

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

División de Ciencias Agronómicas



**BIOLOGÍA DE POLEN Y ESTIGMAS EN
ESPECIES DE *Zea***

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTA:

JOSÉ GUADALUPE RODRÍGUEZ FLORES

Zapopan, Jalisco, Octubre de 2004



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO
COMITE DE TITULACION

M.C. SALVADOR MENA MUNGUA
DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS
PRESENTE

Con toda atención nos permitimos hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobada la modalidad de titulación INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO, opción SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, con el título:

" BIOLOGIA DE POLEN Y ESTIGMAS EN ESPECIES DE Zea"

El cual fue presentado por él (los) pasante(s):

JOSE GUADALUPE RODRIGUEZ FLORES

El Comité de Titulación, designó como director y asesores, respectivamente, a los profesores:

DR. JOSE DE JESUS SANCHEZ GONZALEZ	DIRECTOR
DR. BALTASAR BALTASAR MONTES	ASESOR
M.C. MOISES MARTIN MORALES RIVERA	ASESOR

Una vez concluido el trabajo de titulación, el Comité de Titulación designó como sinodales a los profesores:

DR. JOSE RON PARRA	PRESIDENTE
DR. FERNANDO SANTACRUZ RUVALCABA	SECRETARIO
M.C. LINO DE LA CRUZ LARIOS	VOCAL

Se hace constar que se han cumplido los requisitos que establece la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara, en lo referente a la titulación, así como el Reglamento del Comité de Titulación.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"

Las Agujas, Zapopan, Jal. a 20 de octubre de 2004.

M.C. SALVADOR GONZALEZ LUNA
PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION

DRA. MARIA LUISA GARCIA SAHAGUN
SECRETARIO DEL COMITE DE TITULACION

DEDICATORIAS

A mis Padres

José M^a Rodríguez Ricardo y Antonia Flores Flores,

A mis Abuelitos

**Francisco Flores, Ramona Flores, Federico Rodríguez y M^a
Candelaria Ricardo**

Por haber depositado todo su apoyo y confianza en mí; para poder culminar esta bonita carrera, como lo es agronomía. Por su disponibilidad de tiempo para prestar su atención en los momentos claves e importantes dentro del transcurso de mi formación profesional.

A mis Hermanos

Eliseo, Griselda, Evelia, Samuel y Andrés

Por compartir los momentos difíciles y por ayudarme para que yo pudiera estudiar, y esto les sirva a los mas pequeños para que se motiven y sigan estudiando.

Gracias por todo el esfuerzo que hicieron, siempre fue un aliciente para mi, el ánimo que me transmitían y en consecuencia supe salir adelante en todos los obstáculos que se me presentaron en mi vida de estudiante. Quiero que sepan mis padres y abuelos que gracias a ellos soy alguien en la vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis Maestros

Por su paciencia y por brindarme todas las atenciones para poder obtener sus conocimientos transmitidos en las aulas de clase y fuera de ellas, gracias al Dr. José Ron Parra, MC. Lino de la Cruz Larios, MC. Moisés M. Morales R, Dr. Fernando Santacruz R, y en especial al Dr. Jesús Sánchez G. y el Dr. Baltazar Baltazar M, quienes siempre confiaron en mi capacidad de sobresalir en todas las áreas del medio agronómico, y sobretodo en el proceso de mi titulación.

A mi Universidad de Guadalajara

Por contar con maestros altamente calificados, que portan un amplio dominio y conocimiento del campo agronómico, también para que yo pudiera estudiar en sus aulas y poder obtener una preparación en mi carrera profesional, de antemano muchas gracias siempre la llevare en mi corazón.

A los mis Amigos y compañeros de generación

Por haberme apoyado en los momentos difíciles durante todos los estudios de la carrera y gracias a ellos pude superarlos.

INDICE

	Pag.
RESUMEN	1
I INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivo	4
II REVISIÓN DE BIBLIOGRAFICA	5
2.1 Maíz	5
2.2 Origen	6
2.3 El teocintle	6
2.4 Distribución del teocintle	7
III MATERIALES Y METODOS	11
3.1 Material genético	11
3.2 Material físico	11
3.3 Localización de la zona de estudio	12
3.4 Desarrollo y conducción de los experimentos	12
3.5 Variables en estudio	13
3.6 Metodología para obtención de muestras de laboratorio	14
IV RESULTADOS	20
V CONCLUSIONES	27
VI BIBLIOGRAFÍA	28
ANEXO	

Índice de Cuadros

	Pág.
1 Material físico	12
2 Días a floración de Teocintles, Híbridos y Razas Puerto Vallarta 2003-2004 (invierno).	20
3 Longitud de estigmas (en general).	21
4 Biología de polen y estigmas Puerto Vallarta 2003-2004 (invierno).	21
5 Días a floración de Teocintles, Híbridos y Razas CUCBA 2003 (Verano).	22
6 Biología de polen CUCBA 2003 (Verano).	24

Índice de Figuras

	Pag.
1 Mapa de la Republica Mexicana que nos muestra los lugares donde existe el teocintle y el maíz.	10
2 Cajas de petri con polen expuesto al medio ambiente.	16
3 Equipo de laboratorio para hacer los montajes.	17
4 Comparación de diámetros de polen de híbrido de maíz, teocintle y una población.	23
5 Comparación de diámetros y densidad de tricomas en los estigmas en teocintle, razas e híbrido de maíz.	25
6 Germinación del polen a su llegada del campo y media hora después de haber estado expuesto al medio ambiente.	26

RESUMEN.

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. El flujo genético de híbridos y variedades mejoradas modernas hacia variedades nativas de maíz se ha asociado a cambios en su estructura genética; en la mayoría de los casos la incorporación de genes favorables de las variedades mejoradas han ocasionado cambios positivos, sin embargo en ocasiones se ha llegado a la eliminación de variedades tradicionales. No existe una gran cantidad de trabajos que incluyan aspectos genéticos, ambientales y de influencia humana sobre la cantidad y dirección del flujo genético entre y dentro de especies del género *Zea*. El presente trabajo tuvo como objetivo general obtener información básica necesaria para conocer la diversidad entre los Teocintles, razas de Maíz e Híbridos en México, con respecto a la biología de polen y estigmas. La evaluación del material experimental se hizo en primavera verano e invierno del 2003-2004 en dos ciclos. Los materiales utilizados fueron alrededor de 40 híbridos comerciales, 90 poblaciones de teocintle (*Zea mays* spp. *parviglumis*, *Zea mays* spp. *mexicana* and *Zea diploperennis*) y 53 razas mexicanas de maíz. Los resultados indicaron que la longitud de estigmas en teocintle es cerca de la mitad que en el maíz (9.3 cm) con un rango de 5 cm a 17 cm. En maíz la media es de 24 cm con un rango de 17 a 30 cm, el diámetro de los estigmas en general los teocintles tienen un diámetro mayor que las razas e híbridos de maíz, el diámetro de polen tiende a seguir un patrón similar al de la longitud de estigmas; en teocintle se estimó una media de 76 micras y en maíz de 94 micras, híbridos 102 micras. Existe una gran diversidad dentro del género *Zea*, en la biología de polen y estigmas.

I INTRODUCCION.

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). Se considera que el teocintle ha tenido una gran influencia en la gran variabilidad genética y formación de las principales razas de maíz de México conocidas en la actualidad (Hancock, 1992). La presencia de híbridos naturales en poblaciones simpátricas de maíz y teocintle se ha documentado en varios estudios y se han reportado evidencias directas de flujo genético en restos arqueológicos: en Tamaulipas para el período 900-400 a.c (Mangelsdorf *et al.*, 1967) y para Mitla, Oaxaca para el período 700-500 a.c (Wilkes, 1977).

Debido entre otras cosas al sistema de reproducción que permite la hibridación natural en ambos sentidos, algunos investigadores han sugerido que hay introgresión en ambos sentidos. (Wilkes, 1970, 1977; Benz *et al.*, 1990). Por su parte otros investigadores indicaron que al parecer no hay introgresión (Kato, 1984) entre maíz y teocintle en ambos sentidos o es muy reducida (Doebley, 1990, Kato, 1996) y no se sabe con precisión hasta que punto ha participado en la formación de las razas de maíz.

El flujo genético de híbridos y variedades mejoradas modernas hacia variedades nativas de maíz se ha asociado a cambios en su estructura genética; en la mayoría de los casos la incorporación de genes favorables de las variedades mejoradas han ocasionado cambios positivos, sin embargo en ocasiones se ha llegado a la eliminación de variedades tradicionales. La incorporación del maíz transgénico a la práctica agrícola en diferentes partes del mundo y su rápida adopción, ha generado múltiples preguntas referentes al posible impacto del flujo genético hacia variedades nativas y especies silvestres emparentadas. A pesar de 10 años de reuniones y discusiones, el debate sobre los impactos potenciales de la introgresión de transgenes en las especies de *Zea* en México continúa tal y como se inició en 1995. A pesar de que es difícil de evaluar el impacto a largo plazo de los

maíces modificados genéticamente sobre las razas de maíz y teocintle en México, los transgénicos podrían ser considerados una amenaza más.

No existe una gran cantidad de trabajos que incluyan aspectos genéticos, ambientales y de influencia humana sobre la cantidad y dirección del flujo genético entre y dentro de especies del género *Zea*. Entre los más sobresalientes se puede mencionar el de Luna *et al.*, (2001), quienes llevaron a cabo estudios para determinar la distancia apropiada para aislamiento de lotes de producción de semilla de maíz en Tapachula, Nayarit. Los resultados de estos estudios mostraron que existió muy poco cruzamiento a 100 m y que no se detectaron contaminaciones a distancias mayores de 200 m. Con base en el fenómeno de *Xenia*, otros estudios han mostrado (Castillo and Goodman 1996; Louette 1997), que los niveles de flujo genético en maíz pueden ser hasta de un 60% en surcos contiguos, sin embargo, el flujo disminuye con el incremento de la distancia de tal manera que es raro encontrar cruzamientos a distancias mayores de 32 m. Por otra parte, el viento y las condiciones atmosféricas al momento de la liberación del polen se han considerado como factores críticos que afectan el movimiento y la longevidad del polen (Luna *et al.* 2001; Baltazar y Schoper 2001, 2002).

