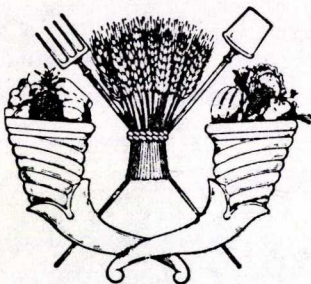


UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA AGRICOLA
PROTECCION VEGETAL



**ESPECIES DE DIABROTICA (COLEOPTERA:
CHRYSEMELIDAE) Y EXTRACCION DE LARVAS
DEL SISTEMA RADICAL DE MAIZ (Zea mays L.)
EN CHAPINGO, MEXICO.**



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL:

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

P R E S E N T A :

AMELIA RENDON GARCIA



CHAPINGO MEXICO,

1995

dx 63685
- 102629

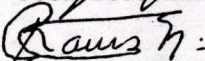
Esta tesis fue realizada bajo la dirección del Comité Asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCION VEGETAL

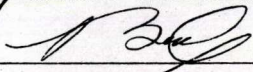
PRESIDENTE


M.C. JOSE LUIS AYALA ORDUÑO

ASESOR


M.C. RAMIRO VEGA NEVAREZ

ASESOR


M.C. BENITO PINTO CORTES

Chapingo, Méx., JUNIO 1995.

27867

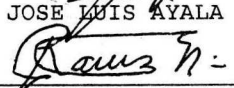
El jurado del Exámen de Grado de Maestría en Ciencias en
Protección Vegetal estuvo constituido por:

PRESIDENTE



M.C. JOSE LUIS AYALA ORDUÑO

ASESOR



M.C. RAMIRO VEGA NEVAREZ

ASESOR



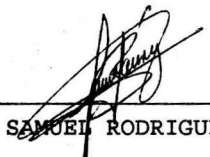
M.C. BENITO PINTO CORTES

REPRESENTANTE DE LA COORDINACION
DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE
PROTECCION VEGETAL DEL DEPARTAMENTO
DE PARASITOLOGIA AGRICOLA



M.C. JUAN F. SOLIS AGUILAR

REPRESENTANTE DE LA COORDINACION
DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA
UACH



M.C. SAMUEL RODRIGUEZ ALARCON

Cada uno de los cuales revisó y aprobó la tesis presentada.

Chapingo, Méx., JUNIO 1995.

AGRADECIMIENTOS

AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA POR EL FINANCIAMIENTO OTORGADO PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS DE MAESTRIA

A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

AL M.C. JOSE LUIS AYALA ORDUÑO, POR LA DIRECCION DEL PRESENTE TRABAJO

AL M.C. RAMIRO VEGA NEVAREZ, POR LA COLABORACION EN LA REALIZACION DE ESTA TESIS

AL M.C. BENITO PINTO CORTES, POR SU PARTICIPACION EN LA REVISION DE ESTE TRABAJO

AL M.C. JUAN F. SOLIS AGUILAR, POR LA REVISION, COMENTARIOS Y SUGERENCIAS APORTADAS

AL M.C. SAMUEL RODRIGUEZ ALARCON, POR SU COLABORACION EN LA REVISION DE LA PRESENTE.

AL M.C. GUSTAVO A. VELAZQUEZ CARDELAS, POR LA ASESORIA RECIBIDA EN LA ELABORACION DE ESTE TRABAJO.

A TODAS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

Con mi más profundo respeto dedico esta obra

A la memoria de mi abuelo...

A mamá Chabe ...

A mis padres José y Ernestina...

A mis hermanos...

- por su ejemplar muestra de amor a la vida y al trabajo.
- por apoyar cada uno de mis proyectos.
- por el continuo estímulo para continuar en el camino de la superación.

Especialmente...

A quien a través de compartir conmigo el tiempo y espacio que tenemos la suerte de vivir, generosamente me ha enseñado su filosofía de vida, y ha testimoniado día a día con su ejemplo, que amar significa permitir y apoyar el desarrollo.

Gracias a sus esfuerzos y comprensión he podido realizar este trabajo.

CONTENIDO

Pág.

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	iii
R E S U M E N.....	iv
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades del género <i>Diabrotica</i>	4
2.2 <i>Diabrotica undecimpunctata</i>	6
2.2.1 Antecedentes.....	6
2.2.2 Posición taxonómica.....	7
2.2.3 Hospederos.....	7
2.2.4 Distribución.....	8
2.2.5 Descripción morfológica.....	8
2.2.6 Ciclo de vida y hábitos.....	10
2.2.7 Daños.....	12
2.2.8 Importancia económica.....	13
2.2.9 Control.....	16
2.2.9.1 Cultural.....	16
2.2.9.2 Genético.....	16
2.2.9.3 Biológico.....	17
2.2.9.4 Químico.....	18
2.2.9.5 Sustancias vegetales.....	20
2.2.9.6 Control integrado.....	20
2.3 Procedimientos para la extracción de larvas.....	21
2.3.1 Búsqueda manual o visual.....	22
2.3.2 Métodos dinámicos.....	22
2.3.3 Métodos mecánico.....	24
2.3.4 Impacto del tamaño de las larvas y su comportamiento en la eficiencia de extracción.....	25
2.4 Grados día de desarrollo.....	25
2.4.1 Importancia de la obtención de los GDD.....	26
2.5 Grados hora de desarrollo.....	26
3. MATERIALES Y METODOS.....	28
3.1 Sitios de muestreo.....	28
3.2 Fechas de muestreo.....	28
3.3 Método de muestreo para huevecillos en campo.....	29
3.4 Método de extracción para huevecillos en laboratorio.....	30
3.5 Estimación de la densidad de huevecillos.....	31
3.6 Método de muestreo para larvas y pupas en campo.....	31
3.7 Extracción de larvas en laboratorio.....	32
3.8 Muestreo de adultos.....	32
3.9 Estimación de los grados día de desarrollo (GDD) y los grados hora de desarrollo (GHD) ..	33
3.10 Estimación de los grados día de desarrollo (GDD).....	33
3.11 Estimación de los grados hora de desarrollo (GHD).....	34

	Pág.
3.12 Variables evaluadas.....	34
4. RESULTADOS.....	36
4.1 Número de huevecillos por especie.....	36
4.2 Estimación de la densidad de huevecillos.....	37
4.3 Número de larvas extraídas en laboratorio....	39
4.4 Número de larvas encontradas en campo.....	40
4.5 Número de larvas totales.....	41
4.6 Número de larvas por planta.....	42
4.7 Validación de la metodología para la extracción de larvas mediante los embudos Berlese-Tullgren.....	44
4.8 Número de pupas.....	45
4.9 Número de adultos por especie.....	46
4.10 Grados día de desarrollo y grados hora de desarrollo.....	48
5. CONCLUSIONES.....	51
6. LITERATURA CITADA.....	53

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO	Pág.
1 Localidades muestreadas en el área de influencia de la Universidad Autónoma Chapingo. 1994.....	29
2 Número de huevecillos por especie en las siete localidades muestreadas en el área de Chapingo. Chapingo, Méx. 1994.....	38
3 Número de larvas por especie extraídas en laboratorio, en las siete localidades muestreadas en el área de Chapingo. Chapingo, Méx. 1994.....	40
4 Número de larvas obtenidas en campo en las siete localidades muestreadas en el área de Chapingo. Chapingo, Méx. 1994.....	41
5 Número de larvas totales (laboratorio y campo) por especie y número de larvas por planta, en las siete localidades muestreadas en el área de Chapingo. Chapingo, Méx. 1994.....	43
6 Número de pupas obtenidas en campo en las siete localidades muestreadas en el área de Chapingo. Chapingo, Méx. 1994.....	45
7 Número de adultos por especie encontrados en campo, en las siete localidades muestreadas en el área de Chapingo. Chapingo, Méx. 1994.....	47

FIGURA

1 Ciclo biológico de <i>D.undecimpunctata</i> Mann. Chapingo, Méx. 1994.....	49
---	----

RESUMEN

Con el propósito de estimar la proporción de especies de *Diabrotica* (Coleoptera:Chrysomelidae) en diferentes fases de desarrollo, se muestrearon siete localidades sembradas con maíz en condiciones de temporal, en el área de Chapingo. Asimismo, se validó la metodología para extracción de larvas del sistema radical de maíz por medio de embudos Berlese-Tullgren. Adicionalmente, se realizó una aproximación del ciclo biológico de la especie más importante (*D. undecimpunctata* Mann.) en GDD₍₁₀₋₃₅₎ y GHD₍₁₀₋₃₅₎.

Se pudo determinar la presencia de dos especies de diabroticas en el cultivo de maíz (*D. undecimpunctata* Mann. y *D. virgifera* zeae Krysan y Smith), con predominancia para *D. undecimpunctata* Mann. en los diferentes estados biológicos: huevecillo 83.3% vs. 16.7%, larvas 98% vs. 2% y adultos 79% vs. 21%. Las localidades más infestadas fueron: Texcoco, Colonia Netzahualcóyotl y Chiconcuac; sin embargo, el nivel de infestación encontrado es inferior al umbral económico para esta especie.

Los embudos Berlese-Tullgren, resultaron eficientes para la extracción de diferentes instares larvales a partir de raíces de maíz. No obstante, se cree conveniente realizar el muestreo en forma conjunta con la búsqueda visual para obtener una densidad de larvas más precisa.

La duración aproximada para el ciclo biológico de *D. undecimpunctata* Mann. en el área de estudio resultó ser de 42 a 56 días, con una acumulación en GDD₍₁₀₋₃₅₎ y GHD₍₁₀₋₃₅₎, de 239 a 327.86 y de 3892.8 a 5218.8, respectivamente.

1. INTRODUCCION

La producción de maíz en la mesa central de México, que abarca los estados de Puebla, Morelos, Hidalgo, Querétaro, Distrito Federal y el Estado de México, es afectada de manera compleja por muchos factores, entre los que se encuentran los de tipo ambiental como heladas tempranas y tardías, precipitación escasa y mal distribuída, así como por la presencia de granizo y vientos; los de tipo edáfico como baja fertilidad, bajo contenido de materia orgánica, topografía irregular y salinidad; y algunos de tipo tecnológico como el uso limitado de la tecnología disponible; asimismo, por el control ineficiente de maleza, insectos y microorganismos patógenos (Velázquez y Arellano, 1993).

En esta región el cultivo de maíz también está expuesto a daños por insectos rizófagos como *Phyllophaga crinita* (Bur) y *Diabrotica* spp., por ácaros como *Paratetranychus stickneyi* (McGregor), e insectos del follaje como *Mythimna unipuncta* (Haworth) y *Ropalosiphum maidis* (Fitch), entre otros (Sifuentes, 1985). Algunos de estos insectos son vectores de enfermedades virosas, que con alguna frecuencia y severidad reducen los rendimientos.

Las plagas subterráneas son organismos de gran importancia que dañan al maíz prácticamente desde que la planta nace, lo cual resalta la importancia de realizar estudios conducentes a la aplicación de medidas adecuadas para reducir los daños.

En el Estado de México se cultivan con maíz alrededor de 612,325 ha, de las cuales aproximadamente un 80% se siembran bajo condiciones de temporal y el 20% restante en condiciones de riego (Turrent, 1994). Este es uno de los cultivos más importantes en la entidad federativa.

