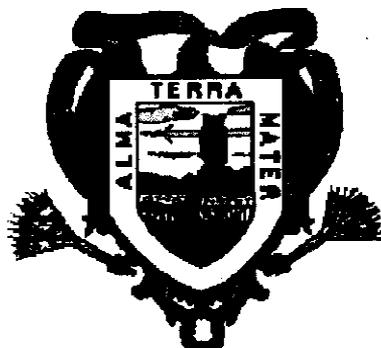


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



EVALUACIÓN DE LA DIFERENCIA DE DAÑO DE CUATRO
BIOTIPOS DE *Diabrotica* EN DOS HÍBRIDOS Y DOS LÍNEAS
DE MAÍZ

POR:
FLORENTINO AMASENDE LEÓN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en Fitotecnia

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMIA

EVALUACIÓN DE LA DIFERENCIA DE DAÑO DE
CUATRO BIOTIPOS DE *Diabrotica* EN DOS LÍNEAS Y
DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ.

POR:

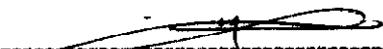
FLORENTINO AMASENDE LEÓN

T E S I S

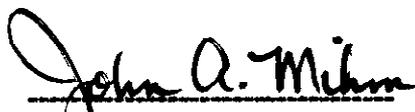
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN FITOTECNIA

APROBADO POR:



M. C. HUMBERTO DE LEÓN CASTILLO
PRESIDENTE


PH. D. JOHN A. MIHM
SINODAL


ING. RENE ARTURO DE LA CRUZ R.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"


M. C. FERNANDO BORREGO ESCALANTE
SUPLENTE



M. C. MARIANO FLORES DAVILA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMIA
Coordinación

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. DICIEMBRE DE 1997.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y realizar mi sueño hoy hecho realidad.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por permitirme formarme en su seno.

Al Ph. D. John A. Mihm, por haberme dado su confianza, amistad, paciencia y apoyo brindado en todo momento para concluir con mis estudios

Al Sr. Lee French, por brindarme su amistad, confianza y la oportunidad de realizar el presente trabajo en sus instalaciones.

Al M. C. Humberto de León Castillo, por haberme dedicado su tiempo, apoyo, amistad, enseñanzas y sugerencias sobre el presente trabajo.

Al Ing. Rene A. De la Cruz Rodríguez, por demostrarme su apoyo, amistad, enseñanza, estando siempre dispuesto a colaborar y las sugerencias aportadas a este trabajo.

Al Ing. Sergio Amacende León, por haberme dedicado su tiempo, paciencia, apoyo y amistad.

Al C.P. Miguel A. Amacende Cabañas, por su amistad, consejo, apoyo y sugerencias para mi formación como profesionista.

Al C. P. Filadelfo Vázquez M. Por todos esos buenos consejos, amistad y apoyo mostrados.

A mis maestros por toda su valiosa enseñanza durante mi formación como profesionista.

A mis compañeros y amigos Hector H. Cardona Lara, Eduardo Musito R., Luciano Pérez P., Noé Monroy A., Pedro Hernández R. y Hugo Ochoa A., por su gran amistad, compañerismo, apoyo y paciencia compartidos para conmigo a lo largo de mi formación.

Al Sr. Herlindo Hernández Gómez. Por su valiosa amistad, consejos y apoyo mostrados.

Al Sr. Jesús Zavala Betancourt, por todas sus atenciones, amistad y apoyos mostrados durante mi estancia en la Universidad.

Al Sr. Alfredo Bonilla Juárez, por toda la ayuda mostrada a mi familia mientras estuve estudiando.

Al Sr. Daniel Morales Molar, por toda su confianza, apoyo, consejos y amistad mostrados.

Al Sr. Alberto Acosta Lima, por todo su apoyo, amistad y consejos brindados para conmigo.

Al Sr. Bartolo Molar, por haberme dado la oportunidad de aprender parte de su experiencia que sirvió para poder estar hoy aquí.

Al Sr. Victor Ortega Ortiz, quien siempre supo como orientarme en los momentos que necesité de un amigo.

Al Sr. Pedro López Conde, por toda su ayuda mostrada cuando inicie mis estudios, apoyandome siempre con optimismo y entusiasmo.

A la Sra. Francisca Morales Molar, por todo cuanto hizo por mi familia y por levantarme la moral, darme animos a continuar con mis estudios, muchas gracias.

A las familias Zavala Cepeda, Esteban Amacende, Bonilla Morales, Morales Molar, Morales Márquez, Hernández Santiago, por todo su apoyo.

A todos mis amigos que trabajan en la Estación Experimental Poza Rica del CIMMYT, por todo el apoyo que me brindaron.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Sr. Florentino Amacende Acosta (Finado)
Sra. María Elena León Lara

Que gracias a la educación, y buenos consejos, pudieron indicarme el camino correcto haciendo de su hijo, un hombre de bien. Muchas gracias.

A MI ESPOSA

Sra. Laura Morales Molar, por haberme brindado todo su apoyo, comprensión, cariño y amor durante todo este tiempo. A ti con todo mi amor muchas gracias.

A MIS HIJOS:

Felipe de Jesús

Itzel

Sofia

A MIS HERMANOS:

Jorge

Carmen

Leticia

Ángel

Sergio

Ana Delia

Luz Elena

A MIS SUEGROS:

Sr. Andrés Morales Díaz

Sra. Lorenza Morales Hernández

A todas aquellas personas que han depositado su apoyo y confianza en mi, los tendré siempre presentes.

INDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos	ii
Dedicatoria	iv
Indice de contenido	v
Indice de cuadros	vi
Indice de figuras	vii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
HIPOTESIS	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Distribución geográfica	5
Gusano norteño y gusano del oeste de la raíz del maíz	6
Importancia y tipo de daño	6
Plantas atacadas	7
Ciclo de vida aparencia y hábitos	7
Diapausa	8
Gusano de la raíz del maíz del sur	9
Importancia y tipo de daño	9
Plantas atacadas	10
Ciclo de vida aparencia y hábitos	10
Infestaciones artificiales en parcelas de campo	12
Determinación de la viabilidad de los huevecillos de <i>Diabrotica</i>	14
Preparación de la suspensión de huevecillos en agar	14
Aparatos de infestación	15
MATERIALES Y METODOS	16
Marco de referencia del área de estudio	16
Clima	16
Material genético	17
Diseño experimental	18
Pruebas de diferencias de medias	19
Siembra	20
Infestación artificial	21
Extracción de huevecillos de <i>Diabrotica</i>	21
Suspensión de huevecillos en agar	22
Equipo de infestación	23
Prueba de viabilidad	24
Fertilización y manejo del cultivo	25
Evaluación	25
RESULTADOS Y DISCUSION	27
Pruebas de viabilidad para los huevecillos de los biotipos utilizados	28
Efecto de daño que provocan los biotipos de <i>Diabrotica</i> en los genotipo de maíz	31
Diferencia de daño entre híbridos y líneas de maíz	35
CONCLUSIONES	38
RESUMEN	39
BIBLIOGRAFIA	40

INDICE DE CUADROS

Cuadro		pag.
1	Descripción de los tratamientos empleados.....	19
2	Biotipos utilizados de <i>Diabrotica</i>	22
3	Requerimientos de Solución agar-agua y la cantidad de huevecillos de <i>Diabrotica</i>	24
4	Descripción de la escala de evaluación descrita por Hill y Peters.....	26
5	Análisis de Varianza para la prueba de viabilidad de los huevecillos de los biotipos de <i>Diabrotica</i>	29
6	Comparación de las medias para las pruebas de viabilidad de laboratorio y de campo.....	30
7	Análisis de varianza para la diferencia por daño de los cuatro biotipos de <i>Diabrotica</i>	32
8	Comparación de medias, para la clasificación de los biotipos que presentaron más daño.....	34
9	Comparaciones de medias del daño en los genotipos.	35

INDICE DE FIGURAS

Figura		pag.
1	Diseño de siembra para la distribución de las parcelas experimentales.....	20
2	Representación gráfica de la prueba de viabilidad de los huevecillos de los biotipos utilizados.....	30
3	Representación gráfica de la diferencia de daño de los cuatro biotipos de <i>Diabrotica</i>	31
4	Representación gráfica de la diferencia de daño de los cuatro biotipos de <i>Diabrotica</i> sobre los genotipos de maíz.....	33
5	Representación gráfica de la diferencia de daño entre híbridos y líneas.....	36

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos básicos más importantes de América y actualmente uno de los principales en México. Dada la variabilidad de este cultivo y el tipo de productores, los rendimientos que se reportan en éste, van de una a veintitrés ton ha⁻¹, sin embargo, su producción se ve limitada por un considerable rango de factores bióticos como abióticos; y al referirnos a los factores bióticos, nos encontramos a las plagas y enfermedades, las cuales reducen considerablemente dichos rendimientos del maíz.

