

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
COORDINACIÓN DE POSGRADO**



**“Diversidad de insectos en maíz y teocintle y efecto de
factores agroclimáticos en plagas rizófagas en
México”**

SALVADOR DE LA PAZ GUTIÉRREZ

TESIS

**Presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Doctor en Ciencias Agrícolas y Forestales**

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JAL., JULIO DE 2008

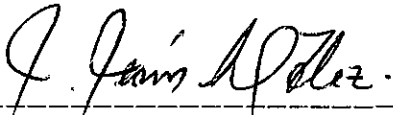
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
COORDINACIÓN DE POSGRADO

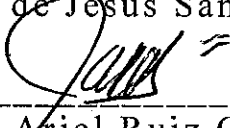


La tesis **“Diversidad de insectos en maíz y teocintle y efecto de factores agroclimáticos en plagas rizófagas en México”** del M.C. Salvador de la Paz Gutiérrez, se realizó bajo la dirección del Consejo Particular que se indica, fue aprobada por el mismo y se aceptó como requisito parcial para la obtención del grado de:

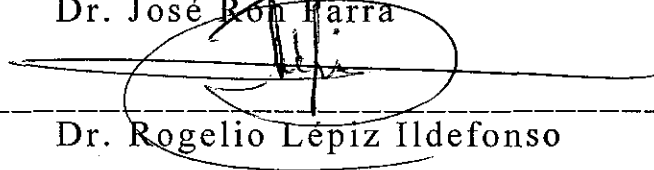
DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

Consejo Particular

Tutor: 
Dr. José de Jesús Sánchez González

Asesor: 
Dr. José Ariel Ruiz Corral

Asesor: 
Dr. José Ron Parra

Asesor: 
Dr. Rogelio Lépiz Ildefonso

Las Agujas, Zapopan, Jal., Julio de 2008

AGRADECIMIENTOS

Expreso un especial y profundo agradecimiento a las siguientes personas, instituciones y empresas que con su participación y colaboración hicieron posible la realización del presente trabajo de investigación.

Al Dr. José de Jesús Sánchez González, por su apoyo y orientación recibida en mi proceso académico, por su solidaridad, paciencia y sustantiva participación en la conformación de este documento, y por la excelente dirección del presente trabajo de investigación.

Al Dr. José Ariel Ruiz Corral, por su dedicación, colaboración, sugerencia e ideas aportadas para la realización de esta investigación.

Al Dr. José Ron Parra, por su desinteresada y entusiasta colaboración en la revisión crítica de este documento, así como por su continuo apoyo para la culminación de la presente meta.

Al Dr. Rogelio Lépiz Ildefonso, por sus comentarios y sugerencias realizadas en la revisión de este documento, así como por su permanente apoyo para la consecución de mi programa doctoral.

Al M.C. Salvador A. Hurtado de la Peña, por su motivación para incorporarme al posgrado y por todos los apoyos que me proporcionó en las etapas finales de mi programa doctoral, y sobre todo por ser una excepcional persona, compañero y amigo.

Al Dr. Diego R. González Eguiarte, por sus conocimientos impartidos, y por su permanente apoyo y motivación para que terminara mi programa doctoral, y su amistad brindada.

Al Dr. Gil Virgen Calleros, por su contribución en mi formación académica y profesional y haberme brindado su amistad.

A la Sra. Ana María Sánchez, secretaria del IMAREFI del CUCBA UdG, por los innumerables apoyos proporcionados en forma desinteresada, siempre de manera amable y propositiva, siendo además una excelente compañera y amiga.

A los Dres. Lino de la Cruz Larios, Moisés Morales Rivera, Roberto Miranda Medrano y Ramón Garza García, por su participación y colaboración en diferentes etapas y procesos que se realizaron en este estudio.

A la Universidad de Guadalajara, por haberme brindado todos los apoyos requeridos en mi proceso de formación académica, y darme la oportunidad de formarme como Doctor.

A la Empresa Monsanto Comercial S.A. de C.V., por el financiamiento parcial de este estudio, y en especial al Dr. Juan Manuel de la Fuente por su apoyo y colaboración.

DEDICATORIAS

A mi madre Alicia, a mi tía Graciela (q.e.p.d.), y a Dios, quienes con su ejemplo, orientación, apoyo y amor me han permitido transitar por un camino de constante esfuerzo y superación para llegar siempre a buen puerto.

A mi esposa Alberta, con quien he compartido tiempos buenos y difíciles, excelente compañera que me ha brindado su apoyo desinteresado, comprensión y amor.

A mis hijos Alejandra y Salvador, por su cariño, afecto y amor y por las satisfacciones que me brindan al cumplir sus metas con trabajo y esfuerzo, lo cual me enorgullece.

A mi hermana Gloria, quien me ha dado apoyo y afecto.

A mis amigos Margarito y Leonardo, quienes han sido los hermanos que no tuve y siempre desee.

A mis compañeros y amigos de la generación 65-70 de la carrera de Agronomía de la U.de G., del INIFAP, y del CUCBA de la U.de G., con quienes conviví una buena parte de mi vida generándome recuerdos inolvidables.

CONTENIDO

	Página
CONTENIDO	i
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN GENERAL	vi
INTRODUCCION GENERAL	1
Importancia del maíz	1
Origen geográfico y botánico del maíz	2
Diversidad de especies y su aplicación	3
Influencia de algunos factores climáticos, edáficos y de manejo sobre las poblaciones de insectos	4
Pérdidas por plagas rizófagas en maíz en Jalisco	6
Presentación de resultados	7
Literatura citada	9
CAPITULO I. DIVERSIDAD DE ESPECIES INSECTILES EN MAIZ Y TEOCINTLE EN MEXICO.	13
Resumen	13
Abstract	15
Introducción	17
Materiales y Métodos	22
Resultados	28
Discusión	36
Conclusiones	40
Literatura citada	42
CAPITULO 2. EFECTO DE FACTORES CLIMATICOS Y EDAFICOS SOBRE LAS POBLACIONES DE PLAGAS RIZOFAGAS DEL MAIZ Y TEOCINTLE.	51
Resumen	51

	Página
Abstract	53
Introducción	55
Materiales y Métodos	59
Resultados	64
Discusión	72
Conclusiones	80
Literatura citada	81
CAPITULO 3. PERDIDAS POR PLAGAS RIZOFAGAS EN EL MAIZ Y SU ESTRATIFICACION EN EL ESTADO DE JALISCO.	89
Resumen	89
Abstract	91
Introducción	92
Materiales y métodos	98
Resultados	100
Discusión	110
Conclusiones	114
Literatura citada	115
CONCLUSIONES GENERALES	120
APENDICE	123

INDICE DE CUADROS

Cuadro

No.		Página
1	Localización geográfica, características generales y prácticas de producción en las localidades.	23
2	Clasificación de los organismos por clase, orden, familia, género y número de ejemplares colectados en maíz y teocintle, considerando los tres tipos de muestreo.	29
3	Totales y porcentajes de los insectos más frecuentes, considerando los tres tipos de muestreo utilizados en maíz y teocintle.	31
4	Índices de diversidad de insectos en maíz y teocintle en once localidades de México durante 2001, 2002 y 2003.	33
5	Índices de diversidad de insectos en tres localidades de México durante 2001, 2002 y 2003.	35
6	Localización de sitios de muestreo.	60
7	Promedios individuales de plagas rizófagas/cepellón, y el total en maíz y teocintle en tres años de muestreo y once localidades en cuatro estados de México, y su comparación estadística mediante la prueba de "t".	66
8	Valores de los coeficientes de correlación y su significancia, entre las variables edafoclimáticas y el complejo de plagas rizófagas presentes en maíz y teocintle.	67
9	Correlaciones y su significancia con los datos transformados mediante la función arco-seno $(x+1)$, entre seis variables independientes y diez dependientes (promedios del complejo de larvas rizófagas, así como el total)	68

Cuadro

No.		Página
10	Comparación de dos procedimientos estadísticos de regresión múltiple (tres modelos completos conformados con variables seleccionadas vs. el manejo de los modelos mediante “stepwise”) en base a los valores de sus coeficientes de determinación a un nivel de significancia del 0.10, considerando las plagas individualmente y su total en maíz y teocintle, con los datos transformados con la función arco-seno.	71
11	Número de experimentos realizados, año de ejecución y total de años en cada uno de los 33 municipios muestreados.	101
12	Relación de los municipios, del No. de experimentos establecidos; municipio y su porcentaje; el No. de experimentos y su porcentaje.	102
13	Relación del número de experimentos y municipios, el rendimiento de grano de maíz en kg/ha en los tratamientos con protección química, el testigo, su diferencia y rango de pérdida.	103
14	Municipios con un mínimo de 7 experimentos, y la significancia estadística de la diferencia en kg/ha entre los tratamientos con y sin protección química, mediante la prueba de “t”	104
15	Agrupamiento de los municipios en categorías, considerando tres niveles de pérdidas: I) >1,000; II) >500 <1,000, y III) <500 kg/ha), y su significancia estadística mediante la prueba de “t”.	105
16	Comparación estadística de la diferencia en rendimiento de grano de maíz en kg/ha entre el tratamiento con protección química y el testigo, considerando dos procedimientos de análisis. En el primero, se incluyeron todos los experimentos considerados; en el segundo, se consideraron los trabajos efectuados por municipio.	106
17	Comparación estadística de la diferencia en el rendimiento de grano de maíz en kg/ha en el tratamiento con protección química y el testigo, considerando un periodo de 20 años (1976-1995).	106

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Serie histórica de los datos de los tratamientos: protegido con insecticida contra el complejo de plagas rizófagas, el testigo sin aplicación y la diferencia en kg/ha en grano de maíz, en un periodo de 20 años, en el estado de Jalisco.	107
2	Representación gráfica del comportamiento de las pérdidas de grano de maíz en kg/ha a través de los 20 años de estudio, y de las estimadas por el modelo de regresión $y=a+bx^2$.	109

RESUMEN GENERAL

Los objetivos principales del presente estudio, fueron: Identificar las especies insectiles que atacan al teocintle y maíz en once localidades de los estados de Jalisco, Michoacán, México y Puebla en diferentes etapas fenológicas de las plantas en los años 2001, 2002 y 2003, y determinar la abundancia y diversidad de insectos en ambas especies vegetales. Como objetivos secundarios: Identificar los factores climáticos y edáficos que influyen sobre las poblaciones de un complejo de larvas rizófagas, así como proponer algunos modelos de regresión múltiple que permitan en una primera aproximación, una mejor comprensión de los factores que regulan la presencia de estas plagas en el maíz y teocintle. Finalmente estimar la magnitud de las pérdidas causadas al maíz por larvas rizófagas en Jalisco, determinar los daños causados por estas plagas en un periodo de 20 años, y clasificar los municipios bajo estudio con base a la magnitud de las pérdidas en el rendimiento de grano en kg/ha.

Para identificar las especies de insectos que inciden en el maíz y teocintle y determinar su diversidad y abundancia, se efectuaron muestreos los años 2001, 2002 y 2003 en once localidades ubicadas en los estados de Jalisco, Michoacán, México y Puebla, cubriendo los tipos climáticos más importantes donde se distribuye el teocintle y una amplia variación en tipo de suelo, manejo y orografía. Los muestreos se efectuaron cada 15-21 días iniciando cuando las plántulas tenían entre 4-6 hojas y fueron dirigidos a la parte aérea y la raíz de las plantas, así como un muestreo visual por tiempo. El tamaño de muestra fue de cinco plantas por fecha en el 2001, y diez en el 2002 y 2003. En el visual por tiempo, se revisaron diez plantas por espacio de un minuto cada una. El maíz y teocintle presentaron la

incidencia de organismos de varias clases, órdenes, familias, géneros y especies. En la parte aérea y raíz de las plantas predominó la clase insecta; en el suelo, además se encontraron cinco clases más de organismos. El 70% de los ejemplares colectados fueron comunes a las dos especies vegetales. El maíz presentó una mayor incidencia de organismos que el teocintle. Veinte géneros de insectos y tres de ácaros considerados plagas de importancia agrícola presentaron el mayor número de ejemplares colectados en ambas especies vegetales. De los índices utilizados para medir la diversidad de especies, el de Shannon-Wiener presentó valores significativos y fue el más consistente, indicando que en teocintle ocurrió una mayor diversidad de especies. El índice de Berger-Parker indicó que el maíz presentó dominancia de los pulgones *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.), mientras que en teocintle fueron los pulgones, los trips *Frankliniella* spp., y varios géneros de gallina ciega. La mayor diversidad de especies ponderada por la abundancia de la especie más común ocurrió en 2001, 2002 y 2003, en ese orden, respectivamente. En maíz se observaron casos de cierta preferencia como el pulgón, los trips, las chicharritas *Dalbulus* spp, el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), y las larvas de *Diabrotica* spp., mientras que en teocintle los barrenadores del tallo (*Diatraea* spp. y *Sphenophorus* spp.), y la gallina ciega (géneros: *Phyllophaga*, *Cyclocephala* y *Anomala*) fueron más frecuentes.

Para cuantificar el efecto de factores climáticos y edáficos sobre el complejo de plagas rizófagas constituido por la doradilla *Diabrotica* spp., el esqueletonizador *Colaspis* spp., los falsos y verdaderos gusanos de alambre (Familias : Elateridae y Cebrionidae) y la gallina ciega, se efectuaron muestreos durante todo el desarrollo de las plantas de maíz y teocintle con una frecuencia de 15 a 21 días,

una vez que se produjo la nacencia del maíz, por un lapso estimado de seis meses. El tallo de cada planta seleccionada se cortó a nivel del suelo, dejando la raíz como el centro de un cepellón o cubo de suelo de 30x30x30 cm. Los valores originales de las poblaciones se ajustaron con base a los diferentes tamaños de muestra utilizados. Los datos promedio de larvas en maíz y teocintle fueron comparadas entre sí mediante la prueba de "t". Se realizaron análisis de correlación y regresiones lineales, cuadráticas y cúbicas con el Sistema de Análisis Estadístico (SAS) con catorce variables edafoclimáticas. Los mejores modelos se eligieron con base en el procedimiento Stepwise. Se utilizaron las transformaciones arco-seno y arco-seno (x+1) para normalizar la distribución y disminuir las varianzas de los datos originales. Se determinó una incidencia importante de gallina ciega, falso y verdadero gusano de alambre, esqueletonizador y diabrotica en maíz y teocintle, en los estados de Jalisco y Michoacán, mientras que en México y Puebla no se presentaron. Las poblaciones de las tres primeras plagas fueron similares en ambas especies vegetales; mientras que la diabrotica presentó mayor actividad en maíz. La gallina ciega y falso y verdadero gusano de alambre fueron dominantes. Los factores que mostraron una mayor influencia sobre las poblaciones del complejo de plagas rizófagas, fueron: la altura sobre el nivel del mar, la precipitación pluvial anual, los porcentajes de limo y materia orgánica, y la temperatura promedio del periodo mayo-octubre; su influencia sobre cada una de las plagas fue de diferente magnitud. Se obtuvieron dos modelos de regresión múltiple para el total de plagas en maíz y teocintle. Los valores de sus coeficientes de determinación fueron de 0.80 y 0.83, respectivamente.

Para estimar la magnitud de las pérdidas causadas al cultivo del maíz por las plagas rizófagas en el estado de Jalisco, se hizo una análisis

para determinar el comportamiento de los daños en un periodo de 20 años y clasificar los 33 municipios bajo estudio con base a las pérdidas del rendimiento de grano en kg/ha. Se revisaron 42 trabajos publicados y 39 informes de investigación sin publicar, lo que dio un total de 81 documentos consultados. En los 157 experimentos se consideró el rendimiento de grano en kg/ha del mejor tratamiento químico y el del testigo sin aplicación. Los datos se analizaron mediante una prueba de "t" y mediante regresión lineal simple y cuadrática. Se determinó que las pérdidas en el rendimiento de grano de maíz causadas por las plagas rizófagas son de 976 kg/ha por año. Los daños por estas plagas no son estáticos y tienden a incrementarse a través del tiempo. Se clasificó a los municipios considerando su nivel de pérdidas, en los siguientes grupos: 1) municipios de alto riesgo, por presentar pérdidas altas (1834 kg/ha), como Jocotepec, Jamay y Ocotlán, 2) con pérdidas intermedias (710 kg/ha), como Amatitán, Unión de Tula y Cuquío y 3) los municipios con pérdidas mínimas (290kg/ha), tales como Arandas, Yahualica de González Gallo y San Marcos.

INTRODUCCION GENERAL

Importancia del maíz

El maíz es uno de los cereales más importantes del mundo, junto con el trigo y el arroz. Este cultivo tiene una amplia variabilidad genética y se cultiva en una gran diversidad de ambientes, desde el Ecuador hasta cerca de los 50° latitud Norte y 42° latitud Sur, y a alturas hasta de 3800 m.s.n.m. (Ortega, 1987). En México, este cultivo es el de mayor importancia social y económica ocupando el primer lugar en superficie cosechada y producción. En 2005, se cosecharon 6.6 millones de hectáreas, estimándose una producción de 19.34 millones de toneladas de grano y un rendimiento medio de 2.93 t/ha (INEGI, 2006a). La dieta alimenticia del pueblo mexicano se basa en gran medida en el consumo de este grano que se estima en 186 kg/persona/año (INEGI, 2006b). Este cultivo proporciona empleo y medios de subsistencia al 20% de la población económicamente activa del país (Sierra *et al.*, 2007). No obstante la importancia que tiene el maíz para la República Mexicana, su producción es insuficiente para satisfacer la demanda interna originándose un gran déficit que se cubre con importaciones estimadas entre 5.7 millones de toneladas anuales (INEGI, 2004). Lo anterior hace patente la necesidad de implementar estrategias o alternativas que permitan incrementar la producción nacional y ser autosuficientes en este cereal.

Entre algunas de las nuevas tecnologías que podrían incorporarse a la práctica agrícola del país como una estrategia para disminuir el déficit en la producción nacional de este cereal está la incorporación del maíz transgénico resistente a insectos principalmente lepidópteros conocido como maíz Bt que se siembra y

comercializa en varias regiones del mundo. Este tipo de maíz contiene material genético de *Bacillus thuringiensis*. La toxina producida por dicha bacteria, se ha usado como insecticida biológico contra larvas de lepidópteros durante varios años. Sin embargo, esta posible alternativa ha sido severamente cuestionada para su implementación en la República Mexicana debido principalmente al posible impacto del flujo genético con especies nativas, siendo este punto fundamental para nuestro país en virtud de la gran riqueza genética existente; sobre este punto se han realizado reuniones técnicas SMBB (2002) y CEC (2004), para analizar aspectos relacionados a la situación de las poblaciones del teocintle y variedades nativas de maíz en México y los posibles riesgos asociados con la liberación de maíz transgénico.

Origen geográfico y botánico del maíz

México es el país de origen del maíz (*Zea mays* L.) y éste es descendiente del teocintle *Zea mays* spp. *parviglumis* Iltis & Doebley (Matzuoka *et al.*, 2002); las diferentes especies de teocintle se encuentran en la República Mexicana casi exclusivamente en áreas tropicales y subtropicales, ubicándose también en Guatemala, Honduras y Nicaragua. Por otra parte, el Occidente de México es una región de gran importancia desde el punto de vista de diversidad genética del género *Zea*, pues en ella se encuentra cerca del 50% de las razas de maíz conocidas en México y todas las especies y subespecies conocidas en teocintle. Así mismo, los factores bióticos y abióticos que afectan la producción de maíz y la sobrevivencia de las especies de teocintle son también muy diversos; sobresalen las variaciones en topografía, altitud, tipos de suelo, precipitación pluvial y la presencia de una gran diversidad de insectos plaga.

Diversidad de especies y su aplicación

El concepto de biodiversidad o diversidad biológica hace referencia a todas las especies de microorganismos, animales y plantas presentes en un lugar y tiempo determinados. El número de especies y su abundancia relativa son dos medidas clásicas ampliamente utilizadas para describir comunidades de organismos (Magurran, 1988).

La diversidad de especies y número de individuos en las comunidades de artrópodos presentes en sistemas agrícolas depende del tipo de organismos, sistemas de cultivos, densidades de plantas, uso de plaguicidas, filosofía del manejo del cultivo, así como varios factores bióticos y abióticos (Kremen *et al.*, 1993). Entre los primeros se encuentran las relaciones tróficas que ocurren entre las especies como depredación, parasitismo, comensalismo, y la transformación de la materia orgánica a formas más simples por bacterias y hongos. Entre los factores abióticos, se menciona a la latitud, altitud, temperatura, humedad y tipos de suelo. (Ramamoorthy *et al.*, 1998).

Los estudios de biodiversidad y los procesos involucrados son temas de gran interés por parte de los ecólogos en tiempos recientes (Godfray y Lawton, 2001), principalmente por la rapidez con que las poblaciones de especies están cambiando debido a la modificación de los ecosistemas naturales por el hombre (Thomas *et al.*, 2004). Considerando que el 95% de la superficie terrestre es una combinación de asentamientos humanos y ecosistemas manejados por el hombre y que gran parte de la biodiversidad del mundo coexiste en ellos, el promover un incremento en la diversidad biológica, así sea

en áreas naturales o en sistemas manejados por el hombre, es fundamental el conocimiento que se tenga de la estructura y del funcionamiento de estas comunidades de organismos que las conforman (Bossart y Carlton, 2002).

La capacidad de estimar con confianza la riqueza de especies en un punto determinado en el tiempo es fundamental debido a que el diseño de muestreos más complejos dependen de ello (Coddington *et al.*, 1996), de esta manera, estudios anuales enfocados a la fenología dan complementariedad en la composición de especies en el tiempo, mientras que estudios geográficos a través de elevaciones o transectos ecológicos son complementarios de la composición de especies en el espacio.

Dobynus (1997) señaló que la biota muestreada para un inventario depende de los métodos usados, el sitio y hábitats seleccionados y la duración y tiempo de inventario relativo a fenología faunales.

Influencia de algunos factores climáticos, edáficos y de manejo sobre las poblaciones de insectos.

El desarrollo de poblaciones de insectos en los cultivos presenta una alta dependencia de las condiciones climáticas, siendo favorecidos bajo condiciones de cultivos intensivos y continuos en regiones tropicales húmedas, mientras que en inviernos con temperaturas frías en latitudes más templadas su impacto disminuye (Gillespie, 1994). Sabiendo en qué forma afectan las variables climáticas al desarrollo de los insectos, es posible determinar el

momento más conveniente del inicio del control químico de la población con máxima seguridad. (WMO, 1988).

Aquellas áreas geográficas con fuertes problemas de plagas por tener condiciones climáticas adecuadas para su desarrollo deben ser evitadas y/o sembrar cultivos tolerantes al daño (Payen, 1983) o la determinación de la frecuencia de aplicaciones para su protección (Spackman, 1983). Los esquemas de protección a los cultivos que tienen componentes agrometeorológicos reportan reducciones en los costos de operación entre un 15 y un 50% (WMO, 1988). El factor climático que tiene la influencia más grande en el desarrollo de los insectos es la temperatura, no obstante otros factores como la luz, viento, humedad, lluvia, etc., también pueden ser importantes para varias actividades y estados de desarrollo de insectos (Gillespie, 1994).

Entre otros factores que contribuyen a la abundancia de insectos están una mayor cubierta vegetal de la maleza en sistemas orgánicos, debido a una mayor fuente de alimento por las semillas de la maleza y una mayor disponibilidad de presas asociadas al estiércol orgánico (Hokkanen & Holopainen, 1986). También, se ha determinado una mayor diversidad de especies de termitas en sitios con un bajo uso del suelo o manejo de bajo impacto (Zeidler *et al.*, 2002). Por otro lado, Rawlings *et al.* (2003) determinaron que los mosquitos vectores de enfermedades del ganado respondieron a las temperaturas máximas, mínimas y medias, tipo de vegetación, duración de la nubosidad, altitud y velocidad del viento, explicando la asociación de especies en términos de provincias bióticas determinadas por factores ecogeográficos. Los mismos autores señalaron que la obtención de datos para la generación de modelos de predicción requiere de

considerable tiempo y esfuerzo, y que la obtención de modelos que consideren comunidades de especies y su distribución, más que especies individuales, permiten el desarrollo de predicciones más confiables.

Pérdidas por plagas rizófagas en maíz en Jalisco

No obstante que el rendimiento medio de maíz en Jalisco supera con 2.7 ton/ha al promedio nacional, existen evidencia de que la producción se puede incrementar si algunos factores limitantes del cultivo se manejaran más adecuadamente, entre los que se considera el combate de plagas rizófagas. Al respecto, Félix y Reyes (1990) estimaron en 220, 000 hectáreas la superficie infestada por estas plagas en el estado y las pérdidas fluctuaron de un 25 a un 100% de la producción (Ríos y Romero, 1982). Por ello, la estimación de pérdidas en los cultivos causadas por plagas en una región o país permite estratificar las áreas de cultivo de acuerdo a la severidad del ataque, proporcionando conceptos técnicos bien fundamentados para un mejor diseño de programas de prevención y control, capacitación de productores, técnicos asesores, programas de aseguramiento, etc., que redundan en agroecosistemas más estables (Leclerg, 1970).

La presente investigación se justifica si se considera la falta de información sobre insectos que causan daños al teocintle y si éstos son los mismos que afectan al maíz. Así mismo hay desconocimiento de la biodiversidad de especies insectiles en ambas especies vegetales bajo condiciones de campo en diferentes agroecosistemas en la región Occidente de México. De la misma manera, falta información sobre los factores climáticos y edáficos que influyen sobre las poblaciones

de un complejo de plagas rizófagas consideradas como un problema de importancia económico en Jalisco.