En el área de influencia de la Universidad Autónoma Chapingo, se ha señalado la presencia del género *Diabrotica* (Correo, 1987). Sin embargo, se requiere realizar un estudio en donde se estime la proporción en que se encuentran las dos especies más importantes (*D. undecimpunctata* y *D. virgifera*) en el cultivo de maíz para dicha área.

Por otra parte, debido a que el daño más importante ocasionado por esta plaga es causado por las larvas que afectan al sistema radical, se considera importante disponer de una metodología que permita la extracción de larvas en diferentes instares a partir del sistema radical del maíz, con el propósito de obtener una estimación más aproximada de la densidad de población existente en el área

afectada.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- 1) Estimar la proporción entre las especies de diabrotica en diferentes estados de desarrollo; esto es, huevecillo, larva, y adulto.
- 2) Validar la metodología para la extracción de larvas por medio de los embudos Berlese-Tullgren.
- 3) Estimar la duración del ciclo biológico de la especie de diabrotica más importante en Grados Día de Desarrollo (GDD) y Grados Hora de Desarrollo (GHD).

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades del género *Diabrotica*

El género *Diabrotica* es importante en el cultivo de maíz debido a que puede causar daños en los estados de larva y adulto (Dickie y Guthrie, 1988). Los gusanos "alfilerillo" como comúnmente se les conoce a las larvas de este género, se alimentan de las raíces de anclaje, debilitan el sistema radical y provocan acame. Los adultos se alimentan del follaje con cierta preferencia por los estigmas de los elotes, por lo que al alimentarse de éstos, se presenta interferencia en la polinización y formación de granos, lo que provoca consecuentes pérdidas en la producción (Ortíz, 1988).

De acuerdo con Smith (1966) el género *Diabrotica* es de origen neotropical; y estos crisomélidos se han restringido al continente americano (Ortega, 1986).

En el género *Diabrotica* se incluyen varias plagas, por ejemplo, en el catálogo de Wilcox (1972) se enlistan 338 especies en tres grupos con base a su voltinismo y especificidad de hospederas, mencionando que los grupos "virgifera" y "fucata" incluyen plagas importantes. En el

grupo virgifera se ubica a *D. longicornis barberi* Smith y Lawrence, *D. l. longicornis* Say, *D. virgifera virgifera* LeConte, *D. virgifera zeae* Krysan y Smith, *D. cristata* Harris y *D. lemniscata* LeConte. En el grupo fucata se ubica a *D. u. undecimpunctata* Mannerheim, *D. undecimpunctata howardi* Barber, *D. balteata* LeConte, y *D. tibialis* Jacobi. El grupo fucata está compuesto por especies multivoltinas, que en estado larval son polífagas; mientras que el grupo virgifera consta de especies univoltinas, cuyo estado larval es oligófago (Krysan, 1982).

White (1977) menciona que más de 300 especies registradas en América, se encuentran distribuidas en zonas frías, templadas y tropicales. Por su parte, Krysan (1986) señala que la mayor diversidad de especies de diabroticas se encuentra en las áreas tropicales y es en el norte de México donde se encuentra una alta proporción de especies consideradas como plagas.

La distribución y abundancia poblacional de los diferentes grupos de diabroticas en América está limitada por las condiciones climáticas y al grupo al que pertenecen; por ejemplo, las especies del grupo fucata no pueden invernar exitosamente en áreas templadas, mientras que varias especies del grupo virgifera sí lo pueden hacer (Krysan, 1986).

Krysan (1986) presenta en forma gráfica la distribución geográfica para algunas de las especies de este género, así *D. balteata* se encuentra distribuída en el sur de E.U.A., México y Centroamérica. *D. undecimpunctata* y *D. u. undecimpunctata* en la costa oeste de los E.U.A. y noroeste de México (Baja California Norte); *D. undecimpunctata howardi* en el sureste de Canadá, el oriente de las Montañas Rocosas de los Estados Unidos y norte de México; *D. speciosa* en algunos países de Sudamérica; *D. barberi* en la parte central y noreste de los E.U.A.; *D. virgifera virgifera* en la región central y el norte de E.U.A.; y *D. virgifera zea* en el sureste de E.U.A., así como en el noreste, centro y sur de México.

2.2 *Diabrotica undecimpunctata* Mannerheim

2.2.1 Antecedentes

Esta plaga se conoce como catarinita o escarabajo de once manchas. En América Central se le considera de poca importancia, aunque puede causar daños serios en los Estados Unidos (King y Saunders, 1984).

Posiblemente los primeros antecedentes sobre esta plaga son los señalados por Garman (1891) quien menciona que este insecto fue descrito por Walsh en 1866 como el causante de daños muy severos en hojas de cucurbitáceas y

en flores, especialmente dalias. El mismo autor señala que Riley en 1870, encontró a este insecto en melones, pepinos y calabaza, y que en 1883 este mismo investigador hizo referencia sobre larvas de este insecto alimentándose de raíces de maíz.

2.2.2 Posición taxonómica

La especie *Diabrotica undecimpunctata* se ubica taxonómicamente de acuerdo con Borror et al. (1989) de la siguiente manera:

Phyllum: Arthropoda

Subphyllum: Atelocerata

Clase: Hexapoda o Insecta

Subclase: Holometabola

Orden: Coleoptera

Familia: Chrysomelidae

Subfamilia: Galerucinae

Género: *Diabrotica*

Especie: *Diabrotica undecimpunctata* Mannerheim

2.2.3 Hospederos

Este insecto posee un amplio rango de hospederos y presenta algunas diferencias marcadas respecto a la preferencia alimenticia con relación a otras especies del mismo género (Levin y Oloumi, 1991). En estado adulto, las

diabroticas se alimentan sobre una gran variedad de cultivos de importancia económica, principalmente de cucurbitáceas, maíz y alfalfa, así como en frijol, haba, chícharo, papa, betabel, espárrago, berenjena, jitomate, chile, col, cebada, cacahuete, algodónero y girasol (Metcalf y Flint, 1965; Perea et al., 1962; Coria, 1972; Ayala, 1983). Las larvas se desarrollan en las raíces del maíz, frijol, alfalfa, cacahuete y en una gran variedad de malas hierbas (Metcalf y Flint, 1965; Coria, 1972).

2.2.4 Distribución

La catarinita de once manchas es una plaga ampliamente distribuida en todo el sur de Canadá, el oriente de las Montañas Rocosas en los Estados Unidos, Guatemala, El Salvador y Nicaragua (King y Saunders, 1984; Krysan, 1986; Davidson y Lyon, 1987). En la República Mexicana se le ha encontrado en las principales regiones maiceras del país, incluyendo los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Michoacán, Oaxaca, Querétaro, Sinaloa, Jalisco, Morelos, Durango, Nuevo León, Chihuahua y Zacatecas (Enkerlin, 1950; Rizo, 1961; Coria, 1972; Sifuentes, 1985; Krysan, 1986).

2.2.5 Descripción morfológica

El adulto es de color verde y mide de 6.0 a 7.5 mm, se caracteriza porque presenta once manchas negras en la

superficie dorsal de los élitros (contando las manchas basales como una). La cabeza es negra y las antenas miden más o menos de la mitad a las dos terceras partes de la longitud del cuerpo. Los tres segmentos proximales son de color amarillo claro así como las bases de los fémures. Los complementos de antenas y fémures son de color negro. Presentan dimorfismo sexual, los machos poseen un esclerito extra en el ápice abdominal, en tanto que en la hembra está ausente (Metcalf y Flint, 1965; White, 1977; King y Saunders, 1984; Dickie y Guthrie, 1988; Solís y Ayala, 1991).

La larva es alargada y mide de 1.25 a 1.8 cm de longitud, su cuerpo es de color blanco cremoso con la cabeza y pronoto café. A lo largo de la sutura craneal en la región media de la frente se observan manchas difusas en forma de cruz terminando en la base con dos setas situadas lateralmente. Presenta tres pares de patas pequeñas. En el dorso del noveno segmento abdominal presenta una mancha café oscura, sin hendiduras y con "urogonfi" inconspicuo sobre el margen caudal adyacente al mesón. (Metcalf y Flint, 1965; Mendoza y Peters, 1964; Solis y Ayala, 1991)

La pupa es exarata de cuerpo blando, de color amarillento y cuenta con dos espinas en el extremo de su abdomen (Perea et al., 1962).

Los huevecillos son pequeños, de 0.5 a 1 mm de longitud, ovales y de color blanco amarillento (Lagunes et al., 1985). Presentan una ornamentación característica en el corion, el cual está esculpido a dos niveles: uno primario que consiste de una red donde se notan formas poligonales y uno secundario en el interior del primero, en el cual se observan entre 14 y 20 perforaciones por polígono (Krysan, 1986).

2.2.6 Ciclo de vida y hábitos

Diabrotica undecimpunctata tiene un ciclo biológico de 56 días; en estado adulto tiene un período de alrededor de 26 días y presenta dos o más generaciones al año (Ayala, 1992).

En climas templados inverna como adulto bajo residuos de cosecha, hojarasca, suelo y en casi toda clase de plantas hospederas, con preferencia por aquéllas que sobreviven a las heladas en donde encuentra protección y de las cuales puede alimentarse (Metcalf y Flint, 1965; Perea et al., 1962; Dickie y Guthrie, 1988). En primavera los adultos vuelan hacia las cucurbitáceas, legumbres o pastos en donde se alimentan y depositan sus huevecillos en el suelo, cerca de las plantas (Perea et al., 1962; Dickie y Guthrie, 1988). El período de incubación de éstos es muy variable y fluctúa entre 10.5 y 14 días (Enkerlin, 1950).

En el cultivo de maíz las hembras ovipositan directamente en el suelo en donde se pueden encontrar huevecillos desde antes de la cosecha, ya sea en la superficie o hasta 30 cm de profundidad. Ahí permanecen hasta el año siguiente y bajo condiciones adecuadas de humedad y temperatura eclosionan y dan origen a las larvas causantes de los daños.

En estudios realizados en laboratorio para *D. virgifera zea* se encontró que una hembra posee una fecundidad de 1023 a 1087 huevecillos con un período de oviposición de 12.2 a 14.3 días (Branson y Johnson, 1973; Hill, 1975). En condiciones de campo en Jalisco se observó que las hembras depositaron un promedio de 11 a 13 huevecillos diarios durante un período de tres meses, lo que equivale a una fecundidad de 990 a 1170 huevecillos por hembra (Amparán, 1986). Por su parte, Elliot et al. (1990) mencionan que la temperatura es un factor que puede reducir la oviposición.

Las larvas de primer ínstar avanzan hacia los primeros entrenudos del tallo o son atraídas por el bióxido de carbono y metabolitos secundarios de las raíces; comienzan a alimentarse para después introducirse a éstas y mudar hasta convertirse en larvas de tercer ínstar. Posteriormente, cerca de la base del tallo y a 7-8 cm de profundidad, se doblan y compactan el suelo, hacen una

celda de tierra para transformarse en pupa y poco después en adulto (Ayala, 1983).

