRO-2	Balsas	98	106	99	107	85.24	80.8	5.5
JSG Y LOS -40	Balsas	83	91	83	93	84.48	76.9	0.6
JSG Y LOS -43	Balsas	77	85	83	88	80.90	64.5	8.3
JSG-421	Balsas	76	88	76	91	83.64	85.0	11.3
JSG Y SHP-464	Balsas	83	92	88	94	84.07	91.6	16.9
JSG-467	Balsas	84	94	85	97	86.32	62.8	12.1
JSG Y MAS -264	Balsas	90	94	93	96	75.96	65.9	0.4
JSG-387	Balsas	96	98	95	97	81.39	58.6	0.0
JSG Y LOS -114	Balsas	92	99	93	100	82.58	93.3	10.2
JSG-385	Balsas	93	96	91	96	84.01	95.3	52.9
JSG Y LOS -111	Balsas	92	97	91	98	83.48	89.5	13.1
JSG-383	Balsas	110	118	108	118	81.17	22.6	0.0
JSG Y W -305	Balsas	98	107	99	107	80.09	52.2	0.0
JSG-382	Balsas	108	108	118	118	.	.	.
JSG Y LOS -106	Balsas	110	116	111	115	79.73	83.5	15.1
JSG Y LOS -109	Balsas	110	117	111	117	81.03	93.8	0.0
JSG-196	Balsas	119	123	115	121	77.92	52.9	0.0
JSG-197	Balsas	108	112	106	111	80.41	60.9	6.4
JSG Y LOS -159	Balsas	85	92	90	94	86.27	98.6	14.9
JSG-183	Balsas	109	113	110	113	79.78	88.9	7.1
JSG Y LOS -171	Balsas	92	100	92	104	80.27	85.8	1.4
JSG Y LOS -178	Balsas	97	106	97	108	77.67	85.8	2.6
JSG Y LOS -165	Balsas	110	113	110	114	81.41	94.9	3.5
JSG Y RMM-462	Balsas	102	109	101	110	86.84	96.6	48.7
JSG Y LOS -130	Balsas	93	105	96	107	77.79	66.7	0.0
JSG Y RMM-454	Balsas	101	108	105	112	77.49	92.7	50.9
JSG Y RMM-455	Balsas	108	112	107	112	76.39	77.5	4.4
JSG Y RMM-456	Balsas	111	116	112	116	.	.	.
JSG Y RMM-457	Balsas	118	121	114	120	82.05	91.6	0.0
JSG Y RMM-458	Balsas	115	120	108	120	80.20	64.2	0.0
JSG Y RMM-459	Balsas	117	120	110	120	77.86	6.6	0.0
JSG Y LOS -123	Balsas	106	112	106	111	82.79	76.3	5.7
JSG Y RMM-460	Balsas	106	109	106	108	79.23	74.2	33.3
JSG Y RMM-461	Balsas	104	108	106	108	85.57	94.4	47.6
JSG Y RMM-453	Balsas	93	102	95	108	80.38	47.0	0.0
JSG-202	Balsas	120	123	118	121	79.06	82.5	0.0
JSG Y LOS -74	Balsas	125	130	125	130	.	.	.
JSG-424	Balsas	118	123	120	123	.	.	.
U de G	<i>Zea diploperennis</i>	97	110	97	105	79.40	38.5	0.0
JSG Y LOS -68	<i>Zea diploperennis</i>	104	112	97	106	75.44	25.4	0.9
JSG Y LOS -91	Chalco	66	76	65	75	83.45	96.5	60.9

Accesión	Raza/variedad	Inicio FM	50% FM	Inicio FF	50% FF	Diámetro de polen	Hid10	H1030
JSG Y LOS -95	Chalco	72	77	71	75	85.21	97.3	61.9
JSG,JMHC,K Y FCG-318	Chalco	68	72	67	72	95.46	86.7	29.0
JSG,JMHC,K Y FCG-319	Chalco	64	74	66	73	88.82	86.4	65.3
JSG-436	Chalco	68	74	69	73	87.70	68.5	2.1
JSG-435	Chalco	70	75	69	73	87.12	92.6	74.5
JSG-437	Chalco	74	77	72	74	81.87	89.8	6.5
JSG-432	Chalco	68	73	67	72	87.94	92.8	81.9
JSG-434	Chalco	70	76	68	75	84.89	91.3	61.1
JSG-431	Chalco	67	73	66	72	88.36	94.7	29.6
JSG-433	Chalco	68	74	67	72	91.28	94.1	79.9
JSG Y LOS -128	Mesa Central	73	77	69	77	90.69	94.4	85.0
JSG Y RMM-463	Mesa Central	77	85	77	86	84.81	85.3	1.2
JSG Y RMM-444	Mesa Central	71	78	71	78	89.96	90.8	55.9
JSG Y RMM-441	Mesa Central	70	78	71	78	85.00	95.7	26.4
JSG Y RMM-443	Mesa Central	71	78	71	78	88.59	61.3	1.2
JSG Y RMM-447	Mesa Central	75	81	72	82	81.04	86.1	6.5
JSG Y RMM-445	Mesa Central	71	82	71	84	86.17	96.2	12.5
JSG Y RMM-446	Mesa Central	75	82	77	83	82.76	91.6	3.6
JSG Y RMM-449	Mesa Central	73	78	72	78	90.15	88.4	32.4
JSG Y RMM-451	Mesa Central	74	80	72	83	85.76	96.0	1.5
JSG Y RMM-448	Mesa Central	78	82	74	83	83.57	70.0	2.8
JSG Y RMM-450	Mesa Central	71	77	69	78	85.34	86.0	70.8
JSG Y RMM-442	Mesa Central	70	81	69	82	86.48	73.3	3.8
JSG Y RMM-440	Mesa Central	76	79	75	78	83.50	53.5	1.5
JSG-427	Mesa Central	71	81	71	83	85.46	84.5	6.1
JSG Y RMM-452	Mesa Central	76	80	77	85	80.48	80.3	1.8
JSG Y RMM-439	Mesa Central	72	79	75	85	77.02	91.5	1.1
JSG-426	Mesa Central	74	79	75	83	82.37	84.4	1.4
JSG Y RMM-438	Mesa Central	69	81	69	83	84.83	97.3	0.0
JSG Y ERV-409	Mesa Central	68	72	67	71	89.15	95.7	47.8
JSG, MAS Y ERV-412	Mesa Central	78	90	81	92	80.28	92.9	16.7
JSG Y ERV-407	Mesa Central	74	79	71	81	83.11	28.1	0.0
JSG, MAS Y ERV-411	Mesa Central	76	82	75	84	76.36	60.2	0.0
JSG-465	Mesa Central	81	89	83	92	79.46	78.0	37.2
JSG Y RMM-428	Mesa Central	65	72	67	73	85.55	90.6	67.3
JSG Y RMM-429	Mesa Central	70	75	71	77	86.22	95.1	73.6
JSG Y RMM-430	Mesa Central	68	75	69	76	85.52	98.6	87.4
JSG-414	Nobogame	57	63	59	62	83.20	95.9	21.8
JSG-415	Nobogame	57	63	59	62	83.28	93.2	26.0
Asgrow-Tigre	Monsanto	68	73	67	72	98.44	56.8	5.8
Asgrow-Lobo	Monsanto	74	77	73	76	89.34	84.0	44.6
Asgrow-Pantera	Monsanto	74	78	74	77	102.06	80.5	20.4
Asgrow-Potro	Monsanto	70	76	71	75	101.34	81.8	57.2
Asgrow-Lince	Monsanto	69	75	69	74	102.00	98.8	76.1
Asgrow-7573	Monsanto	71	75	70	74	102.14	76.7	31.4
Asgrow-Halcón	Monsanto	64	67	63	67	102.61	88.7	39.7
Asgrow-Gavilán	Monsanto	65	70	67	73	106.32	86.7	47.2
DK-2000	Monsanto	65	68	65	67	103.86	96.9	33.7
DK-867	Monsanto	72	76	71	74	105.05	88.0	31.8
DK-880	Monsanto	76	80	76	79	116.52	94.5	38.8
DK-875	Monsanto	80	83	79	83	99.17	57.0	2.2
DK-1060	Monsanto	70	73	69	71	106.25	90.8	73.4

Accesión	Raza/variedad	Inicio FM	50% FM	Inicio FF	50% FF	Diámetro de polen	Hid10	H1030
DK-2010	Monsanto	72	78	71	75	102.08	100.0	95.5
DK-2002	Monsanto	73	76	71	75	102.81	81.9	58.3
NOVASEM-9614	Novasem	74	78	72	76	105.59	94.5	59.9
HARTZ SEED-Z21	Hartz Seed	71	76	71	75	104.24	97.3	79.3
HARTZ SEED-Z806	Hartz Seed	70	74	70	73	107.78	94.6	85.6
P-30G40	Pioneer	75	78	75	78	100.69	93.8	0.0
P-30G88	Pioneer	71	76	71	75	104.50	93.0	87.9
P-30F98	Pioneer	74	78	73	78	96.52	69.5	15.7
P-3028W	Pioneer	73	76	72	75	102.16	98.7	67.2
P-3029	Pioneer	74	79	72	77	104.31	100.0	59.0
P-32R21	Pioneer	67	69	65	68	102.03	94.6	10.5
P-30G54	Pioneer	75	78	74	78	103.27	94.4	30.4
P-3099	Pioneer	76	79	74	78	98.70	97.5	0.0
REMACO-37	INIFAP-Tlajomulco	73	77	72	76	106.29	92.2	57.0
REMACO-38	INIFAP-Tlajomulco	80	82	77	81	98.91	20.8	1.1
REMACO-39	INIFAP-Tlajomulco	68	71	67	70	104.83	91.0	58.3
REMACO-40	INIFAP-Tlajomulco	72	75	71	74	107.25	96.5	63.4
H-315	INIFAP-Tlajomulco	75	77	74	75	100.08	93.6	3.2
H-318	INIFAP-Tlajomulco	69	74	70	74	98.79	77.5	2.0
H-319	INIFAP-Tlajomulco	75	77	74	76	99.46	93.3	47.7
H-357	INIFAP-Tlajomulco	74	77	72	76	102.58	92.6	49.4
H-358	INIFAP-Tlajomulco	76	79	77	81	105.32	97.4	64.8
H-359	INIFAP-Tlajomulco	73	77	74	78	106.76	100.0	64.9
H-360	INIFAP-Tlajomulco	74	77	73	76	101.08	89.8	51.8
UdeG-CS Blanca	Univ. De Guadalajara	72	75	72	75	108.87	77.1	34.0
UdeG-CT Blanca	Univ. De Guadalajara	73	78	73	77	98.17	67.9	3.8
HV-313 CONLEE	INIFAP	71	75	70	77	101.03	84.9	35.6
TLAX-151	Cónico	66	72	69	75	97.89	71.4	13.9
COMP-CHALQ	Chalqueño	71	76	71	79	101.65	88.7	41.6
MEX-210	Palomero Toluqueño	68	77	73	83	103.62	98.5	74.7
CHIS-662	Zapalote Chico	57	64	86	65	97.80	97.7	85.9
OAX-803	Bolita	64	69	64	69	102.25	99.4	25.0
JAL-263	Tabloncillo	65	69	67	71	109.53	90.5	18.9
GTO-88	Celaya	70	75	69	77	101.67	87.4	15.4
VER-39	Tuxpeño	86	90	89	96	99.90	20.8	0.6
NAY-6	Jala Amarillo	87	92	90	98	105.07	95.9	12.2
NAY-6	Jala Blanco	86	92	91	97	106.74	56.9	0.0
POP 21	Tuxpeño	80	83	79	83	110.39	95.9	73.9
POP 502	Tuxpeño	80	83	79	81	98.38	87.7	34.1
POP 902	Cónico	63	67	62	66	102.81	97.3	18.0

*FM = floración masculina, FF = floración femenina, Hid10 = granos de polen hidratados a las 10 hs, H1030 = granos de polen hidratados a las 10:30 hs.

Cuadro 3A. Datos días a floración, diámetro del polen y porcentaje de polen hidratado en maíz y teocintle en Nextipac, Jal. 2004*.