Los objetivos de este estudio fueron: Identificar las especies insectiles que atacan al teocintle y maíz en el occidente de México a través de muestreos en las diferentes etapas fenológicas de las plantas durante 2001, 2002, y 2003, y determinar su abundancia y diversidad. Determinar qué factores climáticos y edáficos influyen sobre el complejo de plagas rizófagas de importancia agrícola que inciden en el maíz y teocintle, así como proponer algunos modelos de regresión múltiple que permitan en una primera aproximación, una mejor comprensión de los factores que regulan sus poblaciones. Finalmente, estimar la magnitud de las pérdidas causadas al maíz por las plagas rizófagas en Jalisco, y determinar el comportamiento de los daños en un período de 20 años, así como la clasificación de los municipios bajo estudio con base a la magnitud de las pérdidas en el rendimiento de grano en kg/ha.

Presentación de resultados

En el presente documento se muestran los resultados de la investigación en tres partes, la primera de ellas enfocada a la identificación de las especies insectiles presentes en el maíz y teocintle, su abundancia y diversidad en el Occidente de México durante 2001, 2002 y 2003; la segunda parte enfocada a determinar qué factores edafoclimáticos influyen sobre el complejo de plagas rizófagas de importancia agrícola que inciden en el maíz y teocintle, y la propuesta de algunos modelos de regresión múltiple que permitan una mejor comprensión de los factores que regulan sus poblaciones. Finalmente en la tercera parte se hace una estimación de la magnitud

de las pérdidas causadas al cultivo del maíz por las plagas rizófagas en el estado de Jalisco, y el comportamiento de los daños en un periodo de 20 años, así como la clasificación de los municipios bajo estudio con base a la magnitud de las pérdidas en el rendimiento de grano en kg/ha. En cada una de estas tres partes, se mencionan las metodologías utilizadas y los resultados y conclusiones obtenidas.

LITERATURA CITADA

Bossart, J.L. and C.E. Carlton. 2002. Insect conservation in America: status and perspectives. *American Entomologist*. 48:82-92.

CEC. 2002. Commission for Environmental Cooperation of North America. Maize and Biodiversity: The Effects of Transgenic Maize in México. Public Symposium, March 11, Oaxaca, Mexico.

Coddington, J.A., L.H. Young, and F.A. Coyle. 1996. Estimating spider species richness in a southern Appalachian cove hardwood Forest. *J. Arachnol.* 24:111-128.

Dobyns, J.R. 1997. Effects of sampling intensity on the collection of spider (Araneae) species and the estimation of spider richness. *Environ. Entomol.* 26:150-162

Félix F., E. y J. Reyes R. 1990. Plagas rizófagas de cultivos básicos en Jalisco. SARH. Jefatura del Programa de Sanidad Vegetal. CREDIF. México. Guadalajara, Jalisco. Boletín Técnico. 21 p.

Gillespie, T.J. 1994. Pest and Disease Relationships. *In: Handbook of Agricultural Meteorology*, Edited by John F. Griffiths. Oxford University Press pp:203-209.

Godfray H., C.J. and J. and J.H. Lawton. 2001. Scale and species numbers. *Trend in Ecology and Evolution*. 16:400-404.

- Hokkanen, H. & J.K. Holopainen. 1986. Carabid species and activity densities in biologically and conventionally managed cabbage fields. *Journal of Applied Entomology*. 102:353-363
- INEGI. 2004. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y pesca. pp:336-340 y 363.
- INEGI. 2006a. El Sector Alimentario en México. Serie de Estadísticas Sectoriales. pp:267.
- INEGI. 2006b. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. Agropecuario, Aprovechamiento forestal y pesca. pp:334-338.
- Kremen, C., R.K. Colwell, T.L. Erwin, D.D. Murphy, R.F. Noss & Sanjayan, M.A. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: Their use in conservation planning. *Conservation Biology*. 7:796-808.
- LeClerc, E.L. 1970. Field experiments for assessment of crop Losses. In: *Crop loss assessment methods; FAO manual on the evaluation and prevention of losses by pests, disease and weeds*. 2.1/14 p.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press. Princeton, New. Jersey.

- Matzuoka, Y., Y. Vigouroux M., M. Goodman, J. Sánchez 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.
- Ortega C., A. 1987. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. México, D.F. CIMMYT. 106 p.
- Payen, D. 1983. Modisation de l'épidmiologie de *Sclerotinia sclerotiorum* Sur Tournesol. *EPPO Bull.* 13:277-82.
- Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa . 1998. Diversidad biológica de México, orígenes y distribución. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F.
- Rawlings, R., R. Meiswinkel, K. Labuschagne, N. Welton, M. Baylis and P.S. Mellor. 2003. The distribution and species characteristics of the *Culicoides* biting midge fauna of South Africa. *Ecological Entomology*. 28:559-566.
- Ríos R., F. y S. Romero. 1982. Importancia de los daños al maíz por insectos del suelo en el estado de Jalisco, México. (Coleoptera). *Folia Entomológica Mexicana*. 52:41-60.
- Sierra M., M., A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. Espinoza C., R. Rodríguez R., R. Zetina L. 2007. Comportamiento de genotipos de maíz en parcelas de validación en el Estado de

Veracruz, México. *In: Memoria 2ª Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal 2007*. Guadalajara, Jal., Septiembre del 2007. pp:3.

SMBB.2002. Discussion Workshop on the Impact o Genetically Modified Maize in Mexico. Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, México, D.F., Marzo 18-19, 2002.

Spackman, E.A. 1983. Estimating the frequency of occasions suitable for crop spraying using meteorological data. Pp. 155-63. *In: Aspects of Applied Biology 3: Crop Sensitivity to Herbivides*, Assoc. Applied Biologists, Wellesborne, U.K.

Thomas, J.A., M.G. Telfer, D.B. Roy, C.D. Preston, J.J.D. Greenwood, J. Asher, R. Fox, R.T. Clarke and J.H. Lawton. 2004. Comparative Losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science*. 303:1979-1881.

World Meteorological Organization (WMO). 1988 Agrometeorological aspects of operational crop protection WMO tech. Note No. 192.

Zeidler, J., S. Hanrahan & M. Scholes. 2002. Termite Species Richness, composition and diversity on five farms in southern Kunene region, Namibia. *African Zoology*. 37(1):7-11.

CAPITULO I
DIVERSIDAD DE ESPECIES INSECTILES EN MAIZ Y
TEOCINTLE EN MEXICO

RESUMEN

Con la finalidad de identificar las especies de insectos que inciden en el maíz y teocintle en México y determinar su diversidad y abundancia, en el periodo de 2001 a 2003 se realizaron muestreos en 11 localidades que representan los tipos climáticos más importantes donde se distribuye el teocintle, con variación en tipo de suelo, manejo y orografía. Con el propósito señalado se efectuaron muestreos cada 21 días en 2001 y cada 15 días en 2002 y 2003, a partir de que las plántulas tenían de cuatro a seis hojas y fueron dirigidos a: (i) tallo, hojas y fruto; (ii) plagas rizófagas y (iii) muestreo visual por tiempo. Los muestreos se realizaron en cinco plantas por fecha en 2001, y diez en el 2002 y 2003. En el muestreo visual por tiempo, se revisaron diez plantas por espacio de un minuto cada una. En el Occidente de México, el maíz y teocintle mostraron la presencia de organismos de varias clases, órdenes, familias, géneros y especies. En la parte aérea y de la raíz de las plantas predominó la clase insecta; en el suelo se encontraron cinco clases más de organismos. Del total de ejemplares colectados, el 70% fueron comunes al maíz y teocintle. El maíz presentó una mayor incidencia de organismos que el teocintle (65 contra 35 por ciento, respectivamente). Veinte géneros de insectos y tres de ácaros considerados como plagas de importancia agrícola, presentaron el mayor número de ejemplares colectados en las plantas de ambas especies. De los índices utilizados para medir la diversidad de especies, el de Shannon-Wiener presentó valores significativos con un rango de 0.55-2.82 y fue el más consistente a través de sitios,

indicando que en el teocintle ocurrió una mayor diversidad de especies. Mientras que el de Berger-Parker indicó que el maíz presentó dominancia de los pulgones del cogollo *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.), mientras que en el teocintle fueron los pulgones, los trips *Frankliniella* spp., y la gallina ciega (varios géneros). La mayor diversidad de especies ponderada por la abundancia de la especie más común ocurrió en 2001, 2002 y 2003, en ese orden, respectivamente. A pesar de que la mayoría de insectos se presentaron en maíz y teocintle, se observaron casos en los que el comportamiento de la densidad de población mostró cierta preferencia como el pulgón del cogollo, los trips, las chicharritas *Dalbulus* spp., el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), y las larvas de *Diabrotica* spp., por el maíz, mientras que los barrenadores del tallo *Diatraea* spp. y *Sphenophorus* spp., y la gallina ciega fueron más frecuentes en el teocintle.

ABSTRACT

With the purpose of identifying the different species of insects that infest maize and teosinte in México and determining its diversity and abundance, samples were taken between the years of 2001 to 2003 in eleven different sites where teosinte is distributed. These sites represent the varieties of soil, management and orography. Samples were taken every 21 days in 2001 and every 15 days in 2002 and 2003, starting when the seedlings had four to six leaves. Samples were taken from: (i) stalks, leaves and ears; (ii) roots, (iii) visual samples by elapsed time. Insects were collected from five plants in year 2001, and ten for the years 2002 and 2003. In the visual sampling ten plants were checked, each one during one minute. In Western México maize and teosinte presented organisms of different classes, orders, families, genus and species. In both aerial and root sections of the plants the insect class was predominant. Also in the roots five different classes of organisms were found. Of the total collected specimens, 70% were commonly present in maize and teosinte. Maize showed a higher incidence of organisms than teosinte (65% and 35%, respectively). Twenty genus of insects and three of mites considered as highly significant pests in agriculture, presented the highest number of collected samples in maize and teosinte. Diversity of insects measured by the Shannon-Wiener index presented significant values with a range of 0.55-2.28 and was the most consistent among the sites, indicating that larger diversity of species occurred in teosinte. Berger-Parker index which reflects dominance, indicated that maize presents a dominance of aphids *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.), while, teosinte presented dominance of aphids, thrips *Frankliniella* spp., and the white grubs (several genus). The highest

abundance of the most common species, occurred in 2001, 2002 and 2003, in that order respectively. In spite of the fact that the majority of insects are in both, maize and teosinte, cases were observed in which the behavior of the population density might indicate certain preference. Aphids, thrips, *Dalbulus* spp., *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), and corn root larvae *Diabrotica* spp., were more abundant in maize, while the stem borers *Diatraea* spp. and *Sphenophorus* spp., and the white grub were more frequent in teosinte.

INTRODUCCION

Evolutivamente el maíz es considerado como el descendiente domesticado de una especie tropical de teocintle; datos moleculares apoyan la idea de que la especie de teocintle *Zea mays* ssp. *parviglumis* Iltis & Doebley es el progenitor del maíz, (Matzuoka *et al.*, 2002; Doebley, 2004). Los parientes silvestres más cercanos del maíz, conocidos colectivamente como teocintle, 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, mayormente como poblaciones aisladas de tamaños variables ocupando superficies de una hectárea hasta varios kilómetros cuadrados (Sánchez *et al.*, 1998). El maíz es uno de los cereales más importantes del mundo, posee una gran diversidad genética y se cultiva en una gran diversidad de ambientes, desde el Ecuador hasta cerca de 50° latitud Norte y 42° latitud Sur, y a alturas hasta de 3,800 m (Ortega, 1987). En México, es el cultivo de mayor importancia social y económica ocupando el primer lugar en superficie cosechada y producción. En el 2005, se cosecharon 6.6 millones de hectáreas, estimándose una producción de 19.3 millones de toneladas de grano y un rendimiento de 2.93 ton/ha (INEGI, 2006). Entre los factores que limitan la producción de las plantas sobresalen los insectos, enfermedades y maleza, los cuales son responsables de la pérdida del 20% de la producción mundial (WMO, 1988). La información mundial y nacional con respecto a insectos plaga y los daños causados al maíz, es abundante. Así, Ortega (1987) reportó la presencia de 61 géneros y 26 especies de insectos y ácaros que afectan la producción a nivel mundial, señalando que estas plagas infestan al cultivo en cualquier etapa de su desarrollo, pudiendo

atacar cualquier parte de la planta, a menudo con graves consecuencias. En México, Sifuentes (1985b) y Rodríguez-Del Bosque y Marín (2008) estiman que los insectos nocivos del maíz provocan pérdidas promedio del 30 al 40%, aunque en ciertas condiciones los daños son tan severos que las pérdidas pueden ser totales, y que el número de insectos plaga que atacan el cultivo es numeroso, desde 6 hasta 75 especies (Loera y Sifuentes, 1974; Medina y Sifuentes, 1977; Loya, 1978; Díaz, 1978; Rodríguez-Del Bosque, 1978; Anónimo, 1980; Pacheco, 1985; Sifuentes, 1985a, 1985b; Ortega, 1987; De la Paz, 1993; Marín, 2001; Rodríguez-Del Bosque y Marín, 2008).

En el caso del teocintle y otras especies silvestres, las publicaciones son escasas y limitadas en su circulación. En este sentido Melhus y Chamberlain (1953) al estudiar el teocintle tipo Guatemala [*Zea luxurians* (Durieu & Ascherson) Bird] encontraron cresas del cogollo *Euxesta major*, larvas de *Diabrotica* spp., y al barrenador del tallo *Diatrea* spp. Nault y Findley (1981); Nault *et al.* (1982); Findley *et al.* (1983); Nault (1983, 1993) al estudiar la relación existente entre las chicharritas *Dalbulus* spp. y la transmisión de virus en maíz y teocintle, encontraron que los teocintles anuales fueron susceptibles a los virus presentes en el maíz, no así los teocintles perennes que mostraron resistencia a varios virus, y que este insecto usa como plantas primarias al maíz, a los teocintles (*Zea*), y a los *Tripsacum* que han servido como hospedero ancestral. Branson y Reyes (1983) y Moya-Raygoza *et al.* (1988, 1993) señalaron que *Zea diploperennis* Iltis, Doebley & Guzmán, presentó daños a su sistema radicular por larvas de *Phyllophaga* spp., *Colaspis chapalensis* Blake, *Diabrotica* spp., y *Anomala* spp. Estos últimos autores también determinaron que del total de insectos colectados en *Zea diploperennis*, el 80 por ciento

eran de la parte aérea y que los insectos fitófagos constituyeron el 73 por ciento. Resultados similares fueron reportados por Serratos *et al.* (1996) quienes indicaron que el frailecillo *Macrodictylus murinus* se encontró en *Zea diploperennis* y en el maíz, y que aún cuando ambas especies de plantas pueden estar infestadas con Homópteros y Lepidópteros parece que el teocintle es más tolerante al daño. Por otra parte, Eubanks (1993, 1999, 2000) al estudiar la resistencia de *Tripsacum dactyloides* (L.) L. y *Zea diploperennis* a plagas insectiles que atacan la raíz, encontró que la cruce entre las dos especies referidas es resistente al daño de insectos rizófagos.

El número de especies y su abundancia relativa son dos medidas clásicas ampliamente utilizadas para describir comunidades (Krebs, 1989; Magurran, 2004). Estudios anuales enfocados a la fenología o la transferencia estacional de especies constituyen investigaciones de complementariedad en la composición de especies en el tiempo, mientras que estudios geográficos a través de elevaciones o transectos ecológicos son estudios complementarios de la composición de especies en el espacio, o diversidad Beta (Sørensen *et al.*, 2002). La diversidad de especies y el número de individuos en las comunidades de artrópodos obtenidos en sistemas agrícolas, varía de acuerdo al grupo de artrópodos, sistemas de cultivos, densidades de plantas, uso de plaguicidas y manejo del cultivo, así como varios factores bióticos y abióticos (Förster, 1991; Kremen *et al.*, 1993).

La incorporación del maíz transgénico a la práctica agrícola ha generado múltiples preguntas referente al posible impacto del flujo genético hacia variedades nativas y especies silvestres relacionadas. Esto es de interés especial en México en virtud de la gran riqueza genética existente. Durante 1995 (CIMMYT), 1997 (NAPPO), 2001

(CIBIOGEM), 2002 (SMBB) y 2004 (CEC) se llevaron a cabo reuniones con el fin de analizar aspectos relacionados a la situación de las poblaciones de teocintle y variedades nativas de maíz en México y a los posibles riesgos asociados con la liberación de maíz transgénico. Uno de los tipos de maíz transgénico que ha sido comercializado en varias regiones del mundo es el resistente a insectos lepidópteros, conocido como maíz Bt; este tipo de maíz contiene material genético de *Bacillus thuringiensis* (Bt). La toxina producida por dicha bacteria, se ha usado como insecticida biológico contra larvas lepidópteras durante varios años. El primer paso para considerar el efecto potencial de la incorporación de un gene de resistencia, mediante flujo genético de material transgénico, a una especie silvestre o a una variedad nativa de maíz, es el conocimiento del efecto que la plaga de interés tiene sobre la población del material nativo en forma natural. Por lo anterior es indispensable disponer de información básica con relación a las plagas de insectos que en la naturaleza interactúan con el teocintle y con el maíz.

Si bien, la presencia y abundancia de los insectos plaga en el maíz pueden estimarse en los sistemas agrícolas de México con base en los diversos estudios publicados (Loera y Sifuentes, 1974; Medina y Sifuentes, 1977; Loya, 1978; Díaz, 1978; Rodríguez-Del Bosque, 1978; Anónimo, 1980; Pacheco, 1985; Sifuentes, 1985a, 1985b; Ortega, 1987; De la Paz, 1993; Marín, 2001; Rodríguez-Del Bosque y Marín, 2008), la información referente a la abundancia y diversidad de insectos plaga en poblaciones naturales de especies silvestres es escasa y no se ha obtenido de forma sistemática. Tomando en cuenta lo anterior, los objetivos de este estudio fueron:

- a) Identificar las especies insectiles que atacan al teocintle y maíz en las principales regiones de México, a través de las diferentes etapas fenológicas de las plantas durante 2001, 2002 y 2003.
- b) Determinar la abundancia y diversidad de insectos plaga en ambas especies vegetales.

MATERIALES Y METODOS

Áreas de estudio

Las localidades donde se llevaron a cabo los trabajos de campo fueron elegidas al considerar dos aspectos principales: (i) las relaciones genéticas entre las poblaciones mexicanas de teocintle, y (ii) la distribución geográfica de las poblaciones. Con base en los criterios anteriores, se identificaron 11 localidades (Cuadro 1). Durante 2001 se realizaron muestreos en 10 localidades; a partir de los resultados obtenidos en 2001 se seleccionaron 4 localidades donde se realizaron los muestreos en los años de 2002 y 2003. En cada sitio se pidió a los propietarios de los terrenos su autorización para llevar a cabo los muestreos en un área específica y se les solicitó que no aplicaran insecticidas y que no eliminaran plantas de teocintle en dicha área.

Los sitios elegidos representan los tipos climáticos más importantes en donde se distribuye el teocintle. Ejutla, San Lorenzo y Talpitita se ubican en regiones de tipo tropical subhúmedo con verano caliente (Aw_0 , Aw_0 y Aw_2 , respectivamente); La Barca y Guachinango se ubican en regiones de clima subtropical con verano semi-cálido, (A)C; Texcoco, Ciudad Serdán, Copándaro, Churintzio y Zoyatzingo se ubican en regiones de clima templado con condiciones secas y subhúmedas (Cw_0 , Cw_0 , Cw_0 , Cw_1 y Cw_2 , respectivamente).

Cuadro 1. Localización geográfica, características generales y prácticas de producción en las localidades.

Estado	Localidad	Año	Altitud (m)	Grados		Tipo de		Fertilización
				Longitud	Latitud	Teocintle	Maíz	
Jalisco	Guachinango	2001	1385	104.419	20.629	BA-Zmp ²	Tampiqueño	120-00-00
		2002	1385	104.419	20.629	BA-Zmp ²	HV-313	160-60-00
		2003	1385	104.419	20.629	BA-Zmp ²	Tampiqueño	120-00-00
	San Lorenzo	2001	950	103.995	19.945	BA-Zmp ²	Tabloncillo	100-00-00
		2002	950	103.995	19.945	BA-Zmp ²	Tabloncillo	100-00-00
		2003	950	103.995	19.945	BA-Zmp ²	Tabloncillo	100-00-00
	Ejutla	2001	1070	104.157	19.912	BA-Zmp ²	Tabloncillo	270-00-00
		2003	1334	104.172	19.899	BA-Zmp ²	Tabloncillo	270-00-00
	La Barca	2001	1485	102.632	20.322	MC-Zmm ¹	Gen. Avanzada	140-60-00
Michoacán	Talpitita	2001	550	104.803	19.715	BA-Zmp ²	Tabloncillo	120-00-00
	Churintzio	2001	1880	102.059	20.157	MC-Zmm ¹	Zamorano	100-00-00
		2002	1880	102.059	20.157	MC-Zmm ¹	Zamorano	100-00-00
		2003	1880	102.059	20.157	MC-Zmm ¹	Celaya	100-00-00
	Copándaro	2001	1825	101.179	19.89	MC-Zmm ¹	HV-313	120-00-00
	Texcoco	2001	2285	98.885	19.443	CH-Zmm ¹	Chalqueño	120-40-00
México	(Sta. Lucía)							
	Texcoco	2002	2250	98.92	19.495	CH-Zmm ¹	Cónico	160-60-00
	(Boyeros)							
Puebla	Zoyatzingo	2001	2498	98.776	10.086	CH-Zmm ¹	Chalqueño	120-00-00
	San Salvador	2001	2380	97.439	19.187	CH-Zmm ¹	Cónico	100-00-00
	El Seco							

Zmm= *Zea mays* spp. Mexicana, Zmp=*Zea mays* spp. *parviglumis*, CH= raza Chalco, MC=raza Mesa Central, BA= raza Balsas.

¹ Maleza, ² Maleza y alejado del maíz, ³ Alejado del maíz.

Al igual que con los tipos climáticos y pendiente del terreno, también se presentó variación en el manejo por los agricultores y en las características físicas y químicas de los suelos en las localidades en que se llevaron a cabo los muestreos. En los Valles Altos (San Salvador El Seco, Texcoco y Zoyatzingo), donde se cultiva principalmente maíz, predominan suelos con altos contenidos de arena, bajos contenidos de materia orgánica y sin problemas de sales. En esta región el mayor contraste respecto a las propiedades del suelo se observó en el pH; en Zoyatzingo los suelos son fuertemente ácidos, mientras que en El Seco son ligeramente alcalinos, En las localidades

tropicales muestreadas predominaron los suelos con altos contenidos de arena y ligeramente ácidos; a excepción de San Lorenzo, en el resto de las localidades el contenido de materia orgánica es bajo. Dentro de las localidades subtropicales y en El Bajío (Churintzio y Copándaro) se tienen variaciones importantes para las características físicas y químicas analizadas. Suelos ligeramente ácidos y contenidos de materia orgánica aceptables se tienen en Churintzio, Guachinango y La Barca, con clasificaciones texturales que van del franco arenoso en Guachinango al arcilloso en La Barca. En el área muestreada en Churintzio, el maíz se siembra año con año generalmente asociado con frijol en terrazas. En La Barca se siembra predominantemente maíz en terrenos planos, se usa semilla mejorada, maquinaria agrícola y se utilizan dosis elevadas de agroquímicos, mientras que en Guachinango se practica la roza-tumba y quema, es decir, previo a la siembra del maíz la vegetación se corta y se quema; posteriormente, el terreno se abandona por algunos años.

El teocintle presente en las localidades de los Valles Altos (San Salvador El Seco, Texcoco y Zoyatzingo), de El Bajío (Churintzio y Copándaro) y en La Barca, crece exclusivamente como maleza dentro de los campos de cultivo. En Ejutla, San Lorenzo y Guachinango el teocintle se encuentra como maleza dentro de los campos cultivados y en poblaciones densas alejadas del maíz, mientras que en Talpitita, la población de teocintle estudiada se encuentra alejada del maíz.

Métodos de muestreo

Con el fin de identificar los insectos que interactúan con las poblaciones naturales de teocintle así como el maíz cultivado más cercano, se realizaron muestreos con una frecuencia de entre 15 y 21

días en 2001 y de cada 15 días en el 2002 y 2003; los que se iniciaron una vez que se estableció el cultivo de maíz. Para evitar sesgos en las capturas de los insectos, el equipo de trabajo que se desempeñó en campo solo incluyó colectores con experiencia en plagas del maíz utilizando tres procedimientos de muestreo. Los dos métodos empleados para determinar la incidencia de especies de la parte aérea de la planta, se utilizaron para complementar la información, pues su nivel de eficiencia varía con cada procedimiento y especies insectiles que tienen diferentes tamaños, capacidad de desplazamiento, hábitos, etc. Los muestreos se realizaron entre las 9 y 12 hrs. del día.