Enkerlin (1950) y Perea et al. (1962) mencionan que la duración de los tres instares larvales es de 19 a 30 días, que además presentan un estado de "prepupa" que dura entre cuatro y nueve días, y que posteriormente pupan durante siete a 19 días para transformarse en adulto.

2.2.7 Daños

Esta especie puede ocasionar daños directos e indirectos a los cultivos que ataca (Ayala, 1992). Las larvas ocasionan daños directos al introducirse y consumir las raíces, coronas y tallos del maíz y otras plantas cultivadas. Ocasionalmente pueden también alimentarse externamente de las raíces (Davidson y Lyon, 1987; Dickie y Guthrie, 1988; Ayala, 1992).

El daño es más severo cuando las plantas de maíz son muy pequeñas, las cuales mueren en poco tiempo y en muchos casos se hace necesaria la resiembra (King y Saunders, 1984; Davidson y Lyon, 1987). Las plantas medianamente desarrolladas presentan amarillamiento y un serio estrés fisiológico que provoca que se tornen débiles por falta de un buen sistema radicular y posteriormente con vientos fuertes presenten acame. Las plantas atacadas no producen

elotes o se forman de una manera muy raquítica (Strand et al., 1986; Ayala, 1992).

Los adultos consumen la parte aérea, incluyendo en el caso del maíz a los estigmas, con lo que se interfiere la polinización y provocan la carencia de un porcentaje importante de granos en la mazorca (Dickie y Guthrie, 1988; Ayala, 1992).

Respecto a los daños indirectos, se considera a esta especie como vector del "moteado clorótico del maíz" (MCMV) que causa la necrosis letal del maíz cuando la planta es infectada en combinación con el virus del mosaico y enanismo del maíz, o con el virus del rayado del trigo (Davidson y Lyon, 1979; Ayala, 1992). También es vector del mosaico de la calabaza y la bacteria de la marchitez del maíz y cucurbitáceas (Davidson y Lyon, 1979).

Se ha encontrado también que las heridas ocasionadas por el ataque de larvas facilitan la entrada de microorganismos fitopatógenos como *Fusarium* sp., que es importante en el maíz en estado de plántula (Ríos y Romero, 1982; Lagunes et al., 1985).

2.2.8 Importancia económica

En Norteamérica las tres especies más importantes de

los gusanos alfilerillos del maíz son: *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, *Diabrotica barberi* Smith y Lawrence y *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber, las cuales son probablemente las plagas más costosas en este Continente. Por ejemplo, en los Estados Unidos para su control se requiere aplicar insecticidas al suelo en un 50-60% de la superficie de maíz (12-16 millones de hectáreas) (Eichers et al., 1978; Metcalf, 1986); con un costo para 1986 de 30 a 40 dólares por hectárea. No obstante, ante infestaciones altas de esta plaga se requiere realizar aspersiones aéreas lo que incrementa el costo en 8 a 10 dólares por hectárea (Metcalf, 1986).

Las infestaciones en el cultivo de maíz causan daños directos en el crecimiento y rendimiento. Se han estimado pérdidas del 10 al 13% (Apple, 1971; Kuhlman y Petty, 1973; Metcalf, 1986). Las pérdidas totales incluyendo la aplicación de insecticidas y las pérdidas del cultivo se estimaron en 1 billón de dólares por año (Metcalf, 1986).

Las pérdidas ocasionadas por el ataque de diabroticas y otras especies en cultivos como cucurbitáceas y fabáceas se han estimado entre 50 y 100 millones de dólares (Metcalf et al., 1962).

El daño ocasionado en maíz por *D. undecimpunctata* fue señalado por Landis (1988) quien menciona que el principal

daño lo ocasiona a la corona de la raíz, donde provoca una disminución en el desarrollo y el rendimiento en más del 44 %. En otro estudio similar, este mismo autor indica que al inducir el ataque a parcelas de maíz con larvas de segundo y tercer ínstaes se podía presentar daño en las partes subterráneas de las plantas en un rango que varió de 26.3 hasta 56.1 % (Landis, 1989).

Se han registrado daños considerables en cucurbitáceas (Necibi et al., 1992); y en cacahuete, donde se indican infestaciones hasta del 80 % de la superficie cultivada (Hill, 1975).

Aunque en México se han señalado daños por diabroticas en varias regiones, se considera difícil poder cuantificar el daño causado por cada una de las especies, ya que las larvas de este género forman parte de un complejo de plagas rizófagas, cuyos daños pueden ocasionar pérdidas hasta de un 50% en la producción de maíz (Anónimo, 1992).

Ayala (1992) señala que en áreas maiceras de Jalisco se han estimado pérdidas hasta de 2.3 ton/ha, las cuales equivalen aproximadamente al 72% de la producción. Agrega que entre las especies más importantes para esta entidad federativa se encuentra *Diabrotica virgifera zea*.

Baltazar (1986) menciona que como resultado del

análisis de 15 experimentos se logró determinar que con el ataque de una larva de diabrotica por planta se reduce el rendimiento de grano en 353 kg/ha.

2.2.9 Control

Entre las medidas de control más importantes para *Diabrotica* spp. se consideran las siguientes:

2.2.9.1 Cultural

La eliminación de zacates y maleza, barbechos tempranos, rotación con especies no hospederas como la soya, utilización de cultivos trampa y evitar siembras tempranas en suelos húmedos, son convenientes para el control (Metcalf y Flint, 1965; Sutter et al., 1989) . Asimismo, la siembra tardía de trébol rojo, alfalfa y maíz, reducen el ataque por adultos y los daños por larvas de *D. undecimpunctata howardi* (Coria, 1972) .

Lilly (1956) menciona que dos años sin maíz rompen el ciclo y proporcionan un buen control; aunque esto no es muy aceptado por los agricultores.

2.2.9.2 Genético

En relación con la búsqueda de resistencia en las

plantas de maíz, se ha sugerido la obtención de variedades con sistemas radicales vigorosos que sean tolerantes al ataque de las diabroticas (Gerloff, 1976). Sin embargo, se piensa que esta práctica favorece aún más la presencia del insecto (Branson y Krysan, 1981). Para el caso del estado adulto, la obtención de plantas con buena cobertura en el ápice de la mazorca, con estigmas y hojas de sabor poco agradables, puede ser un buen criterio en la selección de plantas resistentes (Branson y Krysan, 1981).

La búsqueda de fuentes de resistencia a varias especies del género *Diabrotica* se ha realizado en materiales tropicales, aunque la única fuente de resistencia ha sido un pariente cercano *Tripsacum dactyloides* (Branson, 1971). Se considera que el área de Mesoamérica es el lugar más indicado para la búsqueda de razas resistentes a esta plaga, debido a que estas especies han permanecido asociadas por mucho tiempo, favoreciendo que las razas hayan desarrollado sistemas de defensa (Branson y Krysan, 1981).

2.2.9.3 Biológico

En estudios de Glaser y Fox (1930) se observó que el nemátodo *Neoplectana glaseri* Steiner al ser ingerido por larvas de *D. undecimpunctata* se reproduce y provoca pérdida de apetito y muerte al insecto.

Romero (1983) menciona a *Sarcophaga rapax* y *Celatoria diabroticae* como dos dípteros parasitoides de adultos de *Diabrotica* sp. Por otra parte, se señala que la hormiga *Lasius neoniger* Emery, es un depredador con potencial para el control de los gusanos alfilerillos. Sin embargo, el empleo intensivo de esta especie en los campos maiceros está en duda, debido a que su presencia favorece la colonización de las raíces con especies de pulgones (Kirk, 1981).

En el área de Chapingo se ha encontrado que el hongo *Beauveria* sp. parasita a los adultos de *D. undecimpunctata* en el campo (Zagal, 1981).

En otro estudio, Johnson et al. (1993), indican que la raza EG4961 de *Bacillus thuringiensis* es tóxica para larvas y adultos de *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber, esto prevé la posibilidad de encontrar estrategias de control a base de microorganismos para varias especies del género *Diabrotica*.

2.2.9.4 Químico

El empleo de insecticidas aplicados al suelo al momento de la siembra sigue siendo la estrategia que predomina para el control de los gusanos alfilerillos en la faja maicera de los E.U.A. y en México. En 1989 se estimó

que el 48% de los insecticidas utilizados en cultivos en hileras para granos pequeños en los Estados Unidos, estaban dirigidos al control de estos crisomélidos (Gray et al., 1993).

En México los insecticidas recomendados para el control de larvas de *Diabrotica* spp. son carbofurán, clorpirifós, diazinón, fonofós, foxim, isofenfós y terbufós (Lagunes y Rodríguez, 1988; Rosenstein, 1993). La aplicación de carbofurán 300 TS en la semilla permitió el control de las plagas del suelo en el norte de Tamaulipas (Cota, 1983; Rodríguez del Bosque, 1983). Ortiz (1988) menciona que los mejores tratamientos son isofenfós 5G en dosis de 1.0 kg i.a./ha; isofenfós 40 Rot a dosis de 48 g i.a./kg de semilla/ha; carbofurán 300 TS y foxim 5G en dosis de 15 ml i.a./kg de semilla/ha y 1.25 kg i.a./ha. Por su parte, Nájera (1993) menciona que los insecticidas fonofós, terbufós y foxim 5%G fueron los más eficientes en el control de plagas del suelo.

El umbral económico para esta especie varía de acuerdo con la etapa de desarrollo del maíz. Stamm et al. (1985) mencionan que cuando la densidad de adultos es de 1 por planta se pueden realizar aplicaciones preventivas de insecticida, lo cual resulta eficaz en un 80%. Foster y Tollefson (1986) indican que en el 95% de los campos de maíz estudiados en Iowa de 1979 a 1982, la densidad de

adultos fue en promedio de 4.2 adultos por planta, y que estas densidades causaron importantes daños. No obstante, Carpinera et al. (1986) señalan que después de la polinización, densidades arriba de 20 insectos por mazorca no reducen significativamente el rendimiento.

2.2.9.5 Sustancias vegetales

Las lecitinas provenientes de las especies *Ricinus communis*, *Codium fragiile*, *Vicia villosa*, *Bandeiraea simplicifolia*, *Triticum vulgare*, *Maclura pomifera*, *Artocarpus integrifolia*, y *Phytolacca americana* pueden tener efectos letales en larvas de *D. undecimpunctata howardi* (Czapla y Lang, 1990). Asimismo, los triterpenoides vegetales azadiractina y salanina, ambas derivadas de las hojas, frutos y semillas de la planta conocida como "neem" (*Azadirachta indica* A. Juss), actúan como repelentes y depresores del estímulo alimenticio de *D. undecimpunctata howardi* Barber (Reed et al., 1982a; Reed et al., 1982b).

2.2.9.6 Control integrado

Las estrategias de manejo integrado para el control del gusano alfilerillo no se han desarrollado adecuadamente, ya que es difícil detectar las larvas en el suelo y porque una vez que se descubre la infestación generalmente ya es demasiado tarde para controlarla.

(Brandenburg y Herbert, 1991).

Las cucurbitacinas, alomonas que originalmente sirven a las plantas como protección contra el ataque de herbívoros, se consideran como kairomonas para el grupo de las diabroticas (Rhodes et al., 1980; Metcalf et al., 1981) y como excelentes fagoestimuladores que pueden ser utilizados como atrayentes en el trapeo de adultos de diabroticas y en la utilización de cebos envenenados con diversos insecticidas organofosforados, carbamatos y piretroides (Shaw et al., 1984).