Dentro de este amplio rango de plagas, destacan, de acuerdo a su importancia económica, los géneros de *Diabrotica*, presentes en el mundo donde se explota en gran extensión este cultivo y en donde día a día cobra importancia como una de las mayores plagas insectiles que dañan el cultivo de maíz.

Alrededor de diez especies conocidas son consideradas como plaga en este género; el gusano de la raíz del maíz del Oeste (WCR + D) *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, el gusano de la raíz del maíz del Norte (NCR) *Diabrotica barberi* Smith y Lawrence, el gusano de la raíz del maíz del Sur (SCR) *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber y el escarabajo bandeado *Diabrotica balteata* LeConte, son algunas de las plagas más importantes en México y los Estados Unidos.

Metcalf (1986), estima que esta plaga de *Diabrotica* (gusanos de la raíz del maíz) provocan pérdidas a los agricultores de la faja maicera en los Estados Unidos, de un

billón de dólares anualmente; en los costos de tratamientos aplicados y a la pérdida de los cultivos.

El daño que causa la plaga de *Diabrotica*, es más severo cuando se encuentra en estado de larva, que el causado por los adultos. En etapa de larvas, éstas atacan el sistema radical de las plantas de maíz y dicho hábito alimenticio, reduce considerablemente los rendimientos por la destrucción casi total de la raíz, lo que disminuye la absorción del agua y nutrientes, teniendo que, a mayor incidencia de estos insectos, provoquen el acame de raíz, y por consecuencia, se tengan problemas secundarios, que dificulten la cosecha mecánica al estar tirado el cultivo y en algunos casos la pérdida del producto por encontrarse en contacto con el suelo, provocando la pudrición de la mazorca. El daño que causan los adultos de este género, no reporta pérdidas considerables, ya que sólo atacan a los estigmas y a las espigas.

Aunque la plaga de *Diabrotica* esta presente en la faja maicera en los Estados Unidos, es generalmente controlada por rotación de cultivos ó insecticidas aplicados al suelo, ya que los gusanos de la raíz sólo comen sobre esta, sin embargo, estas prácticas ó estrategias de control no son suficientes para sobrellevar esta plaga, ya que la rotación de cultivos ha provocado que algunas especies plaga hayan cambiado su sistema de diapausa, prolongándolo aún más, permitiéndole sobrevivir por más tiempo en condiciones desfavorables entre épocas de siembra e invierno. El control químico es más efectivo, pero ha traído consecuencias desfavorables en la modificación del suelo por los residuos químicos y contaminación de mantos freáticos, así como incremento en los costos de producción del cultivo, disminuyendo su rentabilidad.

Es por ello, que otra de las alternativas para el control de ésta plaga, es la de obtener variedades o híbridos comerciales resistentes ó no preferentes al ataque de ésta. Para ello, se hace necesario desarrollar técnicas de infestación en laboratorio y en campo, detectando en la variabilidad genética presente genotipos que exhiban las características de resistencia o tolerancia de interés. Por lo tanto, es precisamente de este punto de donde se desprende el presente trabajo de investigación, el cual muestra una técnica de infestación artificial para conocer los diferentes hábitos alimenticios y la severidad de éstos, en cuatro de los biotipos de *Diabrotica* de mayor importancia económica en la faja maicera de los Estados Unidos y Norte de México.

OBJETIVOS

- ** Determinar diferencias de daño causado por cuatro biotipos de *Diabrotica* en dos híbridos y dos líneas de maíz.**
- ** Observar el efecto de daño entre híbridos y líneas.**
- ** Determinar cual es el genotipo más tolerante y el más susceptible.**
- ** Determinar cual es el biotipo de *Diabrotica* más dañino.**

HIPOTESIS

Al proporcionar las mismas condiciones de medio ambiente y una infestación de biotipos de *Diabrotica* en los genotipos de maíz, se puede observar y determinar estadísticamente cual de estos biotipos es el más severo.

Se espera encontrar diferencias en el grado de daño en los genotipos utilizados.

REVISIÓN DE LITERATURA

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Wilcox (1972) citado por Krysan (1983), menciona que de las 338 especies que se conocen de *Diabrotica*, y que están presentes en el mundo, la mayor diversidad se encuentra en áreas tropicales y ésta diversidad ocurre mayormente, en el Norte de México, donde tienen una alta proporción como plaga .

Sin embargo, de las siete especies (dos de las cuales incluyen subespecies) que aparecen en los Estados Unidos, cuatro son plagas y sólo seis se consideran como plagas en los trópicos.

Los rangos de las especies de *Diabrotica* en América del Norte, son limitados por el clima, no existen grupos completos de la especie *fucata* sobre el invierno, debido a las bajas temperaturas del Norte donde diversos grupos de *virgifera* lo hacen. En América del Norte, los rangos del escarabajo bandeado del pepino (BCB) y el gusano de la raíz del Sur (SCR) requieren de interpretación debido a las limitaciones sobre el invierno y hábitos migratorios

Los gusanos de la raíz del maíz del Sur pasan el invierno en el Sur de los Estados Unidos y Norte de México (Arnat, 1929), pero durante la estación calurosa, el rango de esta plaga es extendido por migración más adentro del Este de las montañas rocosas de Norte América.

Para el caso de los grupos de especies de *virgifera* en los Estados Unidos, no están limitados por los fríos inviernos, casi por razón de encontrarse en etapa de huevecillos, ya que en éste estado sobrepasan el difícil frío y son los gusanos de la raíz del Norte exactamente la única especie que tolera bajas temperaturas (Krysan, 1986).

Los rangos de *D. Virgifera* (MCR y WCR) ahora extendidos desde Panamá en América Central a América del Norte, en donde se encuentran desde la parte este en Utah y Idaho, y Nueva Jersey hasta el Oeste de Virginia en los Estados Unidos y Ontario en Canada. El gusano de la raíz del Norte ocurre de América central que va desde el Sur y Este de México hasta Kansas.

GUSANO NORTEÑO Y GUSANO DEL OESTE DE LA RAÍZ DEL MAÍZ

Metcalf (1982), menciona que el gusano de la raíz del maíz del Norte, *D. Barberi* LeConte, se encuentra cercanamente relacionado con el gusano de la raíz del maíz del Oeste *D. Virgifera virgifera* LeConte, ya que presenta un ciclo de vida y forma de combate similares.

IMPORTANCIA Y TIPO DE DAÑO

Esta es una de las plagas más importantes del maíz en la parte alta del valle del Mississippi. El maíz que es atacado, crece más lentamente, siendo este crecimiento más

notorio por la época que aparecen los estigmas. Las plantas generalmente son achaparradas y frecuentemente caen después de una fuerte lluvia. Las raíces pequeñas son comidas y las más grandes son perforadas; éste ataque es ocasionado por gusanos de color blanco y con forma de hilo, más o menos de 1.25 cm de largo, con la cabeza de color café-amarillento y 6 patas pequeñas en la parte anterior del cuerpo. La piel de su cuerpo es un tanto arrugada. Las larvas de éste insecto también son capaces de transmitir la marchitez bacteriana de la raíz. Estos insectos son tan numerosos, que prácticamente es seguro, que los campos cultivados con maíz estarán infestados al final del segundo año.

PLANTAS ATACADAS

Las larvas atacan solamente a la raíz del maíz, hasta donde se sabe. Los adultos se alimentan de una gran cantidad de plantas que florecen en el verano y al principio del otoño. (Metcalf, 1982).

CICLO DE VIDA APARIENCIA Y HÁBITOS

El invierno es pasado por éste insecto sólo en el estado de huevecillo. Estos son depositados durante el otoño, en la tierra alrededor de las raíces del maíz , y en ningún otro sitio conocido. Incuban un poco tarde en la primavera, y las larvas se abren paso a través de la tierra hasta que se encuentran las raíces del maíz. Aunque se alimentan en

cierto grado de alguno de los pastos nativos, la mayoría de ellas morirían si no se siembra el maíz en el campo donde fueron puestos los huevecillos. Las larvas se han encontrado en las raíces del maíz cultivado en terrenos donde se sembró avena un año anterior. Los gusanos barrenan a través de las raíces, haciendo pequeños túneles de color café. Alcanzan su completo desarrollo durante el mes de julio, dejan las raíces y pupan en celdas en el suelo, siendo éstas de color blanco puro y de consistencia muy suave. El estado adulto es alcanzado durante la parte final de julio y agosto. Las catarinitas dejan el suelo y se alimentan de los estigmas, o del polen del maíz o de muchas otras plantas. Los huevecillos son depositados en los campos de maíz durante los meses de septiembre y octubre, y casi todas las catarinitas mueren en la época de las primeras heladas fuertes, están miden más o menos 0.4 a 0.6 cm de largo, son de color verdoso uniforme a verde amarillento, y muy activas, maromean sobre las flores o hacia afuera de los cabellitos cuando son perturbadas.