Los muestreos se llevaron a cabo a lo largo del ciclo de desarrollo de las plantas en campo, durante aproximadamente seis meses y fueron dirigidos a: i) tallo, hojas y fruto; ii) plagas rizófagas y iii) muestreos visuales por tiempo. En los muestreos para detección de insectos del tallo, hojas, fruto y rizófagos, se utilizaron 5 plantas por fecha tanto para maíz como para teocintle en el 2001; en el 2002 el número de plantas muestreado por fecha se incrementó a 10 y durante 2003 se analizaron 10 plantas de maíz y 12 de teocintle por fecha de muestreo. Cada planta se cortó desde la base del suelo y se guardó inmediatamente en bolsas de plástico para su transporte al laboratorio, las plantas se guardaron en hieleras cerradas herméticamente. Adicionalmente, para el muestreo de plagas rizófagas, la raíz de cada planta fue extraída como parte de un cepellón de 30x30x30 cm de largo, ancho y hondo, respectivamente. Los insectos colectados con los procedimientos anteriores fueron llevados al laboratorio para separar los especímenes presentes, contabilizándolos por especie y en el caso de algunos inmaduros también por tamaño. Posteriormente, se introducían a un recipiente con agua hirviendo por un lapso de 40 segundos aproximadamente,

colocándose después sobre un papel absorbente para eliminar el exceso de agua, y finalmente fueron transferidos a frascos con alcohol etílico al 70% para su preservación. Los muestreos visuales por tiempo consistieron en revisar cuidadosamente 10 plantas seleccionadas al azar y registrando únicamente los insectos observados durante un minuto por planta. La mayor parte de los insectos fueron determinados a nivel de especie por comparación con insectos de la colección de artrópodos del CAEAJAL del INIFAP, mismos que fueron clasificados por varios especialistas nacionales (De la Paz, 1986). Otros ejemplares se determinaron a nivel de familia con el apoyo de claves de Borror *et al.* (1981), Meglitsch (1967) y Weygoldt (1969).

Análisis de los datos

Con el fin de examinar la diversidad de insectos presentes en las diferentes localidades, se obtuvieron estimaciones mediante diferentes índices de diversidad, los cuales son empleados rutinariamente en estudios de Ecología (Johnson y Whitford, 1975; Davidson, 1977; Zeidler *et al.*, 2002; Gardiner *et al.*, 2003 ; Shah *et al.*, 2003; Magurran, 2004). Estos índices toman en cuenta la riqueza de especies (número de especies y su abundancia relativa). En este trabajo se emplearon:

1. Shannon-Wiener (H) = $-\sum p_i \log_e p_i$. Este índice es sensible al tamaño de muestra e involucra riqueza y la variabilidad de abundancia de especies.
2. Simpson (D) = $1 / \sum p_i^2$. Es un índice ponderado por la especie más abundante y menos sensible a riqueza de especies.

3. Margalef (D) = $(S-1) \ln N$. Índice que refleja riqueza de especies y es influido por el tamaño de muestra.

4. Berger-Parker (D) = $N_{\max}/N$. Medida de dominancia que expresa la proporción de abundancia de la especie más común.

En donde S se refiere al número de especies, N es el número total de individuos en la muestra, $N_{\max}$ es el número de individuos de la especie más abundante y p_i es la proporción de insectos de la especie i . Los valores de los índices se calcularon y se compararon entre sí con base a una prueba de re-muestreo usando el programa SDR III (Species Diversity and Richness; Seaby y Henderson, 2006). Adicionalmente con el fin de tener una idea global de la relación entre la abundancia de plagas insectiles en maíz y teocintle se calculó el coeficiente de correlación Kendall-tau.

RESULTADOS

Prácticas de producción en las localidades de estudio

Las prácticas relacionadas con preparación del suelo, formas de siembra, control de maleza, combate de insectos y fertilización difirieron de localidad a localidad y de ciclo agrícola a ciclo agrícola (Cuadro 1). En general, los productores que facilitaron el muestreo corresponden al sector de agricultura tradicional. De los 18 sitios de muestreo, únicamente en dos se usó semilla mejorada (HV-313), en tres casos insecticida y en siete algún tipo de herbicida para combate de maleza. La mayoría de productores trataron de proporcionar al maíz algún tipo de fertilizante, especialmente fertilizantes nitrogenados. En San Salvador El Seco, Pué., Texcoco, Méx., Zoyatzingo, Méx., Copándaro, Mich., y La Barca, Jal., la preparación de los suelos se lleva a cabo con maquinaria agrícola; en Churintzio, Mich., Ejutla y San Lorenzo, Jal., se usa tracción animal, mientras que en Talpitita y Guachinango, Jal., se practica la roza-tumba-quema y se siembra con coa.

Clasificación de los organismos colectados

Durante los tres años de estudio en las 18 localidades muestreadas se obtuvieron 50,940 ejemplares, mismos que se agruparon en seis clases. La clase Insecta fue dominante con el 92.4% del total colectado, siguiéndole en importancia la Clitellata con 3.9%, la Arachnida con el 1.4%, la Crustácea con un 1.2%, la Chilopoda con el 0.8% y la Diplopoda con un 0.3% (Cuadro 2). De las 17 órdenes determinadas, once correspondieron a los insectos; dos a los

arácnidos, y una a los chilopodos, crustáceos, diplópodos y clitelados. Cuarenta y cinco familias correspondieron a la clase Insecta, y las cinco restantes a las demás clases. Se clasificaron 66 géneros y 21 no fueron identificados, mismos que representaron el 2.2% del total de ejemplares colectados. Los dos tipos de muestreo utilizados para el conteo de organismos de la parte aérea de las plantas fueron eficientes en términos generales, ya que la determinación de géneros fue muy similar (46 géneros +8 sin identificar) para el muestreo por tiempo, y 46 géneros +10 sin identificar para el muestreo de tallo, hojas y frutos; sin embargo, fue en el número de ejemplares en donde se establecieron diferencias notables, ya que con el primer tipo de muestreo se colectaron 10,934 ejemplares, y con el segundo tipo se obtuvieron 30,934 que son el 21.4 y el 59.6% del total capturado, respectivamente. La lista de insectos determinados y en proceso de clasificación se presenta en el Apéndice.

Cuadro 2. Clasificación de los organismos por clase, orden, familia, género y número de ejemplares colectados en maíz y teocintle, considerando los tres tipos de muestreo.

Tipo de muestreo	Clase	Ordenes	Familias	Géneros	No. de ejemplares		
					Maíz	Teocintle	Sub total
Tiempo	Insecta	10	32	43+7 S.I.	6666	4058	10724
	Arachnida	2	4	3+1 S.I.	82	128	210
Subtotal	2	12	36	46+8 S.I.	6748	4186	10934
Suelo	Insecta	8	16	24+3 S.I.	3481	2878	6359
	Arachnida	1	3	-	34	37	71
	Crustacea	1	1	2	34	596	630
	Chilopoda	1	1	1	141	286	427
	Diplopoda	1	1	1	26	118	144
	Clitellata	1	1	1	877	1104	1981
Subtotal	6	13	23	29+3 S.I.	4593	5019	9612
Tallo, hojas, frutos	Insecta	11	31	43+9 S.I.	21629	8358	29987
	Arachnida	12	4	3+1 S.I.	241	166	407
Subtotal	2	13	35	46+10 S.I.	21870	8524	30394
Total	6	17	50	66+21 S.I.	33211	17729	50940

S.I. = Géneros no determinados.

En el substrato suelo, se observó una mayor participación de clases de organismos que en la parte aérea, pues además de la Insecta, ocurrieron arácnidos, crustáceos, chilópodos, diplópodos y clitelados con tan solo cinco géneros y 3253 ejemplares, representando el 33.8% del total colectado en el suelo.

En el Cuadro 3, se presentan aquellos géneros y especies que sobresalieron por su frecuencia. En los muestreos por tiempo y tallo, hojas y frutos fueron especies comunes: el pulgón *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.), los trips *Frankliniella* spp., los picudos *Nicentrites testaceipes* Champion y *Geraeus senilis* (Gyllenhal), el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith), y la chicharrita *Dalbulus* spp., por su parte los chapulines (*Melanoplus*, *Schistocerca* y *Sphenarium*), la doradilla *Diabrotica* spp., el barrenador *Sphenophorus* spp., el barrenador *Diatraea* spp., y la araña roja (*Tetranychus*, *Oligonychus* y *Paratetranychus* ocurrieron en uno u otro procedimiento de muestreo.

En el muestreo por tiempo, solo diez géneros representaron el 77.8% del total de las capturas; mientras que con el muestreo de tallo, hojas y fruto, once géneros cubrieron el 90.9% de los ejemplares colectados. En ambos tipos de muestreo sobresalen por sus altas poblaciones: *Rhopalosiphum maidis* y *Frankliniella* spp. Las localidades de la Barca y Guachinango, Jal., y Copándaro Mich., destacaron por la alta presencia de barrenadores (Lepidópteros y Coleópteros), no así San Salvador El Seco, Puebla y Sta. Lucía, Boyeros y Zoyatzingo, México, que no mostraron actividad. En el muestreo del suelo, nueve géneros de insectos, g.ciega (*Phyllophaga*, *Cyclocephala*, *Anomala* y *Macroductylus*), los g. de alambre

(Elateridae, Cebrionidae y Tenebrionidae), el g. esqueletonizador *Colaspis* spp., y las doradillas *Diabrotica* spp., únicamente representaron el 35.4% del total colectado, debido a que en este substrato la presencia de otros organismos agrupados en varias clases fue abundante.

Cuadro 3. Totales y porcentajes de los insectos más frecuentes, considerando los tres tipos de muestreo utilizados en maíz y teocintle.

Tipos de muestreo/Plaga	Total	%	Maíz	%	Teocintle	%
TIEMPO	10934	100.0	6748	62.0	4186	38.0
Pulgón <i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch.)	6280	57.4	4740	43.4	1540	14.1
Trips <i>Frankliniella</i> spp.	696	6.4	129	1.2	567	5.2
Picudo <i>Nicentrites testaceipes</i> Champion	425	3.9	206	1.9	219	2.0
Chapulines (<i>Melanoplus</i> , <i>Schistocerca</i> , <i>Sphenarium</i>)	542	5.0	197	1.8	345	3.2
Adultos de doradilla <i>Diabrotica</i> spp.	232	2.1	117	1.1	115	1.1
G. cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith)	127	1.2	78	0.7	49	0.5
Picudo <i>Geraeus senilis</i> (Gyllenhal)	113	1.0	52	0.5	61	0.6
Chicharrita <i>Dalbulus</i> spp.	98	0.9	55	0.5	43	0.4
subtotal	8513	77.9	574	51.0	2939	26.9
SUELO	9612	100.0	4593	48.0	5019	52.0
G. ciega (<i>Phyllophaga</i> , <i>Cyclocephala</i> , <i>Anomala</i> , <i>Macroductilus</i>)	2120	22.1	937	9.8	1183	12.3
G. alambre (Elateridae, Cebrionidae, Tenebrionidae)	492	5.1	205	2.1	287	3.0
G. esqueletonizador <i>Colaspis</i> spp.	405	4.2	199	2.1	206	2.1
Doradillas <i>Diabrotica</i> spp.	390	4.1	269	2.8	121	1.3
subtotal	3407	35.4	1610	16.8	1797	18.7
TALLO, HOJAS, FRUTOS	30394	100.0	21870	72.0	8524	28.0
Pulgón <i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch.)	20110	66.2	15960	52.5	4150	13.7
Trips <i>Frankliniella</i> spp.	5575	18.3	3044	10.0	2531	8.3
Picudo <i>Nicentrites testaceipes</i> Champion	534	1.8	291	1.0	243	0.8
Picudo <i>Sphenophorus</i> spp.	433	1.4	213	0.7	220	0.7
G. cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith)	360	1.2	256	0.8	104	0.3
Chicharrita <i>Dalbulus</i> spp.	182	0.6	142	0.5	40	0.1
G. barrenador <i>Diatraea</i> spp.	163	0.5	73	0.2	90	0.3
A. roja (<i>Tetranichus</i> , <i>Oligonychus</i> , <i>Paratetranychus</i>)	146	0.5	52	0.2	94	0.3
Picudo <i>Geraeus senilis</i> (Gyllenhal)	128	0.4	65	0.2	63	0.2
subtotal	27631	90.9	20096	66.1	7535	24.8
TOTAL	50940	100.0	33211	65.0	17729	35.0

El complejo denominado g. ciega fue la plaga rizófaga más activa con un 22.1% del total capturado, presentándose en altas poblaciones en Churintzio, Mich., y La Barca, Jal., y con nula presencia en las localidades de Puebla y México. Sus poblaciones fueron ligeramente mayores en el teocintle junto con los g. de alambre y el esqueletonizador; no así la doradilla que mostró más actividad en el maíz.

Independientemente del tipo de muestreo utilizado, se observaron diferencias en los valores de las capturas y una tendencia general consistente de que en el maíz se registró un mayor número de insectos en los muestreos por tiempo, suelo, tallo, hojas y frutos, así como el total con un 51, 16.8, 66.1 y 65%, respectivamente. En el teocintle, las capturas fueron del 26.9, 18.7, 24.8 y 35%, respectivamente.

A fin de determinar la relación entre los insectos capturados en maíz y teocintle, se calculó el coeficiente de correlación considerando la información obtenida en los tres años de estudio y las localidades muestreadas. Se obtuvo un valor calculado de $r = 0.7$, altamente significativo, es decir, hay una relación muy cercana entre los valores observados de números de insectos y especies en maíz y en teocintle.

Diversidad de especies de insectos

En el Cuadro 4, se presentan los valores de los índices de diversidad para maíz y teocintle en las diferentes localidades muestreadas durante 2001, 2002 y 2003. Los cálculos para obtener los índices de diversidad se basaron en datos de los totales acumulados

de 66 especies de insectos; la mayor parte son plagas de importancia para el maíz, sin embargo se incluyeron varios insectos benéficos. Con la excepción de San Lorenzo, Jal. (2001 y 2002), en todas las localidades se registró un mayor número de insectos en maíz, mientras que el número de especies fue similar con ligeras variaciones de localidad a localidad.

Cuadro 4. Índices de diversidad de insectos en maíz y teocintle en once localidades de México durante 2001, 2002 y 2003.

Localidad/ Estado	Año	No. Muestras	No. Insectos	No. Especies (S)	Planta	Shannon Wiener (H)	Simpson (D)	Margalef (D)	Berger Parker (D)
Copándaro, Mich.	2001	7	1948	25	M	0.973	1.538	3.169	0.803*
			1662	21	T	1.792*	3.869*	2.697	0.361
Churintzio, Mich...	2001	7	996	19	M	1.635	2.911	2.607	0.558*
			484	21	T	2.241*	5.116*	3.235*	0.409
	2002	10	2578	33	M	0.972	1.634	4.074	0.773*
			415	32	T	2.355*	6.072*	5.142	0.345
Ejutla, Jal.	2003	9	1728	26	M	1.116	1.981	3.354	0.677*
			580	23	T	1.665*	3.351*	3.457*	0.481
	2001	5	248	15	M	2.204*	6.711*	2.539*	0.266
			226	9	T	1.314	2.414	1.476	0.620*
Guachinango, Jal.	2003	8	669	38	M	2.146	4.645	5.687	0.35
			332	34	T	2.614*	6.939*	5.685	0.337
	2001	7	982	19	M	1.278	1.988	2.613	0.699*
			593	24	T	2.322*	6.236*	3.602*	0.337
La Barca, Jal.	2002	11	1188	35	M	1.533	2.519	4.802	0.609*
			850	29	T	1.880*	3.338*	4.151	0.524
	2003	9	1801	31	M	1.257	2.122	4.002	0.653*
			622	33	T	1.739*	3.227*	4.974*	0.471
San Lorenzo, Jal.	2001	8	3059	28	M	1.126	1.723	3.364	0.756*
			694	24	T	2.369*	6.354*	3.315	0.343
	2002	9	239	19	M	2.322	7.368	3.287	0.243
			248	23	T	2.467	8.028	3.990*	0.258
Talpitita, Jal.	2003	8	294	33	M	2.823*	12.660*	5.630*	0.146
			507	29	T	1.941	3.418	4.495	0.519*
	2001	7	461	27	M	2.063	4.556	4.239	0.334*
			332	35	T	2.749*	9.967*	5.857*	0.226
El Seco, Pue.	2001	11	422	24	M	2.567*	10.010*	3.805	0.18
			226	20	T	2.282	5.726	3.505	0.372*
Sta. Lucía, Mex.	2001	10	2081	17	M	0.548	1.243	2.094	0.896*
			550	15	T	1.111*	1.978*	2.219	0.691
Zoyatzingo, Méx.	2001	9	1730	11	M	0.904	2.168	1.341	0.499
			1417	15	T	1.075	2.255*	1.919*	0.569*
Boyeros, Méx	2001	12	1131	11	M	0.555	1.34	1.422	0.857*
			392	10	T	1.087*	2.314*	1.507	0.554
			879	8	M	0.937*	2.226*	1.033	0.476
			586	7	T	0.752	1.802	0.941	0.689*

* Valor del índice significativamente mayor ($P < 0.05$). M = maíz, T = teocintle

De manera consistente, los índices de Shannon-Wiener, Simpson y Margalef indicaron que la mayor diversidad de insectos se presentó en teocintle. De los 18 sitios estudiados, los valores de Simpson fueron significativamente mayores en teocintle en 13 casos, 12 casos para Shannon-Wiener y ocho para Margalef. Por su parte el índice Berger-Parker que refleja la dominancia de una especie de insecto, mostró valores significativos para el maíz en 11 casos, los cuales fueron debidos a las altas poblaciones del pulgón del cogollo, mientras que los valores significativos en teocintle fueron debidos a las poblaciones del pulgón del cogollo, trips y g. ciega.

Con la finalidad de estimar variaciones entre años, en el Cuadro 5 se presentan los valores de los índices de diversidad y número de insectos registrados en Churintzio, Mich., y Guachinango y San Lorenzo, Jal., durante 2001, 2002 y 2003. Los índices de Shannon-Wiener y Simpson, los cuales reflejan riqueza de especies pero ponderados por la abundancia de la especie más común, indican mayor diversidad en 2001 que en el 2002 y el 2003. Por su parte el índice D (número de especies), Margalef que refleja riqueza de especies y Berger-Parker que indica dominancia, expresan que la mayor diversidad de insectos ocurrió en el 2002, así mismo, el último índice resalta la importancia de la abundancia de los pulgones en el 2002.

Cuadro 5. Índices de diversidad de insectos en tres localidades de México durante 2001, 2002 y 2003.

Localidad/ Estado	Año	No. Muestreos	No. Insectos	No. Especies (S)	Shannon Wiener (H)	Simpson (D)	Margalef (D)	Berger Parker (D)
Churintzio, Mich.	2001	7	1480	24	2.033*	4.497*	3.151	0.399
	2002	10	2993	41	1.299	2.051	4.997*	0.679*
	2003	9	2308	31	1.353	2.508	3.874	0.562
Guachinango, Jal.	2001	7	1575	27	1.776*	2.939*	3.532	0.563
	2002	11	2038	40	1.733*	2.838*	5.118*	0.574
	2003	9	2423	40	1.416	2.369	5.005*	0.606*
San Lorenzo, Jal.	2001	6	487	27	2.545	8.375*	4.202	0.251
	2002	9	801	39	2.462	6.285	5.684*	0.351*
	2003	8	793	39	2.478	6.358	5.692	0.277

* Valor del índice significativo mayor ($P < 0.05$).

DISCUSION

Los resultados obtenidos en esta investigación durante tres años en los diferentes sitios de muestreo, indican que más que una especie en particular, ocurren simultáneamente organismos de varias clases, órdenes, familias, géneros y especies, tanto en la parte aérea de la planta como en la raíz, coincidiendo con lo señalado por Loera y Sifuentes (1974); Medina y Sifuentes (1977); Loya (1978); Díaz (1978); Rodríguez-Del Bosque (1978); Anónimo (1980); Morón (1983); Pacheco (1985); Sifuentes (1985a, 1985b); Ortega (1987); De la Paz (1993); Marín (2001); Rodríguez -Del Bosque y Marín (2008), basados en estudios realizados en diferentes estados de la República Mexicana. Estos investigadores reportan también como organismos dañinos principales en el maíz a la clase Insecta y en menor proporción a la Arachnida, señalando que: el g. cogollero, los barrenadores, la g. ciega, los trips, la araña roja, la doradilla, los pulgones, los picudos del cogollo y las chicharritas, en general tienen una amplia distribución en México y que por los daños causados al cultivo son considerados como de importancia económica relevante en varias regiones agrícolas.

Si bien, las capturas de organismos de la parte aérea de la planta fueron más bajas en el teocintle al compararlas con las obtenidas en maíz, se observó una tendencia similar, pues prácticamente todos los organismos fueron detectados en ambas especies vegetales, con ligeras variaciones numéricas. Aún cuando no hay referencias suficientes respecto a teocintle, los resultados de este estudio indican que existe cierta similitud con lo señalado por Moya - Raygoza *et al.* (1993) quienes al describir los patrones estacionales

de la abundancia de insectos asociados a *Zea diploperennis*, reportaron la presencia de 13 órdenes y 125 familias. La información generada en esta investigación indicó que si bien se determinó un mayor número de órdenes (17) y uno menor de familias (50), se hace patente la gran diversidad de fauna presente en el maíz y los teocintles anuales y perennes. En lo que respecta a que del total de ejemplares colectados el 80% correspondió a la parte aérea de la planta y el 20% a rizófagas, se obtuvieron resultados similares a lo señalado por los mismos investigadores.

Con base en los valores observados en las medidas de diversidad utilizados en este estudio y los rangos de sus valores, los índices de Shannon-Wiener y Berger-Parker mostraron consistencia y complementariedad en la explicación del fenómeno, pues mientras el primero indicó que en el 72% de los casos el teocintle presentó mayor diversidad de especies insectiles, el segundo índice señaló que en el 61% de las pruebas el maíz mostró altas poblaciones de pulgones, siendo la especie dominante. El desempeño obtenido con el índice Shannon-Wiener en esta investigación concuerda con lo señalado por Zeidler *et al.*, 2002; Gardiner *et al.*, 2003, quienes al utilizarlo describieron satisfactoriamente la diversidad y abundancia de especies. Sin embargo, Taylor *et al.*, 1976, puntualizaron que la interpretación de los índices Shannon-Wiener y Simpson, debe ser tratada con precaución debido a que son insensibles para análisis del impacto ambiental y que pueden ser afectados negativamente por sesgos de muestras pequeñas, dominio de especies y presencia de especies raras, considerando al índice log-serie α superior porque es menos influenciado por una o dos especies abundantes o especies raras (Taylor, 1978; Kempton, 1979) esta aparente debilidad o inconsistencia de la medida de diversidad Shannon-Wiener, se

complementó con la información generada por el índice Berger-Parker.

Las modificaciones en los ecosistemas debido a la influencia humana, han alterado la composición de las comunidades de insectos (Stoner y Joern, 2004); estas modificaciones incluyen el grado de fragmentación de los ecosistemas, uso de maquinaria agrícola, aplicación de insecticidas, aplicación de herbicidas, tipos de fertilizantes, variedades mejoradas y monocultivos, entre otros aspectos. Las comunidades de insectos, en especial las plagas agrícolas, se verán afectadas si sus fuentes de alimento se reducen y las poblaciones de insectos benéficos se incrementan. Tomando en cuenta lo anterior y considerando que las localidades y años en que se llevó a cabo el estudio involucraron grandes variaciones en tipo de suelo, fertilidad del suelo, variaciones genéticas en los materiales vegetales, altitud, temperaturas, humedad, uso de agroquímicos, manejo del cultivo, etc., y no se evaluaron puntualmente para separar los efectos, es obvio que en su conjunto son responsables de los patrones observados.

Las diferencias encontradas en el maíz y teocintle en la diversidad y abundancia de especies son consistentes; del total de especies de insectos observadas, 12% no fueron observados en el teocintle y cerca del 7% no fueron detectadas en el maíz, aunque la diversidad y abundancia varían de año a año y de localidad a localidad. Las mayores poblaciones insectiles ocurrieron en las áreas subtropicales, mientras que en San Lorenzo y Ejutla, Jal., se presentaron las densidades más bajas.

Finalmente, las diferencias observadas en la abundancia de especies entre el maíz y el teocintle, en gran medida pudieran ser de origen genético, asociadas al proceso de domesticación del maíz en el que se favorecieron características de atracción, nutrición, protección etc., para algunas especies insectiles y darle finalmente la cualidad de presentar poblaciones más altas que su ancestro el teocintle. Por otra parte, la mayor diversidad de especies en el teocintle, pudiera deberse a la gran variabilidad fenotípica existente en el teocintle, pudiendo permitir que las poblaciones de insectos se diluyan, lo cual es coherente con lo señalado por Zeidler *et al.*, 2002 y Gardiner *et al.*, 2003, quienes al trabajar con termitas y artrópodos, encontraron una mayor diversidad de especies en sitios no domesticados o con baja intensidad en su manejo, que aquellos sitios con un uso intensivo o cultivado.

CONCLUSIONES

1. El maíz y teocintle de varias regiones de México, presentaron simultáneamente la presencia de organismos de varias clases, órdenes, familias, géneros y especies.
2. En la parte aérea y de la raíz de las dos especies vegetales predominó la presencia de la clase Insecta; en el substrato del suelo además se encontraron cinco clases más de organismos.
3. Del total de ejemplares colectados, cerca del 88% fueron observados en el teocintle, mientras que alrededor del 93% se detectaron en el maíz.
4. El maíz presentó una incidencia de organismos colectados del 65%, mientras que el teocintle un 35 por ciento.
5. Veinte géneros de insectos y tres de ácaros considerados como plagas de importancia agrícola, presentaron el mayor número de organismos colectados en la parte aérea y la raíz de las plantas del maíz y teocintle.
6. De los índices utilizados para medir la diversidad de especies, el de Shannon-Wiener presentó la mayor consistencia, indicando que en el teocintle ocurrió una mayor diversidad de especies. Mientras que el de Berger-Parker que expresa dominancia, indicó que el maíz presentó dominancia de los pulgones del cogollo *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), mientras que en el

teocintle fueron los pulgones, los trips *Frankliniella* spp., y la gallina ciega (varios géneros).