El empleo de la trampa "Cucs" que contiene una mezcla de cucurbitacinas + el insecticida carbaril (Sevin) tiene gran potencial de uso en un programa de manejo integrado para el registro de las densidades poblacionales de adultos de diabrotica (Shaw et al., 1984).

2.3 Procedimientos para la extracción de larvas

De acuerdo con Fisher y Bergman (1986), se conocen tres tipos de métodos para la extracción de artrópodos del suelo: 1) búsqueda manual o visual, 2) métodos dinámicos y 3) métodos mecánicos. Si bien, estos métodos se utilizan para la recuperación de artrópodos en el suelo, también se han utilizado para la extracción de larvas y pupas de diabrotica.

2.3.1 Búsqueda manual o visual

La búsqueda manual o visual de larvas requiere examinar las raíces y el suelo muy cuidadosamente, lo cual resulta más fácil si la muestra se coloca en una pieza de plástico o tela de color oscuro. Las muestras pueden ser tamizadas con una malla de 0.5 cm para romper los agregados del suelo antes de realizar la búsqueda. Para incrementar la visibilidad se recomienda utilizar una fuente de luz de rayos ultravioleta (Fisher y Bergman, 1986).

Las ventajas de este método consisten en que las muestras no requieren removerse del campo, no se requiere equipo especial para el proceso, y los conteos totales se obtienen de manera inmediata. Sin embargo, es un proceso que consume mucho tiempo y la eficiencia de extracción es variable (Fisher y Bergman, 1986). Estos mismos autores mencionan que probablemente la búsqueda visual es la menos eficiente para la extracción y recuperación de larvas del suelo, ya que se depende de factores ambientales tales como la humedad y tipo de suelo; por ejemplo la recuperación es menor cuando se trabaja con suelos arcillosos y alto contenido de humedad.

2.3.2 Métodos dinámicos

Los métodos dinámicos se basan en el comportamiento

del insecto para efectuar su extracción. Como las larvas de diabrotica tienen termo y fototactismo negativos, se puede colocar suelo y raíces en embudos Berlese-Tullgren, aplicar luz y calor a la muestra y con esto forzar a las larvas a moverse hacia abajo hasta caer dentro de un tubo colector (Fisher y Bergman, 1986).

Los métodos dinámicos frecuentemente requieren más tiempo que otros (mínimo tres días para procesar una muestra (Edwards y Fletcher, 1971)); sin embargo, se pueden procesar varias muestras simultáneamente. Fisher y Bergman (1986) mencionan que la eficiencia de recuperación de larvas es muy alta comparada con otros métodos de extracción, ya que no es afectada por el tipo de suelo y contenido de humedad. La limitante principal de los métodos dinámicos es que se requiere colocar a la muestra dentro del embudo inmediatamente después de la colecta. Consecuentemente, su uso en un programa de muestreo intensivo es muchas veces impráctico debido a la cantidad de embudos que se requieren.

Otro método dinámico para la extracción de larvas es la colocación del sistema radical en una criba suspendida sobre un recipiente con agua (Apple et al., 1969; Chiang et al., 1969). Al pasar el tiempo, las raíces se van secando y las larvas tienden a caer dentro del agua, para posteriormente recuperarlas y contarlas manualmente.

Agregan que los métodos dinámicos algunas veces se combinan con la búsqueda visual.

2.3.3 Métodos mecánicos

Los métodos mecánicos son muy útiles debido a que permiten que un gran número de muestras sean almacenadas y posteriormente procesadas en poco tiempo. El tamizado en húmedo y los métodos de flotación han sido muy utilizados para la extracción de artrópodos desde los años 30's (Fisher, 1981).

Fisher y Bergman (1986) señalan que actualmente se utilizan dos métodos de flotación para extraer larvas de diabrótica. El primero es una modificación realizada por Weiss y Mayo (1983) al sistema diseñado por Spears (1968) para separar del suelo quistes del nemátodo dorado. Sin embargo, se afirma que este sistema está limitado con respecto al tamaño de la muestra que puede ser procesada. La eficiencia de recuperación es aceptable y puede ser superior al 90% (Fisher y Bergman, 1986).

El segundo tipo de procesador mecánico usado para la extracción de larvas y pupas permite el procesamiento de grandes cantidades de muestras con una alta eficiencia de recuperación. Esta metodología fue diseñada para muestras que hubiesen sido almacenadas a bajas temperaturas, aunque

también funciona con muestras frescas (Fisher y Bergman, 1986). El aparato fue diseñado por Fisher (1981) derivado del diseñado por Salt y Hollick (1944) y Lawson y Weekman (1966) en el cual se combina el lavado del suelo con los métodos de flotación para la extracción de segundo y tercer instares de *Diabrotica* spp. con una eficiencia de recuperación del 93.4% (Fisher y Bergman, 1986).

2.3.4 Impacto del tamaño de larvas y su comportamiento en la eficiencia de extracción

Bergman et al. (1981) indican que mediante la búsqueda visual prácticamente no se recuperan larvas de primer instar y que los embudos Berlese-Tullgren parecen ser los más eficientes para la recuperación de primeros instares, seguidos por los métodos de lavado y flotación. Godfrey y Turpin (1983) señalan que el empleo de los embudos Berlese-Tullgren es un método que permite la extracción de larvas de primer instar que se encuentren dentro de las raíces, proceso que con cualquier otra técnica de separación resulta difícil.

2.4 Grados día de desarrollo

El concepto de grados día de desarrollo (GDD) se comenzó a utilizar a partir de los trabajos de Reamur (1735); algunos sinónimos son: unidades calor (U.C.),

unidades térmicas (U.T.) y unidades de desarrollo (U.D); conceptos en los que se involucra el estudio de la relación organismo-desarrollo-temperatura (Wang, 1960). Los grados día se contabilizan durante cierto período de tiempo, como la suma de las diferencias entre las temperaturas medias diarias y la temperatura base correspondiente a la especie en estudio (Iwata, 1981; Prues, 1983; Romo y Arteaga, 1983; Wilson y Barnett, 1983; Villalpando, 1984). Se considera a la temperatura base como la temperatura en la que cualquier organismo poiquilotermo es incapaz de desencadenar procesos fisiológicos, debido a las bajas temperaturas que impiden la acción enzimática. Su tasa de desarrollo es cero (Vega, 1990).

2.4.1 Importancia de la obtención de los GDD

Con la obtención de los GDD se pueden generar modelos de predicción de las etapas fenológicas o eventos clave de plantas, insectos y/o patógenos que causan enfermedades a los cultivos, lo cual es una herramienta útil en el manejo integrado, con lo que se logra un control eficaz y en el momento oportuno, para reducir los costos de producción (Ventura, 1992).

2.5 Grados hora de desarrollo

Richardson et al. (1975) fueron quienes introdujeron

el concepto grados-hora de desarrollo (GHD) que utiliza un período de tiempo menor. Un grado hora de desarrollo, se define como una hora a 1 °C arriba de la temperatura base y se puede calcular mediante la sustracción de la temperatura base para cada temperatura horaria que se encuentre por arriba de la temperatura base y por abajo de la temperatura tope del organismo en cuestión.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Sitios de muestreo

El estudio se realizó en siete localidades alrededor de la Universidad Autónoma Chapingo, que se localiza a los 19° 29' de latitud norte y 98° 53' de longitud oeste, con una altura media de 2250 msnm. La precipitación media anual es de 644.8 mm y la temperatura media de 15 °C. El clima es C(wo)(w)b(i')g; esto es, el más seco de los templados subhúmedos, con lluvias en verano. Precipitación invernal menor al 5% de la anual. Con verano fresco largo y oscilación térmica entre 5 y 7 °C. La temperatura del mes más caliente antes del solsticio de verano (García, 1981).

Las localidades en las que se realizó el estudio se describen en el Cuadro 1. En cada localidad se muestreó una parcela de maíz, en siembra comercial.

3.2 Fechas de muestreo

Los muestreos se iniciaron antes de la siembra del cultivo para posteriormente realizar subsecuentes muestreos con una frecuencia de 15 días. Las fechas de muestreo fueron las siguientes: 8 de junio (M1), 26 de junio (M2),

10 de julio (M3), 24 de julio (M4) , 7 de agosto (M5), 21 de agosto (M6), 4 de septiembre (M7), 18 de septiembre (M8) y 2 de octubre (M9) de 1994.

Cuadro 1. Localidades muestreadas en el área de influencia de la Universidad Autónoma Chapingo. 1994.

Localidad	Cultivo anterior	Fecha de siembra	Densidad pl/ha	Objetivo Producción
Colonia Netzahualcóyotl	alfalfa	11 jun 1994	35,000	grano
Texcoco	presencia de maleza	11 jun 1994	75,000	forraje
Atenco	maíz	11 jun 1994	30,000	grano
Acuexcómec	maíz	11 jun 1994	35,000	grano
Chiconcuac	maíz-calabaza	11 jun 1994	35,000	grano
Tulantongo	frijol	11 jun 1994	40,000	grano
San Andrés	maíz	11 jun 1994	40,000	grano

3.3 Método de muestreo para huevecillos en campo

Para el muestreo de huevecillos en campo se tomaron seis muestras distribuidas al azar dentro de cada parcela. La unidad de muestreo consistió en un cubo de 20 x 20 x 20 cm de suelo que se extrajo con una pala recta. El suelo extraído se mezcló sobre un plástico negro y se tomó una submuestra de aproximadamente 2 kg en bolsa de papel. Posteriormente, de cada muestra se tomó una submuestra de 1 kg en bolsa de plástico y se llevó al laboratorio.

Las unidades de muestreo se tomaron considerando la mitad de la parte superior del surco (lomo) y el 50% restante del fondo del mismo.

3.4 Método de extracción para huevecillos en laboratorio

El método utilizado para la extracción de huevecillos en laboratorio fue una modificación de la técnica de Bergman et al. (1981) y consistió en poner la muestra de suelo en una bandeja redonda de plástico de 30cm de diámetro x 10cm de profundidad, y someterla a chorro de agua a presión, lo cual provocó una turbulencia en la muestra que permitió que los huevecillos flotaran; una vez realizada esta operación durante 5 a 7 seg, el sobrenadante se virtió rápidamente en tamices de 20 y 60 mallas; esta práctica se repitió cinco veces. Posteriormente se lavaron los tamices con agua corriente; el material retenido sobre el tamíz de 60 mallas se recuperó en un vaso de plástico transparente por medio de la aplicación con un recipiente a presión de una solución azucarada con una densidad gravitacional de 1.25. El material recuperado se dejó reposar por 15 minutos en la solución azucarada para permitir la flotación de huevecillos; posteriormente, el sobrenadante se pasó a un tamíz de 60 mallas y se lavó con abundante agua para eliminar los residuos azucarados. Finalmente, se recuperó el material retenido en el tamíz en un vaso de plástico con agua. La cuantificación de los

huevecillos se realizó mediante la ayuda de un microscopio estereoscópico.