Con el fin de avanzar en el conocimiento de la diversidad genética relacionada con la longevidad del polen y estigmas y algunos otros aspectos morfológicos como longitud de estigmas y diámetro de polen, Baltazar *et al.*, (2003) encontraron que, de manera general, los granos de polen del teocintle son de menor tamaño (76 micras) que los del maíz (103 micras), lo cual es un indicador de menor contenido de agua y menor resistencia a la desecación en condiciones atmosféricas secas. Lo anterior pudo comprobarse al exponer polen de maíz y teocintle a condiciones atmosféricas durante diferentes períodos de tiempo.

El polen de maíz permanece viable entre una y dos horas como lo señala Luna *et al.* (2001), sin embargo el de teocintle pierde turgencia después de 15 minutos y muere en aproximadamente 60 minutos (Baltazar *et al.*, 2003). Lo anterior

se llevó a cabo con un número reducido de poblaciones de maíz y teocintle, solo se hicieron observaciones microscópicas y no se llevaron a cabo pruebas de germinación del polen. A pesar de lo anterior, se pudo observar una gran variación en lo que respecta a longitud de estigmas, diámetro de polen y resistencia a la desecación del polen.

Otros trabajos publicados involucran estudios sobre tamaño de polen y fertilidad en teocintle, maíz e híbridos maíz x teocintle, todos ellos, incluyeron un número reducido de poblaciones (Corcuera *et al.*, 1991).

1.1 Objetivo.

El objetivo de este estudio fue el de estimar la diversidad entre las razas de *Zea* e híbridos comerciales de maíz en México, con respecto a la biología de polen y estigmas.

II REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.

2.1 EL MAÍZ.

Es una planta anual, herbácea, que alcanza generalmente de 2 a 4 metros de altura. Raíz fibrosa, tallo cilíndrico, angostado y ligeramente aplanado en la extremidad como macizo, nudoso, con entrenudos de unos 15 a 20 cm de largo, de superficie estriada longitudinalmente verde, lisa y brillante. Las hojas son en número de 8 a 16, son alternas, eintiformes, agudas, envainantes y con nervaduras paralelas. La vaina cubre el entrenudo inmediato inferior, de manera que el tallo en toda su longitud esta cubierto por vainas.

Es una planta monoica con las flores masculinas en la extremidad del tallo y las femeninas en diferentes nudos protegidos por las vainas.

La estructura floral consta de un eje principal y en cada una de sus ramificaciones al igual que en el extremo del eje se ven por pares dos estuches bifloros uno pedunculado y el otro casi sésil. En cada estuche hay dos flores que maduran en plazos diferentes, los estambres de flores que maduran primero llevan un filamento muy largo con antera insertada en un punto del dorso cerca de una de sus extremidades por lo que son muy movibles. Mientras que las externas (las ultimas en madurar) tienen filamentos más cortos. La antera madura consta de dos cavidades cilíndricas con una abertura oblicua por donde se escapa el polen, el cual es muy abundante.

El grano de polen es relativamente grande, visible, de color amarillo y de forma esférica, este es quien fecunda al óvulo.

Los estigmas están protegidos por bracteas que en conjunto forman la espata de la mazorca, cada florecita lleva seis envolturas que protegen a un ovario que se

continúa con un largo estilo (15 cm de largo). El tamaño de la mazorca (fruto), el color de los granos, la abundancia de estos, etc. son sumamente variables y depende de la variedad del maíz de que se trate, las condiciones de clima y terreno, etc.

Esta planta es cultivada casi en todo el continente desde tiempo inmemorial, los conquistadores la llevaron a España y de ahí pasó a otras regiones de Europa, en la actualidad se cultiva en casi todas las regiones cálidas y templadas del mundo, hasta los 54° de latitud y constituye la base de la alimentación en la mayoría de los pueblos de América.

2.2 ORIGEN.

De acuerdo con muchos autores Harlan y de Wet (1971), Kato (1976,1984), Galinat (1978), Beadle (1980), Iltis (1983), y Doebley (1983), el teocintle es el ancestro del maíz y las diferencias en la estructura de estas especies han aparecido a través de la domesticación.

El maíz se origina de una especie tropical de teocintle anual *Zea mays* ssp. *parviglumis* (Matzuoka *et al.*, 2002).

2.3 EL TEOCINTLE.

El teocintle, considerado el pariente más cercano del maíz, se le ha atribuido una gran importancia en el incremento de la variabilidad y la formación de las principales razas de maíz en México (Wellhausen *et al.*, 1951; Mangelsdorf y Reeves, 1959; Mangelsdorf, 1974; Wilkes, 1979)

Además de la importancia del Teocintle en la evolución y mejoramiento del maíz, se le ha considerado desde el siglo pasado (López y Parra, 1908; Wilkes, 1967), como una especie de gran potencial forrajero en la alimentación animal para las regiones tropicales y subtropicales en base a estudios de calidad y potencial de rendimiento y a sus mecanismos primitivos de dispersión y establecimiento.

2.4 DISTRIBUCIÓN DEL TEOCINTLE.

La distribución del teocintle en México se extiende desde la porción sur de la región cultural conocida como Aridamérica, en la Sierra Madre Occidental del Estado de Chihuahua y Valle de Guadiana en Durango, hasta la frontera con Guatemala incluyendo prácticamente toda la porción occidental de Mezo América. En las diferentes regiones de México existen poblaciones de teocintle con características morfológicas y genéticas que permiten su diferenciación. Un aspecto que cabe resaltar en relación con la distribución geográfica de teocintle, es que las poblaciones no tienen una distribución uniforme, sino que hay condiciones específicas de clima, suelo e influencia humana, donde es posible localizarlas.

Entre los informes más antiguos sobre la existencia de teocintle, se encuentra el de Carl Lumholtz (1902), quien en su libro *México Desconocido (Unknown Mexico, Vol. I, página 429)*, escribió: "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”.

La información de Nabogame ha sido confirmada por diversos recolectores; como Collins, Kempton y Stadelman en 1937 visitaron la Sierra Madre Occidental en Chihuahua y localizaron teocintle en Cerro Prieto y Nabogame. Sin embargo, en lo que respecta a Cerro Prieto, localidad situada en el noroeste del estado de Durango, esta población fue redescubierta hasta principios de la década de 1980 (Doebley, 1983), pese a los esfuerzos por localizarla durante la década de 1960.

Posteriormente otros recolectores encontraron teocintle en diferentes partes de la república, algunos en sus viajes a México además de visitar el lugar citado por Carl Lumholtz (1902), también recolectaron en otras partes de México; como, Collins (1921), López y Parra (1908), señalan que el teocintle existía en varios lugares de la República Mexicana; entre otros, en la parte oriental de Chalco, en el estado de México, creciendo en las faldas del volcán Popocatepetl; en gran parte del estado de Chiapas; en las inmediaciones de la ciudad de Guadalajara, Jalisco en un lugar conocido como “Barranca Chica”; en Morelón dentro del estado de Guanajuato y en algunos lugares del estado de Sonora. Collins (1921), en el estado de Jalisco encontró el teocintle perenne en el mismo sitio mencionado por Hitchcock en 1910, es decir 1.6 km al sur de la estación del tren de Zapotlán (hoy Ciudad Guzmán).

Bukasov (1926), con la finalidad de conocer las regiones en que se encontraba el teocintle en México, visitó diversas regiones y concluyó que en el norte

del país había poco, y que de acuerdo con la literatura disponible, existía más en Durango, San Luis Potosí, Valle de México, Guanajuato, Jalisco, Hidalgo y Chiapas.

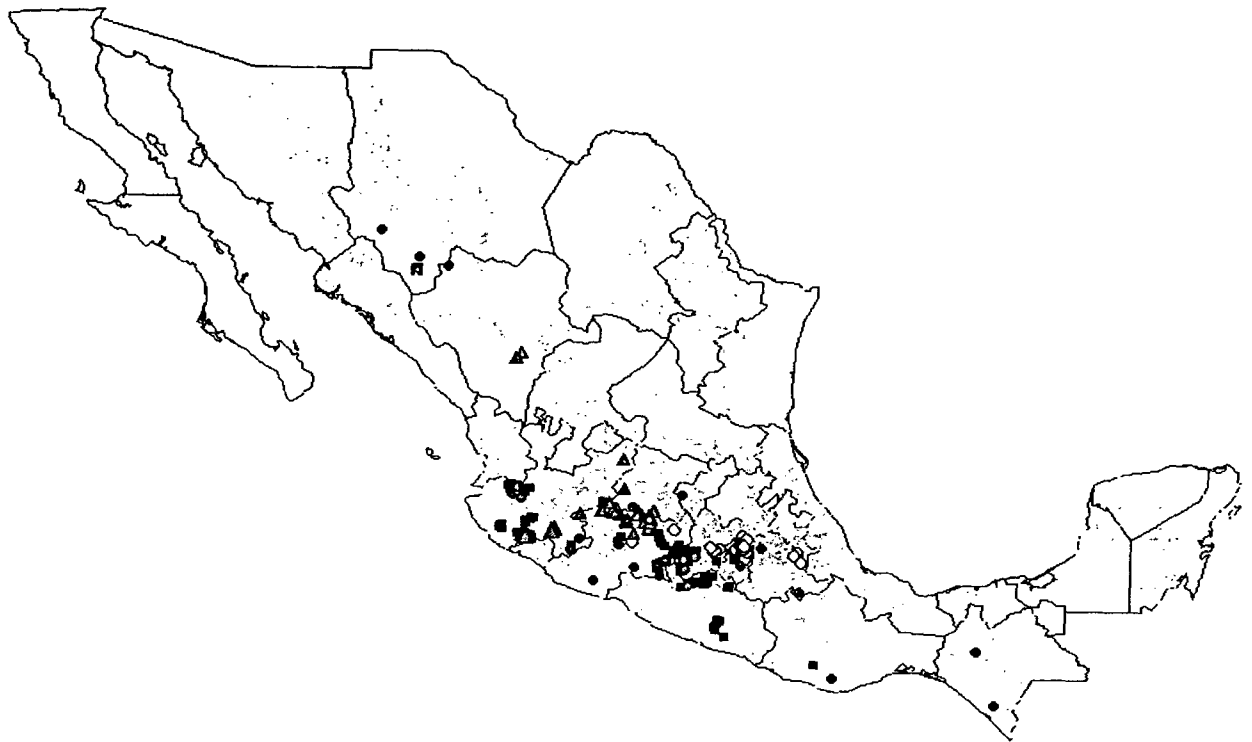
Wellhausen *et al.* (1951) presentaron un mapa de la distribución del teocintle en México pero desafortunadamente no hay texto alguno que acompañe al mapa ni se señalan en forma precisa las localidades de ocurrencia del teocintle.