DIAPAUSA

Melcalf (1982), se refiere a éste término como a un período de desarrollo interrumpido en la ontogenia del insecto, tal como huevecillo, larva, pupa o adulto durante el cual el crecimiento, diferenciación y metamorfosis cesan. Esta inactividad, que normalmente puede durar varios meses a un año o más, capacita al insecto para sobrevivir más fácilmente a un período de condiciones desfavorables. Es importante distinguir la diapausa, la cual cuando es iniciada, prosigue a su curso predeterminado de

la quietud resultante de la exposición a temperaturas bajas, las que son terminadas abruptamente por la elevación de la temperatura. Es de interés que la notable resistencia al frío de algunos insectos resulta aparentemente de su almacenamiento de glicerol durante los períodos fríos. El contenido de glicerol en el cuerpo puede alcanzar el 10 % de peso del cuerpo, pero éste desaparece con la exposición a temperaturas tibias. La diapausa puede ser inducida o terminada por varios estímulos externos tales como cambios de temperaturas, fotoperíodo o nutrición, por desecación o por heridas de la cutícula.

GUSANO DE LA RAÍZ DEL SUR

IMPORTANCIA Y TIPO DE DAÑO

Los campos de maíz que se encuentran infectados con éste insecto indican su crecimiento de una forma anormal y la planta manifiesta el efecto de la infestación cuando mide de 20 cm a 1.0 m; en el norte, o mucho más temprano en el sur. De ahí en adelante, la planta logra muy mal crecimiento, o ninguno y frecuentemente muere (Metcalf, 1982).

Algunas veces el corazón de la planta ha sido muerto por la larva, permaneciendo verde las hojas inferiores. Como cuando ha sido atacado por el gusano norteco de la raíz del maíz, las plantas más grandes caen al suelo después de las lluvias fuertes. Al examinar

las plantas mostrará túneles en las raíces que están comidas por las larvas, que miden más o menos de 1.25 a 1.8 cm de largo, con su cuerpo de color blanco amarillento un tanto arrugado, 6 patas muy pequeñas la cabeza de color café. Además del daño a las raíces, la parte inferior del tallo generalmente estará barrenada por las larvas. Este insecto también ha mostrado tener participación en la diseminación de la marchitez bacteriana del maíz.

Es también una plaga de los jardines, donde las larvas como los adultos hacen un gran daño total, el cual rara vez es apreciado plenamente, debido a que está distribuido sobre tantas plantas diferentes de cultivo.

PLANTAS ATACADAS

Este insecto ha sido capturado en una gran cantidad de plantas, incluyendo a más de 200 hierbas comunes, pastos, plantas cultivadas. Recibe varios nombres, de acuerdo con su planta de alimento y es quizá mejor conocido como el mayate del pepino de las doce manchas. Frecuentemente es llamado el gusano de la inundación y gusano de la yema.

CICLO DE VIDA, APARIENCIA Y HÁBITOS.

Este insecto pasa el invierno en la forma de una catarinita de color amarillento o verde amarillento más o menos de 0.6 cm de largo, con doce manchas negras conspicuas

en las cubiertas de sus alas. La cabeza es negra, y las antenas, que miden más o menos de la mitad a las 2/3 partes de longitud de su cuerpo, son de color obscuro o casi negro. Las catarinitas invernan en casi toda clase de albergues, pero parece que prefieren las bases de las plantas que no mueren por completo por las heladas. Se vuelven muy activas al principio de la primavera, volando durante los primeros días en que las temperaturas alcanzan 21 °C o más. Existe evidencia de que algunos emigran hacia el norte en la primavera. Las hembras depositan los huevecillos en la tierra, alrededor de las bases de las plantas. Las larvas jóvenes al nacer barrenan en las raíces de las plantas y las partes subterráneas del tallo. Alcanzan su completo desarrollo durante el mes de julio. Este insecto presenta dos generaciones en la parte sur de su campo de acción y cuando menos una segunda generación parcial producida en el norte.

En México, el maíz es cultivado prácticamente en todas las áreas agrícolas, con grandes producciones en los estados de México, Jalisco, Michoacán, Veracruz y Sonora; donde un considerable rango de insectos puede causar pérdidas en la producción del maíz, pero en la parte central del país, las plagas de la raíz, se encuentran entre las más importantes. Entre las especies que influyen en el daño a la raíz del maíz son: *Diabrotica virgifera zea* y *Diabrotica longiscormis*; gorgojo blanco *Phyllophaga spp.* Y *Colapsis spp.* De todas estas plagas insectiles, *Diabrotica virgifera zea* es una de las principales que atacan las raíces en veinte estados mexicanos, mientras que *Diabrotica longiscormis* ha sido reportada solo en seis estados (Krysan y Smith, 1987).

INFESTACIONES ARTIFICIALES EN PARCELAS DE CAMPO

Sutter y Branson (1980), mencionan que las poblaciones de insectos plaga ocurren más comúnmente teniendo distribuciones variables que limitan su utilidad como componente de sistemas de investigaciones en campo. Para eliminar ésta fuente de variación, se han realizado trabajos con una gran variedad de insectos-plaga agrícolas, desarrollando métodos de control de infestaciones para parcelas de campo. El éxito de estos programas depende de tres factores importantes; (1) el conocimiento básico de la biología de la plaga, (2) la habilidad de una colonia de insectos con buen éxito en laboratorio y (3) la habilidad para producir un adecuado suministro de aplicaciones en campo.

Los programas de investigación que involucran al gusano de la raíz del maíz del oeste *D. Virgifera virgifera* LeConte, se encontraban limitados las pasadas dos y tres décadas, cuando llegó a ser una plaga económicamente importante en las áreas donde se cultiva el maíz en los Estados Unidos. Sólo dentro de la década pasada, se tienen investigaciones con buen éxito en las colonias de éste insecto (Branson *et al.*, 1975). Además los programas de investigación habían estado restringidos por la falta de tecnología satisfactoria para manipular esta especie de plaga en laboratorio y campo.

Durante los años sesentas y setentas, los investigadores intentaron realizar estudios de germoplasma en plantas hospederas resistentes y determinar la eficacia de insecticidas y umbral económico; repetidamente tuvieron dificultades de campo en la

interpretación de los experimentos debido a la falta de uniformidad que naturalmente ocurre con poblaciones de gusanos de la raíz del maíz del oeste y del norte (Ortman *et al.*, 1974).

Ortman y Fitzgerald (1964), mencionan, que el primer esfuerzo para una infestación artificial de *Diabrotica* fué hecha por Dickey en la compañía de semillas híbridas Pioneer, involucrando a el gusano de la raíz del oeste.

El trabajo de Dickey fue el obtener huevecillos de insectos adultos colectados en campo, guardando los huevecillos sobre suelo en el laboratorio y en el siguiente ciclo de siembra aplicó la muestra de suelo con huevecillos en la base del tallo del maíz, para aumentar la existencia de infestaciones naturales; la técnica no fué descrita en detalle. Chiang *et al.*, (1971, 1975) extendió esta técnica al usar un aparato mecánico para distribuir la mezcla de suelo-huevecillos.

Con estos intentos tempranos, rescatar los huevecillos de campo era embarazoso. Una intervención importante fue la introducción de la técnica de infestación realizada por Palmer *et al.* (1977), un método que consistía en la suspensión de los huevecillos de *Diabrotica* en una solución diluida de agar. Se infestaron las plantas de maíz con una alicuota de la suspensión de huevecillos en el agar distribuida en el surco al tiempo de plantar la semilla, el método dejó una infestación exacta y reproducible de parcelas de maíz pequeñas.

Sutter y Branson (1980), desarrollaron un sistema mecánico que distribuye la suspensión cuantitativamente y uniformemente de huevecillos en parcelas a grandes escalas.

DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD DE LOS HUEVECILLOS DE *Diabrotica*

Sutter y Branson (1980), mencionan que se deben hacer pruebas de la viabilidad de los huevecillos del insecto, aproximadamente unas 6 a 8 semanas antes de la fecha de infestación. La prueba consiste en colocar alicuotas de la mezcla agar-agua-huevo en cajas petri con papel filtro selladas con cinta adhesiva e incubarlos a 25 °C, dejándolas por espacio de 14 días, posteriormente cada 2 - 3 días se verifican en las cajas los huevecillos contando el número de eclosionados y así el por ciento.

Los huevecillos de *Diabrotica*, se pueden guardar en la solución de agar a 8 °C por un período de 30 días sin pérdida de viabilidad (Palmer *et al.*, 1977), es por ello, que aproximadamente a una semana antes de la fecha de infestación se separan los huevecillos de la tierra, suspendiéndolos en agar y guardarlos a 8 °C hasta su necesidad.

Sutter y Branson (1980), establecen que el número de huevecillos de *Diabrotica* puede estimarse con la ayuda de una probeta, teniendo que un mililitro equivale aproximadamente a 10 000 huevecillos, sin embargo French (sin publicar) menciona que son 12 000 huevecillos por ml.

PREPARACIÓN DE LA SUSPENSIÓN DE HUEVOS EN AGAR

Sutter y Branson (1980) suspenden los huevecillos en una solución de agar de 0.125 a 0.15 % (0.125 a 0.15 g de agar en 100 ml de agua). La manera más fácil de

obtener esta concentración es hacer inicialmente un 1.25 - 1.5 de la solución de agar y mientras esta todavía caliente, se diluye a 10 veces más la solución con agua caliente (una parte de agar en 9 partes de agua).

Los huevecillos se agregan a una cantidad conocida de agar cuando está solución esta fría. La concentración de huevos en la solución puede muestrearse y ajustarse si es necesario.

APARATOS DE INFESTACIÓN

Sutter y Branson (1980), describen un sistema mecánico presurizado montado sobre un tractor, que permitió la aplicación de grandes cantidades de huevecillos (3 a 4 millones / hr), depositando los huevecillos a una distancia de 10 cm y a una profundidad de 12 cm. Mihm y French (sin publicar), han utilizado un sistema presurizado de inyección similar de huevecillos suspendidos en agar, mediante el uso de una jeringa de las que se utilizan para vacunar el ganado vacuno. Ellos perforan manualmente de 5 - 7 cm del pie de la planta de maíz a una profundidad de 7 cm, posteriormente aplican un disparo manteniendo una uniformidad en la infestación y un uso más eficiente del recurso, los resultados de su trabajo son favorables, pues les permite realizar un mayor número de infestaciones.

MATERIALES Y METODOS

MARCO DE REFERENCIA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizó, en las instalaciones de French Agricultural Research Inc., ubicado en Lamberton, al sur de el estado de Minnesota, en los Estados Unidos, el cual se encuentra a 44°14' Latitud norte y 95°16' longitud oeste; la altura sobre el nivel del mar se encuentra a los 500 m..

Cuenta con superficies muy grandes dedicadas al uso agrícola y ganadero, los suelos son profundos y fértiles con pendientes menores a el tres por ciento.

CLIMA

El clima que presenta el estado de Minnesota es muy extremo, en invierno las temperaturas se mantienen por abajo de cero hasta -40 °C, permaneciendo temperaturas bajas desde los meses de noviembre hasta febrero. Para la época de verano las temperaturas son cálidas, con temperaturas medias de 35 °C y humedad relativa del 80 a 100 %. Clima ideal para el desarrollo de la mayoría de los cultivos.

MATERIAL GENÉTICO

Los materiales que se utilizaron en el presente estudio fueron las líneas B 73 Ht y HFS 97 Pion 91 RFC de maíz con nivel de endocria S₃, utilizadas por el programa de investigación que realiza el Dr. John A. Mihm para French Research Agricultural Inc (FARI).

La semilla de maíz híbrida utilizada, fueron los híbridos comerciales Pioneer 3730 y Dekalb 512 con vigor a F₁, los cuales son los más comunes para siembra.

Las características agronómicas, como rendimiento, altura de planta, etc., de cualquier material genético, cambian al cultivarse en ambientes diferentes. Sin embargo, las características de los materiales evaluados se han descrito de la manera siguiente:

B73 Ht es una línea de maíz con nivel de endocria S₃, la cual se ha constituido como fuente genética para los híbridos explotados en la Faja Maicera de los Estados Unidos, esta línea presenta características de ser muy susceptible para plagas de follaje, pero con carácter resistente a *Helminthosporium turcicum* presenta también hojas más o menos erectas y suculentas, su sistema radicular es reducido o no muy desarrollado.

HFS 97 Pion 91 RFC es una línea extraída de los viveros de investigación que realizan en FARI. Es una línea que presenta un mejor sistema radical, más desarrollado, con mejor vigor en relación a la línea B 73 Ht.

Pioneer 3730 es un híbrido de maíz amarillo comercial muy utilizado, con rendimiento promedio de 12 Ton/ha, su porte es alto, de una coloración verde más intensa y de carácter precoz, con sistema radical regular a bueno.

Dekalb 512 es un híbrido más pequeño a Pioneer 3730, de una coloración menos verdosa, más tardío y presenta un sistema radical más desarrollado con respecto al otro híbrido.

DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se sembró en una sola localidad, en terrenos profundos en Lamberton, MN., bajo el diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y parcelas de un surco con 20 plantas cada una, sembradas a 30 cm entre matas. La separación entre surcos fué de 0.98 m. La longitud de surcos fué de 6 m. La parcela útil fué separada por bordos entre parcelas para evitar la posible migración de los bichos a los otros tratamientos como se muestra en el Cuadro I y Figura 1.

PRUEBAS DE DIFERENCIAS DE MEDIAS

En los ANVAS que se encontró significancia ($P \leq 0.05$), se realizó una prueba de comparación de medias de tratamiento, para determinar los mejores tratamientos. La prueba fué la DMS (Diferencia mínima significativa).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos empleados.

Parc.	Descripción	Parc.	Descripción
1	Pion3730 + WCR + D	33	B73 Ht + SCR
2	Pion3730 + WCR - D	34	B73 Ht + WCR - D
3	Pion3730 + SCR	35	B73 Ht + WCR + D
4	Pion3730 + NCR	36	B73 Ht + NCR
5	Dekalb512 + WCR - D	37	Pion3730 + WCR - D
6	Dekalb512 + WCR + D	38	Pion3730 + WCR + D
7	Dekalb512 + NCR	39	Pion3730 + NCR
8	Dekalb512 + SCR	40	Pion3730 + SCR
9	B73 Ht + SCR	41	HFS97 PA 91 RFC + WCR+D
10	B73 Ht + NCR	42	HFS97 PA 91 RFC + NCR
11	B73 Ht + WCR + D	43	HFS97 PA 91 RFC + SCR
12	B73 Ht + WCR - D	44	HFS97 PA 91 RFC + WCR-D
13	HFS97 PA 91 RFC + NCR	45	Dekalb512 + NCR
14	HFS97 PA 91 RFC + SCR	46	Dekalb512 + SCR
15	HFS97 PA 91 RFC + WCR-D	47	Dekalb512 + WCR - D
16	HFS97 PA 91 RFC +WCR+D	48	Dekalb512 + WCR + D
17	B73 Ht + WCR + D	49	Pion3730 + WCR - D
18	B73 Ht + WCR - D	50	Pion3730 + WCR + D
19	B73 Ht + SCR	51	Pion3730 + SCR
20	B73 Ht + NCR	52	Pion3730 + NCR
21	Pion3730 + WCR - D	53	Dekalb512 + WCR + D
22	Pion3730 + NCR	54	Dekalb512 + WCR - D
23	Pion3730 + WCR + D	55	Dekalb512 + NCR
24	Pion3730 + SCR	56	Dekalb512 + SCR
25	HFS97 PA 91 RFC + SCR	57	B73 Ht + SCR
26	HFS97 PA 91 RFC + WCR+D	58	B73 Ht + NCR
27	HFS97 PA 91 RFC + NCR	59	B73 Ht + WCR + D
28	HFS97 PA 91 RFC + WCR-D	60	B73 Ht + WCR - D
29	Dekalb512 + NCR	61	HFS97 PA 91 RFC + NCR
30	Dekalb512 + SCR	62	HFS97 PA 91 RFC + SCR
31	Dekalb512 + WCR - D	63	HFS97 PA 91 RFC + WCR-D
32	Dekalb512 + WCR + D	64	HFS97 PA 91 RFC + WCR+D

64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Fig. 1 Diseño de siembra para la distribución de las parcelas experimentales.