7. La mayor diversidad de especies ponderada por la abundancia de la especie más común ocurrió en el 2001, 2002 y 2003, en ese orden, respectivamente.
8. A pesar de que la mayoría de insectos se presentaron tanto en maíz como teocintle, se observaron casos en los que el comportamiento de la densidad poblacional indica cierta preferencia como la mostrada por el pulgón del cogollo, los trips, las chicharritas *Dalbulus* spp., el g. cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), y las larvas de *Diabrotica* spp. por el maíz; mientras que los barrenadores del tallo *Diatraea* spp. y *Sphenophorus* spp. y la g. ciega fueron más frecuentes en teocintle.

LITERATURA CITADA

- Anónimo, 1980. Principales Plagas del Maíz. SAHR. Dirección General de Sanidad Vegetal. México. 84 p.
- Borror, D.G., D.M. DeLong and C.A. Triplehorn. 1981. An Introduction to the Study of Insects. Saunders College, Philadelphia, USA. 877 p.
- Branson, F.F., and J. Reyes R. 1983. The association of *Diabrotica* spp. with *Zea diploperennis*. J. Kans. Entomol. Soc. 56 (1): 97-99.
- CEC. 2004. Commission for Environmental Cooperation of North America, Maize and Biodiversity: The Effects of Transgenic Maize in México. Public symposium, March 11. Oaxaca, México.
- CIBIOGEM. 2001. Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (Consejo Consultivo de Bioseguridad). Enero 19, Celaya Gto., 13-14 de Julio, Cuernavaca, Mor.
- CIMMYT. 1995. Foro flujo genético maíz-teocintle, maíz-maíz: implicaciones para el maíz transgénico. Septiembre 25-27, El Batán, Texcoco, México.
- Davidson, D.W. 1977. Species diversity and community organization in desert seed-eating ants. Ecology 58:711-724.

- De la Paz G., S. 1986. Catálogo de artrópodos de la colección del CAEAJAL. SARH, INIFAP, CIAB. Campo Agrícola Experimental de los Altos de Jalisco. Tepatitlán, Jal., México. Folleto Técnico No. 2. 20 p.
- De la Paz G., S. 1993. Plagas del maíz, del frijol y de la asociación maíz-frijol en los Altos de Jalisco. SARH. INIFAP. CIPAC. C.E. Altos de Jalisco. México. Libro Técnico No. 1. 89 p.
- Díaz C., G. 1978. Plagas del maíz en el Centro y Occidente de México. SARH. INIA. CIAB. Campo Agrícola Experimental Bajío. Folleto Misceláneo No. 39. 20 p.
- Doebley, J.F. 2004. The genetics of maize evolution. Annual Review of Genetics. 38:37-59.
- Eubanks, M. 1993. Corn rootworm resistance conferred to maize via *Tripsacum x Zea diploperennis*. Maize Genetics Cooperation Newsletter 67:39-41.
- Eubanks, M. 1999. Growth chambers bioassays to test a natural resource for corn rootworm resistance. Maize Genetics Cooperation Newsletter 73:30.
- Eubanks, M. 2000. Pilot study for heritability of enhanced drought tolerance in corn via *Tripsacum-Zea diploperennis* hybrids. Maize Genetics Cooperation Newsletter 74:27-28.

- Findley, W.R., L.R. Nault, W.E. Styer and D.T. Gordon. 1983. *Zea diploperennis* as a source of maize chlorotic dwarf virus resistance : A progress report. Pp. 255-257. In: Gordon, D.T., J.K. Knoke, L.R. Nault and R.M. Ritter (eds). Proceedings International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop, 2-6 August 1982. The Ohio State University, Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster. EUA.
- Förster, P. 1991. Influence of pesticides on larvae and adults of *Platynus dorsalis* and adults of *Tachyporus hypnorum* in laboratory and semi-field trials. Journal of Plant Diseases and Protection. 9:457-463.
- Gardiner, M.M., J.D. Barbour, and J.B. Johnson. 2003. Arthropod Diversity and Abundance on Feral and Cultivated *Humulus lupulus* (Urticales: Cannabaceae) in Idaho. Environ. Entomol. 32(3):564-574.
- INEGI. 2006. El Sector Alimentario en México. Serie de Estadísticas Sectoriales. pp:267.
- Johnson, K.A. & W.G. Whitford. 1975. Foraging ecology and relative importance of subterranean termites in Chihuahuan desert ecosystems. Environmental Entomology. 4:66-70.
- Kempton, R.A. 1979. Structure of species abundance and measurement of diversity. Biometrics 35:307-322.
- Krebs, C.J. 1989. Ecological methodology. Harper Collins, New York.

- Kremen, C., R.K. Colwell, T.L. Erwin, D.D. Murphy, R.F. Noss & M.A. Sanjayan. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology* 7: 796-808.
- Loera G., J. y J.A. Sifuentes A. 1974. Principales plagas que atacan a los cultivos de maíz, sorgo y algodón en Tamaulipas. SAG. INIA. CIAT. Campo Agrícola Experimental de Río Bravo, Tamps., México. Circular CIAT No. 5. 17 p.
- Loya R., J. 1978. Principales plagas del maíz en Morelos. SARH. INIA. CIAMEC. Circular No. 99. 11 p.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing. 256 p.
- Marín J., A. 2001. Insectos plaga del maíz. Guía para su identificación. Celaya, Gto., México. SAGARPA, INIFAP. Campo Experimental Bajío. Folleto técnico No. 1. 29 p.
- Matsuoka, Y., Y. Vigouroux, M.M. Goodman, J. Sánchez 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.
- Medina M., R. y J.A. Sifuentes. 1977. Guía para el Combate de Plagas en la Zona Temporalera de Zacatecas. SARH. INIA. CIANE.

Campo Agrícola Experimental Calera, Zac. México. Circular No. 66. 32 p.

Meglitsch, A.P. 1967. *Invertebrate Zoology*. 29a, ED. University Press, New York, USA. 670 p.

Melhus, I.E. and M. Chamberlain. 1953. A preliminary study of teosinte in its region of origin. *Iowa State College Journal of Science*. 28:139-164.

Morón, M.A.. 1983. Introducción a la biosistemática y ecología de los coleópteros Melolonthidae edafícolas de México. CI- C13. *In: II Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo*. Colegio de Posgraduados y Depto. De Parasitología, UACH., Chapingo, México, y la Sociedad Mexicana de Entomología.

Moya-Raygoza, G., E. Santana C., P. Plaza L. 1988. Búsqueda de resistencia en *Zea diploperennis* (Gramineae) para disminuir el daño por plagas del suelo en maíz. *In: Tercera Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo*. Sociedad Mexicana de Entomología. ICI de México. Instituto de Ecología. pp:179-196.

Moya-Raygoza, G., V. Bedoy V. y E. Santana C. 1993. Patrones estacionales de la abundancia de insectos en manchones naturales de *Zea diploperennis*. En: Benz, B. (Compilador). *Biología, ecología y conservación del género Zea*. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., Méx. pp:165-177.

NAPPO. 1997. *Taller de NAPPO (North American Plant Protection) sobre maíz transgénico*. Octubre 13-16, México, D.F.

Nault, L.R. and W.R. Findley. 1981. *Zea diploperennis*: A primitive relative offers new traits to improve corn. Ohio Report on Research and Development in Agriculture, Home Economics and Natural Resources'. 66(6):90-92.

Nault, L.R. D.T. Gordon, V.D. Damsteegt and H.H. Iltis 1982. Response of annual and perennial teosintes (*Zea*) to six maize viruses. Plant disease. 66(1):61-62.

Nault, L.R. 1983. Origins of leaf hopper vectors of maize pathogens in Mesoamerica. In: Gordon, D.T., J.K. Knoke, L.R. Nault and R.M. Ritter (Eds). *Proceedings International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop, 2-6 August 1982*. The Ohio State University, Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster. EUA. pp:75-82.

Nault, L.R. 1993. Evolución de una plaga de insectos. El maíz y las chicharritas. Un estudio de caso. *In*: Benz, B. (Compilador). *Biología, ecología y conservación del género Zea*. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., Méx. p:179-202.

Ortega C., A. 1987. Insectos nocivos del maíz: Una guía para su identificación en el campo. México, D.F. CIMMYT. 106 p.

Pacheco M., F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. *México*. SARH. INIA. CIANO. Campo Agrícola

Experimental Valle del Yaqui. Libro Técnico No.1. pp:139-171.

Rodríguez-Del Bosque., L. A. 1978. Clave de campo para identificación de plagas del maíz y su combate. Norte de Tamaulipas. SARH. INIA. CIAGON. Campo Agrícola Experimental de Río Bravo. Circular CIAGON. 6178. 31 p.

Rodríguez-Del Bosque, L.A. y A. Marín J. 2008. Insectos plaga y su control. En: El cultivo del maíz temas selectos. Colegio de Posgraduados. Mundi-Prensa México. pp:29-46.

Sánchez G., J.J., T.A. Kato Y., M. Aguilar S., J.M. Hernández C., A. López R. y J.A. Ruíz C. 1998. Distribución y caracterización del teocintle. Libro Técnico Núm. 2. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 150 p.

Seaby, R.M. y P.A. Henderson. 2006. Species Diversity and Richness Version 4. Pisces Conservation Ltd., Lymington, England.

Serratos, J.A., M.C. Willcox, and F. Castillo. 1996. Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: Implicaciones para el maíz transgénico. México, D.F., CIMMYT.

Shah, P.A., D. R. Brooks, J.E. Ashby, J.N. Perry and I.P. Woiwod. 2003. Diversity and abundance of the coleopteran fauna from organic and conventional management systems in southern England. *Agricultural and Forest Entomology*. 5: 51-60.

- Sifuentes A., J.A. 1985a. Selección de cultivares de plantas con resistencia a diferentes plagas en México. SARH. INIA. Folleto Técnico No. 83. 30 p.
- Sifuentes A., J.A. 1985 b. Plagas del maíz en México. SARH. INIA. Folleto Técnico No. 85. México, D.F. 49 p.
- SMBB. 2002. Discussion Workshop on the Impact of Genetically Modified Maize in México. Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, México, D.F., Marzo 18-19, 2002.
- Sørensen, L.L., J.A. Coddington, and N. Scharff. 2002. Inventorying and Estimating Sub canopy Spider Diversity Using Semi quantitative Sampling Methods in an Afromontane Forest. *Environ. Entomol.* 31(2):319-330.
- Stoner, K.J.L. y A. Joern 2004. Landscape vs. local habitat scale influences to insect communities from tall grass prairie remnants. *Ecological applications.* 14:1306-1320.
- Taylor, L.R., R.A. Kempton & I. P. Woiwod. 1976. Diversity statistics and the log-series model. *Journal of Animal Ecology.* 45:255-271.
- Taylor, L.R. 1978. Bates, Williams, Hutchinson- a variety of diversities. *Diversity of Insect Faunas: 9th Symposium of The Royal Entomological Society* (Ed. by L.A. Mound and N. Waloff). Blackwell, Oxford. pp:1-18.

Weygoldt, P. 1969. The Biology of Pseudoscorpions. Harvard University Press. Cambridge, USA. 145 p.

World Meteorological Organization (WMO). 1988. Agrometeorological aspects of operational crop protection. *WMO. Tech. Note* No. 192.

Zeidler, J., S. Hanrahan & M. Scholes. 2002. Termite species richness, composition and diversity on five farms in southern Kunene region, Namibia. *African Zoology*. 37(1):7-11.

CAPITULO 2

EFFECTO DE FACTORES CLIMATICOS Y EDAFICOS SOBRE LAS POBLACIONES DE PLAGAS RIZOFAGAS DEL MAIZ Y TEOCINTLE.

RESUMEN

Los objetivos de esta parte de la investigación fueron determinar el efecto de factores climáticos y edáficos sobre la incidencia de plagas de la raíz y proponer algunos modelos de regresión que permitan explicar la dinámica de estos insectos en función de factores ambientales. Para ello se realizaron muestreos de campo en los estados de Jalisco, Michoacán, México y Puebla, en los años de 2001, 2002, y 2003. Los sitios de muestreo variaron entre estados y años de observación. El muestreo de insectos se efectuó con una frecuencia de 15 a 21 días. Los resultados mostraron incidencia importante de gallina ciega, falsos y verdaderos gusanos de alambre, esqueletonizador y diabrotica en maíz y teocintle, en los estados de Jalisco y Michoacán, mientras que en México y Puebla no se presentaron. Las densidades poblacionales de las tres primeras plagas fueron similares en ambos cultivos, no así para el caso de diabrotica, la cual mostró mayor actividad en maíz. La gallina ciega y los falsos y verdaderos gusanos de alambre fueron dominantes. Se determinó la relación existente entre algunas variables climáticas y del suelo con las poblaciones del complejo de plagas rizófagas. Los factores que mostraron mayor influencia, fueron: la altura sobre el nivel del mar, la precipitación pluvial anual, los porcentajes de limo y materia orgánica, y la temperatura promedio del periodo mayo-octubre; su influencia sobre cada una de las plagas fue de diferente magnitud. Se obtuvieron dos modelos de regresión múltiple para el total de plagas

en maíz y teocintle. Los valores de sus coeficientes de determinación fueron de 0.80 y 0.83, respectivamente. La comprensión de las interacciones entre la dinámica poblacional del complejo de plagas rizófagas y los factores edafoclimáticos proporcionaron información que puede ser utilizada para determinar zonas que promoverían altas densidades poblacionales lo que permitiría implementar estrategias adecuadas en el manejo de plagas.

ABSTRACT

The objectives of the present study were to determine the incidence of root pests of agricultural importance in corn and teosinte, to quantify the effect of climatic and edaphic factors on the pests to develop some regression models that explain the dynamics of these insects in function of environmental factors. Field samplings were carried out in the states of Jalisco, Michoacán, Mexico and Puebla, during the years 2001, 2002, and 2003. The sampling sites varied between states and years of observation. The sampling of insects was made with a frequency of 15 to 21 days. The results showed important incidence of white grub larvae, false and true wire worms, grape colaspis and corn rootworms in corn and teosinte, in the states of Jalisco and Michoacán, while in Mexico and Puebla they were not observed. The population densities of the first three pests were similar in corn and teosinte, however in the case of corn rootworms, they showed a bigger activity in corn. The white grub larvae and false and true wire worms were dominant. Relationships among some climatic and edaphic variables with the populations of the complex of root pests were determined. The factors that showed more influence were: altitude, annual rain, the percentages of lime and organic matter, and the average temperature of the period May-October; its influence on each one of the pests was of different magnitude. Two models of multiple regression were obtained for the total pests in corn and teosinte. The values of their determination coefficients were of 0.80 and 0.83, respectively. The understanding of the interactions between the population dynamics of the complex of root pests and the edaphic-climatic factors provide information that can be used to determine areas that would promote high

population densities; also they may be useful in implementing the best strategies in the management of pests.

INTRODUCCION

El maíz es una planta domesticada descendiente de la especie tropical de teocintle *Zea mays* spp. *parviglumis* Iltis & Doebley (Matzuoka *et al.*, 2002). Es uno de los cereales más importantes del mundo, posee gran diversidad genética y se cultiva en una gran diversidad de ambientes, desde el Ecuador, hasta cerca de 50° latitud Norte y 42° latitud Sur, y a alturas hasta de 3,800 m (Ortega, 1987). En México, es el cultivo de mayor importancia social y económica, ocupando el primer lugar en superficie cosechada y producción. En 2005, se cosecharon 6.6 millones de hectáreas, estimándose una producción de 19.34 millones de toneladas de grano y un rendimiento medio de 2.93 ton/ha (INEGI, 2006a). La dieta alimenticia del pueblo mexicano se fundamenta en el consumo de este grano que se estima en 186 kg/persona/año (INEGI, 2006b). Este cultivo proporciona empleo y medios de subsistencia al 20% de la población económicamente activa del país (Sierra *et al.*, 2007).

En la República Mexicana, el teocintle se encuentra distribuido casi exclusivamente en áreas tropicales y subtropicales, ubicándosele también en Guatemala, Honduras y Nicaragua. Entre los factores que limitan la producción de las plantas, sobresalen los insectos, enfermedades y maleza, los cuales son importantes en prácticamente todo el planeta, ya que ocasionan la pérdida del 20% de la producción mundial de granos (WMO, 1988).

La información respecto a insectos plaga y daños causados al maíz, es abundante. Así, Ortega (1987) reportó la presencia de 61 géneros y 26 especies de insectos y ácaros que afectan la producción de maíz a nivel mundial, señalando que estas plagas son capaces de

infestar al cultivo en cualquier etapa de su desarrollo, pudiendo atacar cualquier parte de la planta, a menudo con graves consecuencias. En México, Rodríguez-Del Bosque y Marín (2008), estiman que los insectos nocivos del maíz provocan pérdidas en promedio de 30%, aunque bajo ciertas condiciones, los daños son tan severos que las pérdidas pueden ser totales, señalando 23 insectos plaga que comúnmente atacan al cultivo; información similar ha sido reportada por diversos autores (Loera y Sifuentes, 1974; Rodríguez-Del Bosque, 1978; Díaz, 1978; Loya, 1978; Anónimo, 1980; Sifuentes, 1985; Ortega, 1987; De la Paz, 1993; y Marín, 2001).

En el caso del teocintle y otras especies silvestres, las publicaciones son escasas y a veces limitadas en su circulación. En este sentido, Melhus y Chamberlain (1953), al estudiar el teocintle tipo Guatemala [*Zea luxurians* (Durieu & Ascherson) Bird] encontraron insectos que se alimentaban del cogollo, raíz y tallo; información similar fue obtenida por Moya-Raygoza *et al.* (1988,1993) y Serratos *et al.* (1996) al describir la incidencia de insectos asociados al teocintle perenne *Zea diploperennis* Iltis, Doebley & Guzmán.

En la República Mexicana, las plagas que se alimentan de la raíz del maíz ocupan el segundo lugar en importancia (Ríos, 1986). Investigadores que han trabajado en esta área, mencionan la presencia de varios géneros y especies (Loera y Sifuentes, 1974; Rodríguez-Del Bosque, 1978; Díaz, 1978; Loya, 1978; Anónimo, 1980; Sifuentes, 1985; De la Paz, 1993; y Marín, 2001). Entre los pocos trabajos reportados sobre insectos rizófagos en teocintles anuales, están los de Melhus y Chamberlain (1953), quienes observaron bajo condiciones de campo la presencia de diabroticas. En

los teocintles perennes (*Zea diploperennis*), Branson y Reyes (1983); Serratos *et al.* (1996), y Moya-Raygoza *et al.* (1988, 1993) identificaron larvas de varios géneros y especies asociadas a las raíces y rizomas.

En el país, algunos investigadores mencionan regiones con diferentes gradientes de incidencia de plagas rizófagas, delimitando zonas geográficas (estados, municipios, etc.), o indicando tipos de clima o áreas de cultivo (Loera y Sifuentes, 1974; Díaz, 1978; Rodríguez-Del Bosque, 1978; Loya, 1978; Anónimo, 1980; Sifuentes, 1985; Ortega, 1987; De la Paz, 1993, y Marín, 2001). Estos criterios no responden a una relación causa-efecto y no se fundamentan en la cuantificación de las poblaciones y su interacción con factores ambientales (principalmente temperatura y precipitación pluvial), o de otro tipo como factores edáficos, manejo del suelo, variables del terreno, etc. (Bergman y Turpin, 1986; Gillespie, 1994; French *et al.*, 2004; y Beckler *et al.*, 2004).

Actualmente, la disponibilidad de sistemas de información geográfica y bases de datos geográficos, de clima y otras variables de diagnóstico, como vegetación, topografía, tipos de suelo y manejo del sistema, han probado ser buenas herramientas para investigar áreas potenciales de distribución de plagas (Ruiz *et al.*, 2001; French *et al.*, 2004).

Basados en los aspectos anteriormente señalados, los objetivos de este estudio, fueron:

- a) Determinar las plagas rizófagas de importancia agrícola que inciden en el maíz y teocintle en once localidades de la región Centro-Occidente de México.

- b) Identificar qué factores climáticos y edáficos influyen sobre las poblaciones de plagas rizófagas.
- c) Proponer algunos modelos de regresión múltiple que permitan, en una primera aproximación, mejor comprensión de los factores que regulan la presencia de las plagas rizófagas en el maíz y teocintle en el Occidente de México.

MATERIALES Y METODOS

Área de Estudio

El área de estudio comprendió los estados de Jalisco, Michoacán, México y Puebla y los años de observación fueron 2001, 2002 y 2003. El número de sitios de muestreo seleccionados variaron entre estados y años de observación (Cuadro 1).

Caracterización edafo-climática de sitios de muestreo.

Para cada predio, se determinó su localización geográfica y altitud mediante un posicionador geográfico. También, se tomó una muestra de suelo representativa antes de la siembra, a una profundidad de 0-30 cm, determinándose en laboratorio los porcentajes de arena, arcilla, limo, materia orgánica, potencial hidrógeno, y conductividad eléctrica. Para caracterizar las condiciones climáticas de los sitios de muestreo se utilizó el Sistema Nacional de Información Ambiental (SNIA) del INIFAP (Medina *et al.*, 1998), el cual está compilado en el sistema de información geográfica IDRISI (Eastman, 1999), en formato "raster" y con una resolución de 900 m. La caracterización climática de los sitios de muestreo se realizó mediante el sistema IDRISI al reconocer las coordenadas geográficas de cada sitio en las imágenes temáticas del SNIA. Con este procedimiento se obtuvieron las siguientes variables: temperatura media, temperatura máxima media, temperatura mínima media y precipitación acumulada promedio para el periodo anual y periodo mayo-octubre. Este último se seleccionó porque cubre el periodo entre el inicio de siembras y cosecha del maíz, en el que

ocurre el mayor porcentaje de lluvia anual, el desarrollo vegetativo de las especies vegetales y el de los insectos rizófagos, además de cubrir etapas consideradas críticas de las plagas, como la emergencia y oviposición. Debido a que los huevecillos, larvas y pupas de las plagas rizófagas permanecen en el suelo, la temperatura del suelo parece ser la unidad térmica apropiada (Elliott *et al.*, 1990). Sin embargo, desde que la mayoría de las estaciones climáticas del área de estudio solo miden la temperatura del aire, se utilizó esta variable.

Cuadro 6. Localización de sitios de muestreo.

Estado	Municipio	Sitio de muestreo	Año	No. de muestreos	Altitud (m)	Grados	
						Longitud	Latitud
Jalisco	Guachinango	Km.10	2001	7	1385	104.419	20.629
		Guachinango	2002	11	1385	104.419	20.629
		La Ciénega	2003	9	1385	104.419	20.629
	Ejutla	San Lorenzo	2001	6	950	103.995	19.945
			2002	9	950	103.995	19.945
			2003	8	950	103.995	19.945
		Ejutla	2001	6	1070	104.157	19.912
			2003	8	1334	104.172	19.899
	La Barca	La Providencia	2001	8	1485	102.632	20.322
	Villa Purificación	Talpitita	2001	7	550	104.803	19.715
Michoacán	Churintzio	Churintzio	2001	7	1880	102.059	20.157
			2002	10	1880	102.059	20.157
			2003	9	1880	102.059	20.157
	Copándaro	San Agustín del Maíz	2001	7	1825	101.179	19.89
México	Texcoco	Santa Lucía	2001	10	2285	98.885	19.443
		Boyeros	2002	12	2250	98.92	19.495
	Zoyatzingo	Zoyatzingo	2001	9	2498	98.776	10.086
Puebla	San Salvador El Seco	San Salvador El Seco	2001	11	2380	97.439	19.187

Muestreo de insectos

Con la finalidad de determinar la incidencia de las diversas especies de insectos que se alimentan de la raíz del maíz y teocintle, se realizaron muestreos cada 15 a 21 días en 2001, y cada 15 días en 2002 y en 2003, una vez que se produjo la nacencia del maíz. Las muestras se efectuaron durante todo el desarrollo de las plantas bajo condiciones de campo, por un lapso de 6 meses aproximadamente. En cada muestreo, se tomaron al azar 5 plantas de teocintle y 5 de maíz en el 2001, 10 plantas de cada especie en el 2002, y 10 plantas de maíz y 12 de teocintle durante el 2003. El tallo de cada planta seleccionada se cortó con una rozadera al nivel del suelo, dejando la raíz de la misma como el centro de un cepellón o cubo de suelo de 30x30x30 cm. Cada cepellón se introdujo a una bolsa de plástico transparente de 90x 120 cm de ancho y largo, respectivamente, para su traslado al laboratorio de Taxonomía de insectos del Departamento de Producción Agrícola del CUCBA en donde se separaron los especímenes, contabilizándose por familia y/o género. El estudio consideró los siguientes insectos plaga:

- a) Gallina ciega, constituida por los géneros *Phyllophaga*, *Cyclocephala*, *Anomala* y *Macroductylus*.
- b) Doradilla *Diabrotica* spp.
- c) Esqueletonizador *Colaspis* spp.
- d) Verdaderos y falsos gusanos de alambre (Familias: Elateridae, Cebionidae y Tenebrionidae).

La selección de las plagas se determinó considerando su importancia económica reportada para el cultivo del maíz en México.

Análisis estadísticos

Los valores originales de las capturas de las larvas rizófagas primeramente fueron ajustados con base en los diferentes tamaños de muestra utilizados en cada año y especie vegetal, lo cual dio origen al total de larvas por ciclo agrícola (No. de larvas /No. de cepellones), y posteriormente se ajustaron por el número de muestreos realizados en las diferentes localidades y años (No. de larvas/ No. de cepellones/ No. de muestreos) dando lugar al promedio de larvas por cepellón por ciclo.