(Wilkes, 1967; 1977 y 1985) adicionalmente a sus colecciones, preparó un mapa en que se muestran los sitios de ocurrencia de teocintle desde el sureste de Honduras hasta el norte de México. Para algunos de los puntos no se menciona la localidad.

Como resultado de sus exploraciones de 1977 a 1980, Guzmán (1982) presentó la distribución del teocintle en el estado de Jalisco, en la cual se señalan cinco localidades para *Zea diploperennis*, cuatro para *Zea perennis* y siete para teocintles anuales.

Wilkes (1986) comunicó el redescubrimiento de teocintle en el estado de Oaxaca en dos localidades: (a) Loxicha, también conocida como San Agustín Loxicha —debido a la muestra de herbario del botánico danés Fredrick Liebmann en 1842—, aquí la población de teocintle es pequeña, de menos de 2 km y fue recolectada en las cercanías de Loxicha a una altitud de 1200 m, y (b) en las cercanías de San Pedro Juchatengo a una altitud de 1150 m, la cual fue descubierta en 1985 por José M. López del Colegio de Postgraduados (Hernández X., 1987).

Desafortunadamente, en la mayoría de los informes antiguos disponibles en la literatura, no se mencionan localidades específicas ni se presentan mapas que permitan ubicar las poblaciones de teocintle. En los casos de los estados de Chiapas, Sonora, Hidalgo, San Luis Potosí y la “Barranca Chica”, en las inmediaciones de la ciudad de Guadalajara, en el estado de Jalisco, a pesar de los esfuerzos de diferentes colectores, hasta el momento no se ha tenido éxito ni se cuenta con información que permita localizar poblaciones de teocintle en dichos estados.



- ▲ *Zea perennis* y *Zea diploperennis* *Z. mays* ssp. *mexicana*
- ▲ Mesa Central
- Nobogame
- Chalco
- Balsas
- Herbarios.

Figura 1 Mapa de la Republica Mexicana que nos muestra los lugares donde existe el Teocintle y el Maíz.

III MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Material genético.

En experimentos previos al presente estudio, se estimó la viabilidad de polen en el híbrido P-3394 y a partir de 2001 se iniciaron trabajos sobre longevidad del polen, elongación de estigmas y sincronía de floración de varias razas de maíz y dos poblaciones de teocintle. A partir de febrero de 2003 se iniciaron trabajos tratando de incluir la mayor parte de diversidad del género *Zea* de México. Durante los ciclos de invierno 2003 y 2004 en Puerto Vallarta y verano 2003 en el CUCBA se han estudiado alrededor de 40 híbridos comerciales, 90 poblaciones de teocintle (*Zea mays* spp. *parviglumis*, *Zea mays* spp. *mexicana* and *Zea diploperennis*) y 53 razas mexicanas de maíz.

3.2 Material físico utilizado.

En el cuadro (cuadro1), se enlistan los materiales que se utilizan en campo para la colecta de las muestras de polen así como los materiales que se utilizan en laboratorio y el equipo de cómputo que contiene el programa que se utiliza para realizar los montajes de polen y estigmas.

CAMPO Y LABORATORIO		EQUIPO
Bolsa de papel No 404 Bolsa de papel	Escalímetro	
Bolsa de papel No400	Maya tipo 100	Equipo PC
Etiquetas y marcador	Mandil para polinizar	Microscopio Zeiss Axiostar Plus
Clips	Cajas de petri	Cámara Zeiss Axiocam MRc
Cinta	Porta objetos	Programa de análisis AxioVision 4.1.
Goteros	Medio de cultivo Walden	Termómetro digital ambiental modelo 63-1013

3.2 (Cuadro 1) Material físico para el muestreo y el laboratorio.

3.3 Localización de la zona de estudio.

La evaluación del material experimental se hizo en primavera verano e invierno del 2003-2004 en dos ciclos; para ciclo de Primavera-Verano la evaluación se realizó en el estado de Jalisco en la localidad de Zapopan (1675 msnm, 20° 45' de latitud Norte y 103° 31' de longitud Oeste), en los campos experimentales del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara (U de G), en el ciclo Otoño-Invierno (2003 – 2004) se efectuó en Nayarit en la localidad de Bahía de Banderas (26 msnm, 20° 40' de latitud Norte y 105° 55 de longitud Oeste) en el Centro de Investigación de la empresa Pioneer Hi-Bred México, S.A. de C.V.

3.4 Desarrollo y conducción de los experimentos.

La unidad experimental en ambos ambientes de evaluación fue de dos surcos de 5.0 m de largo separados a 0.80 m, con un número de 25 plantas por parcela.

El manejo agronómico de los experimentos se hizo siguiendo las recomendaciones técnicas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y las propias de la empresa PIONEER para el cultivo del maíz y el Teocintle en cada uno de los ambientes de evaluación.

3.5 Variables en estudio.

Los datos de las variables medidas en campo por parcela, se tomaron de acuerdo con el instructivo de Ron y Ramírez (1991) y fueron: número de días a floración masculina, número de días a floración femenina, altura de planta.

Floración masculina: Se cuantifico los días desde la siembra hasta que el 50% de plantas de la parcela experimental liberen polen.

Floración femenina: Días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela exponen sus estigmas con una longitud mínima aproximada de 3 cm.

Altura de planta: Se tomó la altura en centímetros de cinco plantas con competencia completa sobre el surco; midiendo desde el ras del suelo hasta la lígula de la última hoja.

3.5.1 En laboratorio se obtuvieron las variables.

Diámetro de grano de polen. Medida en micras promedio de diámetro mayor de 10 granos de polen viables en cada parcela

Porcentaje de granos de polen viable. Estimación basada en la apariencia del polen al momento de ser colectado y expuesto a condiciones atmosféricas durante dos horas. Las lecturas se llevarán a cabo cada 30 minutos.

Longitud de estigma. Medida en cm. de los estigmas completamente desarrollados.

Diámetro del estigma. Medida del diámetro del estigma en micras.

3.6. Metodología para obtención de muestras de laboratorio.

La captura y montaje de polen.

Para realizar la toma de las muestras de polen se estableció realizar las colectas a una hora específica esto para que todos los materiales tuvieran las mismas condiciones ambientales, la hora de la obtención de las muestras es a las (9:45 am.), tal como lo señala Luna *et al.* (2001), ya que las condiciones ambientales son las ideales para el desprendimiento del polen de las anteras.

Para llevar a cabo las colectas de las muestras de polen se requiere de personal con experiencia en polinizaciones controladas.

En campo por lo menos con treinta minutos de anticipación a la hora señalada por Luna *et al.* (2001), se colocan de tres a cuatro bolsas de papel muestreando así de tres a cuatro plantas por parcela, adicionalmente a este procedimiento se muestrea las flores femeninas tomando dos jilotes (flores femeninas) por material.

La selección de las tres a cuatro espigas las cuales proporcionarán el polen para la muestra, se debe de hacerse cuidadosamente; pues de ello depende una buena selección del polen, para esto se escogen las espigas más jóvenes de cada material o que la floración se encuentre en un 25% a 50%.

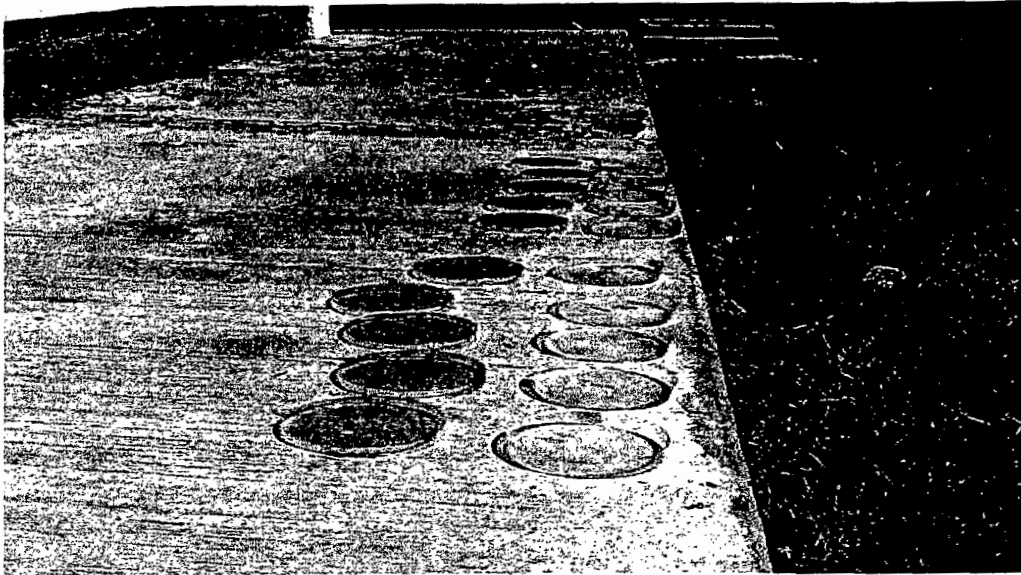
Esto se realizó en maíces así como en los teocintles con la diferencia que en estos últimos muchas de las veces se utiliza una bolsa más pequeña, debido a que

se puede dañar el pedúnculo de la espiga el cual es muy delgado y frágil, incluso en muchos de los casos se utilizo bolsas de papel mas pequeñas; las bolsas que cubren las espigas se identifican con el número de la parcela o nombre del material, esto para su mejor manejo e identificación en su traslado y manipulación en el laboratorio en donde se llevan a cabo los montajes.