SIEMBRA

La siembra se realizó el día 25 de Junio de 1997, cuando el temporal estaba establecido, bajo el sistema manual por espeque, se depositó una semilla por golpe, para tener una población de 20 plantas por unidad experimental y de esta manera evitar el aclareo al momento de infestación, la cual se realizó una semana más tarde después de la siembra.

INFESTACIÓN ARTIFICIAL

EXTRACCIÓN DE HUEVECILLOS DE *Diabrotica*

Se necesitó con anticipación la extracción y lavado de huevecillos del sustrato suelo en laboratorio, de los biotipos de *Diabrotica*, para tener insectos vigorosos disponibles para la infestación artificial. Lavando el sustrato suelo a través de las mallas con agua a presión hasta lograr eliminar un 90 % de este sustrato.

Posteriormente se pusieron los huevecillos en una bureta con una mezcla de azúcar más agua que tenía una densidad de $1\ 200\ \text{g cm}^{-3}$; por diferencia de peso específico, los huevecillos quedan suspendidos en la parte superior de esta mezcla, sedimentándose todas las partículas de suelo cuyo peso específico era mayor.

Posteriormente se medían los huevecillos en una probeta, estimándose por cada centímetro cúbico un total de 12 000 huevecillos y para cubrir las necesidades del ensayo un total de 17 cc por cada uno de los cuatro biotipos de *Diabrotica* para cada tratamiento.

Los biotipos utilizados se muestran en el cuadro 2, considerados como los más representativos del género de *Diabrotica* como plaga.

Cuadro 2. Biotipos utilizados de *Diabrotica*.

Biotipo	Nombre Científico	Nombre común
WCR + D	<i>Diabrotica virgifera virgifera</i> LeConte	Gusano de la raíz del maíz del Oeste más diapausa
WCR - D	<i>Diabrotica virgifera virgifera</i> LeConte	Gusano de la raíz del maíz del Oeste menos diapausa
SCR	<i>Diabrotica undecimpunctata howardi</i> B	Gusano de la raíz del maíz del Sur
NCR	<i>Diabrotica barberi</i> LeConte	Gusano de la raíz del maíz del Norte

SUSPENSIÓN DE HUEVECILLOS EN AGAR

La suspensión de los huevecillos para infestación al campo se realiza de acuerdo al procedimiento empleado por G. R. Sulter y T.F. Branson (1980), el cual es una suspensión al 0.125 - 0.15 % de agar en agua (0.125 - 0.15 g de agar en 100 ml de agua), es decir una proporción de agar en nueve partes de agua.

Inicialmente se realiza un cálculo de acuerdo a las necesidades de la solución agar-agua, para tener un remanente listo a la mezcla solución huevecillos, (el cálculo, se realiza dependiendo de la cantidad de material genético a infestar y la cantidad de ml agregados por planta).

Los huevecillos de *Diabrotica* son adheridos en la solución de agar-agua cuando ésta cuenta con una temperatura de 8 °C. Generalmente se preparan todos los huevecillos en una cantidad conocida de agar-agua, batiendo suavemente estos hasta presentar una uniformidad, posteriormente, se determina mediante una calibración a la mezcla, la cantidad de huevecillos que se tiene por mililitro en 10 alicuotas (gotas de la

solución agar-agua-huevecillos), de ésta manera se puede estimar en promedio la cantidad de huevecillos presentes por disparo, agregando más huevecillos si no se tiene la cantidad adecuada o más solución de agar-agua si se tienen demasiados; generalmente, se agregan más huevecillos, ya que algunas veces no se mide correctamente la cantidad de huevecillos por mililitro, porque se dejan espacios vacíos entre estos al ser medidos, por lo tanto es recomendable extraer todo el aire al medir los huevecillos de *Diabrotica* al agregarlos y de ésta manera tener la estimación en promedio de 12 000 huevecillos por mililitro.

EQUIPO DE INFESTACIÓN

El equipo para infestación consta de una perforadora, un inyector presurizado de huevecillos y un azadón para tapar los hoyos. La perforadora utilizada es de tipo "T" con las siguientes especificaciones del cilindro perforador: 2 cm de diámetro por 7 cm de largo, conectados a un tubo principal de 80 cm, el cual ésta provisto de un tubo transversal que sirve como mango para manejarlo. El inyector de huevecillos de *Diabrotica* presurizado, es una jeringa similar a las que se usan para vacunar a los animales bovinos, el cual permite por su sistema de resortes mantener una cantidad de gasto constante y rápido por cada disparo. Para la realización del presente trabajo, se calibró ésta jeringa a 10 cc /disparo/planta; conteniendo por cada disparo una cantidad de 600 huevecillos en promedio. Las necesidades de cada insecto se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Requerimientos de solución agar-agua y cantidad de huevecillos de *Diabrotica*

INSECTO	ml de agar/agua	cc de huevecillos requeridos
WCR + D	3 200	17
WCR	3 200	17
SCR	3 200	17
NCR	3 200	26.66

Para cada caso de infestación, se agrego un colchón de 50 ml de más como medida de precaución.

PRUEBA DE VIABILIDAD

Se realizaron siembras de huevecillos de *Diabrotica* en campo y laboratorio para determinar la viabilidad de cada biotipo, sembrando 0.5 ml de mezcla huevecillos-agar-agua, en cajas de petri de plástico de cierre a presión, manteniendo la siembra realizada en laboratorio bajo condiciones controladas y la siembra de campo bajo las mismas condiciones del ensayo al medio ambiente. La prueba de viabilidad para campo, se realizó al mismo tiempo de la infestación de cada biotipo infestado, depositando la caja petri en un hoyo a la misma profundidad a la que se depositaron los huevecillos infestados.

La infestación de los biotipos sobre el ensayo y las pruebas de viabilidad, se realizaron una semana después de la fecha de siembra, y el conteo para la prueba de

viabilidad se realizó dos semanas después de la fecha de infestación, extrayendo las cajas petri y evaluadas en laboratorio bajo la ayuda de el estereoscopio; se pudo observar y distinguir los cascarones de huevecillos vacíos de todas las larvas que eclosionaron y los que no habían llegado aún a eclosionar.

FERTILIZACIÓN Y MANEJO DE CULTIVO

Se realizó una fertilización con la fórmula 20 20 20 a las tres semanas después de la siembra; esta fertilización se hizo por el lado de las plantas (surco) en donde no se infestó, con la finalidad de no alterar la eclosión de las larvas u otro problema fisiológico.

Se realizó también un control contra las malezas de hoja angosta, para mantener al cultivo a evaluar libre de competencia, aplicando herbicida Accent, 1g/16 l agua.

EVALUACIÓN

Al cumplir seis semanas después de la fecha de infestación, se realizó la extracción de plantas para su evaluación mediante el orden siguiente: primero, se recortaron los tallos de las planta a un nivel de tres entrenudos libres, con el objeto de facilitar su manejo; posteriormente, con ayuda de una pala de corte, se recortó el suelo con cada tallo con las siguientes dimensiones aproximadas 20 cm x 20 cm x 30 cm de profundidad, con el objeto de extraer el suelo junto con la mayor cantidad de raíces.

Los tallos con su raíz una vez extraídos, se etiquetaron para su traslado a laboratorio; posteriormente, se realizó el lavado de raíces con agua a presión para su posterior evaluación.

La escala de evaluación utilizada para el daño causado por las larvas de los gusanos de la raíz en el presente trabajo es la empleada por Hills y Peters (1971), la cual se utiliza en la faja maicera de los Estados Unidos, y se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Descripción de la escala de evaluación descrita por Hills y Peters (1971).

ESCALA	DESCRIPCION
1	sin daño
2	1 a 2 raíces con evidentes comeduras
3	2 a 3 raíces con comeduras más pronunciadas
4	1 nudo de la raíz del maíz completamente destrozado
5	2 nudos de la raíz del maíz completamente destrozados
6	3 o más nudos de la raíz del maíz completamente destrozados

En algunos casos se puede realizar evaluaciones de puntos medios, por ejemplo 2.5, 3.5, etc.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del presente estudio se presentan en tres apartados: 1.- la prueba de viabilidad de los huevecillos de cada biotipo, 2.- el efecto de daño que provocan los biotipos en los genotipos de maíz y 3.- la diferencia de daño que existe entre híbridos y líneas. Analizando los dos primeros apartados mediante un ANVA de arreglo factorial con dos factores para los dos primeros apartados y una comparación de medias para el tercer apartado.