Los datos promedio de las poblaciones larvales de las plagas colectadas en el maíz y teocintle, fueron comparados entre sí para determinar diferencias entre ellos mediante una prueba de "t". Con el propósito de determinar la relación existente entre los totales y promedios de insectos por grupo y en conjunto del complejo y las variables independientes edafoclimáticas: altura sobre el nivel del mar (altitud), precipitación media anual (pma) y precipitación media del periodo mayo-octubre (pmm-o), temperatura máxima anual (tmaxa), temperatura media anual (tmeda), temperatura mínima anual (tmina), temperatura máxima para el periodo mayo-octubre (tmáxm-o), temperatura media para el periodo mayo-octubre (tmedm-o), temperatura mínima para el periodo mayo-octubre (tminm-o), porcentaje de arena (pa), porcentaje de limo (pl), porcentaje de arcilla (parc), porcentaje de materia orgánica (pmo), potencial hidrógeno (pH), y conductividad eléctrica (ce), se realizaron análisis de correlación de Pearson y regresiones lineales, cuadráticas y cúbicas, con el Sistema de Análisis Estadístico (SAS), tanto en maíz como en teocintle. Posteriormente, se propusieron tres modelos completos de regresión múltiple; el primero de ellos (I) con las

variables (altitud, pma, tmedm-o, pl y pmo); el segundo modelo (II), consideró las 14 variables edafoclimáticas mencionadas, y finalmente, el tercer modelo (III) incluyó las variables del modelo I pero elevando los valores a las potencias cuadráticas y cúbicas, utilizando la transformación arco-seno. Paralelamente, con los modelos completos, se usó el procedimiento STEPWISE que selecciona en cada paso sucesivo, la variable que más contribuye al poder discriminador del modelo. El nivel de significancia para que una variable entrara o permaneciera en el modelo fue de 0.10 (SAS Institute, 1998).

En todos los análisis estadísticos se utilizaron las transformaciones arco-seno y arco-seno (x+1) con el fin de normalizar la distribución y disminuir las varianzas de los datos originales, debido a que se presentaron algunas observaciones con valor cero.

RESULTADOS

Se identificaron poblaciones de larvas rizófagas en los tres años de estudio y sitios de muestreo que corresponden a los estados de Michoacán y Jalisco; en los cuatro sitios restantes pertenecientes a los estados de México y Puebla, no se presentaron plagas rizófagas, lo cual probablemente se debió a la altitud y condiciones de temperatura de estos sitios (Cuadro 7). En Michoacán y Jalisco las plagas presentes constituyeron un complejo conformado por gallina ciega, diabrotica, esqueletonizador y los falsos y verdaderos gusanos de alambre, ocurriendo simultáneamente en maíz y teocintle. La gallina ciega mostró la mayor densidad poblacional seguida por los falsos y verdaderos gusanos de alambre, la diabrotica y finalmente el esqueletonizador. Las pruebas de t realizadas con los valores originales y las transformaciones $\log_{10} (x+1)$, y arco-seno $(x+1)$ no detectaron diferencias significativas entre las poblaciones de estos insectos plaga en maíz y teocintle, no así en diabrotica, ya que las tres pruebas indicaron poblaciones significativamente más altas en maíz que en el teocintle. Con respecto a las poblaciones del total de plagas en maíz y teocintle, no se encontró diferencia significativa (Cuadro 7).

Los valores de los coeficientes de correlación obtenidos con los datos originales entre las variables edafoclimáticas y las poblaciones promedio de las diversas plagas rizófagas en lo individual y el total en maíz y teocintle, se presentan en el Cuadro 8. Las variables pmo y pl, tmedm-o, tminm-o, tmáxm-o, tmina, tmeda y tmáxa, tuvieron un efecto positivo sobre las poblaciones insectiles, mientras que altitud, pma, pa, parc, pmm-o, y el pH mostraron un efecto negativo sobre la densidad poblacional de las plagas. Se consideró que: pmo, pl,

tmedm-o, altitud y la pma, son las variables de mayor importancia, porque sus coeficientes mostraron valores mayores a 0.5 y fueron significativos.

En el Cuadro 9, se presentan las correlaciones y significancia de cinco variables edafoclimáticas seleccionadas y las plagas rizófagas, con los datos transformados mediante la función arco-seno ($x+1$) que mejoró sustantivamente los valores originales de las comparaciones y su significancia. La asociación entre cada variable agroclimática seleccionadas y las plagas rizófagas, mostró diferente intensidad, pues la gallina ciega fue sensible al efecto de todas las variables, los falsos y verdaderos gusanos de alambre no se vieron afectados por la pma; el esqueletonizador fue reactivo al pl y a la tmedm-o, pmo, y la altitud, e insensible a la pma. La diabrótica solo respondió al pmo.

El pmo fue más importante para los falsos y verdaderos gusanos de alambre, el esqueletonizador, gallina ciega, y la diabrótica, en ese orden, respectivamente. El pl y la tmedm-o tuvieron un efecto similar sobre los falsos y verdaderos gusanos de alambre, gallina ciega, y esqueletonizador, no así sobre la diabrótica. La pma mostró valores bajos y negativos para gallina ciega, indicando que la lluvia abundante reduce sus poblaciones, no siendo igual la respuesta de la diabrótica, el esqueletonizador y los falsos y verdaderos gusanos de alambre que fueron insensibles a este factor. Al incrementarse la altitud disminuyeron las poblaciones de los falsos y verdaderos gusanos de alambre y en menor intensidad la gallina ciega y el esqueletonizador; la diabrótica no fue afectada. Al aumentar los valores del pmo y el pl así como la tmedm-o proporcionaron condiciones favorables para el incremento de las poblaciones, no así la altitud y el pma que mostraron un efecto depresor.

Cuadro 7. Promedios individuales de plagas rizófagas/ cepellón, y el total en maíz y teocintle en tres años de muestreo y once localidades en cuatro estados de México, y su comparación estadística mediante la prueba de "t".

Estado	Sitio de muestreo	Año	G.ciega		Diabrotica		Esqueletonizador		F. y v. g. alambre		Total Plagas	
			Maíz	Teocintle	Maíz	Teocintle	Maíz	Teocintle	Maíz	Teocintle	Maíz	Teocintle
Jalisco	Guachinango	2001	0.914	1.000	0.257	0.086	0.057	0.114	0.314	0.457	10.800	11.600
		2002	0.354	1.009	0.027	0.063	0.100	0.245	0.054	0.245	5.900	17.200
		2003	0.300	0.342	0.055	0.018	0.611	0.083	0.077	0.222	9.400	5.990
	Talpitita	2001	0.885	1.200	0.114	0.057	0.228	0.086	0.228	0.371	10.200	12.000
	Ejutla	2001	1.133	2.333	0.100	0.000	0.066	0.133	0.133	0.100	8.600	15.400
		2003	0.550	0.312	0.062	0.240	0.337	0.062	0.125	0.115	8.600	5.840
	San Lorenzo	2001	0.966	1.066	0.133	0.100	0.100	0.066	0.166	0.100	8.200	8.000
		2002	0.511	0.788	0.055	0.000	0.155	0.266	0.211	0.333	8.400	12.500
		2003	0.162	0.562	0.025	0.041	0.062	0.145	0.212	0.162	3.700	7.290
	La Barca	2001	1.700	1.225	0.975	0.375	0.000	0.100	0.300	0.475	23.800	17.400
Puebla	S.S. El Seco	2001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Michoacán	Churintzio	2001	1.800	2.828	0.800	0.200	0.142	0.571	0.285	0.114	21.200	26.000
		2002	1.630	0.910	0.030	0.010	0.170	0.230	0.080	0.180	19.100	13.300
		2003	0.600	1.101	0.266	0.222	0.088	0.148	0.355	0.305	11.800	15.990
México	Copándaro	2001	0.400	0.257	0.657	0.028	0.143	0.171	0.057	0.143	8.800	4.200
	Zoyatzingo	2001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sta. Lucía	2001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Boyerros	2002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Medias		0.661	0.830	0.198	0.080	0.126	0.134	0.144	0.185	8.806	9.595
	Desv.Est.		0.598	0.782	0.298	0.108	0.151	0.137	0.119	0.153	7.050	7.383
Prueba de t ($P > t $)			ORIG		0.152		0.050		0.845		0.108	
Prueba de t ($P > t $)			LOG		0.138		0.046		0.798		0.117	
Prueba de t ($P > t $)			ARC		0.142		0.048		0.822		0.112	

Cuadro 8. Valores de los coeficientes de correlación y su significancia, ente las variables edafoclimáticas y el complejo de plagas rizófagas presentes en maíz y teocintle.

Variables independientes	Gallina ciega		Diabrotica		Esqueletonizador		F. y v. g. alambre		Total plagas	
	Maíz	Teocintle	Maíz	Teocintle	Maíz	Teocintle	Maíz	Teocintle	Maíz	Teocintle
pmo	0.44	0.34	0.27	0.38	0.15	0.47	0.64**	0.61**	0.59**	0.62**
pl	0.47*	0.46	0.27	0.22	0.34	0.38	0.47*	0.49*	0.50*	0.52*
tmedm-o	0.38	0.42	0.01	0.24	0.41	0.24	0.55*	0.58*	0.37	0.48*
tminm-o	0.36	0.44	0	0.26	0.43	0.29	0.56*	0.55*	0.37	0.50*
tmáxm-o	0.29	0.30	-0.04	0.22	0.49*	0.13	0.47*	0.54*	0.31	0.36
tmina	0.34	0.41	-0.04	0.23	0.39	0.23	0.53*	0.51*	0.32	0.45
tmeda	0.32	0.36	-0.03	0.23	0.44	0.17	0.50*	0.52*	0.31	0.40
tmáxa	0.28	0.31	-0.02	0.20	0.47	0.12	0.45	0.52*	0.28	0.34
altitud	-0.30	-0.40	0.01	-0.12	-0.37	-0.17	-0.50*	-0.56*	-0.27	-0.41
pma	-0.50*	-0.45	-0.37	-0.43	0	-0.39	-0.22	-0.16	-0.51*	-0.53*
pa	-0.34	-0.09	-0.53*	-0.36	0.1	-0.22	-0.16	-0.20	-0.48*	-0.25
parc	0.07	-0.18	0.39	0.24	-0.30	0	-0.11	-0.08	0.20	-0.04
pmm-o	-0.44	-0.37	-0.25	-0.38	0.19	-0.26	-0.10	0.06	-0.38	-0.39
pH	-0.39	-0.37	-0.05	-0.28	-0.08	-0.36	-0.52*	-0.30	-0.42	-0.48*

* Significativo al 5%

** Significativo al 1%

Cuadro 9. Correlaciones y su significancia con los datos transformados mediante la función arco-seno ($x+1$), entre seis variables independientes y diez dependientes (promedios del complejo de larvas rizófagas, así como el total).

Variables	Gallina ciega		Diabrotica		Esqueletonizador		F. y v. g. alambre		Total plagas	
	Maíz	Teocintle	Maíz	Teocintle	Maíz	Teocintle	Maíz	Teocintle	Maíz	Teocintle
pmo	0.53	0.53		0.49		0.62	0.66	0.68	0.65	0.68
	0.02	0.02		0.03		0.005	0.002	0.001	0.003	0.001
pl	0.61	0.60			0.55	0.56	0.59	0.62	0.62	0.62
	0.006	0.008			0.01	0.01	0.009	0.006	0.005	0.006
tmedm-o	0.59	0.64			0.60	0.51	0.72	0.72	0.58	0.66
	0.009	0.003			0.007	0.02	0.0007	0.0007	0.01	0.002
altitud	-0.52	-0.61			-0.55		-0.67	-0.69	-0.50	-0.59
	0.02	0.007			0.01		0.002	0.001	0.03	0.009
pma	-0.48	-0.46							-0.48	-0.50
	0.04	0.04							0.04	0.03

Al considerar el total de plagas, las variables presentaron valores con un rango de -0.48 a 0.68 y probabilidades de significancia iguales o mayores a 0.05, indicando su importancia en proporcionar condiciones adecuadas al complejo de plagas.

Al comparar las correlaciones y su significancia entre las plagas rizófagas, tanto en forma individual como el total en maíz y teocintle, sus valores muestran semejanza y consistencia indicando que su presencia en ambas especies vegetales es similar.

Para describir la relación existente entre las plagas rizófagas y los factores agroclimáticos en forma conjunta, se utilizó regresión múltiple con datos transformados a arco-seno (Cuadro 10). Se observó que los modelos completos de regresión múltiple mostraron los valores más altos en los coeficientes de determinación (con un rango de 0.40 a 0.99), pero únicamente se presentaron 14 casos significativos al 0.10 de probabilidad. Por su parte el procedimiento "Stepwise" identificó 30 casos de modelos significativos, aunque con valores más bajos en los coeficientes de determinación (de 0.20 a 0.83). Bajo la premisa de que en condiciones de campo se presenta el complejo de insectos rizófagos simultáneamente dañando a los cultivos, y que el modelo III (Cuadro 10) con el procedimiento "Stepwise" presentó valores altamente significativos para el total de plagas tanto en maíz como en teocintle, y valores razonables en sus coeficientes de determinación (de 0.80 y 0.83, respectivamente), fue que se seleccionaron los siguientes modelos de regresión múltiple como los que mejor explicaron los valores observados de plagas rizófagas:

$$\text{Maíz no. insectos} = 17.456 + 0.000017 (\text{altitud})^2 - 0.00000000742 (\text{altitud})^3 - 0.0170 (\text{pma}) + 0.000246 (\text{pl})^3$$

$$(r^2 = 0.80; n=17)$$

$$\text{Teocintle no. insectos} = 27.757 - 0.000000000737 (\text{altitud})^3 - 0.0215 (\text{pma}) + 0.0079 (\text{pl})^2 + 1.6713 (\text{pmo}).$$

$$(r^2 = 0.83 ; n= 17).$$

Ambos modelos presentan tres variables comunes: Altitud, pma y pl, enfatizando su importancia e indicando que su acción es más relevante que los demás factores edafoclimáticos sobre las poblaciones del total de plagas rizófagas. Cabe señalar que en el modelo del teocintle, el pmo también presentó un efecto significativo. Además de las variables mencionadas, la tmm-o ocurre con un diferente nivel de participación en prácticamente todos los modelos (I, II y III), tanto en las plagas en forma individual como el total de ellas (Cuadro 10), confirmando su influencia sobre las poblaciones de plagas rizófagas.

En general, los modelos con un mayor número de variables o aquellos en que se incluyeron los términos cuadrático y cúbico, mostraron ventajas relativas sobre los modelos más simples al describir adecuadamente la relación clima-suelo sobre las poblaciones de plagas rizófagas.

Cuadro 10 . Comparación de dos procedimientos estadísticos de regresión múltiple (tres modelos completos conformados con variables seleccionadas vs. el manejo de los modelos mediante "stepwise") en base a los valores de sus coeficientes de determinación a un nivel de significancia del 0.10 , considerando las plagas individualmente y su total en maíz y teocintle, con los datos transformados con la función arco-seno.

Modelo (VARIABLES)	Plagas	Cultivo	Modelo Completo			Stepwise		
			R ²	F	Prob>F	R ²	F	Prob>F
I (X ₁ ,X ₂ ,X ₃ ,X ₁₂ ,X ₁₃)	Gallina ciega	Maíz	0.65	4.52	0.02	0.57	9.94	0.002
	Gallina ciega	Teocintle	0.69	5.34	0.01	0.56	9.58	0.002
	Diabrotica	Maíz	0.40	1.60	0.23	0.20	3.99	0.060
	Diabrotica	Teocintle	0.42	1.74	0.20	0.25	5.27	0.040
	Esqueletonizador	Maíz	0.43	1.77	0.19	0.37	9.34	0.008
	Esqueletonizador	Teocintle	0.63	4.05	0.02	0.62	7.47	0.003
	F.y v.g. alambre	Maíz	0.74	6.72	0.003	0.72	19.07	<0.0001
	F.y v.g. alambre	Teocintle	0.78	8.36	0.001	0.75	21.87	<0.0001
	Total	Maíz	0.74	6.66	0.003	0.72	11.87	0.000
	Total	Teocintle	0.81	9.92	0.0006	0.77	15.33	0.000
II (X ₁ ,X ₂ ,X ₃ ,X ₄ ,X ₅ , X ₆ , X ₇ ,X ₈ , X ₉ ,X ₁₀ ,X ₁₁ ,X ₁₂)	Gallina ciega	Maíz	0.88	1.60	0.39	0.57	9.94	0.002
	Gallina ciega	Teocintle	0.90	1.93	0.32	0.56	9.42	0.002
	Diabrotica	Maíz	0.90	1.87	0.33	0.20	3.99	0.060
	Diabrotica	Teocintle	0.99	22.02	0.01	0.25	5.27	0.040
	Esqueletonizador	Maíz	0.94	3.24	0.18	0.41	10.99	0.004
	Esqueletonizador	Teocintle	0.87	1.44	0.43	0.62	7.47	0.003
	F.y v.g. alambre	Maíz	0.91	2.11	0.29	0.70	17.83	0.000
	F.y v.g. alambre	Teocintle	0.99	20.03	0.02	0.79	17.88	<0.0001
	Total	Maíz	0.92	2.39	0.26	0.72	11.87	0.000
	Total	Teocintle	0.95	3.70	0.15	0.83	22.45	<0.0001
III (X ₁ , X ₁ ² , X ₁ ³ , X ₂ , X ₂ ² , X ₂ ³ , X ₃ , X ₃ ² , X ₃ ³ , X ₁₂ , X ₁₂ ² , X ₁₂ ³ , X ₁₃ , X ₁₃ ² , X ₁₃ ³).	Gallina ciega	Maíz	0.99	13.25	0.07	0.57	9.94	0.002
	Gallina ciega	Teocintle	0.99	11.69	0.08	0.61	11.58	0.001
	Diabrotica	Maíz	0.99	32.04	0.03	0.20	3.99	0.060
	Diabrotica	Teocintle	0.93	1.88	0.40	0.25	5.27	0.040
	Esqueletonizador	Maíz	0.85	0.73	0.71	0.40	10.50	0.005
	Esqueletonizador	Teocintle	0.99	29.17	0.03	0.53	8.50	0.003
	F.y v.g. alambre	Maíz	0.97	4.02	0.22	0.74	20.85	<0.0001
	F.y v.g. alambre	Teocintle	0.98	6.72	0.14	0.78	36.93	<0.0001
	Total	Maíz	0.97	4.61	0.19	0.80	12.56	0.000
	Total	Teocintle	0.99	21.09	0.05	0.83	15.52	<0.0001

Variables: x₁:altitud; x₂: pma; x₃: pmm-o; x₄: tmin a; x₅:tmeda; x₆: tmáxa; x₇: tminm-o; x₈: tmedm-o; x₉: tmáxm-o; x₁₀:pa; x₁₁:parc; x₁₂: pl; x₁₃: pmo; x₁₄: pH.

DISCUSION

Los resultados obtenidos en este estudio durante tres años en los diferentes sitios de muestreo ubicados en los estados de Michoacán y Jalisco, indican que más que una especie en particular es más frecuente la presencia simultánea de varias familias, géneros y especies de larvas rizófagas de importancia agrícola en el cultivo del maíz, coincidiendo con lo señalado por Loera y Sifuentes (1974); Rodríguez-Del Bosque (1978); Díaz (1978); Loya (1978); Anónimo (1980); Sifuentes (1985); De la Paz (1993), Marín (2001); Rodríguez-Del Bosque y Marín (2008), quienes obtuvieron información similar en estudios realizados en diferentes estados de la República Mexicana.

La información generada en teocintle sólo coincide parcialmente con lo señalado por Melhus y Chamberlain (1953), ya que ellos observaron en teocintles anuales bajo condiciones de campo, únicamente la presencia de diabroticas.

Sin embargo, hay coincidencia en lo obtenido en este estudio y lo indicado por Branson y Reyes (1983); Serratos *et al.* (1996), y Moya-Raygoza *et al.* (1988, 1993), al identificar la presencia de larvas de varias familias, géneros y especies asociadas a las raíces y rizomas, pero en teocintles perennes.

Del complejo de larvas rizófagas encontrado, la densidad poblacional de diabrotica fue significativamente superior en maíz a la registrada en el teocintle, quizá debido a la presencia de algún mecanismo de resistencia, o bien, que la raíz del maíz es más atractiva para la diabrotica. La posible resistencia en teocintle puede

ser una estrategia poblacional relacionada con altos niveles de diversidad genética, mientras que la mayoría de maíces muestreados fueron híbridos comerciales, con relativamente poca diversidad.

La altitud, pma, pl, pmo y tmedm-o, influyeron significativamente en diferentes grados de intensidad sobre las poblaciones larvales, tanto en forma individual, como el total de ellas en maíz y teocintle.

De los cinco factores mencionados, los tres primeros parecen ser de importancia primaria. En este estudio, el pmo fue un factor muy importante principalmente para gallina ciega, y los falsos y verdaderos gusanos de alambre, y en menor intensidad para diabrótica y esqueletonizador, en donde porcentajes de 5.0 a 8.6 los favorecieron, es decir, suelos con buen nivel de mo, favorecen sus poblaciones, coincidiendo con lo señalado por Morón (1983), quien indicó que suelos con buen porcentaje de mo favorecen la presencia de varias especies de gallina ciega con diferentes hábitos alimenticios, pero que su impacto sobre ellas es diferente, pues en las especies rizófagas estrictas actúan como fagoestimulante; en las rizófagas facultativas el daño al cultivo se reduce si existe abundancia de mo, y las saprófagas estrictas presentan altas poblaciones en suelos muy humificados o abonados con estiércol, sin dañar al cultivo.

La influencia positiva de suelos de textura pesada, como los arcillosos y limo arenosos en la oviposición de diferentes plagas rizófagas como *Conoderus vespertinus* y varias especies de *Diabrotica* (*longicornis*, *virgifera* y *virgifera zae*), fue señalada por Turnipseed y Rabb (1963), Kirk *et al.* (1968), Dominique y Yule

(1983), y Branson *et al.* (1982), que si bien en este estudio no se muestreó este estado de desarrollo de las plagas, indirectamente se refleja en las densidades poblaciones larvales, mismas que si se consideraron. Al respecto, Turpin y Peters (1971), Turpin *et al.* (1972), y Lummus *et al.* (1983), señalaron que al incrementarse las partículas pequeñas del suelo (un mayor porcentaje de arcilla y la porosidad), se obtuvo mayor sobrevivencia de larvas de diferentes especies de *Diabrotica* (*virgifera*, *longicornis* y *undecimpunctata*), asociando esta característica del suelo con mayor capacidad para almacenar agua, ya que la humedad del suelo no solo es función del agua aplicada, sino también de su porosidad. Al respecto, la información generada por estos investigadores fue similar a lo encontrado en este estudio, donde el porcentaje de limo fue un factor relevante que influyó positivamente sobre las poblaciones de los cuatro tipos de plagas rizófagas, así como el total, los valores entre el 25 y 39% de limo fueron muy favorables. También, French *et al.* (2004) y Beckler *et al.* (2004), indicaron que suelos de textura franco-arcillo-limoso favorecen altas poblaciones de adultos de *D. barberi* y *virgifera*.

La humedad del suelo es un factor que tiene efecto multifuncional sobre las plagas rizófagas. Un buen contenido de humedad del suelo favorece mayor oviposición y colocación más profunda de los huevecillos, incentiva el inicio del desarrollo embriológico de los mismos, y propicia un incremento en la eclosión. En suelos muy secos y extremadamente húmedos no hay oviposición (Gaylor y Frankie, 1979; Gustin, 1979; Kirk, 1979; Branson *et al.*, 1982; Dominique y Yule, 1983; Rodríguez-Del Bosque, 1988). En los inmaduros de ciclo univoltino, la humedad del suelo favorece a las poblaciones de varios géneros y especies (Turpin y Peters, 1971;

Lummus *et al.*, 1983, y Rodríguez-Del Bosque, 1988). Bajo este contexto, la información generada en este estudio con la variable pma que indirectamente está asociada a todos los conceptos anteriormente señalados, coincide, en lo general, a lo mencionado por estos investigadores. La pma, fue más importante que su similar pmm-o, indicando que es una variable importante, principalmente para gallina ciega y falsos y verdaderos gusanos de alambre que pasan el invierno como larvas (de noviembre a mayo), en contraposición a la diabrotica y el esqueletonizador que lo hacen como huevecillo, remarcándose la susceptibilidad del estado de desarrollo a la humedad del suelo en ese periodo del año. De junio a octubre, también es crítica la presencia de ciertos niveles de humedad en el suelo para que la oviposición, desarrollo embrional, eclosión de huevos, y el desarrollo larval sean óptimos. Los requerimientos de pma más adecuados para gallina ciega, diabrotica y esqueletonizador, fueron entre 664 y 929 mm, los falsos y verdaderos gusanos de alambre requirieron un poco más de humedad (entre 664 y 1035 mm). Precipitaciones anuales superiores a los 1000 mm no son muy favorables para las plagas rizófagas.

En este estudio no se encontraron poblaciones larvales en alturas superiores a los 2250 m; las mayores densidades poblacionales se encontraron entre los 950 y 1880 m gallina ciega y falsos y verdaderos gusanos de alambre, aunque se encontraron desde los 550 hasta los 1880 m, sus poblaciones y las del esqueletonizador tendieron a ser mayores entre 950 y 1880 m.