A los quince minutos para las diez de la mañana tal como lo señala Luna et al. (2001), se inicia las colectas, primero se registra la temperatura y humedad ambiental con el termómetro digital ambiental, estos datos son colocados en una base de datos, inmediatamente después se comienza con la colecta de las muestras, esto es muy sencillo primero se le dan unos suaves golpes a la bolsa con la espiga dentro para que las anteras suelten el polen maduro, al término de la colecta de todas las muestras estas son llevadas al laboratorio junto con los estigmas.

Una vez en el laboratorio las bolsas de cada material, se proceden a concentrar el polen en una sola bolsa para tener un mejor manejo de las muestras, posteriormente el polen es filtrado a través de una malla tipo 100 -150 micras para poder quitar las impurezas (anteras insectos etc.) que trae la muestra y así poder dejar polen limpio, el polen es colocado en cajas de petri, que previamente fueron identificadas con el número de parcela y el material muestreado el cual contiene las bolsas, cabe señalar que para una mejor manipulación así como tener mayor eficiencia se recomienda manejar no más de cinco a siete muestras.

La cantidad de polen obtenido por muestra varía en cada material, pero en general los teocintles así como los maíces producen una cantidad suficiente de polen, para nuestros fines con la cantidad que se obtiene de las bolsas es suficiente para realizar las exposiciones y llevar acabo la prueba de germinación del polen, (tal como lo podemos apreciar en la (figura 2).



Figura, 2 Cajas de petri con polen expuesto al medio ambiente.

Una vez que el polen esta limpio y bien identificado en las cajas de petri se enciende el equipo de trabajo, la PC Alaska y el microscopio Zeiss Axiostar Plus en la PC se selecciona el programa (programa de análisis AxioVision 4.1.), los cuales que nos permitirán realizar los montajes.

Del polen limpio que se encuentra en las cajas de petri, se procede a realizar los montajes, primero se coloca una pequeña cantidad de polen en un portaobjetos, ya que si realizamos montajes directamente sobre la caja de petri debido a la naturaleza del material plástico el cual esta hecha la caja esta no permite una resolución apropiada como la que se obtiene con el portaobjetos (figura 3).

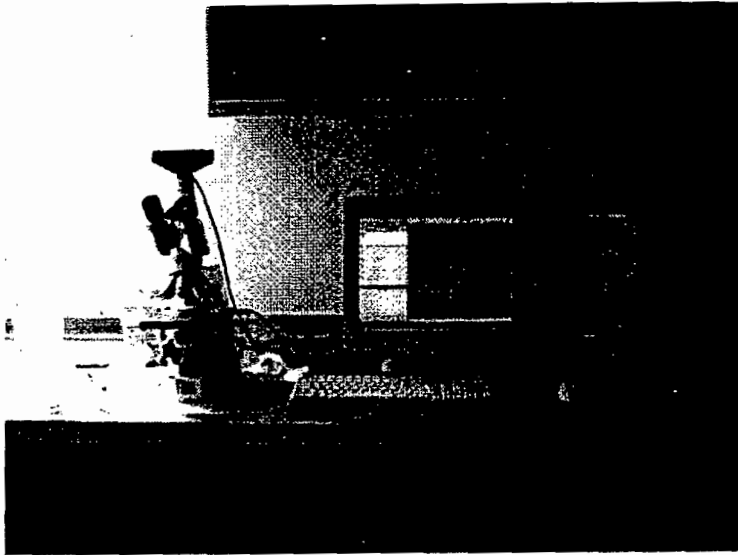


Figura. 3 Equipo de laboratorio para hacer los montajes.

El portaobjetos con el polen es colocado sobre la platina del microscopio primero se inicia, la búsqueda de los campos con el objetivo 10X, con este objetivo se localizan dos campos diferentes, al encontrar estos campos se realiza el montaje de cada uno tomando así una fotografía por cada campo.

Cada montaje es identificado con el nombre del material, la hora en que se hace, así como el objetivo con el cual fue tomado el montaje, estos datos son almacenados en disco de la computadora, posteriormente es utilizado el objetivo 20X, de igual manera que el anterior pero con este objetivo se buscan dos campos procurando que cada campo tenga de cinco a seis granos de polen, para un total de 10 – 12 granos de polen, en campos que tenían menos de los cinco granos de polen en cada montaje se realizaron montajes adicionales hasta el obtener una cantidad de 10 a 12 granos de polen. En total realizaron cuatro montajes con diferentes objetivos los cuales dos se hicieron utilizando el objetivo de 20X y dos con el objetivo 10X.

Al término de los cuatro montajes por cada muestra las cajas de petri con el polen son expuestas a condiciones ambientales naturales similares, a las que se

encuentran en el campo (como a la radiación solar, humedad, temperatura, viento, etc.).

El periodo de tiempo en el cual las cajas de petri con el polen permanecieron expuestas a las condiciones ambientales es por intervalos de tiempo de 30 minutos.

Cuando las cajas con el polen cumplen el tiempo de 30 minutos expuestas a las condiciones ambientales, son llevadas al laboratorio para hacer dos montajes más, los cuáles se realiza únicamente con el objetivo 10X, la cantidad de veces que se repita este proceso en donde el polen es expuesto a condiciones ambientales y luego es trasladado al laboratorio de nuevo para hacer mas montajes dependerá de la apariencia del polen.

Los montajes realizados nos servirán para la medición del diámetro del polen, esta medición se realiza posteriormente en la fotografía, por que al realizar las mediciones directamente sobre el polen en vivo se pierde mucho tiempo y el polen puede comenzar a perder turgencia.

Germinación de polen.

Cuando el polen se llevo al laboratorio y es filtrado para limpiarlo de los residuos de anteras se hizo la germinación en un medio de cultivo con base en el protocolo propuesto por Walden (1996), esta prueba se hace para comprobar que el polen este viable, se realiza a la par con los montajes de polen.

En cajas de petri son colocadas tres gotas o 100 μ lts de medio de cultivo, con un gotero, después se esparce una pequeña cantidad de polen procurando que los granos de polen cubran por completo al medio.

El polen una vez que es esparcido en el medio de cultivo se dejo reposar durante 40 a 45 minutos, tiempo en que tardan los granos de polen en germinar, al

termino del tiempo se coloco la caja de petri sobre la platina para realizar dos montajes con el objetivo 5X los dos son registrados con el nombre del material y el objetivo que se utiliza, se guardan en el disco de la PC. La germinación del polen se realizo, a la llegada el polen del campo y después de cada intervalo de tiempo en que el polen sale para ser expuesto a condiciones ambientales y este de nuevo regresa al laboratorio, las repeticiones de este trabajo se hicieron de igual manera que los montajes del polen pues es con esta prueba con la que se comprueba si el polen es viable o no y a que tiempo pierde la viabilidad.

Montaje de estigmas.

Para la realización de los montajes de los estigmas, son colectaron dos jilotes (flor femenina) por material, estos son colectados cuando se terminan de colocar las bolsas para las muestras de polen y son llevados al laboratorio para realizar los montajes y tomar la medición de su longitud.

Se tomaron fotografías para estimar el diámetro y densidad de tricomas, esto se hizo en maíces y teocintles, la colecta de los jilotes se procuro tomar aquellos que estuvieran al 50% de avance receptivo de la floración femenina, se hizo un montaje por cada estigma, utilizando el objetivo 5X.

Los dos jilotes colectados son llevados al laboratorio, se retiraron todas las brácteas del jilote quedando únicamente los estigmas y el olote; los dos estigmas son medidos en su longitud total. Después se hicieron los montajes, los estigmas son colocados en un portaobjetos, el cual se coloca sobre la platina del microscopio, con el objetivo 5X se anoto en la maquina el nombre del material así como el objetivo utilizado, todo esto para un mejor manejo e identificación posterior.

En las fotografías posteriormente se hacen las mediciones de diámetro del estigma y ver la densidad de los tricomas, esto se hizo en los teocintles y maíces.

IV. RESULTADOS.

Durante el ciclo de invierno 2002-2003 en Puerto Vallarta, se obtuvo información sobre días a floración, diámetro de polen, longitud de estigmas y estimación preliminar de reacción del polen a condiciones atmosféricas en 65 poblaciones de teocintle, 11 razas de maíz y un híbrido de los EUA.

En el (cuadro 2) podemos ver las floraciones. El teocintle de la raza Nabogame (*ssp. mexicana*) inició su floración 35 días después de la siembra, mientras que el de Villa Purificación, Jalisco inició la floración masculina a los 81 días después de la siembra. En la raza Chalco (*ssp. mexicana*) la floración ocurrió entre 50 y 58 días, mientras que en la raza Mesa Central (*ssp. mexicana*) entre 49 y 63 días. El caso de la *ssp. parviglumis* es interesante ya que en las poblaciones cercanas a Guachinango, Jal. y Amatlán de Cañas, Nay. La floración (50%) ocurre entre los 50 y 60 días (similar a *ssp. mexicana*), sin embargo, para el resto de la *ssp. parviglumis* el rango observado es de 70 a 95 días. Es importante señalar que a fin de lograr sincronía en floración se requerirán varias fechas de siembra.