Accesión	Raza/ variedad	Díametro de Polen	FM Inicio	FM 50%	FF Inicio	FF 50%	Polen Hid10	Polen H1030
JSG-RMM-LCL-476	Chalco	86.94	68	76	70	76	84.9	0.0
JSG-RMM-LCL-477	Chalco	85.43	71	78	69	78	90.4	0.0
JSG-RMM-LCL-479	Chalco	84.70	65	73	64	70	68.8	0.0
JSG-RMM-LCL-480	Chalco	85.01	65	76	65	76	90.5	1.8
JSG-RMM-LCL-481	Chalco	83.53	69	78	69	77	78.3	0.0
JSG-RMM-LCL-482	Chalco	83.72	73	76	68	76	88.2	0.0
JSG-RMM-LCL-468	Chalco	83.02	68	75	65	76	80.4	0.0
JSG-RMM-LCL-469	Chalco	88.78	66	72	65	73	86.1	11.0
JSG-RMM-LCL-470	Chalco	91.71	69	76	69	76	90.2	2.9
JSG-RMM-LCL-471	Chalco	82.85	62	71	63	71	75.3	1.5
JSG-431	Chalco	86.74	66	73	65	72	81.0	0.0
JSG-432	Chalco	83.88	62	67	63	67	87.5	0.0
JSG-433	Chalco	84.88	66	73	65	73	60.3	0.0
JSG-434	Chalco	87.41	66	75	68	75	83.9	2.2
JSG-435	Chalco	87.09	64	74	63	73	73.3	2.4
JSG-436	Chalco	86.52	62	74	64	72	71.4	0.0
JSG-437	Chalco	87.08	69	76	71	76	95.2	0.0
JSG-RMM-LCL-536	Mesa Central	89.93	66	75	66	74	76.7	0.0
JSG Y RMM-463	Mesa Central	82.72	74	79	73	80	81.0	0.0
JSG Y RMM-444	Mesa Central	89.95	62	74	66	73	60.8	0.0
JSG Y RMM-441	Mesa Central	87.16	62	75	65	74	90.6	0.0
JSG Y RMM-443	Mesa Central	88.70	66	76	66	76	78.8	5.3
JSG Y RMM-447	Mesa Central	86.13	73	78	73	80	84.2	0.0
JSG Y RMM-445	Mesa Central	84.28	71	77	71	78	80.7	0.0
JSG Y RMM-446	Mesa Central	85.50	74	80	73	80	83.9	10.6
JSG Y RMM-449	Mesa Central	94.49	67	82	66	81	76.4	2.6
JSG Y RMM-451	Mesa Central	87.48	68	81	71	81	90.4	0.0
JSG Y RMM-448	Mesa Central	88.64	73	81	73	81	95.1	17.0
JSG Y RMM-450	Mesa Central	85.06	66	78	66	78	92.1	3.6
JSG Y RMM-440	Mesa Central	87.08	68	75	69	75	82.7	0.0
JSG Y RMM-442	Mesa Central	90.08	69	80	73	80	91.3	5.3
JSG-426	Mesa Central	84.33	69	82	72	82	77.8	0.0
JSG Y RMM-452	Mesa Central	86.13	69	80	69	81	78.9	0.0
JSG Y RMM-439	Mesa Central	83.84	76	83	77	83	95.0	2.0
JSG Y RMM-438	Mesa Central	87.52	71	77	76	78	88.8	0.0
JSG Y ERV-409	Mesa Central	87.19	66	74	66	72	88.4	0.0
JSG, MAS Y ERV-412	Mesa Central	81.50	73	86	74	86	86.3	0.0
JSG Y ERV-407	Mesa Central	85.98	73	83	69	83	72.4	0.0
JSG, MAS Y ERV-411	Mesa Central	82.61	75	83	76	83	75.5	0.0
JSG-427	Mesa Central	84.31	76	83	76	83	79.4	0.0
JSG-465	Mesa Central	76.96	78	83	80	81	62.8	0.0
JSG Y RMM-428	Mesa Central	86.99	66	72	68	73	100.0	0.0
JSG Y RMM-429	Mesa Central	80.33	62	72	64	77	80.9	1.0
JSG Y RMM-430	Mesa Central	85.68	62	72	64	76	89.6	6.4
JSG-414	Nobogame	79.46	52	56	54	58	86.2	10.4
JSG-415	Nobogame	77.07	54	59	55	59	51.0	0.0
JSG-JRP-ERG-544	Balsas	84.72	83	92	87	92	100.0	17.2
JSG-JRP-ERG-545	Balsas	85.09	81	92	83	93	58.5	13.3
JSG-421	Balsas	82.99	76	87	80	88	85.0	0.0
JSG Y SHP-464	Balsas	76.77	79	90	83	91	62.1	0.0

Accesión	Raza/ variedad	Diametro de Polen	FM Inicio	FM 50%	FF Inicio	FF 50%	Polen Hid10	Polen H1030
JSG-467	Balsas	85.67	78	90	83	90	99.2	28.8
JSG-JRP-ERG-542	Balsas	79.45	82	95	83	96	70.4	9.9
JSG-JRP-ERG-543	Balsas	84.43	85	93	83	97	88.3	7.0
RMM-2	Balsas	78.92	104	108	103	104	12.2	0.0
RMM-3	Balsas	85.43	118		119		85.3	5.4
RMM-4	Balsas	83.90	104	109	103	110	78.5	0.0
RMM-9	Balsas	76.41	98	108	97	109	36.1	0.0
RMM-6	Balsas	84.72	96	108	97	108	76.0	0.0
RMM-7	Balsas	91.35	102	111	99	112	83.9	0.0
RMM-11	Balsas	90.75	100	108	98	109	85.3	0.0
JSG-425	Balsas	84.71	105	113	103	113	26.2	0.0
JSG-RMM-LCL-487	Balsas	87.08	131	139	125	139	37.5	2.7
JSG-RMM-LCL-503	Balsas	86.56	108	112	107	110	61.9	0.0
JSG-RMM-LCL-490	Balsas	83.95	113	120	112	120	75.8	0.0
JSG-RMM-LCL-491	Balsas	81.13	113	119	108	119	96.9	0.0
JSG-RMM-LCL-494	Balsas	87.77	107	112	107	111	88.7	8.1
JSG-RMM-LCL-495	Balsas	88.53	90	100	88	102	90.0	50.2
JSG-RMM-LCL-497	Balsas	80.29	91	100	89	100	83.3	33.0
JSG-RMM-LCL-498	Balsas	86.76	95	100	99	105	81.4	22.0
JSG-RMM-LCL-510	Balsas	84.57	92	100	95	104	91.7	15.0
JSG-RMM-LCL-499	Balsas	81.85	100	104	100	108	91.2	0.0
JSG-RMM-LCL-500	Balsas	83.33	97	103	99	107	81.5	13.7
JSG-RMM-LCL-502	Balsas	80.84	96	104	100	108	88.8	8.0
JSG-RMM-LCL-511	Balsas	88.29	109	114	109	113	79.8	0.0
JSG-RMM-LCL-512	Balsas	85.38	108	117	107	117	63.0	0.0
JSG-RMM-LCL-513	Balsas	85.47	108	115	108	114	70.8	0.0
JSG-RMM-LCL-523	Balsas	82.43	107	116	108	117	82.1	0.0
JSG-RMM-LCL-524	Balsas	83.36	105	112	104	112	79.5	0.0
JSG-RMM-LCL-525	Balsas	85.90	104	108	106	109	94.1	0.0
JSG-RMM-LCL-526	Balsas	89.21	105	109	104	113	91.9	6.6
JSG-RMM-LCL-527	Balsas	86.63	109	112	110	112	65.3	0.0
JSG-RMM-LCL-531	Balsas	86.84	102	111	102	113	88.8	0.0
JSG-RMM-LCL-532	Balsas	86.34	105	113	104	113	80.6	8.1
JSG-RMM-LCL-533	Balsas	84.07	100	109	102	110	91.4	0.0
JSG-RMM-LCL-534	Balsas	79.38	92	103	93	108	80.6	2.9
JSG-RMM-LCL-539	Balsas	83.87	91	101	92	102	94.6	20.9
JSG-RMM-LCL-538	Balsas	86.02	92	104	95	107	71.2	0.0
JSG-RMM-LCL-483	Balsas	82.01	103	112	104	111	61.9	0.0
JSG-RMM-LCL-486	Balsas	82.51	114	120	112	117	88.5	0.0
JSG-RMM-LCL-473	Balsas	86.39	88	95	88	97	98.4	7.2
JSG-RMM-LCL-474	Balsas	81.03	96	103	99	108	96.4	64.3
JSG-RMM-LCL-475	Balsas	83.56	97	108	104	109	96.7	0.0
JSG Y RMM-453	Balsas	79.53	97	105	98	108	66.0	2.6
JSG Y RMM-454	Balsas	80.27	99	107	99	108	94.8	1.8
JSG Y RMM-455	Balsas	83.90	92	107	96	108	85.6	0.0
JSG Y RMM-456	Balsas	87.29	100	107	99	107	97.4	0.0
JSG Y RMM-457	Balsas	82.98	108	111	107	112	77.6	0.0
JSG Y RMM-458	Balsas	83.98	99	109	97	110	80.9	0.0
JSG Y RMM-459	Balsas	82.93	100	109	104	110	89.4	0.0
JSG Y RMM-460	Balsas	79.38	104	109	102	109	80.5	0.0
JSG Y RMM-461	Balsas	82.45	97	104	96	104	96.2	0.0
JSG-RMM-LCL-515	Balsas	81.86	107	110	104	110	51.5	0.0

Accesión	Raza/ variedad	Diametro de Polen	FM Inicio	FM 50%	FF Inicio	FF 50%	Polen Hid10	Polen H1030
JSG-RMM-LCL-517	Balsas	85.18	99	108	100	109	68.7	0.0
JSG-RMM-LCL-518	Balsas	82.23	106	110	104	110	66.7	0.0
JSG-RMM-LCL-519	Balsas	81.09	106	111	103	110	86.2	0.0
JSG Y RMM-462	Balsas	87.65	96	104	96	107	90.2	4.8
JSG-RMM-557	Balsas	84.02	110	120	110	122	77.2	0.0
JSG-RMM-558	Balsas	82.28	111	119	112	120	82.9	0.0
JSG-424	Balsas	78.65	124		119		56.2	0.0
JSG-RMM-LCL-546	Balsas	77.87	133		126		34.4	0.0
JSG-RMM-LCL-548	Balsas	79.73	133		124		60.6	0.0
RMM-14	Balsas	.	136		125		.	.
JSG-RMM-LCL-547	Balsas	.	139		135		.	.
JSG-RMM-LCL-551	<i>Zea diploperennis</i>	80.77	96	104	97	108	75.7	0.0
JSG-RMM-LCL-552	<i>Zea diploperennis</i>	77.32	96	104	105	109	74.9	0.0
CHIH-166	Apachito	96.31	47	49	46	50	89.2	62.2
CHIH-147	Azul	94.14	52	54	52	55	80.4	39.9
CHIH-128	Cristalino de Chihuahua	106.65	48	52	48	53	92.3	70.3
CHIH-160	Gordo	103.24	52	59	54	61	83.3	2.7
CHIH-135	Palomero de Chihuahua	104.56	50	54	50	54	97.4	5.0
JAL-304	Maíz Dulce	98.23	52	56	53	59	70.3	6.9
POP 902	Pop 902	97.63	57	60	56	62	84.2	176.0
GTO-23	Conico Norteño	94.75	54	60	58	63	82.3	1.5
MEX-5	Palomero Toluqueño	93.23	54	63	56	64	66.0	5.0
MEX-210	Palomero Toluqueño	99.38	67	76	70	76	90.4	0.0
OAX-26	Negrilo	95.12	56	60	57	63	63.1	2.6
JAL-306	Tablilla de Ocho	102.61	58	63	59	65	86.2	3.5
GRO-17	Conejo	102.00	58	63	60	64	88.1	3.6
OAX-48	Zapalote Chico	107.36	54	58	55	58	100.0	87.8
CHIS-662	Zapalote Chico	100.31	54	57	54	57	89.0	69.5
TAMS-66	Ratón	100.14	53	57	53	58	69.9	8.9
JAL-127	Mountain Yellow	104.36	56	60	55	64	95.8	73.6
JAL-173	Serrano de Jalisco	97.27	57	61	57	62	94.4	72.1
TLAX-151	Cónico	94.84	59	66	61	69	80.9	1.5
MEX-108	Cónico	102.02	57	60	55	60	78.6	36.1
PUE-510	Elotes Cónicos	103.37	59	63	60	65	87.3	56.9
MEX-7	Cacahuacintle	102.40	56	63	57	64	72.7	2.7
VER-311	Arrocillo Amarillo	96.55	64	71	64	69	84.1	42.3
COMP-CHALQ	Chalqueño	106.10	66	71	67	73	89.2	6.8
MEX-208	Chalqueno	99.35	60	64	61	66	86.4	4.9
MICH-328	Mushito(Michoacan)	102.98	64	71	67	75	100.0	8.7
OAX-803	Bolita	107.29	57	64	59	64	100.0	16.5
OAX-40	Bolita	108.26	57	62	58	63	69.2	11.5
JAL-633	Elotes Occidentales	109.92	58	63	58	63	94.8	46.7
JAL-263	Tabloncillo	108.88	59	63	63	65	97.7	26.2
JAL-43	Tabloncillo	98.48	59	64	60	64	68.1	27.3
MOR-62	Ancho	107.41	64	69	66	72	100.0	95.6
GTO-88	Celaya	107.68	63	70	66	71	84.7	2.8
GTO-36	Celaya	100.51	63	69	64	71	54.7	8.8
GRO-335	Pepitilla	108.16	69	75	72	75	77.1	5.4
MICH-5	Zamorano Amarillo	104.69	64	69	65	74	83.2	0.0
JAL-289	Bofo	107.68	60	64	62	65	93.3	13.3
SIN-2	Chapalote	104.05	63	68	66	72	82.6	4.4
SIN-25	Dulcillo del Noroeste	97.46	65	75	72	74	76.0	0.0