La información obtenida en este estudio respecto a gallina ciega, es congruente con lo señalado por Morón (1983), quien mencionó la presencia de esta plaga desde 150 hasta 2500 m, sin embargo, la respuesta de la diabrotica fue diferente, pues mientras

que French *et al.* (2004) encontraron altas poblaciones de *D. barberi* entre los 500 y 509 m, la especie dominante en esta región *D. virgifera zea*, mostró densidades poblacionales altas desde los 1485 hasta los 1880 m, y en proporciones bajas desde alturas superiores a los 550 m, indicando una amplia capacidad de adaptación.

El desarrollo de las poblaciones insectiles depende en gran medida de las condiciones climáticas, siendo la temperatura uno de los factores de mayor influencia; ya que regula las tasas de desarrollo, sobrevivencia y número de generaciones (Gillespie, 1994). Estos conceptos concuerdan con los resultados de este estudio en donde *tmedm-o*, *tmáxa*, *tmeda*, y *tmina*, desempeñaron un papel relevante sobre el complejo de larvas rizófagas, tanto en lo individual como sobre el total.

La *tmedm-o* presentó el mayor número de correlaciones significativas y valores razonables, siendo superior a la *tmeda* que mostró menor número de correlaciones significativas y valores ligeramente menores al primero, indicando que las temperaturas prevalecientes en el periodo (noviembre-abril) no presentaron valores extremos que ocasionaran abatimientos importantes de las poblaciones. La intensidad de respuesta a la temperatura por parte de las plagas, fue en el siguiente orden: los falsos y verdaderos gusanos de alambre, la gallina ciega, el esqueletonizador y la diabrotica. Los valores de temperatura que más favorecieron al total de plagas y en lo individual a la gallina ciega y los falsos y verdaderos gusanos de alambre, fluctuaron entre 20.0 y 26.5°C; para la diabrotica el rango de 18.0-21.4°C, y para el esqueletonizador entre 19.3-23.8°C.

Sobre este importante factor, Bergman y Turpin (1986), indicaron que los modelos de predicción basados en las unidades calor del suelo, proporcionan la mejor descripción de la fenología de las poblaciones de *D. virgifera virgifera* LeConte y *D. barberi* (Smith & Lawrence), variable congruente con este tipo de estudios finos, que requieren ser más puntuales. En este estudio, la utilización de la temperatura ambiente, permitió determinar su importancia sobre el complejo de plagas rizófagas, sin embargo, es factible que de haberse considerado la temperatura del suelo, los valores de los estadísticos hubieran sido mejores, como lo señalaron Elliott *et al.* (1990). Además de lo anterior, es importante considerar, que en nuestro país, prácticamente toda la información disponible en las estaciones climatológicas, es la temperatura ambiente y muy pocas consideran la del suelo, lo cual podría limitar la posibilidad de utilizar esta información en estudios no muy finos que pudieran tener aplicación práctica para grandes áreas en donde no se requiera una precisión alta, y que la conductividad térmica del suelo interactúa con el tipo y humedad del suelo.

Es relevante señalar que el empleo de la transformación arco-seno y arco-seno ($x+1$) y el manejo estadístico de los datos mediante las técnicas de correlación y modelos de regresión lineales, cuadráticos, cúbicos, y múltiples, generaron información consistente y confiable al complementarse los procedimientos y mostrar diferente sensibilidad, ya que cuando un procedimiento no detectaba diferencia estadística, el otro lo registraba. Mediante este procedimiento se determinó que los factores pmo, pl, pma, altitud, y tmedm-o, al ser evaluados por separado mostraron tener un efecto importante sobre las poblaciones insectiles, tanto en forma individual, como el total de ellas en ambos cultivos, cuando estas cinco variables se integraron en

modelos lineales múltiples. La descripción de las poblaciones mejoró sustantivamente presentando una pequeña mejoría, cuando se usó la transformación arco-seno; los modelos lineales que incorporaron catorce variables a los que consideraron menos variables, pero elevadas al cuadrado y al cubo, también mostraron buen ajuste a los datos observados. La información generada en este estudio coincide con lo enunciado por Bergman y Turpin (1986) y Lawson y Jackai (1987), quienes señalaron que la influencia de otros factores diferentes a la temperatura, como el tipo y textura del suelo, y otros elementos del clima, como la precipitación pluvial, la luz, etc., pueden ser más importantes que la temperatura misma, y que su consideración en los modelos estadísticos incrementan su utilidad.

En este estudio, se subestimaron algunos factores que también adicionan variabilidad a la ocurrencia estacional de las poblaciones de las plagas rizófagas en el campo y no fueron considerados, como suelos con grietas o lisos, o cubiertos con rastrojo de diferentes tipos (Turnipseed y Rabb, 1963; Dominique y Yule, 1983), la preparación del terreno, sobre todo en invierno (Patel y Apple, 1967; Calkins y Kink, 1969), siembras continuas o discontinuas de maíz y el tamaño de los lotes (Beckler *et al.*, 2004), así como la mortalidad causada por las aplicaciones de plaguicidas.

Los sistemas de información geográfica pueden ser utilizados en investigación para determinar áreas o superficies que propicien altas densidades poblacionales de insectos y que permita poder implementar estrategias de manejo de plagas. La investigación agrícola, programadores regionales, asesores y productores, pueden beneficiarse con esta investigación mediante la comprensión de las

interacciones entre el complejo de plagas rizófagas y los factores del clima y suelo.

CONCLUSIONES

- 1) Las plagas rizófagas que inciden en maíz y teocintle en los estados de Jalisco y Michoacán, fueron la gallina ciega, los falsos y verdaderos gusanos de alambre, el esqueletonizador y la diabrótica. En los estados de México y Puebla, no se detectó su presencia. Las densidades poblacionales de la gallina ciega, los falsos y verdaderos gusanos de alambre y el esqueletonizador, fueron similares en maíz y teocintle, no así la diabrótica que mostró mayor actividad en el maíz. La gallina ciega fue el grupo de insectos dominante, siguiéndole en orden de importancia los falsos y verdaderos gusanos de alambre; el esqueletonizador y la diabrótica mostraron las densidades más bajas.
- 2) Los factores climáticos y edáficos que en forma individual mostraron mayor influencia sobre las poblaciones de plagas de la raíz, fueron: los porcentajes de materia orgánica y limo, la temperatura media del periodo mayo-octubre, la altitud y la precipitación media anual. Su impacto sobre cada una de las plagas fue de diferente magnitud.
- 3) Considerando que en el área de estudio las plagas rizófagas ocurren como un complejo, se proponen dos modelos de regresión múltiple que consideran el total de plagas rizófagas para maíz y teocintle, por describir satisfactoriamente las poblaciones de estas plagas.

LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1980. Principales Plagas del Maíz. SARH. Dirección General de Sanidad Vegetal. México. 84 p.
- Beckler, A.A., B.W. French, and L.D. Chandler. 2004. Characterization of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) population dynamics in relation to landscape attributes. Agric. For. Entomol. 6:129-139.
- Bergman, M.K., and F.T. Turpin. 1986. Phenology of Field Populations of Corn Rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae) Relative to Calendar Date and Heat Units. Environ. Entomol. 15:109-112.
- Branson, T.F., J. Reyes R., and H. Valdés M. 1982. Field biology of Mexican corn rootworm, *Diabrotica virgifera zeae* (Coleoptera: Chrysomelidae), in central México. Environ. Entomol. 2(5):1078-1083.
- Branson, F.F., and J. Reyes R. 1983. The association of *Diabrotica* spp. with *Zea diploperennis*. J. Kans. Entomol. Soc. 56(1):97-99.
- Calkins, C.O., and V.M. Kirk. 1969. Effect of winter precipitation and temperature on overwintering eggs of northern and western corn rootworms. J. Econ. Entomol. 62:541-543.
- De la Paz G., S. 1993. Plagas del maíz, del frijol y de la asociación maíz-frijol en los Altos de Jalisco. SAHR. INIFAP.

CIPAC. C.E. Altos de Jalisco. México. Libro Técnico No. 1. 89 p.

Díaz C., G. 1978. Plagas del maíz en el Centro y Occidente de México. SARH. INIA. CIAB. Campo Agrícola Experimental Bajío. Folleto Misceláneo No. 39. 20 p.

Dominique, C.R., and W.N. Yule. 1983. Influence of soil type, soil moisture, and soil surface conditions on oviposition preference of the northern corn rootworm, *Diabrotica longicornis* (Coleoptera: Chrysomelidae). Can. Ent. Vol. 115:1043-1046.

Eastman, J.R. 1999. Idrisi 32: Guide To GIS and Image Processing. Volume 2. Clark Labs., Clark University, Worcester, MA. USA. 169 p.

Elliott, N.C., J.J. Jackson and R.D. Gustin. 1990. Predicting western corn rootworm beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence from the soil using soil or air temperature. Can. Ent. 122:1079-91.

French, B.W., A.A. Beckler, and L.D. Chandler. 2004. Landscape Features and Spatial Distribution of Adult Northern Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) in the South Dakota Areawide Management Site. J. Econ. Entomol. 97(6):1943-1957.

Gaylor, M.J., and G.W. Frankie. 1979. The relationship of rainfall to adult flight activity; and of soil moisture to oviposition

behavior and egg and first instar survival in *Phyllophaga crinita*. Environ. Entomol. 8(4):591-594.

Gillespie, T.J. 1994. Pest and Disease Relationships. *In*: Handbook of Agricultural Meteorology. Edited By John F. Griffiths. Oxford University Press. pp:203-209

Gustin, R.D. 1979. Effect of Two Moisture and Population Levels on Oviposition of the Western Corn Rootworm. Environ. Entomol. 8:406-407.

INEGI. 2006a. El Sector Alimentario en México. Serie de Estadísticas Sectoriales. pp:267.

INEGI. 2006b. Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Agropecuario, aprovechamiento Forestal y Pesca. pp:334-338.

Kirk, V.M., C.O. Calkins, and F.J. Post. 1968. Oviposition preferences of western corn rootworms for various soil surface conditions. J. Econ. Entomol. 61:1322-1324.

Kirk, V.M. 1979. Drought cracks as ovipositions sites for western and northern corn rootworms. J. Kans. Entomol. Soc. 52: 769-776.

Lawson, T.L., and L.E.N. Jackai. 1987. Microclimate and insect pest populations in mono and intercropped cowpea (*Vigna unguiculata*, Walp). Proc. WMO Sem. on

Agrometeorology and Crop Protection in the Lowland Humid and Sub-humid Tropics. pp:231-244.

Loera G., J. y J.A. Sifuentes A. 1974. Principales plagas que atacan a los cultivos de maíz, sorgo y algodón en Tamaulipas. SAG. INIA. CIAT. Campo Agrícola Experimental de Río Bravo, Tamps. México. Circular CIAT.No. 5. 17 p.

Loya R., J. 1978. Principales plagas del maíz en Morelos. SARH. INIA. CIAMEC. Circular No. 99. 11 p.

Lummus, P.F., J.C. Smith, and N.L. Powell . 1983. Soil Moisture and Texture Effects on Survival of Immature Southern Corn Rootworms, *Diabrotica undecimpunctata* Howardi Barber (Coleoptera: Chrysomelidae). Environ. Entomol. 12:1529-1531.

Marín J., A. 2001. Insectos Plaga del maíz. Guía para su identificación. Celaya, Gto., México. SAGARPA, INIFAP, Campo Experimental Bajío. Folleto Técnico No. 1. 29 p.

Matsuoka, Y., Y. Vigouroux, M.M. Goodman, J. Sánchez 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.

Medina G.,G., J.A. Ruiz C. y R.A. Martínez P. 1998. Los climas de México: Una estratificación ambiental basada en el

componente climático. Libro Técnico No. 1. INIFAP-CIRPAC. Ed. Conexión Gráfica. Guadalajara, Jalisco. México. 103 p.

Melhus, I.E. and M. Chamberlain. 1953. A preliminary study of teosinte in its region of origin. Iowa State College Journal of Science. 28: 139-164.

Morón, M.A. 1983. Introducción a la biosistemática y ecología de los coleópteros Melolonthidae edafícolas de México. CI - C13. In: II Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo. Colegio de Postgraduados y Depto. de Parasitología, UACH., Chapingo, México, y la Sociedad Mexicana de Entomología.

Moya-Raygoza, G., E. Santana C., P. Plaza L. 1988. Búsqueda de resistencia en *Zea diploperennis* (Gramineae) para disminuir el daño por plagas del suelo en maíz. pp. 179-196. In: Tercera Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. ICI de México. Instituto de Ecología.

Moya-Raygoza, G., V. Bedoy V. y E. Santana C. 1993. Patrones estacionales de la abundancia de insectos en manchones naturales de *Zea diploperennis*. In: Benz, B. (Compilador). Biología, ecología y conservación del género *Zea*. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México. pp:165-177.

- Ortega C., A. 1987. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. México, D.F. CIMMYT. 106 p.
- Patel, K.K., and J.W. Apple. 1967. Ecological studies on the eggs of northern corn rootworm. J. Econ. Entomol. 60:496-500.
- Ríos R.,F. 1986. Manejo integrado de problemas fitosanitarios del maíz en México. Memorias del XII Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. pp. 274-285 y 438.
- Rodríguez-Del Bosque, L.A. 1978. Clave de campo para identificación de plagas del maíz y su combate. Norte de Tamaulipas. SARH. INIA. CIAGON. Campo Agrícola Experimental de Río Bravo. Circular CIAGON 6/78. 31 p.
- Rodríguez-Del Bosque, L.A. 1988. *Phyllophaga crinita* Burmeister (Coleoptera: Melolonthidae): Historia de una plaga del suelo (1855-1988). pp. 53-80. In: Tercera Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. ICI de México. Instituto de Ecología.
- Rodríguez- Del Bosque, L.A. y A. Marín J. 2008. Insectos plaga y su control. En: El cultivo del maíz temas selectos. Colegio de Posgraduados. Mundi-Prensa México. pp:29-46.
- Ruiz C., J.A., J.J. Sánchez G. y M. Aguilar S. 2001. Potential geographical distribution of Teosinte in México: A GIS Approach. Maydica. 46:105-110.

SAS Institute. 1998. Stat View reference, 2nd ed. SAS Institute, Cary, NC.

Serratos, J.A., M.C. Willcox, and F. Castillo (Eds). 1996. Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico. México, D.F., CIMMYT.

Sierra M., M., A. Palafox C., F.Rodríguez M., A. Espinoza C., R. Rodríguez R., R. Zetina L. 2007. Comportamiento de genotipos de maíz en parcelas de validación en el Estado de Veracruz, México. *In*: Memoria 2ª. Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal 2007. Guadalajara Jal., Septiembre del 2007. pp:3.

Sifuentes A., J.A. 1985. Plagas del maíz en México. SARH. INIA. Folleto Técnico No.85. México, D.F. 49 p.

Turnipseed, S.G., and R.L. Rabb. 1963. Some factors influencing oviposition by tobacco wireworm, *Conoderus vespertinus* (Coleoptera: Elateridae). Ann. Entomol. Soc. Am. 56:751-755.

Turpin, T.F., and D.C. Peters. 1971. Survival of southern and western corn rootworm larvae in relation to soil texture. J. Econ. Entomol. 64:1448-1451.

Turpin, F.T., L.C. Dumenill and D.C. Peters. 1972. Edaphic and agronomic characters that affect potential for rootworm

damage to corn in Iowa. J. Econ. Entomol. 65(6):
1615-1619.

World Meteorological Organization (WMO). 1988.
Agrometeorological aspects of operational crop
protection. WMO. Tech. Note No. 192.

CAPITULO 3

PERDIDAS POR PLAGAS RIZOFAGAS EN EL MAIZ Y SU ESTRATIFICACION EN EL ESTADO DE JALISCO

RESUMEN

Con el objetivo de estimar la magnitud de las pérdidas causadas al cultivo del maíz por el complejo de plagas rizófagas constituido por la doradilla *Diabrotica* spp., el esqueletonizador *Colaspis* spp., los falsos y verdaderos gusanos de alambre (Familias: Elateridae y Cebrionidae) y la gallina ciega (Géneros: *Phyllophaga*, *Cyclocephala* y *Anomala*), se hizo un análisis para determinar el comportamiento de los daños en un periodo de 20 años y clasificar los municipios con base a las pérdidas del rendimiento de grano en kilogramos por hectárea (kg/ha). Se revisaron 42 trabajos publicados y 39 informes de investigación sin publicar, lo que dio un total de 81 documentos consultados. En todos los trabajos se consideró el rendimiento de grano en kg/ha del mejor tratamiento químico y el del testigo sin aplicación. Los datos se analizaron mediante una prueba de "t" y mediante regresión lineal simple y cuadrática. Las pérdidas en el rendimiento de grano de maíz en Jalisco causadas por las plagas rizófagas son de 976 kg/ha por año. Los daños por estas plagas no son estáticos y tienden a incrementarse a través del tiempo. Se clasificó a los municipios considerando su nivel de pérdidas, en los siguientes grupos: 1) Los municipios de alto riesgo, por representar pérdidas altas (1,834 kg/ha), como Jocotepec, Jamay y Ocotlán, 2) con pérdidas intermedias (710 kg/ha) como Amatitán, Unión de Tula y Cuquío y finalmente, 3) Los municipios con pérdidas mínimas (290

kg/ha) tales como Arandas, Yahualica de González Gallo y San Marcos.

ABSTRACT

The objectives of this study were to estimate the magnitude of corn losses caused by the complex of root larvae, formed by corn rootworms *Diabrotica* spp., the grape colaspis *Colaspis* spp., the false and true wireworms (Families: Elateridae and Cebrionidae) and white grub larvae (Genus: *Phyllophaga*, *Cyclocephala* and *Anomala*), for this purpose an analysis was made to determine the extent of the damage over a period of 20 years and to classify the municipality by loss of grain yield in kg/ha. Forty-two published documents and thirty-nine non published research documents, a total of eighty-one documents, were reviewed. In all of them the yield of the best chemical treatment and the control treatment without application were considered. Data was analyzed by means of a "t" test and linear and quadratic regression. Based on the data analysis, root larvae caused losses in grain yield of 976 kg/ha per year in Jalisco. The damages caused by these pests are not static and tend to increase through time. Each county was classified considering its level of losses in the following groups: 1) The areas of high risk (losses of 1,834 kg/ha), 2) The areas with intermediate losses (710 kg/ha) and finally, 3) The municipalities of low risk, with minimum losses (290 kg/ha).

INTRODUCCION

En México, el maíz es el cultivo de mayor importancia social y económica que ocupa el primer lugar en superficie cosechada y producción. En el 2003, se cosecharon 5.24 millones de hectáreas, estimándose una producción de 12.2 millones de toneladas de grano y un rendimiento medio de 2.32 toneladas/hectárea (INEGI, 2004a). La dieta alimenticia del pueblo mexicano se fundamenta en el consumo de este grano que se estima en 180 kilogramos/persona/año (INEGI, 1989). Este cultivo proporciona empleo y medios de subsistencia al 25% de la población económicamente activa del país (INEGI, 1988).

No obstante la importancia del cultivo en la República Mexicana, su producción es insuficiente para satisfacer la demanda interna estimada en 25.7 millones de toneladas lo que origina un gran déficit que se cubre con importaciones que tienen un costo de 1,062 millones de dólares (INEGI, 2004a). Por otro lado, la población de México para el año 2000 fue de 97.5 millones de habitantes (INEGI, 2002) y su proyección para el año 2010 se calcula en 118 millones (Anónimo, 1996). Esta situación hace patente la necesidad de incrementar la producción nacional para ser autosuficientes en este cereal y poder proporcionar alimento a 20.5 millones más de mexicanos.

Jalisco destaca por su aportación significativa a la producción nacional de este grano con un 14% del total. En el 2003, se cosecharon 618,600 hectáreas, mismas que produjeron 3'122,596 toneladas y un rendimiento promedio de 5.04 toneladas/hectárea [ton/ha] (INEGI, 2004b). No obstante que el rendimiento medio

estatal supera con 2.71 ton/ha al promedio nacional, existe evidencia técnica de que la producción se podría incrementar si algunos factores limitantes del cultivo se manejaran de manera conveniente entre los que se considera el combate del complejo de plagas rizófagas.

Sifuentes (1976) señaló que en México se reportan 56 especies de insectos y ácaros que atacan al maíz, desde la siembra, durante el desarrollo de la planta, en la cosecha y aún en el almacén. Ríos (1986) por su parte, indicó que las plagas que se alimentan de la raíz ocupan el segundo lugar en importancia en la República Mexicana. Félix y Reyes (1990) estimaron en 220,000 hectáreas la superficie infestada por estas plagas en Jalisco; sin embargo, en el estado sólo se protegen con insecticida alrededor de 155,000, mismas que representan solo el 22% del total de la superficie cosechada (A.M.I.P.F.A.C., 1994 y 1995).

LeClerc (1970) indicó qué es posible obtener estimaciones de pérdidas en los cultivos causadas por plagas en una región o país, mediante el establecimiento de experimentos enfocados a la evaluación de daños y que con este tipo de estudios, es posible estratificar las áreas del cultivo de acuerdo a la severidad del ataque. Ese mismo autor señaló que las pérdidas causadas por plagas no son estáticas, y que en un lugar determinado, ambas cambian año por año. El mismo investigador dejó en claro que en la práctica no es posible obtener valores absolutos de pérdidas, sin embargo, se pueden hacer estimaciones mediante trabajos de campo conducidos y diseñados de manera adecuada. Para propósitos prácticos las estimaciones hasta con un 15% de margen de error pueden ser adecuadas. Este tipo de estudios deben ser conducidos cuando menos durante tres años en cada una de las localidades de interés y se recomienda que la

información sea actualizada al menos cada cinco años a causa de las innovaciones tecnológicas, los rápidos cambios de las prácticas culturales, la introducción de nuevas variedades y químicos agrícolas. Por otra parte, es común usar estimaciones cualitativas del daño (ligero, moderado, grave y severo), los que no son bastante precisos para definir la intensidad de una plaga, por lo cual, se deben establecer categorías numéricas o niveles de intensidad, definidos de forma experimental y deben usarse para caracterizar situaciones específicas.

El impacto que puede causar una plaga a un cultivo depende de factores físicos y biológicos, así como las interacciones de éstos con las prácticas de producción. DeWitt & Taylor (1981) establecen que la intensidad del daño causado por plagas del sistema radicular del maíz para un año dado, dependerá del número de larvas presentes, del tamaño del sistema radicular de la planta, de la disponibilidad de humedad y nutrimentos, de la capacidad de la planta para generar nuevas raíces y de las condiciones climáticas.

En México y en el estado de Jalisco en particular, no se conoce información publicada sobre este tema, sobre todo en lo referente a la interacción maíz-plagas rizófagas. Con base en otro tipo de estudios como la evaluación de la eficiencia biológica de insecticidas, el comportamiento de líneas y variedades al ataque de insectos y estudios de fechas de siembra, es como algunos investigadores han estimado la magnitud de los daños que causan las larvas que se alimentan de esa estructura orgánica. Los trabajos realizados no se han conducido en forma sistemática a través del tiempo y del espacio, lo cual solo ha permitido obtener información puntual o dispersa. Así, Sifuentes (op. cit.) señaló que en México las pérdidas causadas por

las plagas del maíz bajo condiciones de campo son difíciles de cuantificar, ya que pueden variar de acuerdo a la localidad, variedad, y las condiciones ambientales entre otros.

Sifuentes (op.cit.), Díaz (1978) y Rodríguez (1978, 1980a y 1980b) cuando presentaron una síntesis de la situación del maíz con respecto a plagas a escala nacional, centro-occidente y norte de Tamaulipas, respectivamente, mencionaron porcentajes de pérdidas o kilogramos/hectárea que se pierden por el ataque de una plaga en áreas específicas.

Bautista (1978) dio a conocer que en Jalisco existe un complejo de plagas que afectan a los cultivos básicos que se manifestaba como un problema severo desde 1960 con una alta incidencia del gusano de alambre (Familia Elateridae) y la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), con una diseminación amplia en grandes áreas del estado. El mismo autor indicó que en 1973 se detectó a las doradillas (*Diabrotica* spp.), y en 1975 a *Colaspis* spp. (Familia Chrysomelidae).

Entre las plagas que disminuyen la producción del maíz en Jalisco (Félix, 1978) indicó que destacan las que se alimentan de la raíz, como: la diabrótica o alfilerillo (*Diabrotica* spp.); el esqueletonizador (*Colaspis* spp.); los gusanos de alambre y la gallina ciega.

Bautista (op. cit.) estimó que la presencia y distribución de estas plagas en Jalisco es de carácter endémico, ya que en 1977 la superficie infestada fue de 169,555 hectáreas de las cuales 47,111 fueron completamente destruidas; a su vez, Félix (op.cit.), mencionó que estos insectos se presentaron en los municipios de El Arenal,

Amatitán, Tequila, San Martín Hidalgo, San Marcos, Ahualulco de Mercado, Ameca y Tala, y que el área infestada se ha incrementado en los últimos años, hasta cubrir casi todo el estado.

Como resultado de los trabajos que se presentaron en la primera mesa redonda sobre plagas del suelo a escala nacional, y que se llevó a cabo en el estado de Jalisco, en 1978, se estableció como prioridad la necesidad de efectuar estudios en las siguientes líneas de investigación: a) Estudios bio-ecológicos que permitan determinar la dispersión de las plagas del suelo, b) Cuantificación de los daños causados por el mencionado complejo y c) Zonificación de las áreas dañadas (Sociedad Mexicana de Entomología, 1978).

En 1990, Félix y Reyes (año) estimaron en 220,000 hectáreas la superficie infestada por larvas rizófagas en Jalisco, las que encontraron, sobre todo, en las áreas de influencia de los distritos de Ameca, Ciudad Guzmán, La Barca y Zapopan.