Al describir el primer apartado, sólo se analizan las pruebas de viabilidad de los huevecillos de cada uno de los biotipos de *Diabrotica* utilizados en este estudio.

En el segundo apartado se tomaron los tres niveles del análisis de la información; analizándose también por arreglo factorial en las repeticiones, biotipos y genotipos, al mismo tiempo se analizan las interacciones entre biotipos contra los genotipos que participaron como tratamientos.

En el tercer apartado, se analizan las diferencias de daño que existen entre híbridos y líneas, y determinar si existe tolerancia de los genotipos a los biotipos.

PRUEBAS DE VIABILIDAD DE LOS HUEVECILLOS DE LOS BIOTIPOS UTILIZADOS.

De cada una de las pruebas realizadas a los biotipos utilizados en la infestación artificial, el análisis mostró que existió diferencia significativa al 0.05 % entre repeticiones.

El análisis estadístico también mostró diferencia significativa al 0.05 % para biotipos entre las pruebas realizadas en laboratorio.

Para la variable de campo, no existe diferencia significativa entre los biotipos.

Las diferencias encontradas para repeticiones, se deben a que las condiciones ambientales entre las pruebas de viabilidad realizadas en laboratorio y campo no fueron las mismas. Esas mismas diferencias entre ambientes, pudieron haber ocasionado que en las pruebas realizadas en campo, se haya uniformizado la eclosión de los huevecillos, dado que los biotipos responden de manera diferente a estas variaciones en el ambiente.

Sin embargo, para las pruebas realizadas en laboratorio, las condiciones ambientales para todos los biotipos respondieron de manera diferente a esas mismas condiciones, tal vez debido a la exposición de luz, la cual estuvo ausente para las pruebas de campo.

Todo lo anterior es debido a que, algunos biotipos presentan un sistema de diapausa diferente que hace que retarden su eclosión bajo ciertas condiciones ambientales y que al existir estas variaciones en el ambiente, ocasionó que las pruebas de campo se uniformizara dicho porcentaje de eclosión, ya que a pesar de no llevar un registro de

temperatura, si existieron durante el estudio, temperaturas altas alrededor de los 39 °C, lo que ocasiona que el período de diapausa se acorte y se comporte de manera similar a los que no la presentan; no encontrándose la misma respuesta a las pruebas realizadas en laboratorio por tenerse temperaturas constantes de 25 °C, manteniendo estas diferencias de diapausa hasta cierto punto ligeramente marcadas.

Sin embargo, Isely (1929), menciona que las influencias de temperatura provocan una decadencia en la eclosión de los huevecillos, y que la temperatura de 25 °C es la que normalmente se usa para cría de las especies de el gusano de la raíz del maíz del oeste (WCR) y para el gusano de la raíz del maíz del sur (SCR) manteniendo una eclosión entre los 14 y 12 días respectivamente. Pudiendo acelerarse la eclosión en 9.5 días con temperaturas de 32 °C y retrazarse hasta 16 días con temperaturas de 21 °C.

Jackson y Davis (1978), indican que no existen datos definitivos en la influencia de luz sobre el desarrollo larval, pero que la experiencia de las técnicas de cría de insectos, indican que la luz florescente no afecta la eclosión de 14 días durante dicho desarrollo.

Comparando las pruebas de laboratorio con respecto a las de campo, no exhibieron diferencias significativas entre ellas. Se anexa cuadro 5 y figura 2.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la prueba de viabilidad de los huevecillos de los biotipos de *Diabrotica*.

<i>F.V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F_{CALC.}</i>	<i>F_{0.05}</i>	<i>F_{0.01}</i>
REPETICIONES	3	592.42	197.475	4.41*	3.07	4.87
LABORATORIO	3	525.37	175.123	3.67*	3.07	4.87
CAMPO	1	71.73	71.730	1.50 ^{NS}	4.32	8.02
LAB/CAMP	3	70.34	23.447	0.49 ^{NS}	3.07	4.87
ERROR EXP.	21	1002.70	47.748			

C.V. 7.78 %

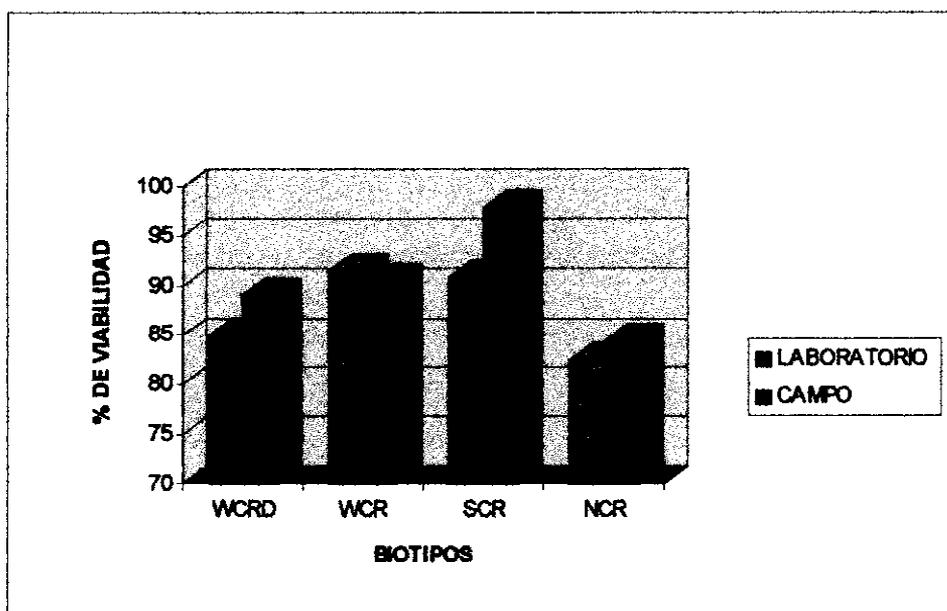


Figura 2. Representación gráfica de la prueba de viabilidad de los huevecillos de los biotipos utilizados.

La comparación de medias (DMS con una $P \leq 0.05$), no mostró diferencias significativas, tal vez debido a que el diseño empleado ó el número de repeticiones no fueron suficientes. Se anexa cuadro 6.

Cuadro 6. Comparación de medias para las pruebas de viabilidad de laboratorio y de campo.

DESCRIPCION	MEDIA EN %	CLASIFICACION
SCR / CAMPO	97.82	A
WCR - D / LABORATORIO	91.25	A
SCR / LABORATORIO	90.74	A
WCR - D / CAMPO	90.25	A
WCR + D / CAMPO	89.03	A
WCR + D / LABORATORIO	84.98	A
NCR / CAMPO	84.37	A
NCR / LABORATORIO	82.53	A

EFFECTO DE DAÑO DE LOS BIOTIPOS DE *Diabrotica* EN LOS GENOTIPOS DE MAÍZ.

Durante los seis semanas que duró el experimento, desde la infestación hasta el momento de la evaluación, y la efectividad de los métodos empleados, los resultados muestran, que los 16 tratamientos con cuatro repeticiones analizados, indican de acuerdo al análisis estadístico, que no existe diferencia significativa para repeticiones, no existiendo estas diferencias, debido a que las condiciones ambientales no influyeron en los resultados del experimento. Sin embargo para el caso de biotipos mostró tener una alta significancia al 0.01 %, esta alta significancia es debida a que unos biotipos presentan hábitos más voraces que otros, para mayor detalle se agrega fig. 3.