Accesión	Raza/ variedad	Diametro de Polen	FM Inicio	FM 50%	FF Inicio	FF 50%	Polen Hid10	Polen H1030
SIN-17	Elotero de Sinaloa	108.60	60	66	61	68	91.5	9.1
NAY-24	Harinoso de Ocho	113.75	60	65	62	65	67.4	3.2
SIN-7	Maiz Blando de Sonora	102.98	61	64	61	66	80.4	3.6
SON-155	Onaveño	106.71	58	64	58	65	79.7	6.1
NAY-39	Reventador	106.05	64	68	65	68	82.9	5.8
NAY-12	Tabloncillo Perla	112.38	57	63	57	63	95.8	14.5
YUC-148	Nal-Tel	100.76	63	69	63	69	87.2	3.3
CHIS-224	Zapalote Grande	115.01	69	74	69	75	95.2	52.4
CHIS-25	Vandefío	106.91	71	75	73	77	63.6	12.0
CHIS-26	Tepecintle	100.93	66	74	68	76	74.1	16.4
OAX-301	Nal-Tel de Altura	98.95	65	69	65	69	86.6	0.0
CHIH-13	Tuxpeño Nortefío	103.51	64	69	63	69	87.2	3.4
POP 21	Pop 21	108.27	73	73	62	78	91.5	7.0
POP 502	Pop 502	104.61	69	78	69	78	59.1	0.0
VER-39	Tuxpeño	104.35	79	87	83	88	82.9	38.6
VER-39	Tuxpeño	106.52	78	88	77	91	82.1	38.0
CHIS-81	Olotillo	102.27	83	88	80	90	88.3	24.5
CHIS-39	Comiteco	108.84	80	87	82	89	82.7	50.0
CHIS-650	Motozinteco	107.61	74	77	73	78	94.7	6.0
NAY-54	Jala	102.33	78	87	79	88	51.6	7.4
NAY-6	Jala-A	104.39	82	89	86	95	49.7	0.0
NAY-6	Jala-B	108.64	83	87	85	89	96.3	47.3
QR00-20	Dzit Bacal	96.59	87	88	89	94	96.1	30.5
VER-404	Coscomatepec	101.10	86	95	89	97	96.1	61.4
CHIS-229	Tehua	100.48	102	110	105	111	82.1	0.0
CHIS-684	Olotón	107.43	71	82	75	83	96.3	62.7
CHIS-230	Negro de Chimaltenango	103.77	87	95	86	99	71.6	25.4
Asgrow-Tigre	Monsanto	96.44	70	74	69	72	81.5	0.0
Asgrow-Lobo	Monsanto	96.56	71	78	72	78	79.5	6.1
Asgrow-Pantera	Monsanto	102.28	70	78	71	78	74.1	6.9
Asgrow-Potro	Monsanto	96.94	72	76	71	77	98.3	0.0
Asgrow-Leon	Monsanto	102.36	68	78	70	77	92.1	0.0
Asgrow-Nutria	Monsanto	102.34	79	82	75	79	96.4	0.0
Asgrow-Puma	Monsanto	102.86	72	75	72	76	100.0	4.6
Asgrow-Leopardo	Monsanto	106.34	62	65	62	65	97.7	74.7
Asgrow-Venado	Monsanto	102.76	71	76	72	77	97.6	9.4
Asgrow-Lince	Monsanto	98.19	70	76	70	73	100.0	0.0
Asgrow-7573	Monsanto	97.74	71	76	69	75	93.9	0.0
Asgrow-Gavilán	Monsanto	103.95	67	70	66	71	94.7	15.8
Asgrow-Condor	Monsanto	101.10	62	66	64	64	97.4	66.0
DK-2000	Monsanto	.	67	70	67	70	.	.
DK-867	Monsanto	100.59	74	79	74	79	100.0	9.6
DK-880	Monsanto	108.04	77	80	77	82	80.0	10.0
DK-1060	Monsanto	104.04	70	74	68	72	97.2	0.0
DK-2010	Monsanto	100.65	74	77	72	76	94.6	18.4
DK-2002	Monsanto	101.71	76	81	76	80	98.5	56.3
AS-902	Aspros	106.59	72	76	73	78	100.0	11.3
XR FUEGO	Ceres	104.98	74	78	74	79	100.0	4.4
NOVASEM-9614	Novasem	100.62	74	77	72	75	97.6	6.9
HARTZ SEED-Z21	Hartz	99.47	72	76	72	76	95.0	25.6
HARTZ SEED-Z806	Hartz	105.66	70	73	70	73	100.0	14.3
P-30G40	Pioneer	101.19	76	78	74	78	90.1	0.0

Accesión	Raza/ variedad	Díametro de Polen	FM Inicio	FM 50%	FF Inicio	FF 50%	Polen Hid10	Polen H1030
P-30G88	Pioneer	99.31	73	76	73	76	100.0	66.0
P-30F98	Pioneer	100.15	77	81	78	81	95.7	0.0
P-3028W	Pioneer	106.11	74	75	74	77	100.0	80.5
P-3029	Pioneer	98.87	74	77	73	77	100.0	11.4
P-32R21	Pioneer	106.97	66	71	66	70	100.0	16.5
P-30G54	Pioneer	102.34	70	79	70	78	100.0	0.0
P-3086	Pioneer	104.38	69	81	69	80	98.4	19.8
P-3066W	Pioneer	102.99	67	72	67	71	100.0	4.0
P-30G57	Pioneer	98.93	69	74	70	73	95.0	0.0
P-30F94	Pioneer	98.22	77	79	76	78	95.0	39.4
P-3025W	Pioneer	103.62	69	72	69	73	97.1	0.0
REMACO-37	INIFAP-Tlajomulco	104.51	73	75	73	75	98.2	45.0
REMACO-38	INIFAP-Tlajomulco	109.40	77	79	77	79	94.3	41.0
REMACO-39	INIFAP-Tlajomulco	104.34	70	74	68	73	100.0	15.8
REMACO-40	INIFAP-Tlajomulco	108.30	72	75	72	76	97.5	0.0
H-318	INIFAP-Tlajomulco	106.52	73	76	71	77	100.0	11.3
H-319	INIFAP-Tlajomulco	102.51	79	81	79	81	100.0	50.6
H-357	INIFAP-Tlajomulco	106.60	76	80	75	79	86.7	31.5
H-358	INIFAP-Tlajomulco	101.82	77	79	78	80	72.1	13.8
H-359	INIFAP-Tlajomulco	97.32	73	79	73	77	100.0	2.5
H-360	INIFAP-Tlajomulco	103.99	73	77	73	77	97.1	3.5
HV-313 CONLEE	INIFAP	105.13	69	74	68	75	68.8	0.0
UdeG-CS Blanca	Universidad de Guadalajara	108.76	71	74	71	74	96.0	27.1
UdeG-CT Blanca	Universidad de Guadalajara	103.08	76	78	76	77	92.9	0.0
VS-529	INIFAP-Iguala	105.66	73	76	72	75	88.0	3.0
H-516	INIFAP-Iguala	100.11	72	77	72	75	90.1	0.0
V-531	INIFAP-Iguala	108.43	72	77	70	73	100.0	0.0
VS-535	INIFAP-Iguala	102.94	69	71	69	71	84.5	3.4
VS-521	INIFAP-Iguala	107.84	69	72	69	72	92.3	23.7

*FM = floración masculina, FF = floración femenina, Hid10 = granos de polen hidratados a las 10 hs, H1030 = granos de polen hidratados a las 10:30 hs.

Cuadro 4A. Datos días a floración, diámetro del polen y porcentaje de polen hidratado en maíz y teocintle en Tapachula, Nay. 2004*.

Accesión	Raza/ Variedad	Diámetro de Polen	Inicio FM	50% FM	Inicio FF	50% FF	Hid10	H1030
JSG-RMM-LCL-476	Chalco	88.961	52	58	49	60	30.6	0.0
JSG-RMM-LCL-477	Chalco	80.059	58	62	57	62	46.0	0.0
JSG-RMM-LCL-479	Chalco	83.877	47	55	44	52	65.1	0.0
JSG-RMM-LCL-480	Chalco	84.904	53	58	50	57	85.8	0.0
JSG-RMM-LCL-481	Chalco	79.433	50	57	48	57	82.3	0.0
JSG-RMM-LCL-482	Chalco	84.113	50	57	48	53	59.5	0.0
JSG-RMM-LCL-468	Chalco	86.048	52	59	50	58	53.0	0.0
JSG-RMM-LCL-469	Chalco	84.96	48	53	45	51	27.7	0.0
JSG-RMM-LCL-470	Chalco	81.554	48	52	47	51	23.2	0.0
JSG-RMM-LCL-471	Chalco	84.644	50	52	47	51	74.2	0.0
JSG-431	Chalco	78.708	48	53	42	50	31.8	0.0
JSG-432	Chalco	88.199	47	52	45	52	58.3	0.0
JSG-433	Chalco	83.443	43	51	43	50	28.6	0.0
JSG-434	Chalco	81.466	48	51	45	51	66.1	0.0
JSG-435	Chalco	81.87	47	51	45	50	28.4	0.0
JSG-436	Chalco	84.492	47	51	45	50	91.1	0.0
JSG-437	Chalco	81.327	51	55	50	55	50.4	0.0
JSG-RMM-LCL-536	Mesa Central	90.924	47	52	45	51	86.1	0.0
JSG Y RMM-463	Mesa Central	89.004	51	56	50	55	61.9	0.0
JSG Y RMM-444	Mesa Central	90.191	52	57	50	55	43.8	0.0
JSG Y RMM-441	Mesa Central	91.15	47	52	45	51	80.1	0.0
JSG Y RMM-443	Mesa Central	87.044	44	50	42	51	85.6	0.0
JSG Y RMM-447	Mesa Central	82.3	47	51	48	53	81.6	0.0
JSG Y RMM-445	Mesa Central	85.472	48	52	47	52	70.3	0.0
JSG Y RMM-446	Mesa Central	89.749	47	52	48	52	62.8	0.0
JSG Y RMM-449	Mesa Central	85.071	45	50	45	51	73.7	0.0
JSG Y RMM-451	Mesa Central	85.546	46	51	42	50	95.7	0.0
JSG Y RMM-448	Mesa Central	86.622	50	55	50	56	60.9	0.0
JSG Y RMM-450	Mesa Central	87.401	42	48	41	48	87.8	0.0
JSG Y RMM-440	Mesa Central	83.421	47	51	48	52	12.2	0.0
JSG Y RMM-442	Mesa Central	78.68	46	52	47	54	43.6	0.0
JSG-426	Mesa Central	83.813	42	47	42	47	92.9	0.0
JSG Y RMM-452	Mesa Central	85.349	43	51	44	51	60.7	0.0
JSG Y RMM-439	Mesa Central	83.213	49	52	48	53	80.4	0.0
JSG Y RMM-438	Mesa Central	85.168	45	51	44	50	62.0	0.0
JSG Y ERV-409	Mesa Central	86.443	43	49	42	48	81.0	0.0
JSG, MAS Y ERV-412	Mesa Central	77.391	46	52	50	57	63.5	0.0
JSG Y ERV-407	Mesa Central	83.997	45	52	45	51	68.1	0.0
JSG, MAS Y ERV-411	Mesa Central	85.943	48	57	50	57	35.2	0.0
JSG-427	Mesa Central	78.465	48	52	48	52	0.0	0.0
JSG-465	Mesa Central	83.914	47	53	48	55	73.0	0.0
JSG Y RMM-428	Mesa Central	80.457	44	50	44	50	18.6	0.0
JSG Y RMM-429	Mesa Central	80.152	45	51	45	51	61.6	0.0
JSG Y RMM-430	Mesa Central	83.221	42	48	42	47	87.6	22.5
JSG-414	Nobogame	76.07	41	48	40	48	68.1	0.0
JSG-415	Nobogame	81.468	40	48	40	47	51.6	0.0
JSG Y LOS -40	Balsas	82.644	54	59	54	59	49.5	0.0
JSG Y LOS -43	Balsas	83.145	55	60	56	59	65.2	0.0
JSG-421	Balsas	82.311	51	57	51	57	59.9	0.0
JSG Y SHP-464	Balsas	86.299	50	59	52	60	24.3	0.0