Como resultado de múltiples ensayos de efectividad biológica efectuados en el cultivo del maíz contra el complejo de plagas rizófagas, efectuados en diferentes localidades de Jalisco y ciclos agrícolas, Castañeda *et al.* (1978), Alavés (1978), Ochoa (1979) y Ríos y Romero (1982) señalaron que las pérdidas fluctúan de un 25 a un 100% de la producción, lo que representa mermas en la producción de 300 hasta más de 2,000 kg/ha.

De la Paz (1993), al realizar un estudio por cinco años en Los Altos de Jalisco para determinar las pérdidas causadas al cultivo del maíz por el complejo de larvas rizófagas constituido por las doradillas (*Diabrotica* spp.), varios géneros y especies de gallinas

ciegas, el esqueletonizador (*Colaspis* spp.), y el falso gusano de alambre (*Cebrio* sp.), encontró que los daños fueron diferentes de un año al otro, así como entre y dentro de las localidades ocurriendo las pérdidas más altas en la región húmeda. Las diferencias entre las parcelas tratadas y no tratadas variaron de 15 hasta 839 kg/ha con un promedio de 312.

Las pérdidas causadas a los cultivos por las plagas rizófagas cobran más relevancia si se considera que en México solamente se combaten en un 3% de la superficie de siembra (Von Eickstedt, 1978), lo cual representa 245,000 hectáreas en todo el país, cuando sólo en Jalisco se sembraron ese año alrededor de 900,000 hectáreas.

Los objetivos para esta investigación fueron: a) Estimar la magnitud de las pérdidas causadas al cultivo del maíz, por el complejo de larvas rizófagas en el estado de Jalisco; b) Determinar el comportamiento de los daños en un periodo de 20 años, y c) Clasificar los municipios bajo estudio con base a la magnitud de las pérdidas en el rendimiento de grano en kilogramos/hectárea.

MATERIALES Y METODOS

Con la finalidad de obtener la mayor información posible generada en el estado de Jalisco sobre las pérdidas causadas al cultivo del maíz por el complejo de plagas rizófagas a través del tiempo, se consultaron documentos diversos como: evaluaciones de la eficiencia biológica de insecticidas, ensayos de líneas y variedades de maíz, estudios de fertilización, y muy pocos sobre estudios de daños, así como investigaciones publicadas e inéditas; en todas ellas se consideró el rendimiento de grano en kilogramos/hectárea, del mejor tratamiento químico y el del testigo sin aplicación.

Se localizaron 18 trabajos de tesis de Licenciatura de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Guadalajara; dos trabajos presentados en la 1ra. y 3ra. Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo; 22 Resúmenes de Informes Anuales de Investigación y publicaciones especiales del INIA-INIFAP dados a la luz; 26 trabajos de informes de investigación del INIA-INIFAP, inéditos; y 13 reportes de investigación no publicados y sin la referencia completa, realizados por personal del INIA- INIFAP, lo cual hace un total de 81 obras consultadas.

Los datos obtenidos se agruparon por municipio y posteriormente se determinó la cantidad de experimentos establecidos por año, así como el número de años de observación.

En las localidades que se tuvieron más de dos experimentos, se determinaron los valores promedio de los tratamientos con protección

química y el del testigo absoluto, su diferencia y el rango de pérdidas en kilogramos/hectárea.

Para los municipios en los que se tenían resultados de más de siete experimentos se llevó a cabo una prueba de "t". Así mismo, se procedió a agrupar los datos experimentales en tres categorías o niveles de pérdida del rendimiento de grano:

- 1) Pérdidas mayores a 1,000 kilogramos/hectárea
- 2) Pérdidas de 500 a 1000 kilogramos/hectárea
- 3) Pérdidas menores a 500 kilogramos/hectárea

También se compararon desde el punto de vista estadístico las diferencias en el rendimiento considerando dos procedimientos de análisis de los datos. En el primero, se incluyeron los 157 experimentos, y en el segundo, los 33 municipios. Finalmente, se determinó el comportamiento de los tratamientos mencionados en los 20 años de estudio, complementándose con una representación gráfica y el análisis de regresión lineal de la variable pérdida de rendimiento de grano en kilogramos/hectárea para explicar el comportamiento de los daños a través del tiempo (Steel y Torrie, 1960).

RESULTADOS

De los 125 municipios que conforman a Jalisco, se encontró que se establecieron experimentos de evaluación de daños en 33 de ellos, que representan el 27% de los municipios del estado. En el Cuadro 11, se presenta una relación de esos municipios. La mayor cantidad de ellos se ubicaron en la parte central del estado y en la región de los Altos (el 94% del total), en menor proporción en la zona Sur y la Costa (solo el 6%). Existe una gran variabilidad en cuanto al número de estudios establecidos en cada municipio pues varió de 1 a 25 y juntos hicieron un total de 157. El primer trabajo registrado fue en 1976 y los últimos en 1995, por lo que la información cubre un período de 20 años. El único municipio en donde todos los experimentos que se establecieron se hicieron en 6 años continuos (de 1980 a 1985) fue Tepatitlán; en Zapopan, El Arenal, y Ameca y Amatitán también se registraron periodos continuos de 8, 5 y 4 años, respectivamente. En El Arenal en el año 1988 se registró el mayor número de evaluaciones (5) en el mismo año.

Con base en el número de estudios, los municipios (Cuadro 12) se conformaron en dos categorías; aquellos que tuvieran más y menos de 7 observaciones. En el primer grupo quedaron 25 municipios (que representan el 76% del total estudiados) con menos de 6 trabajos; el segundo grupo, se constituyó solamente con 8 municipios (24%) que presentaron más de 7 experimentos. Sin embargo, cuando se consideró el número de ensayos en esos municipios, en el primer grupo se establecieron 56 evaluaciones que representaron únicamente el 36%; y en el segundo grupo, se tuvieron 101 experimentos que constituyen el 64%.

Cuadro 11. Número de experimentos realizados, año de ejecución y total de años en cada uno de los 33 municipios muestreados.

Municipios	Número de:		Total de años
	Experimentos	Años de estudio y frecuencia	
Acatic	7	80(2), 81(2),84, 85(2)	4
Ahualulco de Mercado	1	84	1
Amatitán	15	76,77,79,86(3),87(4),88(4),89	7
Ameca	14	79,80,83,84,85(2),86(2),89,90,91,92,95(2)	11
Antonio Escobedo	1	90	1
Arandas	4	84(2), 85(2)	2
Atenguillo	3	84,85(2)	2
Cuaautitlán de García Barragán	3	87(2),88	2
Cuquío	7	84,85(2),87(2),88,89	5
El Arenal	25	76,77,79,80,83,85(3),86(3),87(5),88(5),89(3),92(1)	11
El Grullo	1	78	1
Ixtlahuacán del Río	1	77	1
Jamay	1	94	1
Jocotepec	2	93	1
La Barca	2	91,95	2
Lagos de Moreno	2	80,84	2
La Huerta	4	78(2),85,91	3
Magdalena	5	80,84,85,86,87	5
Mixtlán	2	86,87	2
Ocotlán	2	91(2)	1
Poncitlán	1	85	1
San Marcos	1	91	1
San Martín Hidalgo	6	85, 87(2), 88,89,92	5
Sayula	1	85	1
Teocaltiche	3	80(2), 81	2
Tepatitlán de Morelos	11	80(2), 81,82(2), 83(2), 84, 85(3)	6
Tequila	3	84, 85, 87	3
Tlajomulco de Zúñiga	7	82,85,90,91(2),92(1),93	6
Tlaquepaque	1	85	1
Tototlán	1	94	1
Unión de Tula	1	77	1
Yahualica de González Gallo	4	80(2), 81(2)	2
Zapopan	15	80,81,82, 84(3),85(2), 86(1),87(2),88,89,90,91	11

Cuadro 12. Relación de los municipios, del No. de experimentos establecidos; municipio y su porcentaje; el No. de experimentos y su porcentaje.

Número de Municipios	Experimentos/ Municipio	Porcentaje de Municipios	Número de experimentos	Porcentaje de Experimentos
11	1	33.33	11	7.01
5	2	15.15	10	6.37
4	3	12.12	12	7.64
3	4	9.09	12	7.64
1	5	3.03	5	3.18
1	6	3.03	6	3.82
Subtotal 25		75.75	56	35.66
3	7	9.09	21	13.37
1	11	3.03	11	7.07
1	14	3.03	14	8.92
2	15	6.06	30	19.11
1	25	3.03	25	15.93
Subtotal 8		24.25	101	64.34
Total 33		100	157	100

En el Cuadro 13, se presenta el rendimiento de grano de maíz en kg/ha en el tratamiento con protección química, el testigo absoluto, su diferencia y los rangos de pérdidas en cada municipio. Las pérdidas más altas (3,170 kg/ha) correspondieron a Jamay, y las menores (156 kg/ha) a Lagos de Moreno; la diferencia entre ambas localidades fue de 3,014 kg/ha. El resto de los municipios presentaron niveles de pérdidas entre los límites anteriores, observándose que no necesariamente correspondían a municipios con buen rendimiento tener pérdidas altas (Ejemplo: Unión de Tula, Tlajomulco de Zúñiga, Antonio Escobedo y otros). Once municipios tuvieron una sola observación, por lo que no se reporta un rango de daños; los demás (22) presentaron una disminución en el rendimiento que fluctuó de 40 hasta 3,841 kg/ha.

Cuadro 13. Relación del número de experimentos y municipios, el rendimiento de grano de maíz en kg/ha en los tratamientos con protección química, el testigo, su diferencia y rango de pérdida.

No. de Experimentos	Municipio	Rendimiento kg/ha			Parámetros de pérdidas
		Con Protección	Testigo	Diferencia	
1	Jamay	6507	3337	3170	-
2	Jocotepec	4525	1434	3091	2456-3726
2	Ocotlán	4796	2182	2614	1562-3667
1	Ixtlahuacán del Río	7350	5050	2300	-
1	Tototlán	4680	2939	1741	-
2	La Barca	7194	5641	1552	1260-1845
14	Ameca	7593	3180	1413	118-3300
6	San Martín Hidalgo	5650	4141	1509	677-3186
1	Tlaquepaque	2562	1273	1289	-
25	El Arenal	3900	2638	1262	227-2967
3	Atenguillo	2639	1592	1047	684-1478
15	Zapopan	6093	5075	1018	138-3841
15	Amatitán	4636	3739	897	165-2150
1	Unión de Tula	5652	4832	820	-
7	Cuquío	3355	2539	816	286-1616
3	Tequila	1807	1029	778	68-1695
7	Tlajomulco de Zúñiga	5463	4705	758	144-1235
2	Mixtlán	1354	599	755	342-1167
1	Ahualulco de Mercado	1708	958	750	-
4	La Huerta	3347	2616	731	489-900
5	Magdalena	2719	2079	640	129-1476
1	El Grullo	4166	3542	624	-
3	Cuautitlán de García Barragán	2757	2172	585	337-768
7	Acatic	3996	3444	552	208-881
1	Antonio Escobedo	5430	4899	531	-
4	Arandas	2777	2367	409	279-634
4	Yahualica	3400	3016	384	40-756
1	San Marcos	6481	6128	353	-
11	Tepatitlán de Morelos	3492	3159	333	79-740
1	Poncitlán	2748	2419	329	-
3	Teocaltiche	894	719	179	65-329
1	Sayula	4486	4311	175	-
2	Lagos de Moreno	1886	1730	156	149-164

Al comparar las diferencias en el rendimiento entre el tratamiento con protección y el testigo mediante la prueba de "t" en cada uno de los ocho municipios con al menos siete observaciones (Ameca, El Arenal, Zapopan, Amatitán, Cuquío, Tlajomulco de Zúñiga, Acatic y Tepatitlán de Morelos) (Cuadro 14), se encontraron diferencias altamente significativas en todos los casos. Las pérdidas mayores a 1,000 kg/ha se registraron en Ameca, El Arenal y Zapopan; daños intermedios (entre 500 y 900) en Amatitán, Cuquío, Tlajomulco de Zúñiga y Acatic, y las más bajas (334) en Tepatitlán de Morelos.

Cuadro 14. Municipios con un mínimo de 7 experimentos, y la significancia estadística de la diferencia en kg/ha entre los tratamientos con y sin protección química, mediante la prueba de "t".

Municipio	No. de Experimentos	Rendimiento kg/ha			Valor t	Probabilidad
		Con protección	Testigo	Diferencia		
Ameca	14	4593	3180	1413	5.73	< .0001
El Arenal	25	3900	2638	1263	7.75	< .0001
Zapopan	15	6093	5075	1018	3.91	0.0016
Amatitán	15	4636	3739	897	6.15	< .0001
Cuquío	7	3356	2539	817	4.95	0.0026
Tlajomulco	7	5463	4705	758	4.74	0.0032
Acatic	7	3996	3444	552	6.23	0.0008
Tepatitlán	11	3492	3159	334	6.17	0.0001

Los municipios se agruparon en una de las tres categorías considerando el nivel de reducción en el rendimiento. El primer grupo incluyó a los municipios en donde los daños fueron superiores a los 1,000 kg/ha; el segundo grupo, consideró mermas entre 500 y 1000, y el tercero, pérdidas menores a 500.

Al conformar los grupos (Cuadro 15) puede observarse que el número de municipios y experimentos en los Grupos I y II fue muy similar, no así el Grupo III que mostró un número menor. Se encontraron diferencias altamente significativas en los tres grupos, siendo las pérdidas de 1,834, 710 y 290 kg/ha para los Grupos I, II y III, respectivamente.

Cuadro 15. Agrupamiento de los municipios en categorías, considerando tres niveles de pérdidas: (I) > 1,000; II) > 500<1000, y III) <500 kg/ha), y su significancia estadística mediante la prueba de "t".

Grupo	Municipios	Número		Rendimiento kg/ha		
		Municipios	Experimentos	Con protección	Testigo	Diferencia
I	Jamay, Jocotepec, Ocotlán, Ixtlahuacán del Río, La Barca, Ameca, Tototlán, San Martín Hidalgo, Tlaquepaque, El Arenal, Atenguillo, Zapopan	12	73	5041	3207	1834
II	Amatitán, Unión de Tula, Cuquío, Tequila, Tlajomulco de Zúñiga, Mixtlán, Ahualulco de Mercado, La Huerta, Magdalena, El Grullo, Cuautitlán de García Barragán, Acatic, Antonio Escobedo	13	57	3568	2858	710
III	Arandas, Yahualica de González Gallo, San Marcos, Tepatitlán de Morelos, Poncitlán, Teocaltiche, Sayula, Lagos de Moreno.	8	27	3271	2981	290

Se compararon estadísticamente las diferencias del rendimiento entre los tratamientos con y sin protección de todas las localidades a través del tiempo (Cuadro 16). Cuando se consideraron 157 experimentos se tuvo una diferencia de 976 kg/ha, y cuando se usaron

los valores promedio de los 33 municipios, esta fue de 1,017 kg/ha. En ambos casos éstos valores fueron altamente significativos. Por último, al hacer la comparación de los promedios de las localidades a través de los 20 años de estudio (Cuadro 17) se encontró una diferencia de 1,162 kg/ha que resultó altamente significativa.

Cuadro 16. Comparación estadística de la diferencia en rendimiento de grano de maíz en kg/ha entre el tratamiento con protección química y el testigo, considerando dos procedimientos de análisis. En el primero se incluyeron todos los experimentos considerados; en el segundo, se consideraron los trabajos efectuados por municipio.

No. Municipios	No. de Experimentos	Rendimiento kg/ha			Valor "t"	Probabilidad
		Con protección	Testigo	Diferencia		
33	157	4153	3177	976	14.95	< .0001
33	33	4032	3015	1017	7.36	< .0001

Cuadro 17. Comparación estadística de la diferencia en el rendimiento de grano de maíz en kg/ha en el tratamiento con protección química y el testigo, considerando un periodo de 20 años (1976-1995).

No. Municipios	No. de observaciones	Rendimiento kg/ha			Valor "t"	Probabilidad
		Con protección	Testigo	Diferencia		
1976-1995	20	4558	3396	1162	7.92	< .0001

En la Figura 1, se muestra la respuesta del rendimiento de grano de maíz en kilogramos/hectárea del tratamiento con protección química, del testigo absoluto y de su diferencia a través de los 20 años de observación. Puede notarse que el comportamiento de los tratamientos fue dinámico durante el estudio, detectándose una ligera tendencia en el tratamiento con protección química y en las pérdidas a incrementarse en dos etapas o periodos (76-78 y 90-95).

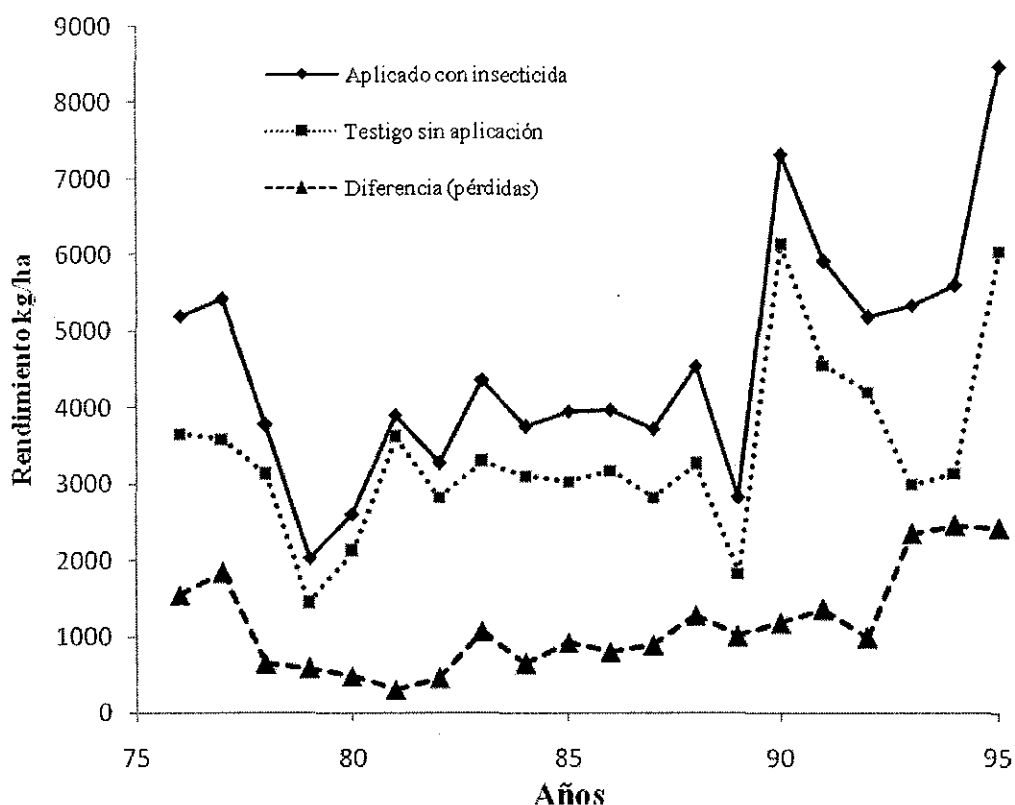


Figura 1. Serie histórica de los datos de los tratamientos: protegido con insecticida contra el complejo de plagas rizófagas, el testigo sin aplicación y la diferencia en kg/ha en grano de maíz, en un periodo de 20 años, en el estado de Jalisco.

Para investigar si el comportamiento de las pérdidas podría describirse por medio de una función, los datos obtenidos en 20 años se sometieron a un análisis de regresión lineal con diferentes modelos (simple, cuadrático, cúbico). La regresión simple no describió adecuadamente el fenómeno pues su coeficiente de determinación fue bajo ($r^2 = 0.30$) no así, el coeficiente de variación que fue muy alto (C.V. = 48.5%). El modelo cuadrático tuvo un buen ajuste a los datos,

describiendo en forma conveniente el fenómeno pues el valor de su coeficiente de determinación nos indica que explica un alto porcentaje del comportamiento de las pérdidas del rendimiento ($r^2=0.74$), y el coeficiente de variación disminuyó en forma importante (C.V.= 30%).

En la Figura 2, se muestra la representación gráfica del modelo cuadrático, observándose que en los periodos 76-78 y 90-95 hay un incremento en las pérdidas, aunque esta tendencia es más acentuada en los últimos años, tal vez porque los datos proceden de localidades que se consideran críticas por los daños graves que causan las plagas rizófagas como: Jamay, Jocotepec, Ocotlán, Tototlán, La Barca, Ameca, San Martín Hidalgo, etcétera.

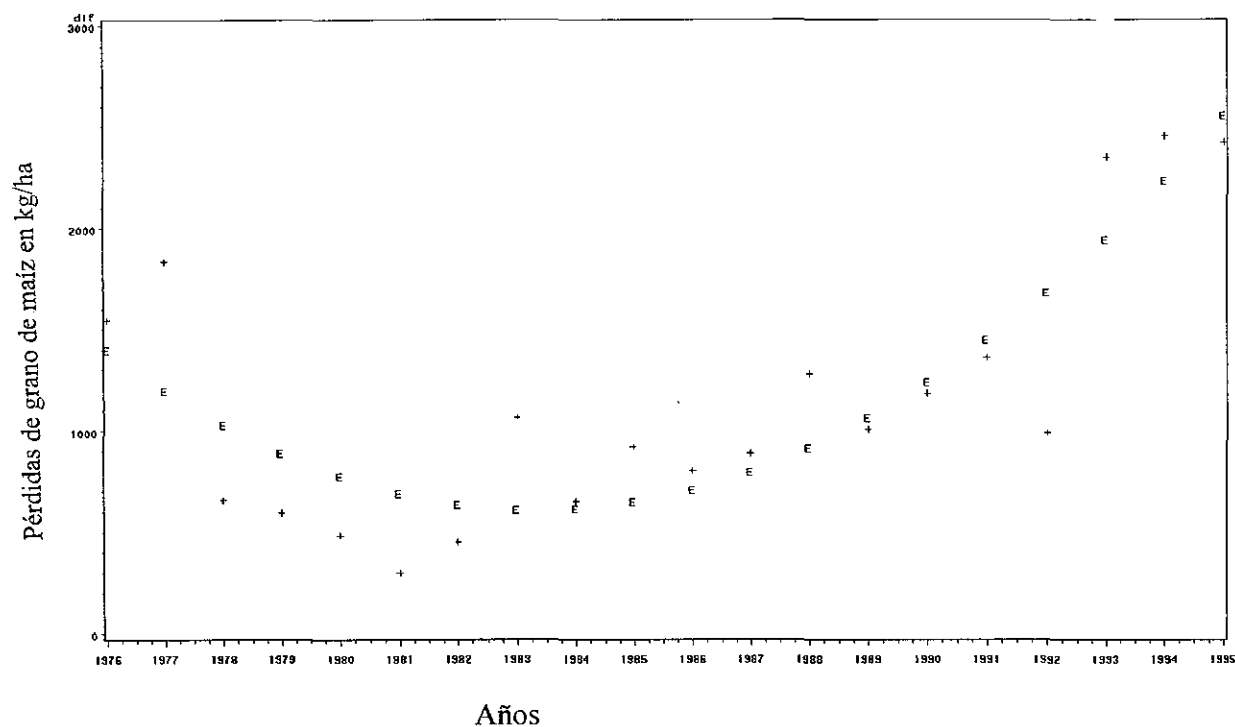


Figura 2. Representación gráfica del comportamiento de las pérdidas de grano de maíz en kg/ha a través de los 20 años de estudio, y de las estimadas por el modelo de regresión $y=a+bx^2$.

DISCUSION

Aún cuando este estudio no fue diseñado en su origen con una metodología específica para hacer estimaciones de daños causados al cultivo del maíz por el complejo de plagas rizófagas en Jalisco como fue señalado por LeClerg (1970), se utilizó la información generada en 157 experimentos a través de 20 años en el estado de Jalisco. Por otra parte, LeClerg (op. cit.) señala que los trabajos de estimación de daños deben ser conducidos cuando menos por 3 años en las localidades seleccionadas, en esta investigación, los datos obtenidos fueron una compilación de información generada por muchos investigadores con propósitos diversos, de tal manera que el número de municipios con menos de 7 experimentos fue alto (25) y representan el 76% del total muestreado. El número de experimentos establecidos en dicha categoría sólo representó el 36%, lo que permitió conjuntar 101 experimentos en ocho municipios (representando el 64% del total) considerados como la base del estudio al presentar un mínimo de siete observaciones y un máximo de 25 por lo que se cumple con creces a lo señalado por ese investigador.

No obstante que LeClerg (op. cit.), indica que valores absolutos de pérdidas no pueden ser obtenidos en la práctica, y que se pueden hacer estimaciones hasta con un 15% de margen de error para propósitos prácticos, bajo nuestras condiciones en donde existe una limitación crítica en investigaciones por limitaciones de recursos económicos y de personal, estudios como este con márgenes de error de un 30%, si bien no son tan finos, podrían considerarse como una primera aproximación que permite conocer y comprender mejor la problemática del complejo de plagas rizófagas en el estado de Jalisco.

También, ese autor señala que las pérdidas causadas por las plagas no son estáticas y que aquellas como éstas cambian de año en año en un lugar determinado, lo que se constató en esta investigación a dos niveles, el primero en las localidades en donde se establecieron experimentos en el mismo sitio durante varios años (únicamente en Tepatitlán de Morelos, Tlajomulco de Zúñiga y Zapopan), y en el segundo nivel, cuando se consideró el promedio de todas las localidades a través del tiempo, se observó que las pérdidas van cambiando año por año, mostrando una tendencia a incrementarse.