La solución azucarada fue preparada mediante la mezcla de 1.210 kg de azúcar en 1 litro de agua.

3.5 Estimación de la densidad de huevecillos

Para estimar la densidad de huevecillos se siguió la metodología propuesta por Foster et al. (1979), quienes proponen la siguiente ecuación:

$$Y = 100000 PX$$

donde Y= Número estimado de huevecillos/ha

P= Profundidad de muestreo en centímetros

X= Número promedio de huevecillos/litro de muestra

Para la estimación de volúmenes y pesos se utilizó la relación propuesta por Gunderson (1964), quien establece que 1 m³ de suelo pesa 1,494 kg.

3.6 Método de muestreo para larvas y pupas en campo

El muestreo de larvas en campo se inició cuando la planta tenía de 10 a 15 cm de altura. El suelo obtenido de cada unidad de muestreo se tamizó con una criba de 64 mallas, colectando las larvas y pupas en un frasco con alcohol al 70% debidamente etiquetado, para su posterior

identificación en laboratorio. Paralelamente, se extrajo la planta correspondiente a cada unidad de muestreo, tratando de conservar el mayor número de raíces con el propósito de lograr la extracción de larvas en laboratorio.

3.7 Extracción de larvas en laboratorio

Para la extracción de larvas en laboratorio se utilizaron las raíces de las plantas obtenidas en los muestreos de campo, a las cuales se les eliminó con agua el suelo adherido y se colocaron en embudos Berlese-Tullgren.

En las primeras etapas de desarrollo del maíz se utilizó una muestra de seis plantas por localidad muestreada. Cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 80 cm, sólo se consideraron tres, debido a la capacidad de los embudos, y a que no se disponía de embudos adicionales. No se realizaron los muestreos 7, 8 y 9 debido a que el tamaño del sistema radical no permitía muestrear más de una planta.

3.8 Muestreo de adultos

Durante el ciclo de cultivo del maíz se realizaron cinco muestreos en campo para la cuantificación de adultos, con una frecuencia de 15 días. El primero se realizó después de la aparición de la "hoja bandera" y el último

después de la época de floración.

Para el muestreo se realizaron cinco observaciones al azar en cada uno de los lotes estudiados. La unidad de muestreo estuvo constituida por tres metros lineales de surco donde se revisaron detenidamente todas las plantas, desde la base hasta la espiga, registrando el número de insectos presentes.

Las localidades fueron muestreadas siempre en el mismo orden, aproximadamente a la misma hora en cada una de las fechas de muestreo.

3.9 Estimación de los grados día de desarrollo (GDD) y grados hora de desarrollo (GHD)

Dado que el estudio se realizó en el área de influencia de la Universidad Autónoma Chapingo, el cálculo de las GDD y GHD se realizó con base en las variables meteorológicas de temperaturas máxima y mínima registradas durante el período de junio a octubre de 1994 en la estación meteorológica de esta Universidad.

3.10 Estimación de los grados día de desarrollo (GDD)

Para la obtención de los GDD se empleó el método residual bajo la siguiente ecuación: $GDD = ((T_{max} + T_{min})/2) - T_b$, y los valores acumulados se calcularon mediante la

ecuación:

$$\sum_{i=1}^n GDD_i = (Tmed_i - T_b)$$

3.11 Estimación de los grados hora de desarrollo (GHD)

Para la obtención de los GHD acumulados se calcularon las temperaturas horarias empleando el modelo de simulación de la marcha diaria de la temperatura descrito por Linvill (1990). Modelo que de acuerdo con Nájera (1994), es el que mejor se ajusta a las condiciones térmicas diarias de la estación meteorológica de Chapingo, Méx.

A cada temperatura horaria se le sustrajo la temperatura base de 10 °C (Elizalde, 1994) y sólomente se consideraron las temperaturas mayores o iguales a la temperatura base y menores o iguales a la temperatura tope de 35 °C.

3.12 Variables evaluadas

Con el propósito de determinar la especie predominante de diabrotica, su densidad de población en el cultivo de maíz, y su ciclo biológico en el área de influencia de la Universidad Autónoma Chapingo se consideraron las

siguientes variables:

1. Número de huevecillos por especie
2. Densidad de huevecillos estimada por medio de la metodología de Foster et al. (1979).
3. Número de larvas extraídas en laboratorio por el método Berlese-Tullgren.
4. Número de larvas encontradas en campo por medio de la búsqueda visual.
5. Número de larvas totales
6. Número de larvas por planta
7. Número de pupas
8. Número de adultos por especie
9. Índices agroclimáticos: grados días de desarrollo (GDD) y grados hora de desarrollo (GHD), para la duración de todo el ciclo.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Número de huevecillos por especie

De las siete localidades muestreadas para estimar la presencia de huevecillos de *Diabrotica* sp. (Cuadro 2), se observó que en la mayoría de las localidades estuvo presente la plaga, con excepción de Atenco y San Andrés Chiautla. La mayor frecuencia de huevecillos se presentó en Texcoco y Chiconcuac con cinco huevecillos, seguidos de Acuexcómac y Col. Netzahualcóyotl con tres y Tulantongo con dos. La especie más importante fue *D. undecimpunctata* Mannerheim.

Del análisis por muestreo se encontró que en la mayoría de éstos se presentaron huevecillos, con excepción de los muestreos cinco, ocho y nueve. La mayor frecuencia de huevecillos se presentó en los muestreos: tercero (29 días después de la siembra) y sexto (71 días después de la siembra), con cinco y ocho huevecillos, respectivamente. Estos máximos de oviposición podrían representar la oviposición realizada por los adultos invernantes y la oviposición de los adultos obtenidos en la primera generación, ya que había transcurrido el tiempo requerido para completar su ciclo de desarrollo (Enkerlin, 1950;

Perea et al., 1962; Ayala, 1992).

De los huevecillos muestreados, el 100 por ciento de los encontrados en el tercer muestreo, correspondieron a la especie *D. undecimpunctata* Mannerheim; en tanto que, en el sexto muestreo el 75 por ciento (seis individuos) correspondió a *D. undecimpunctata* Mann. y el 25 por ciento (dos) a *Diabrotica virgifera*. En los muestreos restantes se presentaron de uno a dos huevecillos con predominancia para *D. undecimpunctata* Mannerheim.

En forma global se observó que de los 18 huevecillos encontrados, 15 (83.3 %) pertenecen a la especie *D. undecimpunctata* Mann. y tres (16.7%) a *D. virgifera*. De acuerdo con esto, la especie de mayor importancia es *D. undecimpunctata* Mann.

4.2 Estimación de la densidad de huevecillos

Con base al número de huevecillos encontrados por localidad (Cuadro 2), se estimó la densidad aproximada de huevecillos/ha, mediante la metodología propuesta por Foster et al. (1979) de donde se obtuvieron los siguientes resultados: en localidades donde se encontró un huevecillo, la densidad aproximada fue de 500,000 huevecillos/ha; en tanto que, para el caso de dos huevecillos la densidad fue de 1,000 000 huevecillos/ha; para tres huevecillos la

densidad fue de 1,500 000 huevecillos/ha; y para el máximo número de huevecillos encontrados que fue cinco, la densidad estimada fue de 2,500 000 huevecillos/ha.

Cuadro 2. Número de huevecillos por especie en las siete localidades muestreadas en el área de Chapingo. Chapingo, Méx. 1994.

LOCALIDAD	M1	M2	M3	M4	M5
COL. NETZ.	0:0	0:0	0:0	0:0	0:0
ATENCO	0:0	0:0	0:0	0:0	0:0
TEXCOCO	0:0	0:0	2:0	0:0	0:0
ACUEXCOMAC	0:0	0:0	0:0	0:0	0:0
S. ANDRES	0:0	0:0	0:0	0:0	0:0
TULANTONGO	0:1	0:0	0:0	1:0	0:0
CHICONCUAC	0:0	2:0	3:0	0:0	0:0
TOTAL	0:1	2:0	5:0	1:0	0:0

Relación x:y

Donde: x= huevecillos de *D. undecimpunctata* Mann.

y= huevecillos de *D. virgifera*

Continuación Cuadro 2. ...

LOCALIDAD	M6	M7	M8	M9	TOTAL
COL. NETZ.	0:2	1:0	0:0	0:0	1:2
ATENCO	0:0	0:0	0:0	0:0	0:0
TEXCOCO	3:0	0:0	0:0	0:0	5:0
ACUEXCOMAC	3:0	0:0	0:0	0:0	3:0
S. ANDRES	0:0	0:0	0:0	0:0	0:0
TULANTONGO	0:0	0:0	0:0	0:0	1:1
CHICONCUAC	0:0	0:0	0:0	0:0	5:0
TOTAL	6:2	1:0	0:0	0:0	15:3

Relación x:y

Donde: x= huevecillos de *D. undecimpunctata* Mann.

y= huevecillos de *D. virgifera*

Si consideramos que el promedio de oviposición para una hembra es de 1000 huevecillos (Amparán, 1986) se

esperaría que en el máximo nivel de huevecillos encontrados (cinco, en Chiconcuac y Texcoco) existieran aproximadamente 2,500 hembras/ha, por lo que en una población en equilibrio el número total de individuos debería ser de 5,000 adultos aproximadamente. Esto significa que en una densidad de población de 35, 000 pl/ha (caso Chiconcuac) la densidad de población sería de 0.14 adultos/planta. Del mismo modo, con 75,000 pl/ha (caso Texcoco) la densidad de población sería de 0.07 adultos/planta, poblaciones que se encuentran por debajo del umbral económico de esta especie (Carpinera et al., 1986; Foster y Tollefson, 1986).

4.3 Número de larvas extraídas en laboratorio

La proporción de larvas encontradas en las muestras procesadas en laboratorio se presenta en el Cuadro 3.

En el análisis por localidad se observó que en todas ellas se presentaron larvas, predominando en un 97 por ciento *D. undecimpunctata* Mann. La Col. Netzahualcóyotl fue la localidad que mostró el mayor número de éstas, seguida por Chiconcuac, Acuexcómac, Atenco, Texcoco y San Andrés. En Tulantongo sólo se registraron dos larvas.

En el análisis por muestreo se encontró que la mayor frecuencia de larvas se presentó en el cuarto y sexto muestreos con 13 y 17 larvas, respectivamente (sólo se

muestrearon tres plantas), seguidas por el quinto muestreo con cinco larvas. En el segundo muestreo no se encontraron larvas.

En todos los casos la especie predominante fue *D. undecimpunctata* Mannerheim, a excepción del tercer muestreo en el que se registró una larva de *D. virgífera*.

Cuadro 3. Número de larvas por especie extraídas en laboratorio, en las siete localidades muestreadas en el área de Chapingo. Chapingo, Méx. 1994.