Accesión	Raza/ Variedad	Diametro de Polen	Inicio FM	50% FM	Inicio FF	50% FF	Hid10	H1030
JSG-467	Balsas	87.451	51	55	52	56	57.7	0.0
JSG-JRP-ERG-543	Balsas	91.729	63	68	59	68	77.6	0.0
JSG-425	Balsas	89.508	68	72	68	72	60.8	0.0
JSG-200	Balsas	85.317	61	68	61	68	86.0	0.0
RMM-11	Balsas	91.084	78	82	77	83	65.2	0.0
RMM-2	Balsas	86.467	60	62	60	62	70.0	0.0
RMM-3	Balsas	86.982	62	69	64	70	77.6	0.0
RMM-4	Balsas	89.992	56	60	56	60	87.0	0.0
RMM-5	Balsas	86.114	61	66	61	66	45.8	0.0
RMM-6	Balsas	86.175	58	62	59	63	60.1	0.0
RMM-7	Balsas	84.801	62	65	59	63	94.2	0.0
RMM-8	Balsas	85.822	66	70	67	70	77.5	0.0
JSG Y LOS -111	Balsas	83.787	54	60	53	61	62.5	0.0
JSG Y LOS -114	Balsas	84.918	57	62	57	62	.	.
JSG Y W -305	Balsas	85.983	51	57	52	59	.	.
JSG Y LOS -106	Balsas	80.797	61	65	62	66	71.2	0.0
JSG Y LOS -109	Balsas	79.538	58	63	59	64	45.4	0.0
JSG-196	Balsas	81.635	70	75	68	74	73.3	4.2
JSG-197	Balsas	84.678	70	73	69	75	76.1	0.0
JSG Y LOS -159	Balsas	85.802	56	56	53	47	62.6	0.0
JSG-183	Balsas	81.353	60	67	60	67	62.8	0.0
JSG-RMM-LCL-475	Balsas	80.94	75	80	75	80	82.3	0.0
JSG Y LOS -171	Balsas	83.483	53	57	54	59	76.5	0.0
JSG Y LOS -178	Balsas	78.484	54	58	54	58	49.5	0.0
JSG Y LOS -165	Balsas	78.933	61	66	61	67	5.8	0.0
JSG Y LOS -130	Balsas	82.684	59	65	60	67	55.4	0.0
JSG Y RMM-453	Balsas	86.284	57	61	58	61	84.0	0.0
JSG Y RMM-454	Balsas	81.338	62	67	61	67	82.0	0.0
JSG Y RMM-455	Balsas	80.081	59	63	59	63	58.6	0.0
JSG Y RMM-456	Balsas	83.194	61	67	61	67	75.6	0.0
JSG Y RMM-457	Balsas	84.359	60	65	61	67	87.7	0.0
JSG Y RMM-458	Balsas	84.483	66	69	65	68	86.8	0.0
JSG Y RMM-459	Balsas	83.529	67	69	67	69	67.6	0.0
JSG Y RMM-460	Balsas	82.377	66	69	66	70	97.0	0.0
JSG Y RMM-461	Balsas	85.314	61	67	60	68	76.9	0.0
JSG Y RMM-462	Balsas	84.732	57	62	57	62	75.1	0.0
JSG-202	Balsas	84.777	75	80	75	77	83.4	0.0
JSG-424	Balsas	80.516	75	81	75	84	61.5	0.0
U de G	<i>Zea diploperennis</i>	80.598	69	77	69	78	7.4	0.0
JSG Y LOS -68	<i>Zea diploperennis</i>	.	70	78	69	81	.	.
Asgrow-Tigre	Monsanto	105.216	61	62	63	64	100.0	3.9
Asgrow-Lobo	Monsanto	102.15	61	64	61	63	86.1	0.0
Asgrow-Pantera	Monsanto	99.542	61	64	61	63	60.4	0.0
Asgrow-Potro	Monsanto	104.674	60	61	60	61	85.6	0.0
Asgrow-Lince	Monsanto	107.399	58	61	58	61	95.5	0.0
Asgrow-7573	Monsanto	99.592	58	61	58	60	100.0	0.0
Asgrow-Halcón	Monsanto	102.507	56	58	56	58	58.3	0.0
Asgrow-Gavilán	Monsanto	108.088	54	56	54	56	97.1	0.0
DK-2000	Monsanto	103.588	56	57	56	57	58.6	0.0
DK-867	Monsanto	103.519	60	61	60	61	100.0	18.8
DK-880	Monsanto	110.4	64	67	65	67	96.3	6.3
DK-875	Monsanto	106.938	65	68	67	69	94.1	0.0

Accesión	Raza/ Variedad	Diametro de Polen	Inicio FM	50% FM	Inicio FF	50% FF	Hid10	H1030
DK-1060	Monsanto	106.553	58	60	58	59	97.4	0.0
DK-2010	Monsanto	102.6	61	62	61	62	80.5	0.0
DK-2002	Monsanto	101.479	65	68	63	64	100.0	0.0
NOVASEM-9614	Novasem	105.338	60	63	60	62	97.2	45.4
HARTZ SEED-Z21	Hartz	98.843	60	62	60	63	76.1	0.0
HARTZ SEED-Z806	Hartz	99.188	57	58	58	59	16.4	0.0
P-30G40	Pioneer	104.524	62	63	62	63	96.9	4.2
P-30G88	Pioneer	100.813	59	61	59	61	86.4	0.0
P-30F98	Pioneer	105.868	60	63	61	64	92.9	0.0
P-3028W	Pioneer	100.968	60	62	61	62	93.4	0.0
P-3029	Pioneer	101.803	62	64	61	63	92.9	0.0
P-32R21	Pioneer	107.896	56	58	56	58	94.4	0.0
P-30G54	Pioneer	106.666	61	62	61	62	91.6	30.7
REMACO-37	INIFAP-Tlajomulco	106.692	62	63	62	63	80.1	0.0
REMACO-38	INIFAP-Tlajomulco	105.109	63	64	62	64	83.0	0.0
REMACO-39	INIFAP-Tlajomulco	102.981	57	61	57	60	97.9	0.0
REMACO-40	INIFAP-Tlajomulco	108.311	60	62	60	62	96.6	88.7
H-318	INIFAP-Tlajomulco	106.531	59	60	58	60	88.7	0.0
H-319	INIFAP-Tlajomulco	105.625	60	62	59	61	88.3	0.0
H-357	INIFAP-Tlajomulco	106.828	59	61	59	62	100.0	62.2
H-358	INIFAP-Tlajomulco	102.832	61	64	62	65	100.0	12.0
H-359	INIFAP-Tlajomulco	101.762	60	61	60	63	95.0	62.9
H-360	INIFAP-Tlajomulco	103.87	62	64	62	65	97.8	0.0
HV-313 CONLEE	INIFAP	106.694	57	59	58	59	100.0	0.0
VS-529	INIFAP-Iguala	98.072	57	59	57	60	92.1	0.0
H-516	INIFAP-Iguala	104.608	59	61	59	62	98.4	4.4
V-531	INIFAP-Iguala	105.763	58	60	58	63	82.7	0.0
VS-535	INIFAP-Iguala	103.99	56	58	56	58	81.8	0.0
VS-521	INIFAP-Iguala	104.275	57	58	57	58	89.5	0.0
UdeG-CS Blanca	Univ. de Guadalajara	105.013	58	60	59	62	92.1	0.0
UdeG-CT Blanca	Univ. de Guadalajara	107.248	58	61	58	62	97.8	4.1
CHIH-166	Apachito	92.723	42	48	42	48	100.0	0.0
CHIH-147	Azul	102.975	49	52	49	53	78.8	6.4
CHIH-128	Cristalino de Chihuahua	105.909	46	49	46	49	100.0	0.0
CHIH-160	Gordo	104.425	52	56	50	57	98.8	31.0
CHIH-135	Palomero de Chihuahua	99.742	51	53	50	54	59.7	4.8
JAL-304	Maíz Dulce	94.947	49	52	49	53	100.0	0.0
JAL-127	Mountain Yellow	103.156	50	55	52	56	89.4	2.8
JAL-173	Serrano de Jalisco	100.68	53	57	56	59	82.1	0.0
GTO-23	Cónico Norteño	94.64	49	52	51	54	94.0	0.0
MEX-5	Palomero Toluqueño	96.544	49	54	49	56	58.3	1.4
MEX-108	Cnico	98.563	49	54	49	53	85.7	0.0
PUE-510	Elotes Coónicos	103.967	53	56	55	59	95.7	4.2
MEX-7	Cacahuacintle	109.226	53	57	55	60	50.7	0.0
VER-311	Arrocillo Amarillo	102.032	62	69	62	70	86.3	0.0
MEX-208	Chalqueño	99.936	55	62	58	62	86.7	0.0
MICH-328	Mushito(Michoacan)	100.994	60	69	64	73	87.1	0.0
OAX-40	Bolita	95.083	52	55	52	56	81.1	0.0
OAX-26	Negrilo	103.789	53	56	54	56	100.0	1.6
JAL-306	Tablilla de Ocho	100.863	48	53	49	54	88.3	1.0
JAL-633	Elotes Occidentales	104.755	49	54	49	54	98.4	8.4
JAL-43	Tabloncillo	108.12	55	59	55	63	41.5	0.0

Accesión	Raza/ Variedad	Diámetro de Polen	Inicio		50%		Hid10	H1030
			FM	FM	FF	FF		
MOR-62	Ancho	105.73	55	59	55	63	95.0	0.0
GTO-36	Celaya	101.479	59	63	59	64	94.5	0.0
GRO-335	Pepitilla	101.236	55	62	58	67	93.5	0.0
MICH-5	Zamorano Amarillo	107.594	55	60	56	64	94.1	0.0
JAL-289	Bofo	102.335	53	57	52	58	24.7	4.9
SIN-2	Chapalote	106.757	58	61	58	63	61.8	0.0
SIN-25	Dulcillo del Noroeste	118.267	62	68	62	70	81.5	0.0
SIN-17	Elotero de Sinaloa	104.669	56	59	56	61	91.2	0.0
NAY-24	Harinoso de Ocho	108.599	56	61	58	62	97.6	0.0
SIN-7	Maíz Blando de Sonora	103.725	56	62	58	64	94.4	21.8
SON-155	Onaveño	101.516	55	62	55	63	96.3	6.4
NAY-39	Reventador	103.148	62	65	63	65	100.0	0.0
NAY-12	Tabloncillo Perla	101.496	54	59	56	59	44.6	0.0
GRO-17	Conejo	103.323	50	52	51	54	92.9	0.0
YUC-148	Nal-Tel	102.393	58	64	58	64	100.0	0.0
OAX-48	Zapalote Chico	105.54	54	56	53	56	98.4	5.3
TAMS-66	Ratón	100.971	53	56	53	56	100.0	46.8
CHIS-224	Zapalote Grande	106.401	66	73	67	74	97.4	0.0
CHIS-25	Vandéño	109.182	66	73	67	75	63.3	0.0
CHIS-26	Tepcintle	100.676	62	69	65	72	88.9	0.0
OAX-301	Nal-Tel de Altura	103.657	62	67	64	68	95.2	0.0
CHIH-13	Tuxpeño Norteño	104.468	60	66	59	65	95.6	0.0
VER-39	Tuxpeño	103.34	75	82	78	53	100.0	0.5
CHIS-81	Olotillo	106.719	73	80	76	82	96.9	11.9
CHIS-39	Comiteco	106.708	69	80	76	81	100.0	53.9
CHIS-650	Motozinteco	104.729	61	68	62	70	40.2	0.0
NAY-54	Jala	106.507	69	81	73	82	66.7	0.0
QR00-20	Dzit Bacal	106.596	78	83	78	83	95.2	0.0
VER-404	Coscomatepec	106.867	79	84	80	85	100.0	0.0
CHIS-229	Tehua	104.706	80	84	81	85	100.0	14.9
CHIS-684	Olotón	100.627	60	70	61	75	63.6	0.0
CHIS-230	Negro de Chimaltenango	113.465	84	89	86	90	86.7	1.7
MEX-210	Palomero Toluqueño	99.063	62	62	63	70	96.6	0.0
COMP-CHALQ	Compuesto Chalqueño	108.985	63	67	64	70	94.7	0.0
TLAX-151	Cónico	108.146	56	57	57	63	100.0	0.0
JAL-263	Tabloncillo	108.06	54	59	55	59	87.8	0.0
CHIS-662	Zapalote Chico	95.953	47	51	49	51	89.8	4.6
OAX-803	Bolita	100.335	52	59	55	59	94.6	0.0
NAY-6	Jala Amarillo	103.803	77	77	78	83	89.3	4.3
NAY-6	Jala Blanco	107.274	73	52	80	82	100.0	20.4
GUA-88	Celaya	100.476	59	65	61	68	51.4	0.0
VER-39	Tuxpeño	104.514	80	82	80	85	100.0	17.5
POP 21	POP 21	106.559	66	72	66	72	87.8	0.0
POP 502	POP 502	99.726	65	69	64	68	63.8	7.7
POP 902	POP 902	103.269	52	55	52	55	92.3	0.0

*FM = floración masculina, FF = floración femenina, Hid10 = granos de polen hidratados a las 10 hs, H1030 = granos de polen hidratados a las 10:30 hs.