Genero <i>zea</i>	Número de Entradas	Especies	Razas	FM inicio	FF inicio	FM (50%)	FF (50%)	AP
Teocintle	65	<i>Zea spp.</i>		57	56	64	63	1.37
	29	<i>ssp. Parviglumis</i>	Balsas	65	65	75	75	1.25
	9	<i>ssp. Mexicana</i>	Chalco	52	51	57	56	1.45
	27	<i>ssp. Mexicana</i>	Mesa Central	48	47	53	53	1.5
Híbrido	1	<i>ssp. Mays</i>				61	61	2.4
Razas de maíz	11	<i>ssp. Mays</i>				60	63	2.3

Cuadro 2. Días a floración de Teocintles, Híbridos y Razas de maíz en Puerto Vallarta 2003-2004 (invierno).

FM inicio = Días a Floración masculina inicial.

FF inicio = Días Floración femenina inicial.

FM 50% = Días Floración masculina al 50%.

FF 50% = Días Floración femenina al 50%.

AP = Altura de planta (m).

En el (cuadro 3) podemos ver las medias y los rangos de los estigmas, en forma general se encontró que la longitud de estigmas de los teocintle tienen una media de (9.3 cm.) que es cerca de la mitad de los estigmas de maíz los cuales tienen una media de (24 cm), los híbridos de maíz presentaron una media de (30cm).

Material	Longitud estigmas	
	Media	Rango
Teocintle	9.3 cm.	5cm. a 17cm.
Razas de maíz	24 cm.	17 cm. a 30 cm.
Híbridos de maíz	30cm	27 cm. a 33 cm.

Cuadro 3: longitud de estigmas (en general).

El diámetro de polen como se ve en el (cuadro 4) tiende a seguir un patrón similar al de la longitud de estigmas; en teocintle se estimó una media de 76 micras y en maíz de 94 micras, híbridos 102 micras.

Región	Número de Entradas	Especies	Razas	LE	DP
Teocintle	65	<i>Zea spp.</i>		9.3	76.1
	29	<i>ssp. parviglumis</i>	Balsas	8.5	77.5
	9	<i>ssp. mexicana</i>	Chalco	9.8	76.3
	27	<i>ssp. mexicana</i>	Mesa Central	10	74.8
Híbrido de maíz	1	<i>ssp. mays</i>		30	103
Razas de maíz	11	<i>ssp. mays</i>		24	94.1

Cuadro 4. Biología de polen y estigmas Puerto Vallarta 2003-2004 (invierno).

LE = Longitud de estigma (cm.).

DP = Diámetro de polen (μ m).

Durante el ciclo de verano 2003 en terrenos del CUCBA se sembraron 88, poblaciones de teocintle, 40 híbridos adaptados a Jalisco y 14 poblaciones de maíz; se llevaron a cabo el mismo tipo de mediciones descritas anteriormente, excepto longitud de estigmas. De nuevo, el teocintle raza Nobogame (*ssp. mexicana*) fue el más precoz iniciando floración a los 57 días, mientras que el de Villa Purificación, Jalisco fue el más tardío iniciando la floración masculina a los 121 días. La floración femenina en teocintle raza Chalco (*ssp. mexicana*) ocurrió entre 73 y 77 días, mientras que en la raza Mesa Central (*ssp. mexicana*) entre 77 y 86 días. Para las poblaciones de la *ssp. parviglumis* el rango de floraciones fue entre 93 a 125 días se observa en el (cuadro 5).

Genero Zea	Especies	N	FM		FF		AP
			Inicio	50%	Inicio	50%	
Teocintle	Zea spp.	88	87	94	87	95	208
Balsas Teocintle	<i>ssp. parviglumis</i>	46	101	108	102	109	176
Chalco Teocintle	<i>ssp. mexicana</i>	11	69	75	68	73	251
Mesa Central Teocintle	<i>ssp. mexicana</i>	27	73	80	73	81	250
Nabogame Teocintle	<i>ssp. mexicana</i>	2	57	63	59	62	181
Teocintle perenne	<i>Zea diploperennis</i>	2	101	111	97	106	176
Maíz	Zea mays	54	72	76	73	76	261
Híbrido de maíz	<i>ssp. mays</i>	40	72	76	72	75	264
Raza de maíz	<i>ssp. mays</i>	11	72	78	77	81	254
CIMMYT poblaciones	<i>ssp. mays</i>	3	74	78	73	77	243

Cuadro 5. Días a floración de Teocintles, Híbridos y Razas CUCBA 2003 (Verano).

FM inicio = Días a Floración masculina inicial.

FF inicio = Días Floración femenina inicial.

FM 50% = Días Floración masculina al 50%.

FF 50% = Días Floración femenina al 50%.

AP = Altura de planta (m).

Con respecto a diámetro de polen que se muestra en (figura 4), se observó una gran diversidad. En maíz, tanto las razas como los híbridos mostraron tamaño similar (103 micras), mientras que en teocintle fue de menor tamaño (83 micras). El rango en diámetro de polen en la *ssp. parviglumis* fue de 77 a 84 micras, de 82 a 92 micras en la *ssp. mexicana*, y de 77 micras en *Zea diploperennis*.

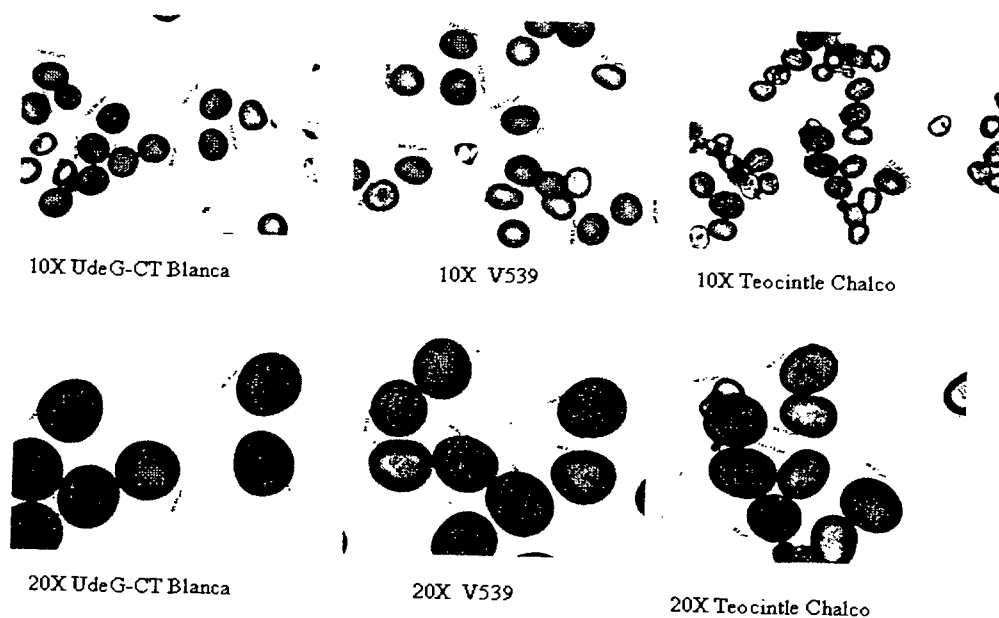


Figura 4 Comparación de diámetros de polen de híbrido de maíz, teocintle y población.

El efecto de exponer el polen durante cierto tiempo a condiciones atmosféricas se estimó contando el número de granos deshidratados. Esta información trata de estimar las variaciones en longevidad entre subespecies con base en la metodología de Luna *et al.*, 2001. Al tiempo de recolectar el polen (9:45 am) de 10 al 70% de los granos del teocintle ya estaban deshidratados. La situación más crítica se presentó en *Zea diploperennis* y en la raza Balsas. El teocintle de Chalco y el maíz mostraron los valores más altos de "longevidad" a través de los diferentes tiempos de exposición, lo podemos ver en el (cuadro 6).

Genero <i>Zea</i>	Especies	DP	% de Polen hidratado			
			tiempo 0	tiempo 2	tiempo 3	
		N	No exp.	30 min	60 min.	
Teocintle	<i>Zea spp.</i>	88	83.27	78.92	20.71	6.01
Balsas Teocintle	<i>ssp. parviglumis</i>	46	81.71	74.75	11.73	0.61
Chalco Teocintle	<i>ssp. mexicana</i>	11	87.46	90.07	50.25	22.87
Mesa Central Teocintle	<i>ssp. mexicana</i>	27	84.43	83.18	23.90	8.42
Nabogame Teocintle	<i>ssp. mexicana</i>	2	83.24	94.55	23.92	0.00
Teocintle perenne	<i>Zea diploperennis</i>	2	77.42	31.96	0.47	0.00
Maíz	<i>Zea mays</i>	54	102.67	86.08	40.35	15.20
Híbrido de maíz	<i>ssp. mays</i>	40	102.73	86.63	42.21	16.35
Raza de maíz	<i>ssp. mays</i>	11	102.12	82.02	33.16	9.71
CIMMYT poblaciones	<i>ssp. mays</i>	3	103.86	93.61	41.99	20.04

Cuadro 6 Biología del polen CUCBA 2003 (Verano).

DP = Diámetro de polen (μm).