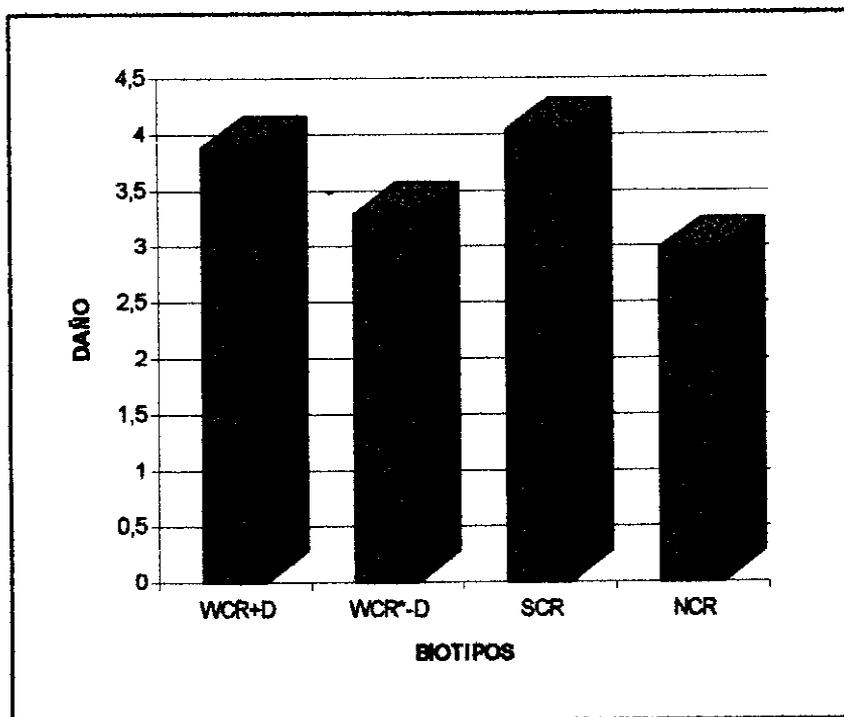


Fig. 3. Representación gráfica de la diferencia de daño de los cuatro biotipos de *Diabrotica*.

La variable genotipos no mostró diferencia significativa, dado a que estadísticamente se comportan de manera similar, no influyendo el fondo genético.

No existió interacción entre biotipos contra genotipos debido a que el análisis estadístico, no exhibió diferencias significativas, ya que, estadísticamente se comportaron iguales, lo que nos lleva a reforzar la idea de que no influyeron en cuanto a preferencias de los biotipos. Se anexa cuadro 7 y figura 4.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la diferencia de daño de los cuatro biotipos de *Diabrotica* en los genotipos de maíz.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{TABLA}	0.05 F _{CAL}	0.01
REPETICIONES	3	2.83	0.943	1.85 ^{NS}	2.815	4.24
BIOTIPOS	3	11.88	3.961	7.77 ^{**}	2.815	4.24
GENOTIPOS	3	2.91	0.971	1.91 ^{NS}	2.815	4.24
GENOTIS/BIOTIPS	9	1.33	0.147	0.29 ^{NS}	2.100	2.92
ERROR EXP.	45	22.94	0.510			

C.V. 20.16 %.

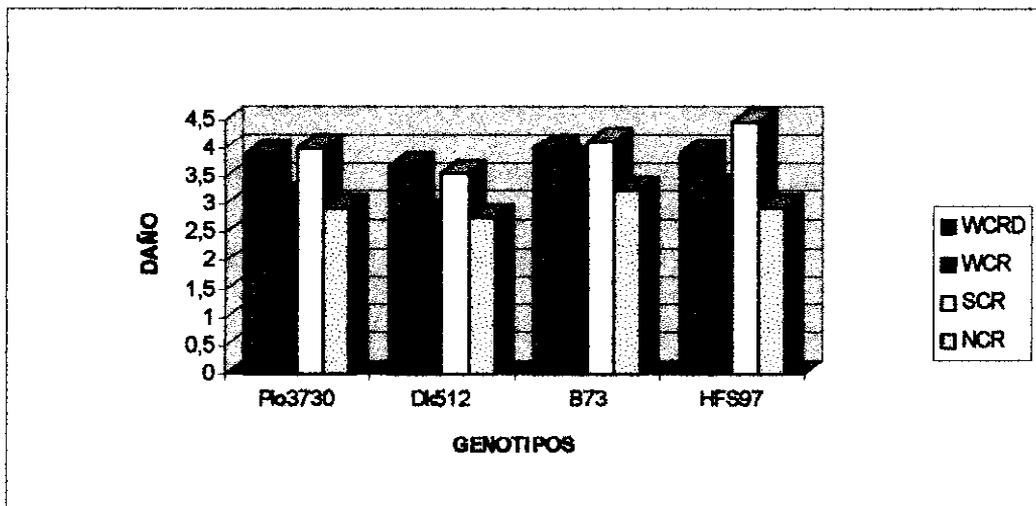


Figura 4. Representación gráfica de la diferencia de daño de los cuatro biotipos de *Diabrotica* sobre los genotipos de maíz.

En cuanto a la prueba de medias (DMS al 0.05 %) para biotipos, se observa que los gusanos de la raíz de maíz del sur (SCR) *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber, es la que presenta hábitos alimenticios más voraces manifestandose entres de los cuatro genotipo evaluados, presentando un rango de daño a la raíz de las plantas, entre 3.55 a 4.5 en relación a la escala 1 - 6 descrita por Hills y Peters (1971), presentando una desctrucción desde un tercio del anillo rodeado por raices hasta un anillo y medio de las mismas.

El gusano de la raíz del maíz del oeste más diapausa (WCR + D) *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, se encuentra ligeramente más abajo del rango del gusano de la raíz del sur, manifestandose igualmente al biotipo anterior con un daño causado de 3.6 a 4.0, el cual exhibe, desde un tercio del anillo radical hasta un anillo completo; sin

embargo, antagonicamente, el gusano de la raíz del maíz del oeste sin diapausa *D. Virgifera virgifera* LeConte, que pertenece a la misma especie, no presenta la misma respuesta al biotipo anterior, debido a una menor severidad en cuanto al daño causado, manteniéndose entre un rango de daño desde 2.75 hasta 3.

El gusano de la raíz del maíz del norte, presenta hábitos alimenticios inferiores a los anteriores, su rango de daño se mantiene en 2.65 a 3.25, esto se debe a que en la prueba de viabilidad fue el que menos por ciento presento ó que se haya necesitado prolongar por más tiempo el experimento.

Por lo tanto, es posible esperar que existan relaciones positivas en el uso de los gusanos de la raíz del maíz del sur (SCR) *D. undecimpunctata howardi* Barber y el gusano de la raíz del maíz del oeste más diapausa (WCR + D) *D. virgifera virgifera* LeConte, para trabajos en la investigación del mejoramiento de plantas hospederas resistentes a esta plaga, ya que, aunque los cuatro biotipos presentan los mismos hábitos alimenticios, estas dos especies son más voraces que las otras dos, manifestandose en tres de los genotipos con las medias mayores, lo que permite la posibilidad de mejor respuesta en el mejoramiento a materiales resistentes. Cabe mencionar que esta respuesta pudiera cambiar de acuerdo al comportamiento del genotipo, al medio ambiente ó a la cantidad del biotipo presente en la planta. Haciendo necesario una mayor cantidad de material genético (híbridos, variedades y líneas), más biotipos y más ambientes (macetas, cámaras ó en el campo mismo), que permitan de alguna manera desenmascarar ó reforzar la metodología empleada en este estudio. Se anexa cuadro 8.

Cuadro 8. Comparación de medias (DMS al 0.05), para la clasificación de los biotipos que presentaron más daño.

DESCRIPCION	MEDIA	CLASIFICACION
HFS 97 / SCR	4.46	A
B 73 / SCR	4.12	AB
Pio3730 / SCR	4.01	AB
B 73 / WCR + D	3.98	AB
HFS 97 / WCR + D	3.91	ABC
Pio3730 / WCR + D	3.90	ABC
B 73 / WCR - D	3.81	ABCD
Dk512 / WCR + D	3.69	ABCDE
Dk512 / SCR	3.56	ABCDE
HFS 97 / WCR - D	3.31	BCDE
B 73 / NCR	3.25	BCDE
Pio3730 / WCR - D	3.16	BCDE
HFS 97 / NCR	2.95	CDE
Pio3730 / NCR	2.94	CDE
Dk512 / WCR - D	2.85	DE
Dk512 / NCR	2.76	E

DIFERENCIA DE DAÑO ENTRE HIBRIDOS Y LINEAS

Para el caso del daño entre los híbridos y líneas, se determinó que no existieron diferencias significativas que indicaran cierta influencia en la expresión del daño de los genotipos evaluados, ya que las medias de estos (Cuadro 9), se encuentran dentro de un mismo rango de daño en relación a la escala de evaluación de Hills y Peters (1971).

Cuadro 9. Comparaciones de medias del daño en los genotipos.

BIOTIPOS					
GENOTIPOS	SCR	WCR + D	WCR - D	NCR	MEDIA
HFS 97	4.46	3.9	3.31	2.95	3.655
B 73	4.12	3.98	3.81	3.25	3.790
PION 3730	4.01	3.90	3.16	2.94	3.5025
DK 512	3.56	3.69	2.85	2.76	3.215
MEDIA	4.0375	3.8675	3.280	2.900	

Sin embargo, se observa ligeramente que las medias de las líneas presentan una mayor cantidad de daño con respecto al de los híbridos, el cual éste relacionado con un sistema radical más inferior al de los híbridos en función de los efectos de endogamia y heterosis presente en los genotipos evaluados. Se anexa fig. 5 para mayor detalle.