APÉNDICE 2: ARTICULO

CHARACTERIZATION OF FLORAL MORPHOLOGY AND SYNCHRONY AMONG *Zea* SPECIES IN MEXICO¹

J.G. Rodríguez F.², J.J. Sánchez G.², B. Baltazar M.^{3*}, L. De la Cruz L.²,
F. Santacruz-Ruvalcaba², J. Ron P.², J.B. Schoper⁴

² Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Departamento de Producción Agrícola. Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jalisco, Mexico. Km. 15.5. Carretera Guadalajara-Nogales. C.P. 45110

³ Pioneer Hi-Bred International, Inc., Mexico. Camino Viejo a Valle de Banderas, Km. 3, #19 Tapachula Nayarit. Mexico

⁴ Pioneer Semences Ltda. Unidade de Brasília, Rodovia DF 250, KM 20, Núcleo Rural Santos Dumont, Lote 50 Caixa Postal 8283, Planaltina - Brasília - DF, Brazil, CEP: 73310-970

Received December 8, 2005

ABSTRACT - Pollen and silk attributes as well as floral synchrony are the most important morphological features that influence pollination and gene flow in the genus *Zea*. To characterize floral morphology and synchrony, 115 teosinte populations, 60 maize accessions representing 53 landraces, three improved open pollinated varieties and 14 commercial hybrids were evaluated. A high level of variation among the *Zea* populations was found. The pollen size in landraces and commercial hybrids was larger (103-105 μm) than in teosinte (84 μm). Teosinte pollen grains of several accessions collapsed at pollen shed but for some populations viability was retained from 30 minutes to one hour. Silks in maize were twice as long as teosinte silks (16 to 27 cm vs 7.2-11.4 cm). Trichome density was five times higher in teosinte silks than in maize silks. Most indigenous teosinte (ssp. *mexicana*) populations from the Valley of Mexico and Central Plateau areas flowered synchronously with landraces and commercial hybrids. In contrast, teosinte (ssp. *parvighumis*) flowered 2-3 weeks later than maize. The results of this study are important components to estimate the likelihood of gene flow among species of the genus *Zea* in Mexico.

KEY WORDS: Maize; Teosinte; Pollen; Silks; Genetic diversity; gene flow.

INTRODUCTION

Mexico and Central America are centers of the greatest diversity for maize. In these regions, at least 60 racial types of maize and six teosinte species and subspecies have been reported confirming this area as the largest global reservoir of maize genetic re-

sources (WILKES, 1977; SANCHEZ *et al.*, 1998; SANCHEZ, GOODMAN and STUBER, 2000). High levels of genetic diversity are associated with geographic conditions of the regions, the large variation of climates and soils, and more importantly, mankind's influence during the domestication and subsequent evolution of maize (SANCHEZ *et al.*, 2000).

Genetic diversity studies of landraces of maize and teosinte are numerous and include the use of morphological traits, biochemical and DNA markers (WELLHAUSEN *et al.*, 1952; DOEBLEY *et al.*, 1984; SANCHEZ *et al.*, 1998, 2000; MATSUOKA *et al.*, 2002). These studies have helped to define racial relationships and genetic diversity within the genus *Zea*.

Pollination, hybridization and subsequent introgression among members of the genus *Zea* are directly linked to genetic, physical, and environmental factors and human activities (WILKES, 1967; KATO, 1997; BALTAZAR and SCHOPER, 2001; LUNA *et al.*, 2001; KATO and SANCHEZ, 2002; BALTAZAR *et al.*, 2005). Results of these studies indicated that pollen weight, wind speed and direction, pollen and silk viability, floral synchrony, isolation distance, genetic incompatibility and atmospheric water potential are the most important factors influencing pollination. However, most studies have been conducted using only a limited number of maize and teosinte populations. Consequently, very little is known about floral synchrony, genetic incompatibility, pollen size and longevity, silk size and trichome density for a more complete range of Mexican landraces of maize and teosinte. A more comprehensive survey of the genus *Zea* will establish important information that is fundamental to estimate the likelihood of gene flow from hybrid maize to maize's wild relatives in areas where they grow sympatrically in Mexico and Central America.

Therefore, the objective of this study is to characterize biological factors that could influence polli-

¹ This paper is dedicated by BBM, JBS, JRP, FSR, JJSG, LDCL and JGRF to Don Duvick for his several contributions to maize's breeding and genetics.

* For correspondence (fax: +329 2910280; e.mail: baltazar.baltazar@pioneer.com).

nation, including flowering synchrony, pollen longevity, pollen size, silk length and trichome density in the genus *Zea*, for commercial hybrid maize, maize landraces and teosinte that grow, or which are cultivated in Mexico.

MATERIALS AND METHODS

The study sites

Experiments were conducted at the Pioneer Hi-Bred Intl. Research Center, located near Tapachula, Nayarit, Mexico and at The Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) of the University of Guadalajara, located in Nextipac, Jalisco, Mexico. Tapachula is situated 20°49'N, 105°55'W at an elevation 26 m.a.s.l. CUCBA is situated 20° 45'N, 103° 31' W at an elevation 1650 m.a.s.l. Experiments were planted on June 24, 2003 and June 22, 2004 at CUCBA and February 3, 2004 at Tapachula. Average temperature in Tapachula during January-June period is about 25 °C and usually no rain is recorded. In Nextipac, average temperature during June-October is about 23.6 °C and the amount of rain is 816 mm.

Genetic material

A total of 115 populations of teosinte (*Zea mays* ssp. *mexicana*, races Chalco, Central Plateau and Nobogame; *Zea mays* ssp. *parviglumis*, race Balsas and *Zea diploperennis*), 63 maize accessions representing the most important racial groups in Mexico, three improved open pollinated varieties and 14 commercial maize hybrids planted in tropical and sub-tropical areas of Mexico, were included in the study in order to provide a comprehensive survey of cultivars and teosintes that still exist in Mexico. The International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) provided the 63 maize accessions and the three improved open pollinated varieties. The University of Guadalajara collected most teosinte populations during years 2002 and 2003. Pioneer personnel at Tlajomulco, Mexico provided Pioneer's hybrids and Dr. Jose Ron Parra provided the University's of Guadalajara hybrids. A list of individual accessions of maize landraces and teosinte populations tested is included in Appendix 1.

Experiments to estimate flowering dates, pollen size and longevity and silk characteristics

In the summer 2003 at Nextipac, 87 teosinte populations, 14 maize accessions and 10 commercial maize hybrids were planted. At Nextipac in the summer season of 2004, the experiment included 63 maize accessions representing 53 races, 115 teosinte populations and 14 commercial maize hybrids. At Tapachula in the winter season (December of 2003 to April 2004), 63 maize accessions representing 53 races and 92 teosinte populations and nine commercial maize hybrids were planted. Same maize and teosinte accessions studied in 2003 were also included in the experiments carried during 2004. In the three experiments, two rows of 20 plants were grown for each teosinte population and maize landrace, and one row with 20 plants was sown for each of the commercial hybrids. All plants were grown using standard cultural practices for maize production. In order to reduce competition among rows, races of maize and teosinte populations were ordered in the field based on similar flowering time, racial relationships and plant height.

Flowering dates. Dates of pollination and silking were recorded in order to estimate flowering synchrony among hybrids, maize landraces and teosinte. Days to pollen shed were recorded as the number of days from planting to shedding of pollen; dates were recorded when the first plant (P_i) and when 50% (P₅₀) of plants were shedding pollen. Days to silk emergence were recorded as the number of days from planting to first plant with exposed silks (S_i) and when 50% of plants were with exposed silks (S₅₀). Thermal requirements (TR) for the period from planting to flowering were calculated with base temperature (T_b) of 10 °C for ssp. *parviglumis* and races of maize from tropical regions and base temperature was set to 5 °C and 8 °C for races of maize and teosinte populations distributed in the Valley of Mexico and Central Plateau respectively. Base temperature (T_b) and heat unit requirement of 49 Mexican races of maize were determined by Ruiz *et al.* (1998). For a single day, TR = (T_{max} (≤ 30 °C) + T_{min} (≥ 10 °C))/2 - T_b. Where T_{max} and T_{min} are maximum and minimum temperatures monitored at Tapachula during the time of experimental work.

Pollen characteristics. Fresh pollen was collected at 9:45 a.m. from three to five plants per plot using standard tassel bags. Pollen was carried to the laboratory in tassel bags, sieved to remove insects and anthers, and placed in Petri dishes to air-dry under atmospheric natural conditions for periods of 30 minutes. Time required to transport pollen from the field to the laboratory was about five minutes. Since this study included a very wide range of diversity in life cycle, range of flowering at Nextipac was from mid August to the first week of October. At Tapachula, range of flowering was from the first week of February to the first week of April. Sampling per day included no more than 15 accessions. Pictures of pollen were taken using a Zeiss Axiostar Plus™ (Carl Zeiss Germany) microscope and a Zeiss Axiocam MRc camera (1300 x 1030 pixels) and the percentage of collapsed grains counted. The scoring of pollen appearance was done at 10X magnification. The visual appearance of the pollen was recorded at 10:00 a.m., at 10:30 a.m. and at 11:00 a.m. Since most pollen was collapsed at 11 a.m., only occasionally, pictures were taken at 11:30 a.m. Changes in color and shape were used as an indication of pollen viability loss (LUNA *et al.*, 2001). Temperature and relative humidity were recorded daily during time of pollen collection and when exposed to atmospheric conditions in different time periods. Daily temperature from planting to flowering was available only at Tapachula in 2003 and 2004.

Pollen size was measured at 10 a.m., after cleaning the sample, using a Zeiss Axiostar Plus™ microscope fitted with 20X magnification lens, digital camera Axiocam MRc and Zeiss AXIOVISION 4.1 software. The number of pollen measurements for each population in each environment ranged from 10 to 25.

Silk characteristics. Four ears of each accession were randomly selected when silks had emerged 3 cm from the husk. Two to three silks of each accession were examined for silk length and trichome density. Silk length was measured from the base of the silk where it attaches to the ovule, to the tip. Pictures were taken at 5X magnification using a Zeiss Axiostar Plus microscope (Carl Zeiss, Germany) with a Zeiss Axiocam MRc camera on the portion of the silk close to the tip of the husk. In order to estimate trichome density, a silk segment of 1.4 mm, about 1 cm close to the tip, was examined from the pictures, and the total number of trichomes in that segment was recorded.

Data analysis

Data for individual accessions are too extensive to be presented here. Instead, we averaged the data by groups. Teosinte populations were divided in 14 groups based on geography, morphology and cytological similarities (SANCHEZ *et al.*, 1998), maize landraces were grouped based on morphology and isozymes (SANCHEZ *et al.*, 2000) and commercial hybrids were grouped based on origin (public or private institution). Differences among groups for the different characteristics were analyzed using the MIXED procedure of the Statistical Analysis System (SAS INSTITUTE INC., 1992) with groups and accessions-within-groups treated as class variables. Least-squares means for pollen size, pollen longevity as indicated by the percentage of collapsed pollen grains, days to flowering, silk length and trichome density, were computed for each group. For each of these measures, teosinte, maize races and hybrids were compared to determine significant differences; also pairs of groups were compared using the accessions-within-groups mean square to compute the appropriate standard error (data not shown).