Por otro lado, es muy importante considerar que la cantidad de experimentos y el número de localidades estudiadas en los últimos cuatro años (de 1992 a 1995) fue bajo en comparación al periodo de 1980-1991, siendo la tendencia a través del tiempo a disminuir, por lo que difícilmente se contará con información nueva y suficiente que permita actualizar la información generada en este estudio, contraviniendo a lo señalado por LeClerc (op. cit.), respecto a que la información debe ser actualizada cuando menos cada cinco años o quizás a intervalos de tiempo más cortos, a causa de las innovaciones tecnológicas, la introducción de nuevas variedades, químicos agrícolas y los cambios rápidos de las prácticas culturales.

Bautista (op. cit.) y Félix y Reyes (op. cit.) al señalar que en Jalisco la superficie infestada por el complejo de plagas rizófagas fue de 169,555 y 220,000 ha, respectivamente, y Félix (op. cit.) al mencionar que estos insectos están presentes sobre todo en los municipios de: El Arenal, Amatitán, Tequila, San Martín Hidalgo, San Marcos, Ahualulco de Mercado, Ameca y Tala; y Félix y Reyes (op. cit.), al indicar que las áreas de influencia de estas plagas son los distritos de Ameca, Ciudad Guzmán (Zapotlán el Grande), La Barca y

Zapopan no fueron precisos para indicar el impacto de las plagas, por lo que fue conveniente definir niveles de intensidad en categorías numéricas para poder estratificar las áreas de cultivo de acuerdo a la severidad del ataque como lo marcó LeClerc (op. cit.) lo cual se obtuvo en este estudio al determinarse, por cuestiones prácticas, tres categorías o niveles de intensidad de la plaga en función de su impacto en el rendimiento de grano como ya se indicó arriba. Estos resultados también coinciden con lo mencionado por Dewitt & Taylor (1981) quienes señalaron que el impacto que puede causar una plaga rizófaga al maíz depende de factores físicos y biológicos, así como las interacciones de estos con las prácticas de producción.

De esta forma, los municipios que quedaron considerados de alto riesgo (Grupo I) son: Jamay, Jocotepec, Ocotlán, Ixtlahuacán del Río, Tototlán, La Barca, Ameca, San Martín Hidalgo, Tlaquepaque, El Arenal, Atenguillo y Zapopan. En el Grupo II o nivel de pérdidas intermedias: Amatitán, Unión de Tula, Cuquío, Tequila, Tlajomulco de Zúñiga, Mixtlán, Ahualulco de Mercado, La Huerta, Magdalena, El Grullo, Cuautitlán de García Barragán, Acatic y Antonio Escobedo. Y el Grupo III, considerado de bajo riesgo: Arandas, Yahualica de González Gallo, San Marcos, Tepatitlán de Morelos, Poncitlán, Teocaltiche, Sayula y Lagos de Moreno.

Después de 27 años de efectuada la propuesta en la primera Mesa Redonda de Plagas de Suelo, de realizar estudios sobre la cuantificación de daños causados por el complejo de plagas rizófagas y la zonificación de las áreas dañadas en Jalisco (Soc. Mex. de Entomología, 1978), se tiene una primera aproximación que mejora en forma sustantiva la perspectiva que se tenía de este problema en donde la información se presentaba en forma parcial y disgregada, y

si bien, se pudiera tener alguna limitación o deficiencia en lo que respecta al número de experimentos, localidades o años, se utilizó la información obtenida para darle un enfoque práctico.

Por último, al dimensionar el problema que representa el complejo de plagas rizófagas en el estado, estimado en pérdidas de 976 kg/ha/año, dan una idea de su magnitud y hace imperativo la implementación de programas de capacitación a productores y asesores oficiales y de empresas particulares para que se establezcan medidas que permitan coexistir en forma armónica con estas plagas.

CONCLUSIONES

1) El análisis de la información colectada en un período de 20 años y en 33 municipios de Jalisco, permitió estimar las pérdidas en el rendimiento de grano del maíz causadas por el complejo de plagas rizófagas.

2) El modelo de regresión lineal cuadrático fue útil para describir de manera adecuada el comportamiento de las pérdidas del rendimiento de grano en el período de estudio.

3) De acuerdo con la información analizada, se detectó que los daños causados por estas plagas al cultivo son dinámicos y muestran una tendencia a incrementarse a través del tiempo.

LITERATURA CITADA

- Alavés R., J. F. 1978. Aplicación de insecticidas al suelo contra *Colaspis* sp. en maíz en la Costa de Jalisco. Mesa redonda plagas del suelo. Memoria. Sociedad Mexicana de Entomología. Guadalajara, Jalisco. pp:39-44.
- A.M.I.P.F.A.C. 1994. Mercado de Plaguicidas (por producto) totalizando por cultivos. pp:2 y 3.
- A.M.I.P.F.A.C. 1995. Mercado de Plaguicidas (por producto) totalizando por cultivos. pp:2 y 3.
- Anónimo. 1996. Almanaque mundial. Diccionario geográfico. Editorial Samra, S.A. de C.V. México D.F. pp. 50
- Bautista M., J. 1978. Importancia económica de las plagas del suelo en el estado de Jalisco. Mesa redonda plagas del suelo. Memoria. Sociedad Mexicana de Entomología. Guadalajara, Jalisco. pp:53-60.
- Castañeda C., C. A.; D. Oropeza C.; J. F. Villalpando I. y J. A. Sifuentes. 1978. Control químico de *Diabrotica longicornis* plaga del suelo en la región central de Jalisco. Mesa redonda plagas del suelo. Memoria. Sociedad Mexicana de Entomología. Guadalajara, Jalisco. pp:27-38.
- De la Paz G., S. 1993. Plagas del maíz, del frijol y de la asociación maíz- frijol en los Altos de Jalisco. Libro Técnico N° 1. C. E. Altos de Jalisco. CIPAC. INIFAP. SARH. México. 89 pp.

- Dewitt, J. & E. S. Taylor. 1981. Integrated pest management decision guide. Iowa State University, Cooperative Extension Services. IPM- 22.
- Díaz C., G. 1978. Plagas del maíz en el centro y occidente de México. SARH. INIA. México. Folleto Misceláneo N° 39. 20 p.
- Félix F., E. 1978. El control de las principales plagas del suelo en maíz en el estado de Jalisco. Mesa redonda plagas del suelo. Memorias. Sociedad Mexicana de Entomología. Guadalajara, Jalisco. pp:45-52.
- Félix F., E. y J. Reyes R. 1990. Plagas rizófagas de cultivos básicos en Jalisco. SARH. Jefatura del Programa de Sanidad Vegetal. CREDIF. México, Guadalajara, Jalisco. Boletín técnico. 21 p.
- INEGI. 1988. Abasto y comercialización de productos básicos. Maíz. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. SCFI. Pronal. Canasupo. SISVAN. Aguascalientes, Ags., México. pp:1-20.
- INEGI. 1989. México en el mundo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. SCFI. Pronal. Conasupo. SISVAN. Aguascalientes, Ags., México, DF. pp:50.
- INEGI. 2002. Anuario de Estadística por Entidad Federativa. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags., México. pp:378, 380, 382 y 593.

- INEGI. 2004a. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. pp:336-340 y 363.
- INEGI. 2004b. El Sector Alimentario en México. Serie de estadísticas sectoriales. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. pp:34, 35, 220 y 231.
- LeClerc, E. L. 1970. Field experiments for assessment of crop losses. In: Crop loss assessment methods; FAO manual on the evaluation and prevention of losses by pests, diseases and weeds. 2.1/14 p.
- Morón, M. A. 1986. El Género *Phyllophaga* en México. Morfología, distribución y sistemática supraespecífica (Insecta: Coleóptera). Publicación del Instituto Nacional de Ecología. N° 20. 341 p.
- Ochoa R., E. 1979. Comparación y evaluación de 6 insecticidas al suelo para el control de *Diabrotica* spp. y *Colaspis* spp. (Fam. Chrysomelidae) en el cultivo de maíz en Tequila, Jalisco. Tesis profesional Ing. Agr. Guadalajara, Jalisco, México. Esc. de Agricultura. U. de G. pp:38-40.
- Pérez D., J. F. y R. Álvarez Z. 2003. Influencia de factores ambientales sobre el desarrollo y la fluctuación poblacional de gallina ciega (*Phyllophaga* spp. y *Cyclocephala* spp.) (Coleoptera: Melolonthidae) y gusano alfilerillo *Diabrotica virgifera zeae* (Coleoptera: Chrysomelidae) en el Centro de

Jalisco. pp. 231. *In*: Aragón, G.A.; M.A. Morón; A. Marín J. (ED). Estudios sobre coleópteros del suelo en América. Universidad Autónoma de Puebla, México.

Ríos R., F. y S. Romero. 1982. Importancia de los daños al maíz por insectos del suelo en el estado de Jalisco, México (Coleoptera). *Folia Entomológica Mexicana* 52:41-60.

Ríos R., F. 1986. Manejo integrado de problemas fitosanitarios del maíz en México. *Memorias del XII Simposio Nacional de Parasitología Agrícola*. pp:274-285 y 438.

Rodríguez del Bosque, L. A. 1978. Claves de campo para identificación de plagas del maíz y su combate. Norte de Tamaulipas. SARH. INIA. CIAGON. CAERIB. Circular CIAGON 6/78. 31 p.

Rodríguez del Bosque, L. A. 1980a. Determinación de la oportunidad de aplicación de insecticida contra la gallina ciega en maíz. CAERIB, 1979b. Informe Técnico de la Coordinación Nacional del Apoyo Entomológico. (Zona Norte). SARH. INIA. México. pp:379-384.

Rodríguez del Bosque, L. A. 1980b. Aplicación de Carbofuran a la semilla de maíz para prevenir el daño por plagas del suelo. CAERIB, 1979b. Informe Técnico de la Coordinación Nacional del Apoyo Entomológico. (Zona Norte). SARH. INIA. México. pp:362-368.

Sifuentes A., J. A. 1976. Plagas del maíz en México y algunas consideraciones sobre su control. SAG. INIA. México. Folleto de Divulgación. N° 58. 21 p.

Sociedad Mexicana de Entomología. 1978. Conclusiones y sugerencias de la mesa redonda sobre plagas del suelo. Mesa redonda plagas del suelo. Memoria. Sociedad Mexicana de Entomología. Guadalajara, Jalisco. pp:79 y 80.

Steel R., G. D. y J. H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences. New York, McGraw- Hill. 481 p.

Von Eickstedt, H. 1978. Producción de maíz en E.U.A. Combate de plagas del suelo y rendimientos promedio. Mesa redonda plagas del suelo. Memoria. Sociedad Mexicana de Entomología. Guadalajara, Jalisco. pp:21-26.

CONCLUSIONES GENERALES

En base a la información disponible, las metodologías utilizadas y los resultados obtenidos, se generan las siguientes conclusiones:

En México el maíz y el teocintle, presentaron simultáneamente organismos de varias clases, órdenes, familias, géneros y especies. En la parte aérea y la raíz de las dos especies vegetales predominó la clase insecta; en el substrato suelo, se encontraron cinco clases más.

El maíz presentó una mayor incidencia de organismos que el teocintle, ocurriendo veinte géneros de insectos y tres de ácaros considerados plagas de importancia agrícola. De los índices utilizados para medir la diversidad de especies, el de Shannon-Wiener presentó consistencia, indicando que en el teocintle ocurrió una mayor diversidad; el de Parker, indicó que el maíz presentó dominancia de los pulgones del cogollo *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.), mientras que en el teocintle fueron los pulgones, los trips *Frankliniella* spp., y la gallina ciega (varios géneros). La mayor diversidad de especies ponderada por la abundancia de la especie más común, ocurrió en los años 2001, 2002 y 2003, respectivamente.

Se determinó la incidencia de un complejo de plagas rizófagas en el maíz y teocintle en los estados de Jalisco y Michoacán; en México y Puebla no se presentaron.

Las densidades poblacionales de g. ciega, falsos y verdaderos gusanos de alambre y el esqueletonizador fueron similares en ambas especies vegetales, no así la diabrótica que mostró mayor actividad en el maíz. La g. ciega fue dominante, siguiéndole en importancia los f.

y v. g. de alambre, y la diabrótica y el esqueletonizador mostraron las densidades más bajas.

Las variables que en forma individual mostraron mayor influencia sobre las plagas rizófagas, fueron: Los porcentajes de materia orgánica y limo, la temperatura media del periodo mayo-octubre, la altitud y la precipitación media anual. Su impacto sobre cada plaga fue de diferente magnitud. Como las plagas rizófagas ocurren como un complejo, se proponen dos modelos de regresión múltiple que consideran el total de plagas para el maíz y teocintle. Se enfatiza la importancia del papel potencial que tiene los sistemas de información geográfica en la generación de información sobre las interacciones entre las características climáticas y factores edáficos con las poblaciones insectiles, que permita a investigadores, planeadores agrícolas, asesores y otros, implementar estrategias de manejo de plagas en grandes áreas.

Para estimar la magnitud de las pérdidas causadas al maíz en Jalisco por este complejo de plagas rizófagas, se determinó el comportamiento del rendimiento de grano en kg/ha del mejor tratamiento químico y el del testigo sin aplicación, en un total de 157 experimentos conducidos en un periodo de 20 años y 33 municipios del estado.

Las pérdidas en el rendimiento de grano de maíz en Jalisco, son de 976 kg/ha por año. Los daños causados por estas plagas no son estáticos y tienden a incrementarse a través del tiempo. Se clasificó a los municipios considerando su nivel de pérdidas en los siguientes grupos: 1) municipios de alto riesgo, por presentar pérdidas altas (1,834 kg/ha), como Jocotepec, Jamay y Ocotlán, 2) con pérdidas

intermedias (710 kg/ha), como Amatitán, Unión de Tula y Cuquío y 3) los municipios con pérdidas mínimas (290kg/ha), tales como Arandas, Yahualica de González Gallo y San Marcos.

Apéndice. Lista de insectos determinados.

Nombre común	Orden	Familia	Especie	Muestreo*
Abeja común	HYMENOPTERA	Apidae	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus)	T
Alas de encaje, crysoperla	NEUROPTERA	Chrysopidae	<i>Chrysopa</i> spp.	T
Araña roja	ACARINA	Tetranychidae	<i>Olygonychus</i> spp.	T
Araña roja	ACARINA	Tetranychidae	<i>Paratetranychus</i> spp.	T
Araña roja	ACARINA	Tetranychidae	<i>Tetranychus</i> spp.	T
Arañas depredadoras	ARANEIDA	Agelenidae		T
Arañas depredadoras	ARANEIDA	Ciniflomidae		T
Arañas depredadoras	ARANEIDA	Lycosidae		T
Arañas depredadoras	ARANEIDA	Thomisidae		T
Arlomos	COLEOPTERA	Cantharidae	<i>Chauliognathus limbicollis</i> Lec.	S
Avispa quelonus	HYMENOPTERA	Braconidae	<i>Quelonus</i> spp.	T
Barrenador	LEPIDOPTERA		En proceso de identificación	T
Botijón o burrita	COLEOPTERA	Meloidae	<i>Epicauta</i> spp.	T
Carabidae	COLEOPTERA	Carabidae	<i>Calosoma scrutator</i>	S
Catarina	COLEOPTERA	Coccinellidae	<i>Coccinella nugatoria</i> Mulsant	T
Catarina anaranjada	COLEOPTERA	Coccinellidae	<i>Hippodamia convergens</i> Guérin	T
Catarinita gris	COLEOPTERA	Coccinellidae	<i>Olla abdominalis</i> Say.	T
Catarinita roja	COLEOPTERA	Coccinellidae	<i>Cycloneda sanguinea</i> (Linnaeus)	T
Chapulín, langosta o saltamontes	ORTHOPTERA	Acrididae	<i>Melanoplus</i> spp.	T
Chapulín, langosta o saltamontes	ORTHOPTERA	Acrididae	<i>Photatiotus</i> spp.	T
Chapulín, langosta o saltamontes	ORTHOPTERA	Acrididae	<i>Schistocerca</i> spp.	T
Chapulín, langosta o saltamontes	ORTHOPTERA	Acrididae	<i>Sphenarium</i> spp.	T
Chicharrita	HOMOPTERA	Cicadellidae	<i>Dalbulus elimatus</i> (Ball.)	T
Chicharrita del achaparramiento del maíz	HOMOPTERA	Cicadellidae	<i>Dalbulus maidis</i> (DeLong y Wolcott)	T
Chicharrita verde	HOMOPTERA		En proceso de identificación	T
Chinche	HEMIPTERA	Coreidae	En proceso de identificación	T
Chinche	HEMIPTERA	Miridae	En proceso de identificación	T

Continuación..

Nombre común	Orden	Familia	Especie	Muestreo*
Chinche café	HEMIPTERA	Pentatomidae	<i>Euschistus servus</i> (Say.)	T
Chinche depredadora	HEMIPTERA	Reduviidae	<i>Sinea</i> spp.	T
Chinche depredadora	HEMIPTERA	Reduviidae	<i>Zelus</i> spp.	T
Chinche fitófaga	HEMIPTERA	Pentatomidae	En proceso de identificación	T
Chinche pajiza	HEMIPTERA	Nabidae	<i>Nabis</i> spp.	T
Chinche pirata	HEMIPTERA	Anthoridae	<i>Orius</i> spp.	T
Chinche verde	HEMIPTERA	Pentatomidae	<i>Nezara viridula</i> (Linnaeus)	T
Ciempiés	SCOLOPENDROMORPHA	Scolopendridae	<i>Scolopendra oscura</i> L.	S
Cleridae depredador (adulto)	COLEOPTERA	Cleridae	<i>Enoclerus</i> spp.	T
Cochinilla casera	ISOPODA	Oniscidae	<i>Porcelio laevis</i> Koch.	S
Cochinilla común	ISOPODA	Oniscidae	<i>Armadillidium vulgare</i> (Latreille)	S
Coleóptero	COLEOPTERA	Tenebrionidae	<i>Conoderus parallelus</i> (Candeze)	T
Coleóptero	COLEOPTERA	Carabidae	<i>Onypterygia thoreyi</i> Mann.	T
Coleóptero	COLEOPTERA	Chrysomelidae	En proceso de identificación	T
Delfácidos	HOMOPTERA	Cicadellidae	<i>Cicadulina</i> spp.	T
Diabrotica o doradilla	COLEOPTERA	Chrysomelidae	<i>Diabrotica balteata</i> LeConte	T
Diabrotica o doradilla	COLEOPTERA	Chrysomelidae	<i>Diabrotica undecimpunctata</i> Harold	T
Diabrotica o doradilla	COLEOPTERA	Chrysomelidae	<i>Diabrotica virgifera zeae</i> Krysan & Smith	T
Elatérico adulto	COLEOPTERA	Elateridae	<i>Conoderus</i> spp.	T
Escarabajo	COLEOPTERA	Chrysomelidae	En proceso de identificación	T
Escarabajo colops	COLEOPTERA	Malachiidae	<i>Collops</i> spp.	T
Escarabajo del pepino	COLEOPTERA	Chrysomelidae	<i>Acalymma trivittata</i> (Mannerheim)	S
Escarabajo depredador	COLEOPTERA	Carabidae	<i>Onypterygia thoreyi</i> Mann.	S
Escarabajo gris	COLEOPTERA	Dasytidae	<i>Trichochrous</i> spp.	T
Esqueletonizador	COLEOPTERA	Chrysomelidae	<i>Colaspis</i> spp.	T
Falso medidor	LEPIDOPTERA	Noctuidae	<i>Trichoplusia ni</i> (Hübner)	T
Frailecillo	COLEOPTERA	Melolonthidae	<i>Macrodactylus</i> spp.	T
Frailecillo	COLEOPTERA	Melolonthidae	<i>Macrodactylus virens</i> Bates	S
Grillo de campo	ORTHOPTERA	Gryllidae	<i>Acheta domesticus</i>	S

Continuación..

Nombre común	Orden	Familia	Especie	Muestreo*
Gusano soldado	LEPIDOPTERA	Noctuidae	<i>Pseudaletia unipuncta</i> Haworth	T
Gusano soldado	LEPIDOPTERA	Noctuidae	<i>Spodoptera</i> spp.	T
Gusano cabezón	LEPIDOPTERA	Hesperiidae	<i>Urbanus proteus</i> Linn.	T
Gusano cogollero	LEPIDOPTERA	Noctuidae	<i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith)	T
Gusano elotero	LEPIDOPTERA	Noctuidae	<i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)	T
Gusano peludo	LEPIDOPTERA	Arctiidae	<i>Estigmene acraea</i> Drury	T
Gusano saltarín	LEPIDOPTERA	Pyrilidae	<i>Elasmopalpus lignosellus</i> (Zeller)	T
Gusano saltarín	LEPIDOPTERA	Pyrilidae	<i>Elasmopalpus lignosellus</i> (Zeller)	S
Gusano terciopelo	LEPIDOPTERA	Noctuidae	<i>Anticarsia gemmatilis</i> Hubner	T
Gusano trozador	LEPIDOPTERA	Noctuidae	<i>Agrotis</i> spp.	S
Gusanos barrenadores	LEPIDOPTERA	Pyrilidae	<i>Diatraea</i> spp.	T
Gusanos de la mazorca	DIPTERA	Otitidae	<i>Euxesta</i> spp.	T
Hormiga	HYMENOPTERA	Formicidae	<i>Atta mexicana</i>	S
Insecto palo	ORTHOPTERA	Phasmatidae	En proceso de identificación	T
Larvas de esqueletonizador	COLEOPTERA	Chrysomelidae	<i>Colaspis</i> spp.	S
Larvas de diabrotica	COLEOPTERA	Chrysomelidae	<i>Diabrotica</i> spp.	S
Larvas de díptero	DIPTERA		En proceso de identificación	S
Larvas de díptero de pudrición	DIPTERA	Otitidae	<i>Euxesta</i> spp.	S
Larvas de falso gusano de alambre	COLEOPTERA	Cebrionidae	<i>Cebrio</i> spp.	S
Larvas de gallina ciega (nixticuil)	COLEOPTERA	Melolonthidae	<i>Anomala</i> spp.	S
Larvas de gallina ciega (nixticuil)	COLEOPTERA	Melolonthidae	<i>Cyclocephala</i> spp.	S
Larvas de gallina ciega (nixticuil)	COLEOPTERA	Melolonthidae	<i>Macrodactylus</i> spp.	S
Larvas de gallina ciega (nixticuil)	COLEOPTERA	Melolonthidae	<i>Phyllophaga</i> spp.	S
Larvas de sírfido			En proceso de identificación	T
Larvas del verdadero gusano de alambre	COLEOPTERA	Elateridae	<i>Conoderus parallelus</i> (Candeze)	S
Lombriz de tierra	MEYASCOLESIDAE	Lumbricidae	<i>Elsenia andrei</i>	S
Lombriz de tierra	MEYASCOLESIDAE	Lumbricidae	<i>Lumbricus terrestris</i> L.	S
Mayate de la flor de calabaza	COLEOPTERA	Melolonthidae	<i>Euphoria</i> spp.	S
Mayates de mayo, junio, chicanas	COLEOPTERA	Melolonthidae	<i>Anomala</i> spp.	T

Continuación..

Nombre común	Orden	Familia	Especie	Muestreo*
Milpiés	SPIROBOLIDA	Spirobolidae	<i>Spirobolus marginatum</i> Say.	S
Minador	DIPTERA	Agromyzidae	<i>Liriomyza</i> spp.	T
Mosca naranja	DIPTERA	Lauxaniidae	<i>Camptoprosopella</i> spp.	T
Periquito tricornudo	HOMOPTERA	Membracidae	<i>Spissistilus festinus</i> (Say)	T
Picudo barrenador del tallo del maíz	COLEOPTERA	Curculionidae	<i>Sphenophorus</i> spp.	T
Picudo barrenador del tallo del maíz (larva)	COLEOPTERA	Curculionidae	<i>Sphenophorus</i> spp.	S
Picudo chico del cogollo	COLEOPTERA	Curculionidae	<i>Nicentrites testaceipes</i> Champion	T
Picudo grande del cogollo	COLEOPTERA	Curculionidae	<i>Geraeus senilis</i> (Gyllenhal)	T
Piojos harinosos	HOMOPTERA	Pseudococcidae	<i>Pseudococcus</i> spp.	T
Pulga saltona negra	COLEOPTERA	Chrysomelidae	<i>Chaetocnema</i> spp.	T
Pulgón del cogollo	HOMOPTERA	Aphididae	<i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch)	T
Pulgón negro (o pulgón del tallo)	HOMOPTERA	Aphididae	<i>Rhopalosiphum padi</i> (L.)	T
Pulgón saltador	HOMOPTERA	Psyllidae	<i>Paratrioza cockerelli</i> (Sulc)	T
Pulgón saltador	HOMOPTERA	Psyllidae	<i>Paratrioza cockerelli</i> (Sulc)	T
Rodacacas	COLEOPTERA	Melolonthidae	<i>Dichotomius</i> spp.	S
Termitas	ISOPTERA	Termitidae	<i>Allodontermes</i> spp.	S
Termitas	ISOPTERA	Termitidae	<i>Microtermes</i> spp.	S
Termitas	ISOPTERA	Termitidae	<i>Odontotermes</i> spp.	S
Tijerilla europea	DERMAPTERA	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i> L.	T
Tijerilla europea	DERMAPTERA	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i> L.	S
Tortuguillas	COLEOPTERA	Chrysomelidae	<i>Diphaulaca aulica</i> Olivier	T
Tortuguillas	COLEOPTERA	Chrysomelidae	<i>Disonycha collata</i> (Fab.)	T
Trips	THYSANOPTERA	Thripidae	<i>Frankliniella</i> spp.	T

*S = muestreo del suelo, T = muestreo por tiempo, tallos, hojas y fruto.