LOCALIDADES	M1	M2	M3	M4	M5	M6	TOTAL
COL. NETZ.	-	0:0	0:0	0:0	0:0	9:0	9:0
ATENCO	-	0:0	0:0	5:0	0:0	-	5:0
TEXCOCO	-	0:0	1:0	2:0	2:0	-	5:0
ACUEXCOMAC	-	0:0	0:0	0:0	0:0	6:0	6:0
SN. ANDRES	-	0:0	0:0	4:0	0:0	-	4:0
TULANTONGO	-	0:0	0:1	0:0	1:0	-	1:1
CHICONCUAC	-	0:0	0:0	2:0	2:0	2:0	6:0
TOTAL	-	0:0	1:1	13:0	5:0	17:0	36:1

Relación x:y

Donde: x= larvas de *D. undecimpunctata* Mann.

y= larvas de *D. virgífera*

-= no se obtuvo muestra

4.4 Número de larvas encontradas en campo

De los muestreos realizados en campo (Cuadro 4), sólo se encontraron larvas en los muestreos 5, 6 y 7, con una mayor frecuencia de individuos en el muestreo cinco. El 100 por ciento de los individuos colectados pertenecieron a la especie *D. undecimpunctata* Mannerheim.

Las localidades que presentaron el mayor número de ejemplares fueron Chiconcuac, Texcoco y Atenco. En Acuexcómac y Tulantongo no se encontraron larvas.

Cuadro 4. Número de larvas obtenidas en campo en las siete localidades muestreadas en el área de Chapingo. Chapingo, Méx. 1994.

LOCALIDADES	M5	M6	M7	TOTAL
COL. NETZ.	0:0	0:0	1:0	1:0
ATENCO	1:0	1:0	0:0	2:0
TEXCOCO	3:0	1:0	0:0	4:0
ACUEXCOMAC	0:0	0:0	0:0	0:0
SN. ANDRES	1:0	0:0	0:0	1:0
TULANTONGO	0:0	0:0	0:0	0:0
CHICONCUAC	3:0	0:0	0:0	3:0
TOTAL	8:0	2:0	1:0	11:0

Relación x:y

Donde: x= larvas de *D. undecimpunctata* Mann.

y= larvas de *D. virgifera*

4.5 Número de larvas totales

Al sumar las larvas muestreadas en campo y laboratorio (en los muestreos en que se realizaron ambos) se observó que la mayor frecuencia de larvas se presentó en los muestreos cuatro, cinco y seis con 13, 13 y 17 larvas, respectivamente (Cuadro 5). Las localidades que presentaron la mayor frecuencia de larvas fueron Col. Netzahualcoyotl, Texcoco y Chiconcuac. Los valores intermedios fueron para Atenco, Acuexcómac y San Andrés. La menor frecuencia se presentó en Tulantongo. Del número total de larvas encontradas el 98 por ciento (47) fueron identificadas como

D. undecimpunctata Mannerheim y el 2 por ciento (1) como *D. virgifera*.

4.6 Número de larvas por planta

Para la estimación del número de larvas/planta se consideró el número de larvas encontradas en las plantas muestreadas en laboratorio y en campo (Cuadro 5). Debido a que en las últimas fases de muestreo sólo se consideraron tres plantas para su análisis en laboratorio, se realizó un ajuste en el número de larvas encontradas en campo, ya que en este caso se consideraron los seis sitios muestreados. Así, el ajuste consistió en considerar la mitad de las larvas muestreadas en campo, las cuales se adicionaron a las encontradas en el laboratorio y se obtuvo un promedio.

Aún cuando en algunas localidades se encontró en promedio más de una larva/planta (Texcoco y Chiconcuac en el quinto muestreo; y Col. Netzahualcoyotl, Acuexcómac y Chiconcuac en el sexto), y que tal densidad se considera que puede ocasionar reducción en el rendimiento (Baltazar, 1986; Landis, 1989), especialmente cuando se presenta en estado de plántula (King y Saunders, 1984; Davidson y Lyon, 1987), las etapas fenológicas del maíz en las que se encontró tal promedio de larvas eran avanzadas (hoja bandera-llenado de grano), por lo que la planta ya había desarrollado un sistema radical abundante, que puede

soportar el daño.

Cuadro 5. Número de larvas totales (laboratorio y campo) por especie y número de larvas por planta, en las siete localidades muestreadas en el área de Chapingo. Chapingo, Mex. 1994.

LOCALIDAD	M1	M2	M3	M4	M5
COL. NETZ. Densidad/planta	-	0:0	0:0	0:0	0:0
ATENCO Densidad/planta	-	0:0	0:0	5:0	1:0 .17/0
TEXCOCO Densidad/planta	-	0:0	1:0	2:0	5:0 1.2/0
ACUEXCOMAC Densidad/planta	-	0:0	0:0	0:0	0:0
S. ANDRES Densidad/planta	-	0:0	0:0	4:0	1:0 .17/0
TULANTONGO Densidad/planta	-	0:0	0:1	0:0	1:0 .33/0
CHICONCUAC Densidad/planta	-	0:0	0:0	2:0	5:0 1.2/0
TOTAL	-	0:0	1:1	13:0	13:0

Relación x:y

Donde: x= larvas de *D. undecimpunctata* Mann.

y= larvas de *D. virgifera*

Continuación cuadro 5.....

LOCALIDAD	M6	M7*	M8*	M9*	TOTAL
COL. NETZ. Densidad/planta	9:0 3/0	1:0	0:0	0:0	10:0
ATENCO Densidad/planta	1:0 *	0:0	0:0	0:0	7:0
TEXCOCO Densidad/planta	1:0 *	0:0	0:0	0:0	9:0
ACUEXCOMAC Densidad/planta	6:0 2/0	0:0	0:0	0:0	6:0
S. ANDRES Densidad/planta	0:0 *	0:0	0:0	0:0	5:0
TULANTONGO Densidad/planta	0:0 *	0:0	0:0	0:0	1:1
CHICONCUAC Densidad/planta	2:0 1.2/0	0:0	0:0	0:0	9:0
TOTAL	19:0	1:0	0:0	0:0	47:1

Relación x:y

Donde: x= larvas de *D. undecimpunctata* Mann.y= larvas de *D. virgifera*

* Sólo se hizo muestreo de campo

4.7 Validación de la metodología para la extracción de larvas mediante los embudos Berlese-Tullgren

Para el muestreo de larvas se utilizó tanto el muestreo de campo que consistió en la búsqueda visual de larvas en la muestra de suelo y raíces, así como el método dinámico o de conducta que consistió en la utilización de los embudos Berlese-Tullgren para procesar muestras de raíces en laboratorio. Al evaluar ambas metodologías se encontró que con el método dinámico se recuperó el mayor número de larvas, así como se observó mayor eficiencia en

la recuperación de larvas de primero, segundo y tercer instares, respecto al método de campo. Sin embargo, tal como lo señalan (Apple et al., 1969, 1971, Chiang et al., 1969; Gould, 1971) los resultados obtenidos muestran que es más conveniente utilizar ambas metodologías para obtener una densidad de larvas más precisa.

4.8 Número de pupas

Durante los muestreos realizados en campo sólo se encontraron pupas en las localidades: Col. Netzahualcóyotl, Atenco y Texcoco (Cuadro 6). El mayor número de pupas se encontró en Texcoco y Col. Netzahualcóyotl con cuatro y tres individuos, respectivamente. Se puede observar que al menos en dos de las tres localidades con mayor número de huevecillos y larvas se encontraron pupas.

Cuadro 6. Número de pupas obtenidas en campo en las siete localidades muestreadas en el área de Chapingo. Chapingo, Méx. 1994.

LOCALIDADES	M5	M6	M7	M8	M9	TOTAL
COL. NETZ.	0	1	1	1	0	3
ATENCO	0	0	1	0	0	1
TEXCOCO	2	1	1	0	0	4
ACUEXCOMAC	0	0	0	0	0	0
SN. ANDRES	0	0	0	0	0	0
TULANTONGO	0	0	0	0	0	0
CHICONCUAC	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2	2	3	1	0	8

4.9 Número de adultos por especie

De los muestreos de adultos realizados (Cuadro 7) se observó que en la mayoría de las localidades y muestreos estuvo presente la plaga, con excepción de Atenco. Las localidades en las que se encontró el mayor número de insectos de *D. undecimpunctata* Mann. fueron Texcoco y Col. Netzahualcóyotl, seguidos por Chiconcuac con 10, ocho y tres, respectivamente. Estos resultados están relacionados con el número de huevecillos, larvas y pupas encontrados en los muestreos previos. Cabe mencionar que para el caso de estas localidades durante el ciclo anterior hubo presencia de maleza, alfalfa y calabaza, respectivamente; especies que pudieron favorecer la presencia de esta plaga (Perea et al., 1962; Metcalf y Flint, 1965; Dickie y Guthrie, 1988). Para *D. virgifera* la localidad que presentó el mayor número de insectos fue Col. Netzahualcóyotl con tres individuos, seguida de Texcoco, Tulantongo y Chiconcuac, con uno. Del total de adultos muestreados, el 79% (23 insectos) corresponden a *D. undecimpunctata* Mann. y 21% (seis insectos) a *D. virgifera*.

El muestreo en el que se encontró el mayor número de adultos fue el sexto con 13 individuos (10 para *D. undecimpunctata* Mann. y tres para *D. virgifera*). En los muestreos restantes el número de adultos fluctuó de tres a cinco con predominancia para *D. undecimpunctata* Mann.

Cuadro 7. Número de adultos por especie encontrados en campo, siete localidades muestreadas en el área de Chapingo. Chapingo, Méx. 1994.

LOCALIDAD	M5	M6	M7	M8	M9	TOTAL
COL. NETZ.	1:0	3:1	1:1	0:0	3:1	8:3
ATENCO	0:0	0:0	0:0	0:0	0:0	0:0
TEXCOCO	1:0	4:1	1:0	4:0	0:0	10:1
ACUEXCOMAC	0:0	0:0	1:0	0:0	0:0	1:0
S. ANDRES	0:0	1:0	0:0	0:0	0:0	1:0
TULANTONGO	0:0	0:1	0:0	0:0	0:0	0:1
CHICONCUAC	1:0	2:0	0:1	0:0	0:0	3:1
TOTAL	3:0	10:3	3:2	4:0	3:1	23:6

Relación x:y

Donde: x= adultos de *D. undecimpunctata* Mann.

y= adultos de *D. virgifera*

Del análisis global sobre el muestreo de huevecillos, larvas, pupas y adultos se puede destacar la presencia de diabroticas en el área de influencia de la Universidad Autónoma Chapingo, siendo las localidades con mayor infestación Texcoco, Col. Netzahualcoyotl y Chiconcuac. La especie predominante es *D. undecimpunctata* Mann. lo cual coincide con lo encontrado por Correo (1987).

Las densidades encontradas para todos los estados biológicos se pueden considerar por debajo de los umbrales económicos aunque se deben realizar estudios en donde se consideren fechas de siembra más tempranas así como diferentes sistemas de manejo como riego, temporal y rotación de cultivos.

4.10 Grados día de desarrollo y grados horas de desarrollo

Con el fin de realizar una estimación del ciclo biológico de la especie más importante encontrada en el área de estudio durante el ciclo de cultivo (*D. undecimpunctata* Mann.), en grados día de desarrollo, se graficaron los máximos niveles encontrados para cada uno de los estados biológicos y se relacionaron con los días transcurridos y la acumulación de temperaturas favorables para el desarrollo representada por los GDD (grados días de desarrollo) y los GHD (grados horas de desarrollo).