RESULTS

There were significant differences between maize and teosinte for pollen and silk characteristics. Significant differences ($P \leq 0.05$) among groups occurred for all characteristics, in all the environments. Pollen diameter was different between maize and teosinte in Nextipac 2003, however, no differences were detected among racial groups. Similar situation was for pollen collapsed at 10:30 in Nextipac 2004. Means for the pollen and silk characteristics are presented for each group at Nextipac 2003, Nextipac 2004 and Tapachula 2004 in Tables 1, 2 and 3 respectively. Coefficients of variability were low for pollen diameter and flowering dates and very high for collapsed pollen at 10:30 a.m.

TABLE 1 - Number of accessions and means of pollen and silk characteristics for groups of maize and teosinte studied at Nextipac, Jalisco, México in the summer of 2003.

Group	Number Access.	Pollen Diameter (μm)	Collapsed pollen (%)		Number of days to flowering			
			10hs	10:30hs	Pi	P50	Si	S50
MEXICAN TEOSINTE	87	83.7	20.6	78.7	87	94	87	94
<i>Zea mays ssp. mexicana</i>								
1 Chalco	11	87.5	9.9	49.8	69	75	68	73
2 Central Plateau (Cuitzeo)	12	86.2	13.2	75.0	73	80	72	81
3 Central Plateau (Churintzio)	12	82.4	23.4	90.2	74	81	74	83
4 Durango	3	85.8	5.2	23.9	68	74	69	75
5 Nabogame	2	83.2	5.5	76.1	57	63	59	62
<i>Zea mays ssp. parviglumis</i>								
6 W Jalisco-SE Nayarit	6	82.6	25.5	91.7	82	91	85	93
7 Jalisco	12	86.4	25.2	84.3	105	113	106	113
8 Central Guerrero	5	82.2	14.9	83.4	96	101	96	101
9 Huitzuco, Guerrero	2	80.6	62.6	100.0	104	113	104	113
10 Southern Guerrero	3	80.4	11.3	92.4	109	114	113	117
11 SW Mexico-E Michoacán	6	80.2	19.2	96.3	99	107	100	108
12 Oaxaca	1	80.4	39.1	93.6	108	112	106	111
13 Huetamo	11	80.9	27.9	80.9	107	112	106	113
14 <i>Zea diploperennis</i>	1	75.4	74.6	99.1	104	112	97	106
HYBRIDS	10	102.5	17.4	73.7	73	77	73	76
15 Pioneer	8	101.5	7.3	66.2	73	77	72	76
16 Univ. Of Guadalajara	2	103.5	27.5	81.1	73	77	73	76
MAIZE LANDRACES	14	102.5	15.5	64.9	72	78	76	80
18 Conico	5	100.6	9.8	55.1	67	74	70	77
19 Eight Rowed	2	105.9	5.1	78.0	65	69	66	70
20 Tropical Dents	4	102.6	27.0	69.0	79	83	79	84
22 Tropical Early	1	97.8	2.3	14.1	57	64	86	65
23 Late Maturity	2	105.9	23.6	93.9	87	92	91	98
Overall Mean		87.8	19.1	76.1	84	90	85	91
Coefficient of variability		5.6	21.3	30.8	7.7	5.9	7.1	5.7

Pi = number of days from planting to shedding of pollen (initial); P50 = days when 50% of plants were shedding pollen. Si = days from planting to first plant with exposed silks and S50 = when 50% of plants were with exposed silks.

TABLE 2 - Number of accessions and means of pollen and silk characteristics for groups of maize and teosinte studied at Nextipac, Jalisco, México in the summer of 2004.

Group	Number Access	Pollen Diameter (µm)	Collapsed pollen (%)		Number of days to flowering				Silk (cm)	Trichome Length number ¹
			10hs	10:30hs	Pi	P50	Si	S50		
MEXICAN TEOSINTE	115	84.4	20.8	96.1	88	94	88	95	9.3	16
<i>Zea mays</i> ssp. <i>mexicana</i>										
1 Chalco	17	85.8	18.5	98.7	67	74	66	74	11.4	19
2 Central Plateau (Cuitzeo)	12	87.5	17.4	96.7	69	78	69	78	11.0	17
3 Central Plateau (Churintzio)	12	84.8	18.4	99.4	72	81	73	81	8.7	18
4 Durango	3	84.3	9.8	97.5	63	72	65	75	8.1	18
5 Nabogame	2	78.3	31.4	94.8	53	58	55	59	7.7	17
<i>Zea mays</i> ssp. <i>parviglumis</i>										
6 W Jalisco-SE Nayarit	7	82.7	19.5	89.1	81	91	83	92	8.4	17
7 Jalisco	13	82.9	42.3	99.5	115	109	111	109	8.1	14
8 Central Guerrero	12	84.2	15.4	82.8	98	106	100	108	10.0	14
9 Huitzucó, Guerrero	1	86.6	38.1	100.0	108	112	107	110	10.0	10
10 Southern Guerrero	4	85.0	25.3	97.3	116	123	113	122	8.8	16
11 SW Mexico-E Michoacán	15	84.4	17.0	96.8	101	109	102	111	8.7	13
12 Oaxaca	2	82.3	24.8	100.0	109	116	108	114	9.6	10
13 Huetamo	13	83.2	18.0	99.5	101	108	101	109	8.5	13
14 <i>Zea diploperennis</i>	2	79.0	24.7	100.0	96	104	101	109	7.2	42
HYBRIDS	14	103.9	4.0	83.3	73	76	73	76	26.3	7
15 Pioneer	12	101.9	2.4	80.2	72	76	72	76	26.6	7
16 Univ. Of Guadalajara	2	105.9	5.6	86.4	74	76	74	76	26.0	7
MAIZE LANDRACES	66	103.3	16.7	75.2	64	70	65	71	21.3	8
17 Sierra de Chihuahua	5	101.0	11.5	64.0	50	54	50	55	18.7	9
18 Conico	16	99.8	15.9	69.1	59	65	60	67	20.6	8
19 Eight-Rowed	9	105.1	14.2	73.0	59	64	60	65	19.0	11
20 Tropical Dents	10	104.9	23.0	88.4	69	75	69	77	22.5	8
21 Chapalote	4	104.0	16.7	95.2	63	69	66	71	19.9	6
22 Tropical Early	7	103.8	13.8	65.4	60	65	60	65	17.3	8
23 Late Maturity	11	104.0	17.7	71.4	83	90	84	92	25.5	7
24 North West	4	109.0	19.2	93.1	59	64	60	65	15.8	11
Overall Mean		92.2	18.1	87.9	79	79	84	85	13.9	13
Coefficient of variability		3.9	16.0	23.9	84	7.8	6.0	6.0	19.2	26.5

Pi = number of days from planting to shedding of pollen (initial); P50 = days when 50% of plants were shedding pollen. Si = days from planting to first plant with exposed silks and S50 = when 50% of plants were with exposed silks.

¹ Number of trichomes per millimeter

Days to flowering

Nextipac, Jalisco. Silk emergence and pollen shed started in the accessions of teosinte from Nabogame (*ssp. mexicana*) 53 days after planting in the experiment of 2004, and 57 days in the experiment of 2003, while the accessions of teosinte from southern Guerrero had their first tassels shedding pollen 109 days after planting in 2003 and 116 days in 2004. Silk emergence dates for Chalco race

of teosinte (*ssp. mexicana*) were between 66 and 74 days, while silk emergence dates for Central Plateau teosinte (*ssp. mexicana*) were between 69 and 83 days. At Nextipac, Jalisco, silk emergence for populations of teosinte collected in western Jalisco and eastern Nayarit (*ssp. parviglumis*) was between 83 and 93 days, however, for the rest of *ssp. parviglumis* the range was from 96 to about 122 days. Maize landraces presented a very wide range of

TABLE 3 - Number of accessions and means of pollen and silk characteristics for groups of maize and teosinte studied at Tapachula, Nayarit, México in the winter of 2004.

Group	Number Access.	Pollen Diameter (μm)	Collapsed pollen (%)		Number of days to flowering			
			10hs	10:30hs	Pi	P50	Si	S50
MEXICAN	92	84.1	37.0	99.7	54	59	54	60
<i>Zea mays</i> ssp. <i>mexicana</i>								
1 Chalco	17	83.4	46.9	100.0	49	55	47	54
2 Central Plateau (Cuitzeo)	12	87.5	25.8	100.0	47	52	46	52
3 Central Plateau (Churintzio)	12	83.0	44.0	100.0	46	52	46	52
4 Durango	3	81.3	44.0	92.5	44	50	44	49
5 Nabogame	2	78.8	40.2	100.0	41	48	40	48
<i>Zea mays</i> ssp. <i>parviglumis</i>								
6 W Jalisco-SE Nayarit	6	85.6	44.3	100.0	54	60	54	60
7 Jalisco	13	86.5	27.6	100.0	67	69	67	71
8 Central Guerrero	4	82.8	30.8	100.0	62	67	61	68
9 Huitzucó, Guerrero	2	86.0			51	57	52	59
10 Southern Guerrero	2	80.2	41.7	100.0	60	64	61	65
11 SW Mexico-E Michoacán	7	82.5	41.8	99.4	59	63	58	62
12 Oaxaca	1	84.7	23.9	100.0	70	73	69	75
13 Huetamo	9	83.3	21.4	100.0	62	66	62	67
14 <i>Zea diploperennis</i>	2	80.6	92.6	100.0	70	78	69	80
HYBRIDS	9	105.1	6.2	96.5	59	61	59	62
15 Pioneer	7	104.1	7.4	95.0	60	62	60	62
16 Univ. Of Guadalajara	2	106.1	5.1	98.0	58	61	59	62
MAIZE LANDRACES	66	103.5	14.2	95.7	59	63	60	65
17 Sierra de Chihuahua	5	101.2	12.5	91.6	48	52	47	52
18 Conico	16	102.0	12.9	99.5	54	59	56	61
19 Eight-Rowed	9	103.2	21.0	98.2	52	57	53	58
20 Tropical Dents	10	103.5	15.5	97.4	65	70	66	69
21 Chapalote	4	108.2	16.4	100.0	60	63	60	65
22 Tropical Early	7	102.2	4.7	91.9	56	60	57	61
23 Late Maturity	11	106.2	14.7	90.3	73	77	76	82
24 North West	4	103.8	16.7	93.0	55	61	57	62
Overall Mean		93.0	26.1	97.8	56	61	57	62
Coefficient of variability		3.7	25.9	7.2	9.3	9.6	9.4	9.2

Pi = number of days from planting to shedding of pollen (initial); P50 = days when 50% of plants were shedding pollen. Si = days from planting to first plant with exposed silks and S50 = when 50% of plants were with exposed silks.

flowering, starting in 50 days in the Sierra de Chihuahua group (year 2004) and in 84 days in the Late Maturity Group. The range of male and female flowering for commercial hybrids was narrower than in maize landraces; it was recorded between 72 and 77 days. On average, flowering in days was significantly greater in teosinte than in maize. Within maize, landraces from the Sierra de Chihuahua had the lower number of days to flowering, while

racess from the Late Maturity Group had the greater number of days to flowering.

Tapachula, Nayarit. During the Winter, silk emergence in Chalco teosinte was between 47 and 54 days, between 46 and 52 days for Central Plateau teosinte and between 51 and 75 days for Balsas teosinte (ssp. *parviglumis*). Nobogame was the teosinte with the lower number of days to flowering

(40-48 days). Within maize landraces, range of male and female flowering was very wide. The Sierra de Chihuahua Group had a range of flowering between 47 and 52 days and the Late Maturity Group between 73 and 82 days.

Flowering synchrony

The estimates of flowering synchrony between maize and teosinte are presented in Table 4 based on ranges of female flowering in teosinte and male flowering in maize landraces and commercial hybrids. In addition to days to flowering, thermal re-

quirements (TR) are presented for the most typical teosinte populations, races of maize planted in the same region and maize commercial hybrids.

In the Chalco area several races are present: Cónico, Chalqueño, Elotes Cónicos, Cacahuacintle, Palomero Toluqueño, while in the Central Plateau one can find: Celaya, Cónico Norteño, Mushito, Chalqueño, Tabloncillo, Elotes Occidentales and Zamorano Amarillo. Commercial hybrids are planted in the Central Plateau region, and more recently in the Chalco area. In the Balsas region, teosinte (*ssp. parviglumis*) forms the largest populations

TABLE 4 - Days to silk, days to pollen shed and thermal requirements in teosinte, maize landraces and maize commercial hybrids. Data from Tapachula, Nayarit, México, winter of 2004.