En lo que se refiere al diámetro de los estigmas (figura 5) se observó en los dos ambientes que existe una gran variabilidad en diámetros de los estigmas así como en la densidad de los tricomas. El estigma de los híbridos tiene un diámetro menor (380.46 micras) por su parte las razas de maíces se encuentran en la parte intermedia entre los teocintles y los híbridos de maíz con un diámetro de (540.14) y los teocintles tiene una media (571.27micras), aunque el teocintle nobogame presento el diámetro mayor con (703.21micras).

En la (figura 5) podemos observar que en la densidad de tricomas se presenta el mismo caso que en diámetro de polen, de nuevo los teocintles presentan una densidad mayor, las razas de maíz se encuentran en la parte Intermedia mientras que los híbridos de maíz son los que tienen una baja densidad de tricomas.

Características de Tricomas en especies Zea

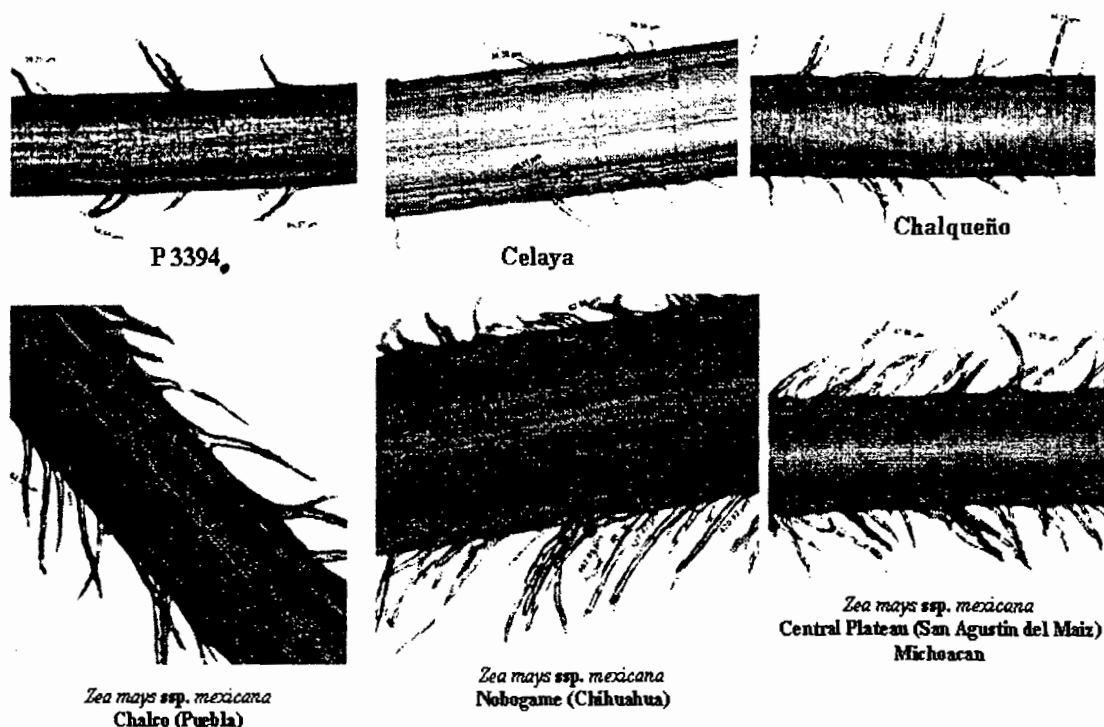


Figura 5 Comparación de diámetros y densidad de tricomas en los estigmas en teocintle, razas e híbrido de maíz.

En los teocintles y maíces al realizar la germinación del polen se encontró que existe una relación en cuanto a la apariencia del polen con la germinación en el medio de cultivo. Como se puede ver en la fotografía (figura 6), el polen a su llegada el polen del campo se encuentra totalmente hidratado y en la prueba de la germinación se puede apreciar que coincide en el porcentaje de granos de polen germinados, el polen expuesto durante treinta minutos el porcentaje de granos de polen hidratados disminuye y en la prueba de germinación se puede comprobar que esta relación coincide con la apariencia del polen. Si el polen una vez que pierde la apariencia de un polen normal esto es hidratado y este posteriormente se vuelve a rehidratar en el medio de cultivo se encontró que es muy difícil que germine, comprobando así que el polen ya no es viable.

Zea mays ssp. mays (Elotes conicos-Puebla)

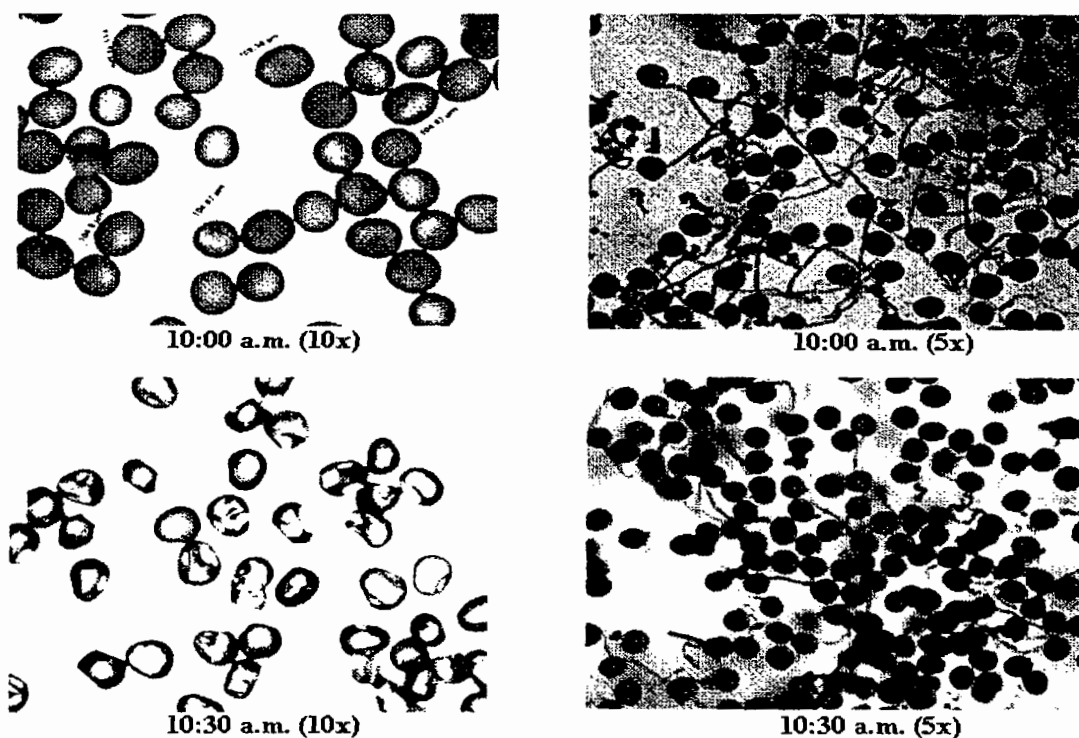


Figura 6 Germinación del polen a su llegada del campo y media hora después de haber estado expuesto al medio ambiente.

V. CONCLUSIONES.

Existe una gran diversidad en ciclo biológico, altura de planta, longevidad y tamaño del polen, y tamaño de estigmas entre las razas y especies de Zea.

Las condiciones ambientales tienen una gran influencia en la longevidad y viabilidad del polen para los dos ambientes de trabajo.

El polen del teocintle expuesto a condiciones ambientales, pierde en muy poco tiempo la viabilidad, en comparación con el maíz.

Los estigmas del maíz son más largos en comparación con el teocintle, mientras que la densidad de tricomas del teocintle es mayor.

No se ha tenido respuesta en germinación del polen después de perder turgencia.

VI. BIBLIOGRAFIA.

Aguirre G., C.D. 1977. Competencia entre el polen del maíz y de teocintle durante la fecundación. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Baltazar, B.M., and Schoper, J.B. 2001. Maize Pollen Biology, Pollen Drift and Transgenes. Proceedings of the 56th Corn & Sorghum Seed Research Conference. Chicago, Ill. December, 5-7- 2001.

Baltazar, B.M., and Schoper, J.B. 2002. Crop-to-crop gene flow: Dispersal of transgenes in maize, during field tests and commercialization. Proceedings of the 7th International Symposium on the Biosafety of Genetically Modified Organisms. Beijing, China. October 10-16, 2002.

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 Biosseguranca. III Simposio Latino Americano de Productos Transgénicos. 24 a 27 de Setembro de 2003. Recife, Brasil.

Beadle G.W. 1980. The ancestry of corn. *Science Am.* 242:112-119.

Benz, B.F., L.R. Sánchez V. and F.J. Santana M. 1990. Ecology and ethnobotany of *Zea diploperennis*: preliminary investigations. *Maydica* 35: 85-98.

Bukasov, S. 1926. Un híbrido de maíz y *Euchlaena mexicana*. Sobretiro de México Forestal. p. 38.

Carl Lumholtz (1902), quien en su libro México Desconocido (Unknown Mexico, Vol. I, página 429).

Collins, G.N. 1921. Teosinte in Mexico. *J. Hered.* 12: 339-350.

Castillo, G. F., and Goodman, M. M. 1997. Research on gene flow between improved land races. pp. 67-72. *In* Serratos, J. A., Willcox, M. C., and Castillo-Gonzalez, F (ed.) 1997. Proceedings of a forum "Gene flow among maize landraces, improved maize varieties, and teosinte: implications for transgenic maize". Mexico D.F. CIMMYT.

Corcuera, V.R., M.B. Aulicino y J.L. Magoja 1991. Diploperennial teosinte-maize hybrids: expresión of pollen grain size and pollen fertility traits. *Maize Gen. Coop. News.* 65: 81-82.

Doebley, J.F. 1983. A brief note on the rediscovery of Durangoteosinte. *Maize Genetics Cooperation Newsletter* 57:127-128.

Doebley, J.F. 1983. The maize and teosinte male inflorescence: A numerical Taxonomic study. *Ann. Mo. Bot. Garden.* 70:32-70

Doebley, J.F. 1990b. Molecular evidence for gene flow among *Zea* species. *BioScience* 40: 443-448.