Como se observa en la Figura 1, un primer nivel máximo para huevecillos se presentó en el muestreo tres, el cual se puede considerar como el inicio de un primer ciclo. El máximo nivel para larvas se presentó en los muestreos cuatro, cinco y seis; sin embargo, si se considera el ciclo biológico se debe tomar como representativo de esta etapa el máximo nivel que se presentó antes de encontrar pupas. El primer máximo para el estado pupal se presentó en el muestreo cinco y se conservó en los muestreos seis y siete. El máximo para adultos se presentó en el muestreo seis.

Considerando los máximos niveles establecidos anteriormente se puede observar que del primer máximo de huevecillos al primer máximo de larvas transcurrieron aproximadamente 14 días, que correspondieron a 84.4 GDD y

GHD de 239 a 327.86 y de 3892.8 a 5218.8, respectivamente.

Un segundo máximo en el nivel de huevecillos se presentó en el muestreo seis; sin embargo, los siguientes estados biológicos ya no mostraron niveles importantes. Esto pudiera relacionarse con el hecho de que las siembras fueron realizadas en forma tardía por el retraso del temporal, y a que en etapas posteriores a la floración se presentó una sequía severa, lo cual pudo limitar el desarrollo del insecto.

5. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos bajo las condiciones de este estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se pudo determinar la presencia de dos especies de diabroticas en el cultivo de maíz (*D. undecimpunctata* Mann. y *D. virgifera zea* Krysan y Smith, con predominancia para *D. undecimpunctata* Mann. en los diferentes estados biológicos: huevecillo 83.3% vs. 16.7%, larvas 98% vs. 2% y adultos 79% vs. 21%.
2. Las localidades más infestadas fueron: Texcoco, Colonia Netzahualcóyotl y Chiconcuac; sin embargo, el nivel de infestación encontrado fue inferior al umbral económico para esta especie.
3. Los embudos Berlese-Tullgren, son eficientes para la extracción de diferentes instares larvales a partir de raíces de maíz. No obstante, se cree conveniente realizar el muestreo en forma conjunta con la búsqueda visual para obtener una densidad de larvas más precisa.

4. La estimación aproximada para el ciclo biológico de *D. undecimpunctata* Mann. en el área de estudio resultó ser de 42 a 56 días, con una acumulación en $GDD_{(10-35)}$ y $GHD_{(10-35)}$, de 239 a 327.86 y de 3892.8 a 5218.8, respectivamente.

6. LITERATURA CITADA

- Amparán S., R.T. 1986. Ciclo biológico de *D. virgifera zeae* K. y S. (Coleoptera:Chrysomelidae) insecto plaga de la raíz del maíz en el centro de Jalisco. En: Memorias del XXI Congreso Nacional de Entomología, Monterrey, Nuevo León. Sociedad Mexicana de Entomología p. 18-19.
- Anónimo. 1992. Guía fitosanitaria para el cultivo del maíz. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Serie Sanidad Vegetal. p. 7-8.
- Apple, J.W. 1971. Gains from the use of carbofuran for northern corn rootworm control. **Proc. North Central Branch Entomol. Soc. Am.** 26:26.
- Apple, J.W.; E.T. Walgenbach and W.J. Kruse. 1969. Northern corn rootworm control by granular insecticide application at planting and cultivation time. **J. Econ. Entomol.** 62: 1033-1035.
- Ayala O., J.L.1983. Las diabroticas como plagas del suelo. En: II mesa redonda sobre plagas del suelo. Publicado por el Colegio de Postgraduados y Depto. de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, Méx. p.B1-B27.
- Ayala O., J.L. 1992. Plagas agrícolas. En: Notas para el curso de plagas agrícolas. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. p. 241-298.
- Baltazar C., M.A. 1986. Experiencias en el control de las plagas del suelo en el Estado de México. Seminario Técnico Plagas del Suelo en Maíz. Atlacomulco, Edo. de Méx.
- Bergman, M.K.; J.J. Tollefson and P.N. Hinz. 1981. Sampling scheme for estimating populations of corn rootworm larvae. **Environ. Entomol.** 10: 986-990.
- Borror, D.J.; N.F. Johnson and C.A. Triplehorn. 1989. An introduction to the study of insects. sixth ed. Saunders College. Philadelphia. USA. 755 p.
- Brandenburg, R.L. and D.A. Herbert Jr. 1991. Effect of timing on prophylactic treatments for southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) in peanut. **J. Econ. Entomol.** 84(6): 1894-1898.

- Branson, T.F. 1971. Resistance in the grass tribe Maydeae to larvae of the western corn rootworm **Ann. Entomol. Soc. Am.** 64: 861-863.
- Branson, T.F. and R.D. Johnson. 1973. Adult western rootworms: oviposition, fecundity, and longevity in the laboratory. **J. Econ. Entomol.** 66(2): 417-418.
- Branson, T.F. and J.L. Krysan. 1981. Feeding and oviposition behaviour and life cycle strategies of *Diabrotica*: an evolutionary view with implications for pest management. **Environ. Entomol.** 10(6): 826-831.
- Carpinera, J.L.; N.D. Epsky and D.C. Thompson. 1986. Effects of adult western corn rootworm (Coleoptera:Chrysomelidae) ear feeding on irrigated field corn in Colorado. **J. Econ. Entomol.** 79: 1609-1612.
- Coria S., R.E. 1972. Evaluación de insecticidas granulados aplicados al suelo para combatir barrenadores (*Diabrotica undecimpunctata howardi* y *Elasmopalpus lignosellus* Zeller) en el cultivo del cacahuate en Cd. Delicias, Chih. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, México. p. 1-11.
- Correo M., B.A. 1987. Determinación y distribución de insectos subterráneos del maíz (*Zea mays* L.) en Chapingo, México. Tesis Profesional. Dpto. Parasitología Agrícola. UACH. 70 p.
- Cota, E. 1983. Evaluación de furadán 300TS en el control de plagas de suelo en el norte de Tamaulipas. En: Resúmenes del XVIII Congreso Nacional de Entomología. Tapachula, Chis. 17-20 de abril 1983. p. 91.
- Czapla, T.H. and B.A. Lang. 1990. Effect of plant lectins on the larval development of european corn borer (Lepidoptera:Pyralidae) and southern corn rootworm (Coleoptera:Chrysomelidae). **J. Econ. Entomol.** 83(6):2480-2485.
- Chiang, H.C.; V. Sisson and D.E. Rasmussen. 1969. Conversion of results of concentrated samples to density estimates of egg and larval populations of the northern corn rootworm. **J. Econ. Entomol.** 62: 578-583.
- Davidson, R.H. and W.F. Lyon. 1979. Insect pests. John Wiley and Sons Inc. New York. p. 168-169.

- Davidson, R.H. and W.F. Lyon. 1987. Insect pests of farm, garden and orchards. 8th. ed. John Wiley and Sons. USA. 640 p.
- Dickie, F.F. and W.D. Guthrie. 1988. The most important corn insects. In: Corn and corn improvement. Third edition. G.F. Sprague and J.W. Dudley (editors). Agronomy Madison, Wisconsin U.S.A. 774 p.
- Edwards, C.H. and K.E. Fletcher. 1971. A comparison of extraction methods for terrestrial arthropods. In: Methods of study in quantitative soil ecology: population. Production, and energy flow. Blackwell. Oxford, UK. 297 p.
- Eichers, T.R.; P.A. Andrilenas and T.W. Anderson. 1978. Farmers use of pesticides 1976. US Dept. Agr. Economics Rept. No. 418. Washington, D.C.
- Elizalde J., N.A. 1994. Determinación de la temperatura base de huevecillos de *Diabrotica undecimpunctata* Mannerheim (Coleoptera: Chrysomelidae). Tesis Profesional. Dpto. Parasitología Agrícola. UACH. 46 p.
- Elliot, N.C., D.R. Lance and S.L. Hanson. 1990. Quantitative description of the influence fluctuating temperatures on the reproductive biology and survival of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte (Coleoptera: Chrysomelidae). *Can. Ent.* 122: 59-68.
- Enkerlin S., D. 1950. Estudio biológico sobre *Diabrotica duodecimpunctata* (Fab.) (Coleoptera: Chrysomelidae) y su importancia para la agricultura. Tesis UNAM. México, D.F.
- Fisher, J.R. 1981. System for extracting corn rootworm larvae from soil samples. *J. Econ Entomol.* 74: 103-105.
- Fisher, J.R. and M.K. Bergman. 1986. Field sampling of larvae and pupae. In: Methods for the study of pest *Diabrotica*. Krysan J. L. and T. A. Miller (edit.). Springer-Verlag New York Inc. 160 p.
- Foster, R.E.; W.G. Ruesink and W.E. Luckmann. 1979. Northern corn rootworm egg sampling. *J. Econ. Entomol.* 72:659-663.
- Foster, R.E. and J.J. Tollefson. 1986. Frequency and severity of attack of several pest insects on corn in Iowa. *J. Kan. Entomol. Soc.* 59(2): 269-274.

- García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3a. ed. UNAM. México. 252 p.
- Garman, H. 1891. On the life history of the *D. 12-punctata* Oliv. **Psyche** VI: 28-30, 78-80.
- Gerloff, E.D. 1976. Corn rootworm: a situation report. Proceedings of the thirty first annual corn and sorghum research conference. p.159-166.
- Glaser, B.W. and H. Fox. 1930. A nematode parasite of the japonese beetle (*Popilla japonica* Newm) Science 71:16-17.
- Godfrey, L.D. and F.T. Turpin. 1983. Comparison of western corn rootworm (Coleoptera:Chrysomelidae) adults populations and economic thresholds in first-year and continuous corn fields. **J. Econ. Entomol.** 76: 1028-1032.
- Gould, G.E. 1971. The corn rootworm problem in Indiana. **Proc. Indiana Acad. Sci.** 80: 267-273.
- Gray, M.E.; K.L. Steffey and H. Oloumi-Sadeghi. 1993. Participatory on-farm research in Illinois cornfields: an evaluation of established soil insecticide rates and prevalence of corn rootworm (Coleoptera:Chrysomelidae) injury. **J. Econ. Entomol.** 86(5): 1473-1482.
- Gunderson, H. 1964. Proposal on uniform sampling technique for rootworm eggs. **Proc. North Cent. Branch Entomol. Soc. Am.** 19:97.
- Hill, R.E. 1975. Mating, oviposition patterns, fecundity and longevity of the western corn root worm larvae. **J. Econ. Entomol.** 68(3): 311-315.
- Iwata, F. 1981. Heat unit concept of crop maturity. In: Physiological aspect of dryland farming (ed. U.S. Gupta). 4th Imp. Oxford and Publishing Co. Nueva Delhi, India. p. 351-370.
- Johnson, T.B.; A.C. Slaney; W.P. Donovan and M.J. Rupa. 1993. Insecticidal activity of EG4961, a novel strain of *Bacillus thuringiensis* toxic to larvae and adults of southern corn rootworm (Coleoptera:Chrysomelidae) and colorado potato beetle (Coleoptera:Chrysomelidae). **J. Econ. Entomol.** 86(2):330-333.