Teosinte ¹	S50	TR ²	Maize landraces/ Hybrids	P50	TR ²
<i>Zea mays ssp. mexicana</i>			<i>Zea mays ssp. mays</i>		
Chalco	67-78	808-1024	Cónico	60-69	888-938
			Cacahuacintle	57-64	872-938
			Chalqueño	66-73	1020-1094
			Commercial Hybrids	64-71	923-956
Central Plateau	73-83	628-759	Mushito	75	1123
			Elotes Occidentales	63-65	618
			Tabloncillo	59-64	678
			Celaya	63-70	718-739
			Zamorano Amarillo	64-69	690
			Commercial Hybrids	65-82	645-739
Durango	73-77	614-671	Celaya	63-70	718-739
			Commercial Hybrids	65-82	645-739
Nabogame	58-59	614-628	Cristalino de Chihuahua-Gordo	48-61	562-643
<i>Zea mays ssp. parviglumis</i>					
Southern Guerrero	64-66	739-767	Pepitilla	56-58	710
			Vandeño-Tuxpeño	66-71	767-834
			Commercial Hybrids	58-62	659-714
Central Guerrero	61-64	700-714	Ancho	58-60	659-687
			Pepitilla	56-58	710
			Vandeño	60-71	687-834
			Commercial Hybrids	58-62	659-714
Huetamo	63-70	727-806	Vandeño	66-71	767-834
			Tuxpeño	69-75	806-890
			Commercial Hybrids	58-62	659-714
Oaxaca	69-75	806-890	Bolita	59-62	673-714
			Tepecintle	62-64	714-739
W Jalisco-SE Nayarit	57-68	645-792	Tabloncillo	51-59	569-673
			Tuxpeño	69-75	806-890
			Commercial Hybrids	56-68	630-792

¹ Flowering dates for *ssp. mexicana* and their corresponding maize dates come from individual accessions grown in Nextipac 2004 and for *ssp. parviglumis* data come from Tapachula 2004.

S50 and P50 are days to silk and pollen shed.

² TR = thermal requirement (calculated with base temperature = 10 °C for *ssp. parviglumis*, and base temperature = 5 °C and 8 °C for races distributed in the Valley of Mexico and Central Plateau respectively. Ruiz *et al.*, 1998).

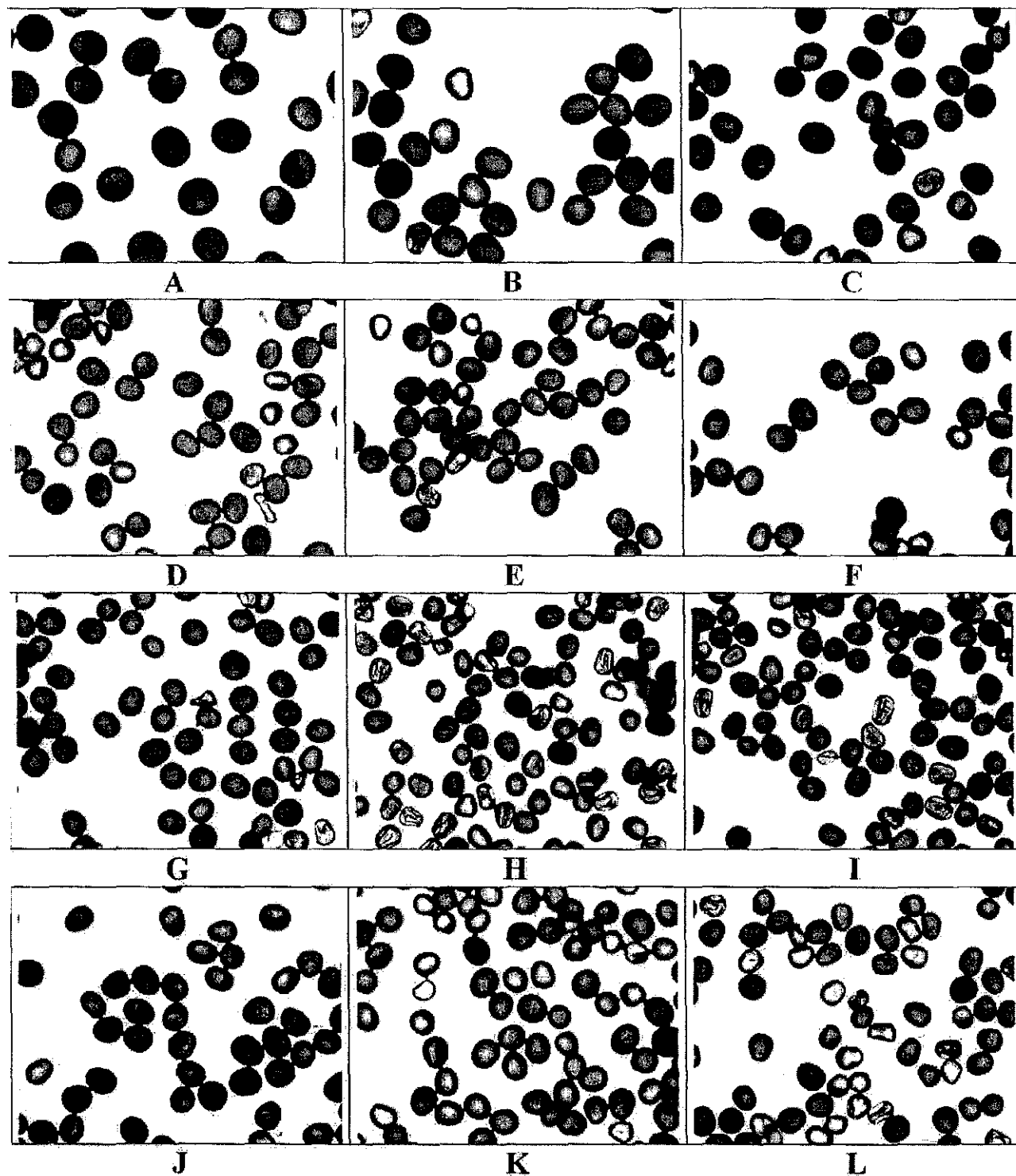


FIGURE 1 - Diversity in pollen size and susceptibility to desiccation in *Zea* species. **Maize:** (A) Zapalote Grande, Tropical Early (115 μ m); (B) UdeG Hybrid; (C) Apachito, Sierra de Chihuahua. **Teosinte:** (D) Chalco; (E) Central Plateau (Cuitzeo); (F) Durango; (G) Nobogame; (H) Central Plateau (Churintzio); (I) *Zea diploperennis*; (J) Central Guerrero; (K) Huetamo; (L) E Jalisco (77 μ m). Pictures obtained using 10x magnification.

known in Mexico. In several areas, hillsides are covered by teosinte, however it is common to find maize and teosinte growing side by side. Maize landraces and commercial hybrids are planted across the Balsas region; the most common races of maize are Tuxpeño, Vandeño, Tepecintle, Pepitilla, Ancho, Conejo, Bolita, Tabloncillo, Celaya, Tabloncillo Perala, Reventador and Olotillo. Most teosinte populations in the Valley of Mexico and Central Plateau areas (ssp. *mexicana*) tend to flower during the same period of time as maize landraces and commercial hybrids, and they seem to have similar thermal requirements. In some areas, ssp. *parviglumis* teosinte and some Tuxpeño-Vandeño derivatives have flowering synchrony. It is important to notice that commercial maize hybrids and ssp. *parviglumis* teosinte do not have good flowering synchrony in most regions in Mexico, however, populations of teosinte from western Jalisco and southern Nayarit and commercial hybrids have similar flowering periods and thermal requirements (Table 4).

Pollen size

While pollen grains of Mexican races of maize and hybrid maize were very similar in size (103-105 μm), teosinte pollen grains were significantly smaller (84 μm). The results of the three experiments reported in tables 1, 2 and 3 indicate that pollen size ranged from 80 to 87 μm for *Zea mays* ssp. *parviglumis*, 78 to 88 μm for *Zea mays* ssp. *mexicana*, and 75 to 81 μm for *Zea diploperennis*. Within regions, pollen size was significantly greater in Central Plateau region, especially near the Cuitzeo lake (87.5 μm). Pollen size and appearance at time of collection are presented for some maize landraces, commercial maize hybrids and teosinte populations in Fig. 1. The only comprehensive study on teosinte, including pollen size variation, was reported by WILKES (1967). Average pollen size from that study varied from 65 to 82 microns; the variation for the 18 populations studied was continuous and no distinction between pollen of tripsacoid and maizoid teosintes can be made based on size.

Pollen longevity

The effect of exposure to atmospheric conditions on pollen longevity was estimated by counting collapsed pollen grains on pictures at different times following the methodology described in LUNA *et al.* (2001). Longevity of pollen grains exposed to atmospheric conditions differed significantly ($P \leq 0.05$) within groups and between environments.

At the time of collection, teosinte pollen grains from a number of individual accessions were already collapsed. At Nextipac 2003, collapsed pollen varied (data not shown) from 1 to 93%; at Nextipac 2004 range was between 0 and 88%, while in Tapachula, collapsed pollen varied from 3 to 94%. *Zea diploperennis* and ssp. *parviglumis* teosinte presented the highest rates of collapsed pollen; 30 minutes after exposing to atmospheric conditions, most pollen was dead.

The proportion of collapsed pollen in all the experiments was significantly higher in teosinte than in maize either at the time of collection and also 30 minutes after exposing to atmospheric conditions. Results presented in tables 1, 2 and 3 show that there was more collapsed pollen, at 10 a.m., for teosinte than for maize 10, 25 and 30% in Nextipac 2003, Nextipac 2004 and Tapachula 2004, respectively. After being exposed to environmental conditions for 30 minutes, desiccation of teosinte pollen was significantly higher than in maize. Desiccation in teosinte represented 50, 16 and 4% respect to desiccation in maize observed in Nextipac 2003, Nextipac 2004 and Tapachula 2004, respectively.

Teosinte populations from Huitzuco, Guerrero presented the highest values of collapsed pollen at 10 a.m. in Nextipac 2003. Teosinte from Chalco and Durango presented the lowest values for collapsed pollen at 10:30 a.m. In the experiment at Nextipac 2004, the lowest values of collapsed pollen at the time of collection occurred in Durango teosinte and the highest in teosinte from Jalisco. In Tapachula, *Zea diploperennis* exhibited the highest proportion of collapsed pollen grains at the time of collection, while teosinte from Huetamo, Michoacan, the lowest values of susceptibility to desiccation when exposed 30 minutes to atmospheric conditions. For the rest of teosinte populations, most pollen was dead.