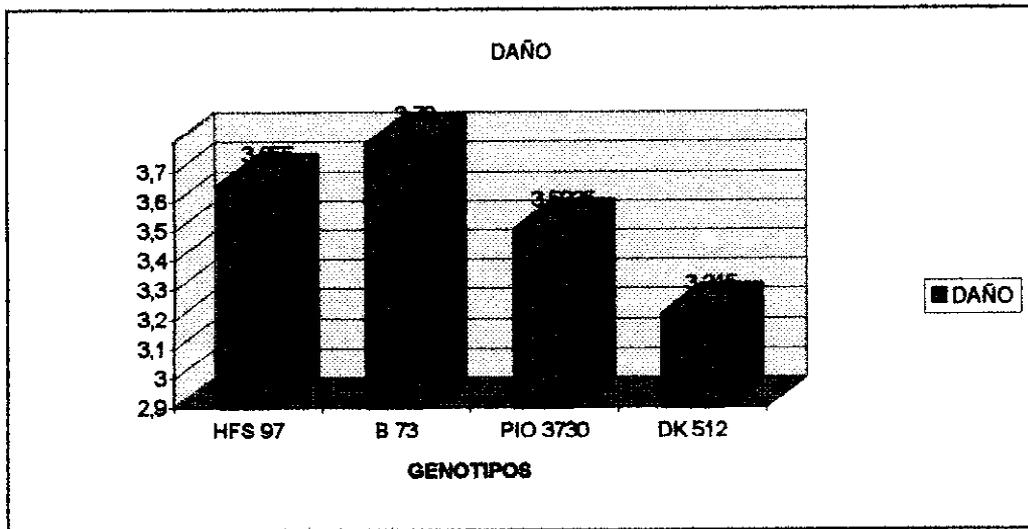


Fig. 5 Representación gráfica de la diferencia de daño entre híbridos y líneas

CONCLUSIONES

De acuerdo a la efectividad de los métodos empleados y en base a los objetivos planteados se tiene, que si se encontraron diferencias de daño de los biotipos evaluados.

En relación al efecto de daño entre híbridos y líneas, no se encontraron diferencias muy marcadas entre ambos, pero numéricamente el genotipo menos afectado fué el híbrido Dk 512 y la línea más susceptible fué la B 73.

Con respecto al biotipo mas severo, se encontró, que el gusano de la raíz del maíz del sur (SCR) *D. undecimpunctata howardi* Barber fué el más dañino, seguido del gusano de la raíz del maíz del oeste más diapausa (WCR+D) *D. virgifera virgifera* LeConte, no encontrando la misma respuesta en el gusano de la raíz del maíz del oeste sin diapausa (WCR - D) *virgifera virgifera* LeConte, el cual se comportó más benigno con respecto al que si presenta diapausa; el gusano de la raíz del maíz del norte (NCR) *D. barberi* LeConte, fué el que no provoco daño considerable.

RESUMEN

Se realizó un estudio, sobre la diferencia de daño que provocan cuatro de los biotipos de *Diabrotica* {gusano de la raíz del maíz del sur (SCR) *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber, el gusano de la raíz del maíz del oeste más diapausa (WCR + D) *D. Virgifera virgifera* LeConte, el gusano de la raíz del maíz del oeste sin diapausa (WCR - D) *D. Virgifera virgifera* LeConte y el gusano de la raíz del maíz del norte (NCR) *D. Barberi* LeConte}, en dos líneas (B 73 Ht y HFS 97 a nivel de S₃) y dos híbridos simples (Pioneer 3730 y Dekalb 512 con vigor completo) de maíz, bajo el diseño de bloques completos al azar. El trabajo se realizó en los terrenos de investigación de French Agricultural Research Inc., en Lamberton Minnesota, USA. Por medio de una infestación artificial de estos biotipos en los genotipos de maíz, una semana después de haber sembrado a estos últimos. Para fines del estudio, se realizó una prueba de viabilidad del material biológico a utilizar, encontrándose que no existían diferencias entre los biotipos que pudieran enmascarar o cubrir los datos obtenidos.

Seis semanas después de la infestación, se extrajeron las plantas y se lavaron las raíces de cada planta, para posteriormente, realizar la valoración del daño que exhibían los genotipos de maíz, encontrándose que el biotipo que mayor daño causa, es el gusano de la raíz del maíz del sur (SCR) *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber, seguido del gusano de la raíz del maíz del oeste más diapausa (WCR + D) *D. Virgifera virgifera* LeConte, el gusano de la raíz del maíz del oeste sin diapausa (WCR-D) *D. virgifera virgifera* LeConte, es menos voraz. El gusano de la raíz del maíz del norte (NCR) *D. barberi* LeConte, es quien menos daño causa.

BIBLIOGRAFIA

- Arant FS (1929). Biology and control of the southern corn rootworm. Alabama Poly Instn Agric Ext Bull 230 : 46 pp.
- Branson T.F., Guss PL., Krysan JL., Sutter GR. 1975. Corn rootworms: laboratory rearing and manipulation USDA ARS - NC- 28 18 pp.
- Chiang HC., Raros RS., Mihm JA., Windels MB. 1971. Artificially infesting corn with rootworms. Minn. Sci. 27:8-9, 12.
- Chiang HC., Windels MB, Mihm, J. A., Rasmussen D. E., French, L K. (1975). Methods of mass Production of corn rootworm eggs in the laboratory and artificial yield infestation techniques. Proc North Central Branch Entomol Soc. Am 30 :37-40.
- Hills TM, Peters DC. 1971. A method of evaluating postplanting insecticide treatments for control of western corn rootworm larvae. J. Econ Entomol 41:392-401.
- Isely, D. 1929. The southern corn rootworm. Univ Ark Agric Exp Stn Bull 232:1-31.
- Jackson JJ, Davis DG. 1978 Rearing. Single western corn rootworm larvae on seeding corn (Coleoptera: Chrysomelidae). J Kans Entomol Soc 51: 353-355.
- Krysan J. L : Branson TF (1983). Biology, ecology and distribution of *Diabrotica*. Proceedings of the International Maize Virus Disease Colloquium and International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop, 2-6, August 1982. Gordon DT, Knole JK, Nault LR, Ritter RM (eds), Ohio State University. Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster. 32:250-253.
- Krysan, J. L., D. E. Foster., T. F. Branson, K. R. Ostlie and W. S. Cranshaw. 1986. Two years before the hatch: Rootworms adapt to crop rotation. Bull Entomol. Soc. Am.
- Krysan , J. L., and R. T. Smith. 1987. Systematics of the *virgifera* species group of *Diabrotica* (Chrysomelidae galerucinae). Entomography. 5:375-484.
- Metcalf, RL (1980). Insecticides in pest management. In : Introduction to Insect Pest Management. Metcalf RL, Luckmann WH (eds), John Wiley and Sons. NY pp 217-277

- Metcalf, R. L. 1982. Insectos destructivos e insectos utiles, sus costumbres y su control. Cuarta Edición. Cia. Editorial Continental. S. A. De C. V. México, D. F.
- Metcalf, R. L. 1986. In J. L. Krysan, and T. A. Miller (eds) Methods for the study of pest *Diabrotica*. 7-15 New York. Springer Verlag.
- Ortman, E.E., Fitzgerald PJ., 1964. Developments in corn rootworms research proceeding of the 19 th Annual Hybrid Corn Industry Research Conference, pp 1-8.
- Ortman EE, Branson TF, Gerloff , DE. 1974. Techniques, accoplishments, and future potential of host plant resistance to *Diabrotica*. Proceedings of the Summer Institute on Biological Control of Plant Insects and Diseases. Maxwell FG, Harris FA (eds), University of Mississipy Press, Jackson, pp. 344-358.
- Palmer, DF., Windels MB, Chiang HC (1977). Artificial Infestation of corn with. Western corn rootworm eggs in agar water. J. Econ Entomal. 70 :277-278.
- Sutter GR, Branson TF (1980). A procedure for artificially ifesting fields plots with corn rootworms eggs. J. Econ Entomol. 73 :135-137.
- Wilcox, JA (1972). Coleptororum Catalogus Çspplemental Pages 296-343 in Pars. 78 Fasc. 2 (Editio secunda). Cchryssmelidae :Luperini :Diabroticina) 431 pp.