Galinat, W.C. 1978. The inheritance of some traits essential to maize and teosinte. In. D.B. Walden (ed), *Maize Breeding and Genetics*, pp. 93-112. New York: John Wiley & Sons

Guzmán M., R. 1982. El teosinte en Jalisco: Su distribución y ecología. Tesis profesional, Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara. 88p.

Hancock, J.F. 1992. *Plant evolution and the origin of crop species*. New Jersey: Prentice Hall.

Harlan, J.R. AND J.M.J deWET. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon.* 20:509-517.

Hernández X., E. 1987. Experiences leading to a greater emphasis on man in ethnobotanical studies. *Econ. Bot.* 41: 6- 11.

Illis H.H. 1983. From teosinte to maize. The catastrophic sexual transmutation. *Science* 222:886-894.

Kato Y., T.A. 1976. Cytological studies of maize (*Zea mays* L.) and teosinte (*Zea mexicana* Schrader Kuntze) in relation to their origin and evolution. Bulletin 635, Agricultural Exper. Stat., University of Massachusetts, Amherst.

Kato Y., T.A. 1984. Chromosome morphology and the origin of maize and races. *Evol. Biol.* 17:219-253.

Kato Y., T. A. 1996. Review of introgression between maize and Teocintle. pp. 44-53. In: Serratos, J. A., M. C. Willcox, and F. Castillo (eds.). Gene flow among maize landraces, improved maize varieties, and Teocintle: implications for transgenic maize. CIMMYT, Mexico, D. F.

López y Parra, R. 1908. El teozinte. Origen del maíz. Secretaría de Fomento, México.

Louette, D. 1997. Seed exchange among farmers and gene flow among maize varieties in traditional agricultural systems. p. 56-66. In Serratos, J. A., Willcox, M. C., and Castillo-Gonzalez, F (ed.). Proceedings of a forum "Gene flow among maize landraces, improved maize varieties, and teosinte: implications for transgenic maize". Mexico D.F.

Luna, V. S., J.M. Figueroa, B.M. Baltazar, R.L. Gomez, R. Townsend and J.B. Schoper 2001. Maize Pollen Longevity and Distance Isolation Requirements for Effective Pollen Control. *Crop Sci.* 41:1551-1557.

Mangelsdorf, P.C. and R.G. Reeves . 1959. The origin of corn. III. Modern races, the product of teosinte introgression. *Bot. Mus. Leafl. Harvard Univ.* 18: 389-411.

Mangelsdorf, P. C., R.S. MacNeish and W.C. Galinat 1967. Prehistoric maize, Teocintle and *Tripsacum* from Tamaulipas, Mexico. Bot. Mus. Leafl. 22: 33-63. Harvard University.

Mangelsdorf, P.C. 1974. Corn. Its origin, evolution and improvement. Belknap Press. Harvard Univ. Press. Cambridge, Mass. 262p.

Matsuoka, Y., Y. Vigouroux, M.M. Goodman, J. Sanchez G., E. Buckler and J. Doebley 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. Proceedings of the National Academy of Sciences 99: 6080-6084.

Ron P.J., Ramírez D. J. L. 1991. Establecimiento de ensayos de variedades mejoradas de maíz del CCVP en el Estado de Jalisco. Instructivo. INIFAP. CIFAJ. SARH. Zapopan, Jal, México.

Sánchez G., J.J. y L. Ordaz S. 1987. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools: 2. El teocintle en México. Distribución y situación actual de las poblaciones. IBPGR, Rome. 50p.

Walden, D.B. 1996. *In vitro* pollen germination. pp. 723-724 In: M. Freeling & V. Walbot (eds.) The Maize Handbook. Springer-Verlag.

Wilkes, H.G. 1967. Teosinte: the closest relative of maize. Bussey Inst. Harvard Univ. 159p.

Wilkes, H.G. 1970. Teosinte introgression in the maize of the Nobogame Valley. Bot Mus. Leafl. 22: 297-311.

Wilkes, H. G. 1977. Hybridization of maize and Teocintle, in Mexico and Guatemala and the improvement of maize. Econ. Bot. 31: 254- 293.

Wilkes, H.G. 1977b. The origin of corn. Studies of the last hundred years. En: D.S. Seigler (ed.) Crop Resources. Academic Press, Inc. pp. 211-223.

Wilkes, H.G. 1979. Mexico and Central America as a Center for the origin of agriculture and the evolution of maize. *Crop Improv.* 6: 1- 18.

Wilkes, H.G. 1985. Teosinte: the closest relative of maize revisited. *Maydica* 30. 209-223.

Wellhausen, E.J., L.M. Roberts y E. Hernández X. con la colaboración de P.C. Mangelsdorf. 1951. Razas de Maíz en México. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. S.A.G. México. 237p.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
División de Ciencias Agronómicas



BIOLOGÍA DE POLEN Y ESTIGMAS EN ESPECIES DE *Zea*
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

PRESENTA:
JOSÉ GUADALUPE RODRÍGUEZ FLORES

RESEARCH

Proyecto de Biodiversidad Del
genero *Zea*



BIOLOGÍA DE POLEN Y ESTIGMAS EN
ESPECIES DE *Zea*

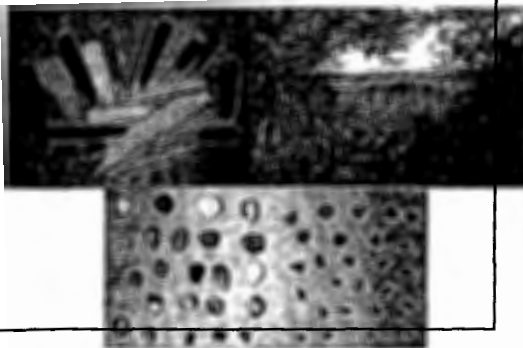
INTRODUCCIÓN

La domesticación del maíz ocurrió en México hace aproximadamente 10,000 años.

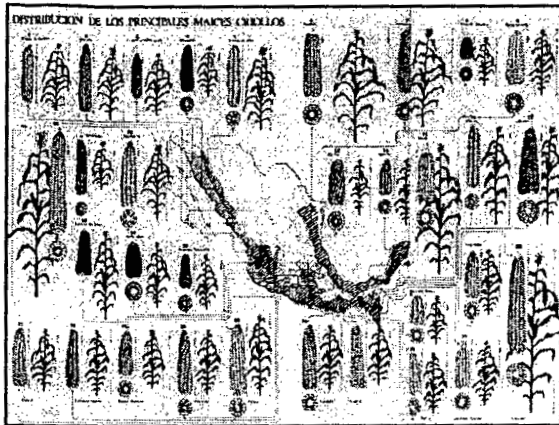
El maíz es considerado como el descendiente domesticado de una especie tropical de teocintle anual *Zea mays* ssp. *parviglumis* (Matzuoka *et al.*, 2002).

El teocintle ha contribuido a la formación de las principales razas de maíz de México conocidas en la actualidad (Hancock, 1992).

Diversidad de maíz y teocintle en México



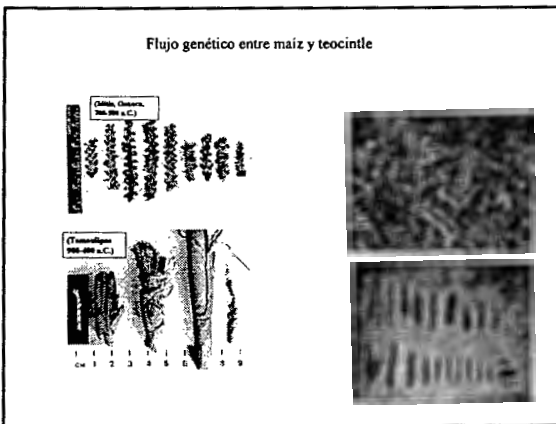
Distribución de maíz y teocintle en México. ▲ *Zea perennis* y *Zea diploperennis*; Z. *mays* ssp. *mexicana* (Razas ▲ Mesa Central, ■ Nohogenc y ● Chalco); Z. *mays* ssp. *parviglumis* (Raza ■ Balsas); ● Herbario.



El flujo genético entre maíz y teocintle se ha documentado en varios estudios de restos arqueológicos: en Tamaulipas para el periodo 900-400 a.c (Mangelsdorf *et al.*, 1967) y para Mitla, Oaxaca para el periodo 700-500 a.c (Wilkes, 1977).

Que hay flujo genético en ambos sentidos. (Wilkes, 1970, 1977; Benz *et al.*, 1990).

No hay flujo genético (Kato, 1984) entre maíz y teocintle en ambos sentidos o es muy reducido (Doebley, 1990, Kato, 1996).



No existe una gran cantidad de trabajos que incluyan aspectos genéticos, ambientales y de influencia humana sobre la cantidad y dirección del flujo genético entre y dentro de especies del género *Zea*.

Luna *et al.*, (2001), poco cruzamiento a 100 m y que no se detectaron distancias mayores de 200 m.

(Castillo and Goodman 1996; Louette 1997), que los niveles de flujo genético en maíz pueden ser 60%, no hay cruzamientos a 32 m.

El viento y las condiciones atmosféricas al momento de la liberación del polen se han considerado como factores críticos que afectan el movimiento y la longevidad del polen (Luna *et al.* 2001; Baltazar y Schoper 2001, 2002).

Diversidad genética relacionada con la longevidad del polen y estigmas y algunos otros aspectos morfológicos como longitud de estigmas y diámetro de polen, Baltazar *et al.*, (2003)

OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue el de estimar la diversidad entre las razas de *Zea* e híbridos comerciales de maíz en México, con respecto a la biología de polen y estigmas.

LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La evaluación del material experimental se hizo en dos ciclos; para el ciclo de Primavera-Verano la evaluación se llevó a cabo Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), mientras que para el ciclo de Invierno (2003 - 2004) se efectuó en el Centro de Investigación de la empresa Pioneer en Puerto Vallarta, Jal.

MATERIALES Y EQUIPO DE CAMPO		EQUIPO DE LABORATORIO
Bolsa de papel No 404 Bolsa de papel	Escalímetro	
Bolsa de papel No400	Mesa tipo 100 y 150	Equipo PC (ALASKA)
Bolsa de glassen	Mandil para polinizar	Microscopio Zeiss AxioStar Plus
Etiquetas	Cajas de petri	Cámara Zeiss AxioCam MRc
Clips	Porta objetos	Programa de análisis AxioVision 4.1.
Cinta	Medio de cultivo Walden	Termómetro digital ambiental modelo 63-1013
Lápiz	Goteros	

VARIABLES DE ESTUDIO EN CAMPO



Floración masculina.



Floración femenina.



VARIABLES EN LABORATORIO:

Diámetro de grano de polen.

Porcentaje de granos de polen viable.

Longitud de estigma.

Diámetro del estigma.

OBTENCIÓN DE MUESTRAS Y LA METODOLOGIA.

- La captura y montaje de polen. (la hora señalada por Luna *et al.* 2001).
- Montaje del polen.
- Germinación de polen.
- Montaje de estigmas.



FLOR MASCULINA PARA LA MUESTRA DE POLEN.



BOLSA PARA LA CAPTURA DEL POLEN



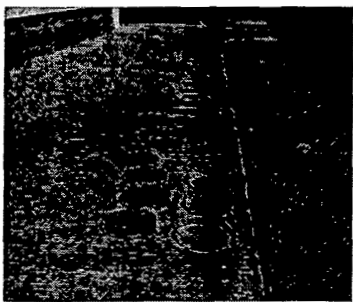
FLOR FEMENINA DEL TECOCINTLE



FLOR FEMENINA DEL MAÍZ



Limpieza, montaje, germinación *in vitro* y fotografía



RESULTADOS

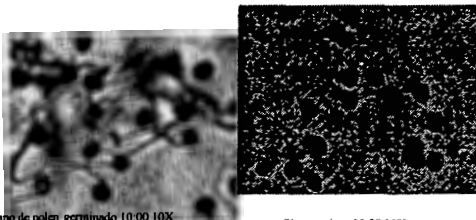
Polen expuesto a condiciones atmosféricas, DK-867, CUCBA-2003



10:00 10X

10:30 10 X

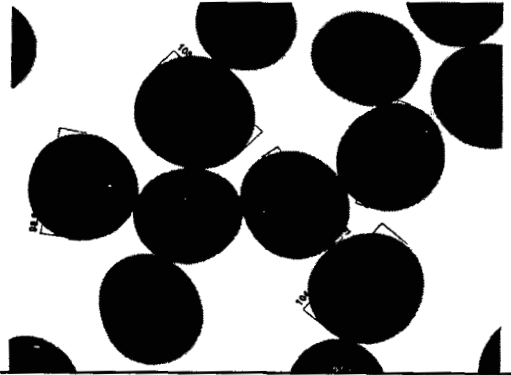
Germinación *in vitro* de granos de polen



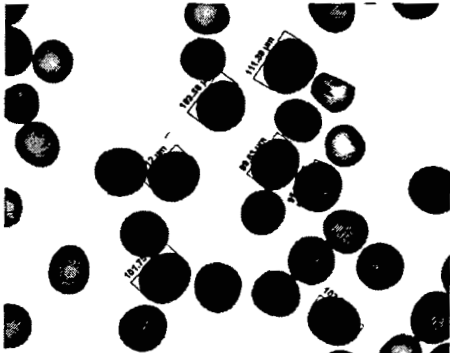
Grano de polen germinado 10:00 10X

Sin germinar 10:30 10X

Diámetro de polen en el híbrido comercial de maíz P-30F98 (20X)



Diámetro de polen en el híbrido comercial de maíz P-30F98 (10X)



Diversidad en estigmas de *Zea*.



P3394 380.46 micras

Celaya 540.14 micras

703.21 micras sp
mexicana
Hibogame (Chalchahuacán)

571.27 micras *Zea mays* sp.
parviglumis

441.12 micras *Zea mays* sp.
mexicana

PUERTO VALLARTA

Censura Zoo	Especies	PM					PP					AP			DP			% de Polos Adm. (mm)			
		B		50%		50%	B		50%		50%	A	P	D	B	P	D	B	P	D	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Teocinte	<i>Zea spp.</i>	85	87	84	87	85	208	83.27	78.87	20.71	6.01										
Bataca	<i>ma. parviglumis</i>	46	101	108	107	109	176	81.71	74.75	11.73	0.61										
Chico	<i>ma. amabilis</i>	11	89	75	64	71	251	87.48	80.07	50.25	22.37										
Maiz Central	<i>ma. amabilis</i>	27	73	80	72	81	250	84.43	83.18	29.8	8.42										
Hologano	<i>ma. amabilis</i>	2	57	63	59	62	181	83.24	84.05	23.92	0										
Teocinte	<i>Zea diploperennis</i>	2	101	111	97	106	176	77.42	21.80	0.47	0										
Maiz	<i>Zea mays</i>	84	78	74	71	79	381	105.47	95.98	48.84	16.2										
Híbrido de maiz	<i>ma. mays</i>	40	72	76	72	75	264	102.7	86.63	42.21	18.20										
Raza de maiz	<i>ma. mays</i>	11	72	78	77	81	254	102.1	82.02	32.18	9.71										
Pobocromo Chahuy	<i>ma. mays</i>	3	74	78	73	77	243	102.8	83.61	41.80	20.04										

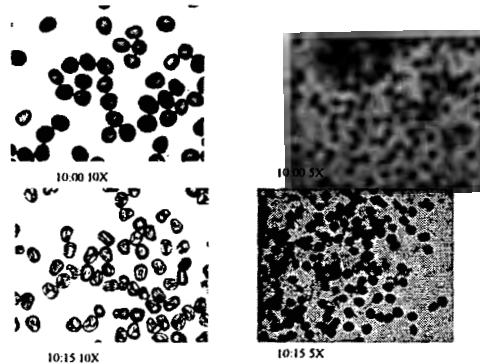
CUCBA

Censura zoo	Especies	Raza	PM				PP	AP	LE	DP	LE	DP
			B	50%	50%	50%						
Teocinte	<i>Zea spp.</i>		87	88	84	83	1.37	0.3	76.1	0.3	76.1	
	<i>ma. parviglumis</i>	Bataca	86	88	78	76	1.25	0.3	77.5	0.6	77.5	
	<i>ma. mexicana</i>	Chalco	82	81	87	86	1.48	0.8	78.3	0.8	78.3	
	<i>ma. mexicana</i>	Maiz Central	48	47	53	53	1.8	1.8	74.3	1.8	74.3	
Híbrido	<i>ma. mays</i>		58	56	61	61	2.4	0.8	80.3	0.8	80.3	
Raza de maiz	<i>ma. mays</i>		58	58	68	62	2.3	2.4	84.1	2.4	84.1	

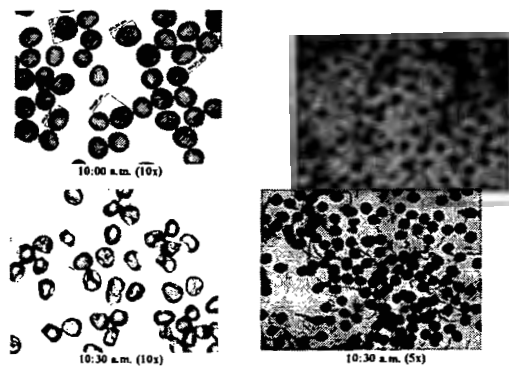
DIFERENCIAS DE LONGITUD DE ESTIGMAS EN *Zea*

Material	Longitud esúgmas	
	Media	Rango
Teocinte	9.3 cm.	5cm. a 17cm.
Razas de maiz	24 cm.	17 cm. a 30 cm.
Híbridos de maiz	30cm	27 cm. a 33 cm.

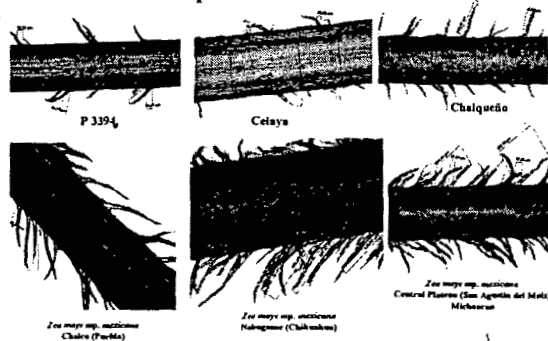
Polen de teocinte *Zea mays ssp. parviglumis* en Puerto Vallarta



Zea mays ssp. mays (Elotes conicos-Puebla)



Diferencias de diámetro y densidad de Tricomas en especies *Zea*.



CONCLUSIONES

Existe una gran diversidad en ciclo biológico, altura de planta, longevidad y tamaño del polen, y tamaño de estigmas entre las razas y especies de *Zea*.

Las condiciones ambientales tienen una gran influencia en la longevidad y viabilidad del polen para los dos ambientes de trabajo.

El polen del teocintle expuesto a condiciones ambientales, pierde en muy poco tiempo la viabilidad, en comparación con el maíz.

Los estigmas del maíz son más largos en comparación con el teocintle, mientras que la densidad de tricomas del teocintle es mayor.

No se ha tenido respuesta en germinación del polen después de perder turgencia.

GRACIAS

Los resultados de este trabajo podrán apoyar al menos dos tipos de estudios:

- Caracterización
- Flujo genético