Silk length and trichome density

Silk characteristics are presented in Table 3 only for Nextipac 2004. Silk length in teosinte is about 40% of that in maize, with a mean of 9.3 cm; ranged from 7.2 cm to 11.4 cm. In maize the mean for silk length was 21 cm in landraces and 26 cm in commercial hybrids. Range in landraces was from 16 to 26 cm and in hybrids from 26 to 27 cm. Within teosinte, Chalco and Central Plateau (near Cuitzeo Lake) have significantly longer silks than ssp. *parviglumis* and *Zea diploperennis*. Within

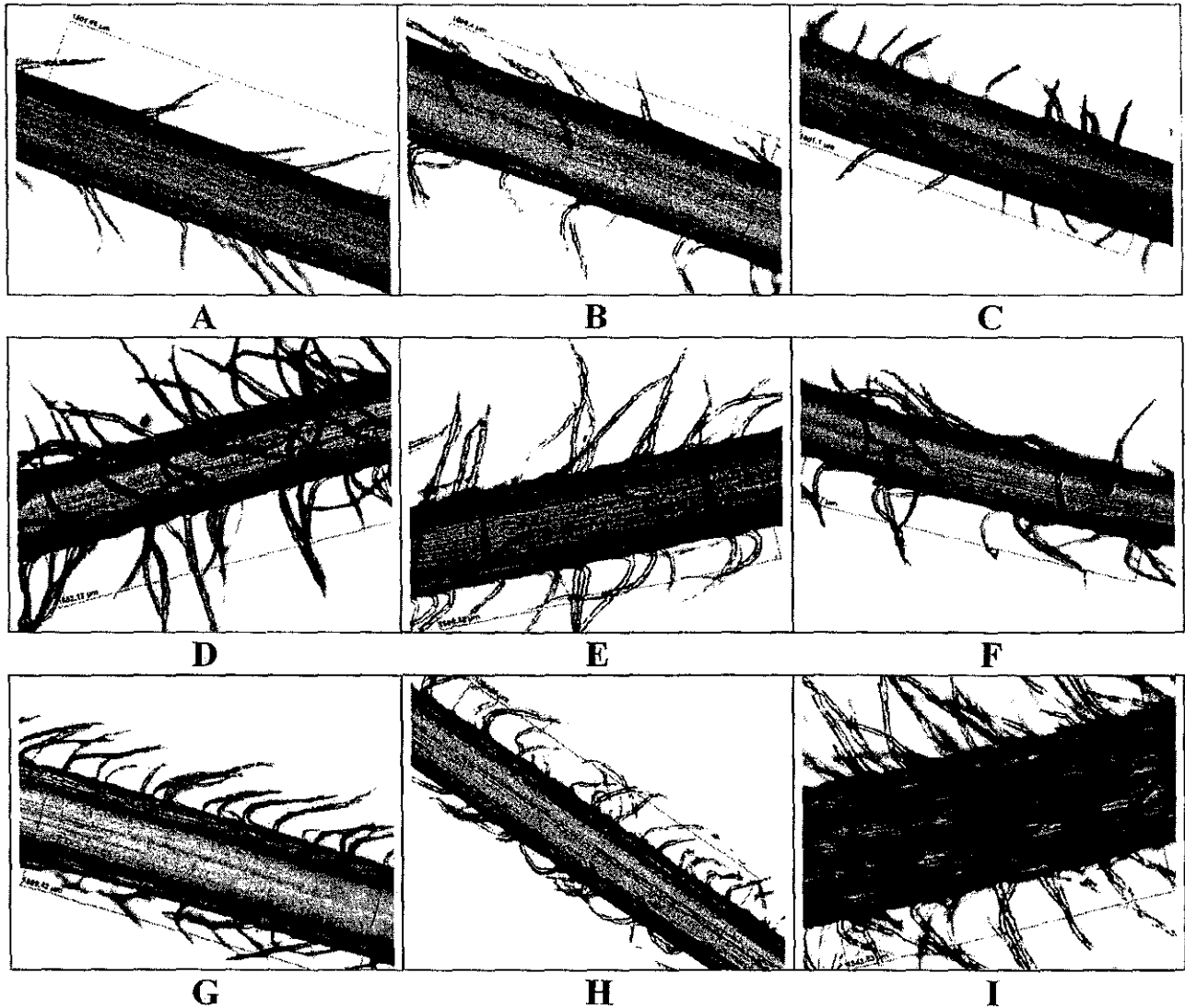


FIGURE 2 - Diversity in silk characteristics in *Zea* species. **Maize:** (A) Pioneer 3028W; (B) Tuxpeño, Tropical Dents; (C) Ancho, Eight-Rowed. **Teosinte:** (D) Chalco; (E) Central Plateau (Guitzeo); (F) Nobogame; (G) Central Guerrero; (H) Huetamo; (I) *Zea diploperennis*. Pictures obtained using 5x magnification.

maize landraces, those from the Late Maturity Group have significantly longer silks than the rest of races. There are more trichomes per unit length of silk in teosinte than in maize. The average number in teosinte is twice the number in maize, however, *Zea diploperennis* has about five times the number of trichomes than in maize and twice the number of Chalco teosinte. Silk characteristics for some selected maize landraces, commercial maize hybrids and teosinte populations are presented in Fig. 2.

DISCUSSION

Gene flow between maize and teosinte ssp. *mexicana* is well documented (LUNA *et al.*, 2001; BALTAZAR *et al.*, 2003, 2005). These studies were helpful on determining the main biological, physical and environmental factors affecting pollination. Nonetheless, it is obvious that additional research is required with a larger number of accessions of maize and teosinte to cover all genetic diversity of the genus *Zea* present in Mexico. Likewise, floral

synchrony data of landraces, teosintes and commercial hybrids planted in Mexico will be helpful to determine the likelihood of gene flow among species in this important genus. In this study, on the basis of about 200 accessions studied, we found that teosinte pollen is smaller than maize pollen (range 15-30%) and it is more susceptible to desiccation after being exposed to atmospheric conditions. For some populations of teosinte, pollen had already collapsed at the time of collection; and desiccation was in general faster for teosinte pollen than for maize pollen. These results agree with the studies on rates of dehydration and physical properties of pollen of maize and teosinte of AYLOR (2003) and AYLOR *et al.* (2005). However, diversity for these characteristics varied among regions or within races. In general, *Zea mays* ssp. *mexicana* had larger pollen grains, while ssp. *parviglumis* was more susceptible to desiccation after being exposed to the atmosphere. These results are in agreement with the studies of WILKES (1967), BALTAZAR and SCHOPER (2001), LUNA *et al.* (2001), and BALTAZAR *et al.* (2005). Since the range of germplasm examined in this study was very wide, these results will be very helpful in estimating parameters affecting pollination and gene flow in members of the genus *Zea*.

Silk length and trichome density are highly variable in *Zea* species. These characteristics are potentially very important in regard to gene-flow because they determine the receptive area for pollen interception. Silk length in maize was twice as long as teosinte silks (range 16 to 27 cm vs 7.2-11.4 cm) and trichome density was five times higher in *Zea diploperennis* silks than in maize silks. Results for the number of trichomes in maize hybrids included in this study are in agreement with ANDERSON *et al.* (2004).

WILKES (1967, 1977) indicated that the most effective mechanism isolating maize and teosinte, where they grow side by side in Mexico, is the lack of flowering synchrony. In most regions maize flowers two to four weeks ahead of teosinte but there are examples where maize and teosinte are not seasonally isolated such as in the Nabogame Valley in southern Chihuahua, thereby increasing the possibility for outcrossing, assuming pollen and silks are viable to complete the pollination process. In the Central Plateau and Chalco areas, maize and teosinte are only partially isolated. Teosinte flowering is relatively uniform but maize landraces exhibit considerable variation. In general, results presented on Table 4 agree with WILKES (1977), however, seed

exchange in Mexico is intense, and the probability of synchrony among *Zea* species will depend on the type of maize planted. For example, in the case of Tabloncillo-Tuxpeño, open pollinated varieties and hybrids using Tuxpeño as a germplasm base have been planted in the same regions replacing Tabloncillo. Tuxpeño-based varieties flower two to three weeks later than Tabloncillo types, and thus, the isolation mentioned by WILKES (1977) no longer exists in some areas of the Balsas or Central Plateau regions.

Despite flowering synchrony between maize and teosinte in the Valley of Mexico and Central Plateau and the occurrence of F₁ hybrids and backcrossed individuals between maize and teosinte, maize and teosinte still remain as a separate biological and genetic entity. In these areas incompatibility systems for maize pollen on teosinte silks are known to be present (KERMICLE and ALLEN, 1990; EVANS and KERMICLE, 2001), which could play a significant role in isolating teosinte from maize reproductively (EVANS and KERMICLE, 2001). In addition, the locus *ga1*, if present, is very important because the *Ga1-s* allele conditions non-reciprocal cross-sterility in maize (NELSON, 1996).

Information presented here on flowering synchrony suggests the possibility for gene flow among *Zea* species in the Valley of Mexico (Puebla, Toluca and Chalco), the Central Plateau, the Nabogame Valley and central and eastern Jalisco where maize and teosinte grow sympatrically. However in most areas where ssp. *parviglumis* is distributed, flowering of maize and teosinte is not synchronous, diminishing the probability of gene exchange between them. The results of this study show that there exists a very wide range of diversity of characteristics that affect cross pollination in maize and teosinte. This implies that in order to estimate the likelihood of gene flow from hybrid maize to teosinte and landraces of maize in Mexico and Central America where they grow sympatrically, more information on the biology of pollen and silks, and estimates of flowering synchrony in replicated experiments in different environments will be required.

ACKNOWLEDGEMENTS - We thank Pioneer Hi-Bred International for financial and field support. We are also grateful to Dr. Suketoshi Taba, Head, CIMMYT's Maize Genetic Resources, Dr. Ganesan Srinivasan, Head, CIMMYT's International Maize Testing Unit and leader of Subtropical Maize Sub-program for providing seed of the races of maize and improved open pollinated varieties.

REFERENCES

- ANDERSON S.R., M.J. LAUER, J.B. SCHOPER, R.M. SHIBLES, 2004 Pollination timing effects on kernel set and silk receptivity in four maize hybrids. *Crop Sci.* **44**: 464-473.
- AYLOR D.E., 2003 Rate of dehydration of corn (*Zea mays* L.) pollen in the air. *J. Exp. Bot.* **54**: 2307-2312.
- AYLOR D.E., B. BALTAZAR M., J.B. SCHOPER, 2005 Some physical properties of teosinte (*Zea mays* subsp. *parviglumis*) pollen. *J. Exp. Bot.* **56**: 2401-2407.
- BALTAZAR B.M., J.B. SCHOPER, 2001 Maize pollen biology, pollen drift and transgenes. Proc. 56th Corn & Sorghum Seed Res. Conf. Chicago, III. December, 5-7-2001.
- BALTAZAR B.M., J.J. SÁNCHEZ G., L. DE LA CRUZ L., J. SCHOPER., 2003 Gene flow in maize (*Zea mays* L.). pp. 165-170. In: III Congreso Brasileiro de Biosseguranca. III Simposio Latino Americano de Productos Transgénicos. 24 a 27 de Setembro de 2003. Recife, Brasil.
- BALTAZAR B.M., J.J. SÁNCHEZ G., L. DE LA CRUZ L., J. SCHOPER, 2005 Pollination between maize and teosinte: An important determinant of gene-flow in Mexico. *Theor. Appl. Genet.* **110**: 519-526.
- DOEBLEY J.F., M.M. GOODMAN, C.W. STUBER, 1984 Isoenzymatic variation in *Zea* (Gramineae). *Syst. Bot.* **9**: 203-218.
- EVANS M.M.S., J.L. KERMICLE, 2001 *Teosinte crossing barrier1*, a locus governing hybridization of teosinte with maize. *Theor. Appl. Genet.* **103**: 259-265.
- KATO Y. T.A., 1997 Review of introgression between maize and teosinte. pp. 44-53. In: J.A. Serratos, M.C. Willcox, F. Castillo (Eds.), Gene flow among maize landraces, improved maize varieties, and teosinte: implications for transgenic maize. CIMMYT, Mexico, D. F.
- KATO Y. T.A., J.J. SÁNCHEZ G., 2002 Introgression of chromosome knobs from *Zea diploperennis* into maize. *Maydica* **47**: 33-50.
- KERMICLE J.L., J.O. ALLEN, 1990 Cross-incompatibility between maize and teosinte. *Maydica* **35**: 399-408.
- LUNA V.S., J. FIGUEROA M., B. BALTAZAR M., R. GOMEZ L., R. TOWNSEND, J.B. SCHOPER, 2001 Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control. *Crop Sci.* **41**: 1551-1557.
- MATSUOKA Y., Y. VIGOUROUX, M.M. GOODMAN, J. SANCHEZ G., E. BUCKLER, J. DOEBLEY, 2002 A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **99**: 6080-6084.
- NELSON O.E., 1996 The gametophyte factors of maize. pp. 496-503. In: M. Freeling, V. Walbot (Eds.), *The Maize Handbook*. Springer-Verlag.
- RUIZ C. J.A., J.J. SÁNCHEZ G., M.M. GOODMAN, 1998 Base temperature and heat unit requirement of 49 Mexican maize races. *Maydica* **43**: 277-282.
- SANCHEZ G. J.J., M.M. GOODMAN, C.W. STUBER, 2000 Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* **54**: 43-59.
- SANCHEZ G. J.J., T.A. KATO Y., M. AGUILAR S., J.M. HERNANDEZ C., A. LOPEZ R., J.A. RUIZ J.C., 1998 Distribución y caracterización del teocintle. Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- SANCHEZ G. J.J., C.W. STUBER, M.M. GOODMAN, 2000 Isozymatic diversity of the races of maize of the Americas. *Maydica* **45**: 185-203.
- SAS INSTITUTE INC., 1992 SAS Technical Report P-229. SAS/STAT Software: Changes and Enhancements. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- WELLHAUSEN E.J., L.M. ROBERTS, E. HERNÁNDEZ X., P.C. MANGELSDORF, 1952 Races of maize in Mexico. The Bussey Institution of Harvard University.
- WILKES H.G., 1967 Teosinte: the closest relative of maize. Bussey Institution 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.