- King, A.B.S. and J.L. Saunders. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Administración de Desarrollo Extranjero (ODA). Londres. 182 p.
- Kirk, V.M. 1981. Corn rootworm: population reduction associated with the ant, *Lasius neoniger*. **Environ. Entomol.** 10(6): 966-967.
- Krysan, J.L. 1982. Diapause in the nearctic species of the virgifera group of *Diabrotica*: evidence for topical origin and temperate adaptations. **Ann. Entomol. Soc. Amer.** 75: 136-142.
- Krysan, J.L. 1986. Introduction: biology, distribution and identification of pest *Diabrotica*. In: Methods for the study of pest *Diabrotica*. Krysan J. L. and T. A. Miller (edit.). Springer-Verlag New York Inc. 260 p.
- Kuhlman, D.E. and H.B. Pretty. 1973. Summary of corn rootworm insecticide demonstrations, 1968-1972. Proc. 25th Illinois Custom Spray Operators Training School. Urbana, IL, Jan. 25, p. 140-144.
- Lagunes T., A.; R. Domínguez R. y J.C. Rodríguez M. 1985. Plagas del maíz. Documento de trabajo. Colegio de Postgraduados-Universidad Autónoma Chapingo. PIPMA-FIRA-BANCO DE MEXICO. p. 11-15.
- Lagunes T., A. y J.C. Rodríguez M. 1988. Combate químico de plagas agrícolas en México. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. México. p. 125.
- Landis, D.A. 1988. Response of corn seedlings to simulated southern corn rootworm (Coleoptera:Chrysomelidae) feeding damage. **J. Econ. Entomol.** 81(4): 1209-1213.
- Landis, D.A. 1989. A technique for artificially infesting field plots with southern corn rootworm larvae (Coleoptera:Chrysomelidae). **J. Agric. Entomol.** 6(2): 119-126.
- Lawson, D.E. and G.T. Weekman. 1966. A method of recovering eggs of the western corn rootworm from the soil. **J. Econ. Entomol.** 59:657-659.
- Levin, E. and S.H. Oloumi. 1991. Management of diabroticite root worms in corn. **Ann. Rev. Entomol.** 36:229-255.
- Lilly, J.H. 1956. Soil insects and their control. **Ann. Rev. Entomol.** 2(1):203-222.

- Mendoza, C.E. and D.C. Peters. 1964. Species differentiation among mature larvae of *Diabrotica undecimpunctata howardi*, *D. virgifera* and *D. longicornis*. **J. Kansas Entom. Soc.** 37(2): 123-125.
- Metcalf, R.L. 1986. Foreword. In: Methods for the study of pest *Diabrotica*. Krysan L. J. and Miller A.T. (edit.) Springer-Verlag. New York Inc. 260 p.
- Metcalf, C.L.; W.P. Flint y R.L. Metcalf. 1962. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. Trad. de la 4a. ed. en inglés por Alfonso Blackaller V. Mexico. Ed. Continental, S.A. p. 571-574.
- Metcalf, C.L. y W.P. Flint. 1965. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. Trad. de la 4a. ed. en inglés por Alfonso Blackaller V. Mexico. Ed. Continental, S.A. p. 571-574.
- Metcalf, R.L.; A.M. Rhodes and E.R. Metcalf. 1981. Monitoring and controlling corn rootworm beetles with baits of dried bitter *Cucurbit* hybrids. *Cucurbit Genet. Coop. Rep.* 4: 37-38.
- Nájera M., N.L. 1994. Análisis y estimación de temperaturas horarias aplicadas a la acumulación de frío en tres zonas de México. Instituto de Recursos Naturales. Programa de Agrometeorología. Tesis de Maestría en Ciencias. C.P. Montecillos, México.
- Nájera R., M.B. 1993. Evaluación de daños por plagas rizófagas del maíz en dos municipios del centro de Jalisco. En: Resúmenes del XXVIII Congreso Nacional de Entomología. Universidad de las Américas. Cholula, Pue. 23-26 Mayo de 1993. p. 259.
- Necibi, S.; B.A. Barrett and J.W. Johnson. 1992. Effects of a black plastic mulch on the soil and plant dispersal of cucumber beetles. *Acalymma vittatum* and *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber (Coleoptera:Chrysomelidae) on melons. **J. Agric. Entomol.** 9(2): 129-135.
- Ortega C., A. 1986. Insect pests of maize. A guide for field identification. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, D.F. 76 p.
- Ortíz H., R.E. 1988. Control químico de *Diabrotica* sp. (Coleoptera:Chrysomelidae) del maíz, en Atlacomulco, Edo. de México. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 106 p.

- Perea G., C.; R. Funes T. y M.A. Martínez M. 1962. Síntesis entomológica. National Carbon-Eveready, S.A.
- Prues, K.P. 1983. Day degree methods for pest management. *Environ. Entomol.* 12: 613-619.
- Reamur, R.A.F. 1735. Thermometric observation made at Paris during the year 1735, compared to those made below the equator on the Isle of Mauritius, at Algiers and on a few of our American Islands. *Mem. Acad. Sci., Paris*, 1735: 545.
- Reed, D.K.; B. Freedman and T.L. Ladd Jr. 1982a. Insecticidal and antifeedant activity of neriifolin against codling moth, striped cucumber beetle, and Japanese beetle. *J. Econ. Entomol.* 75(6) 1093-1097.
- Reed, D.K.; J.D. Warthen Jr.; E.C. Uebel and G.J. Reed. 1982b. Effects of two triterpenoids from neem on feeding by cucumber beetles (Coleoptera:Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 75(6) 1109-1113.
- Rhodes, A.M.; R.L. Metcalf and E.R. Metcalf. 1980. Diabrotic beetle responses to cucurbitacin kairomones in *Cucurbita* hybrids. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 105:838-842.
- Richardson, E.A.; S.D. Seeley; D.R. Walker; J.L. Anderson and G.L. Ashcroft. 1975. Pheno-climatography of spring peach bud development. *Hort Science* 10(3): 236-237.
- Ríos R., F. y S. Romero P. 1982. Importancia de los daños al maíz por insectos del suelo en el Estado de Jalisco, México. (Coleoptera). *Folia Entomológica Mexicana*. Num. 52:41-60
- Rizo U., F. 1961. Estudio preliminar de la población de los géneros *Diabrotica* y *Acalymma* en Apodaca Nuevo León y pruebas de cuatro insecticidas aplicados al suelo. Tesis ITESM. Monterrey, N.L. p. 63.
- Rodríguez del Bosque, L.A. 1983. Aplicación de furadan a la semilla de maíz, bajo infestaciones artificiales de *Phyllophaga crinita* Burm. (Col:Scarabaeidae). En: Resúmenes del XVIII Congreso Nacional de Entomología. Tapachula, Chis. 17-20 de abril 1983. p. 90.
- Romero, N.J. 1983. Control biológico de plagas del suelo. En: II mesa redonda sobre plagas del suelo. Publicado por el Colegio de Postgraduados y Depto. de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, Méx. p.G1-G33.

- Romo G., J.R. y R. Arteaga. 1983. Meteorología agrícola. Depto. de Irrigación. UACH. Chapingo, Méx. 442 p.
- Rosenstein S., E. 1993. Diccionario de especialidades agroquímicas. 4a. ed. Ediciones PLM. S.A. de S.C. Méx., D.F. 669 p.
- Salt, G. and F.S.J. Hollick. 1944. Studies of wireworm populations. I. A census of wireworms in pasture. *Ann. Appl. Biol.* 31:52-64.
- Shaw, J.T.; W.G. Ruesink; S.P. Briggs and W.H. Luckmann. 1984. Monitoring populations of corn rootworm beetles (Coleoptera:Chrysomelidae) with a trap baited with cucurbitacins. *J. Econ. Entomol.* 77(6): 1495-1499.
- Sifuentes A., J.A. 1985. Plagas del maíz en México. 3ª. edición, 1985. Instituto Nacional de Investigaciones agrícolas. Folleto técnico Núm. 85. México, D.F.
- Smith, R.F. 1966. The distribution of diabroticids in western North America. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 12:108-110.
- Solís A., J.F. y J.L. Ayala O. 1991. Descripción morfológica de insectos plaga de importancia agrícola en México. Depto. Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 107 p.
- Spears, J.F. 1968. The golden nematode handbook: survey, laboratory, control and quarantine procedures. Handbook No. 353. United States Department of Agriculture. Washington, D.C.
- Stamm, D.E.; Z.B. Mayo; J.B. Campbell; J.F. Witkowski; L.W. Anderson and R. Kozub. 1985. Western corn rootworm (Coleoptera:Chrysomelidae) beetle counts as a means of making larval control recomendations in Nebraska. *J. Econ. Entomol.* 78: 794-798.
- Strand, S.P.; M.K. Bergman and W.C. Fulton. 1986. First-instar western rootworm (Coleoptera: Chysomelidae) response to carbon dioxide. *Environ. Entomol.* 15: 839-842.
- Sutter, G.R.; T.F. Branson; J.R. Fisher; N.C. Elliot and J.J. Jackson. 1989. Effect of insecticide treatments on root damage ratings of maize in controlled infestations of western corn rootworms (Coleoptera:Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 82(6): 1792-1798.

- Turrent F., A. 1994. Plan de investigación del sistema maíz-tortilla en la región centro. Publicación especial No. 2. SARH. INIFAP. 55 p.
- Vega N., R. 1990. Generación y aplicación de modelos agroclimáticos a la fenología de la palomilla de la manzana *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae), en Canatlán, Durango. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Agrometeorología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 102 p.
- Velázquez C., G.A. y J.L. Arellano V. 1993. Mejoramiento genético de maíz para valles altos y la región de transición de la mesa central de México. En: Logros de la Investigación agrícola del Campo Experimental Valle de México 1943-1993. SARH. INIFAP. 42 p.
- Ventura G., J. 1992. Temperaturas base, grados-día de desarrollo y fenología de *Aphis nerii* (Boyer) y *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) bajo condiciones térmicas controladas y variables. Tesis Profesional. Depto Parasitología. UACH. 51 p.
- Villalpando I., J.F. 1984. Índices agroclimáticos derivados de la temperatura (unidades calor, unidades fotométricas, unidades frío). En: Metodología de la investigación en agroclimatología zona centro. INIA. SARH. México. p. 48-66.
- Wang, J.Y. 1960. A critique of the heat unit approach to plant response studies. *Ecology* 41: 785-789.
- Weiss, M.J. and Z.B. Mayo. 1983. Potential of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval counts to estimate larval populations to control decisions. *J. Econ. Entomol.* 76:158-161.
- White, R. 1977. Sexual characters of species of *Diabrotica* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 70(2):168.
- Wilcox, J.A. 1972. Coleopterorum catalogus supplementa. In: Chrysomelidae: Luperini: Diabroticina. Fasc 2 (2a.ed). p 296-343.
- Wilson, L.T. and W.W. Barnett. 1983. Degree-days; and aid in crop and pest management. California Agriculture. January-February. p. 4-7.
- Zagal F., A. 1981. Patogenicidad de *Beauveria* sp. sobre *D. undecimpunctata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Memorias del XVI Congreso Nal. de Entomología. *Folia Entom.* No. 48:12-13.

**IMPRESOS
"SAGITARIO"**

 **TESIS** 
URGENTES

ALDAMA # 131
TEXCOCO, EDO. DE MEX.

TEL. 497-79